

OEUVRES

COMPLÈTES

DE BUFFON

ET DE SES CONTINUATEURS.

TOME II.

IMPRIMERIE DE P.-M. DE VROOM.

OEUVRES
COMPLÈTES
DE BUFFON,

SUIVIES DE SES CONTINUATEURS

DAUBENTON, LACÉPÈDE, CUVIER, DUMÉRIL, POIRET,
LESSON ET GEOFFROY-ST-HILAIRE.

BUFFON ET DAUBENTON.

THÉORIE DE LA TERRE.

TOME II.

SEULE ÉDITION COMPLÈTE,

AVEC FIGURES COLORIÉES.

A BRUXELLES,
CHEZ TH. LEJEUNE, LIBRAIRE-ÉDITEUR,
RUE DES ÉPERONNIERS, n^o 8, n^o 397.

1829.

HISTOIRE NATURELLE.

CINQUIÈME ÉPOQUE.

LORSQUE LES ÉLÉPHANTS ET LES AUTRES ANIMAUX DU MIDI ONT HABITÉ LES TERRES DU NORD.

Tout ce qui existe aujourd'hui dans la nature vivante, a pu exister de même dès que la température de la terre s'est trouvée la même. Or, les contrées septentrionales du globe ont joui pendant long-temps du même degré de chaleur dont jouissent aujourd'hui les terres méridionales; et, dans le temps où ces contrées du nord jouissaient de cette température, les terres avancées vers le midi étaient encore brûlantes et sont demeurées désertes pendant un long espace de temps. Il semble même que la mémoire s'en soit conservée par la tradition; car les anciens étaient persuadés que les terres de la zone torride étaient inhabitées: elles étaient en effet encore inhabitables long-temps après la population des terres du nord, car, en supposant trente-cinq mille ans pour le temps nécessaire au refroidissement de la terre sous les pôles seulement au point d'en pouvoir toucher la surface sans se brûler, et vingt ou vingt-cinq mille ans de plus, tant pour la retraite des mers que pour l'attiédissement nécessaire à l'existence d'êtres aussi sensibles que le sont les animaux terrestres, on sentira bien qu'il faut compter quelques milliers d'années de plus pour le refroidissement du globe à l'équateur, tant à cause de la plus grande épaisseur de la terre que de l'accession de la chaleur solaire, qui est considérable sur l'équateur et presque nulle sous le pôle.

Et quand même ces deux causes réunies ne seraient pas suffisantes pour produire une si grande différence de temps entre ces deux populations, l'on doit considérer que l'équateur a reçu les eaux de l'atmosphère bien plus tard que les pôles, et que, par conséquent, cette cause secondaire du refroidis-

sement agissant plus promptement et plus puissamment que les deux premières causes, la chaleur des terres du nord se sera considérablement atténuée par la recette des eaux, tandis que la chaleur des terres méridionales se maintenait et ne pouvait diminuer que par sa propre déperdition. Et quand même on m'objecterait que la chute des eaux, soit sur l'équateur, soit sur les pôles, n'étant que la suite du refroidissement à un certain degré de chacune de ces deux parties du globe, elle n'a eu lieu dans l'une et dans l'autre que quand la température de la terre et celle des eaux tombantes ont été respectivement les mêmes, et que, par conséquent, cette chute d'eau n'a pas autant contribué que je le dis à accélérer le refroidissement sous le pôle plus que sous l'équateur, on sera forcé de convenir que les vapeurs, et, par conséquent, les eaux tombantes sur l'équateur, avaient plus de chaleur à cause de l'action du soleil, et que, par cette raison, elles ont refroidi plus lentement les terres de la zone torride; en sorte que j'admettrais au moins neuf à dix mille ans entre le temps de la naissance des éléphants dans les contrées septentrionales et le temps où ils se sont retirés jusqu'aux contrées les plus méridionales: car le froid ne venait et ne vient encore que d'en haut; les pluies continues qui tombaient sur les parties polaires du globe en accélèrent incessamment le refroidissement, tandis qu'aucune cause extérieure ne contribuait à celui des parties de l'équateur. Or, cette cause qui nous paraît si sensible par les neiges de nos hivers et les grêles de notre été, ce froid qui des hautes régions de l'air nous arrive par intervalles, tombait

à plomb et sans interruption sur les terres septentrionales, et les a refroidies bien plus promptement que n'ont pu se refroidir les terres de l'équateur, sur lesquelles ces ministres du froid, l'eau, la neige et la grêle, ne pouvaient agir ni tomber. D'ailleurs, nous devons faire entrer ici une considération très-importante sur les limites qui bornent la durée de la nature vivante : nous en avons établi le premier terme possible à trente-cinq mille ans de la formation du globe terrestre, et le dernier terme à quatre-vingt-treize mille ans à dater de ce jour; ce qui fait cent trente-deux mille ans pour la durée absolue de cette belle nature (1). Voilà les limites les plus éloignées et la plus grande étendue de durée que nous ayons données, d'après nos hypothèses, à la vie de la nature sensible : cette vie aura pu commencer à trente-cinq ou trente-six mille ans, parce qu'alors le globe était assez refroidi à ses parties polaires pour qu'on pût le toucher sans se brûler, et elle pourra ne finir que dans quatre-vingt-treize mille ans, lorsque le globe sera plus froid que la glace. Mais, entre ces deux limites si éloignées, il faut en admettre d'autres plus rapprochées : les eaux et toutes les matières qui sont tombées de l'atmosphère n'ont cessé d'être dans un état d'ébullition qu'au moment où l'on pouvait les toucher sans se brûler; ce n'est donc que long-temps après cette période de trente-six mille ans que les êtres doués d'une sensibilité pareille à celle que nous leur connaissons ont pu naître et subsister; car, si la terre, l'air et l'eau prenaient tout à coup ce degré de chaleur qui ne nous permettrait pas de pouvoir les toucher sans en être vivement offensés, y aurait-il un seul des êtres actuels capable de résister à cette chaleur mortelle, puisqu'elle excéderait de beaucoup la chaleur vitale de leur corps? Il a pu exister alors des végétaux, des coquillages et des poissons d'une nature moins sensible à la chaleur, dont les espèces ont été anéanties par le refroidissement dans les âges subséquents, et ce sont ceux dont nous trouvons les dépouilles et les débris dans les mines de charbon, dans les ardoises, dans les schistes et dans les couches d'argile, aussi-bien que dans les bancs de marbres et des autres matières calcaires;

mais toutes les espèces plus sensibles, et particulièrement les animaux terrestres, n'ont pu naître et se multiplier que dans des temps postérieurs et plus voisins du nôtre.

Et dans quelle contrée du nord les premiers animaux terrestres auront-ils pris naissance? n'est-il pas probable que c'est dans les terres les plus élevées, puisqu'elles ont été refroidies avant les autres? Et n'est-il pas également probable que les éléphants et les autres animaux, actuellement habitant les terres du midi, sont nés les premiers de tous, et qu'ils ont occupé ces terres du nord pendant quelques milliers d'années, et long-temps avant la naissance des rennes qui habitent aujourd'hui ces mêmes terres du nord?

Dans ce temps, qui n'est guère éloigné du nôtre que de quinze mille ans, les éléphants, les rhinocéros, les hippopotames, et probablement toutes les espèces qui ne peuvent se multiplier actuellement que sous la zone torride, vivaient donc et se multipliaient dans les terres du nord, dont la chaleur était au même degré, et, par conséquent, tout aussi convenable à leur nature; ils y ont séjourné long-temps; ils y étaient en grand nombre; la quantité d'ivoire et de leurs autres dépouilles que l'on a découverte et que l'on découvre tous les jours dans ces contrées septentrionales, nous démontre évidemment qu'elles ont été leur patrie, leur pays natal, et certainement la première terre qu'ils aient occupée; mais, de plus, ils ont existé en même temps dans les contrées septentrionales de l'Europe, de l'Asie et de l'Amérique; ce qui nous fait connaître que les deux continents étaient alors contigus, et qu'ils n'ont été séparés que dans des temps subséquents. J'ai dit que nous avions au Cabinet du Roi des défenses d'éléphants trouvées en Russie et en Sibérie, et d'autres qui ont été trouvées au Canada, près de la rivière d'Ohio. Les grosses dents molaires de l'hippopotame et de l'énorme animal dont l'espèce est perdue, nous sont arrivées du Canada, et d'autres toutes semblables sont venues de Tartarie et de Sibérie. On ne peut donc pas douter que ces animaux, qui n'habitent aujourd'hui que les terres du midi de notre continent, n'existent aussi dans les terres septentrionales de l'autre et dans le même temps, car la terre était également chaude ou refroidie au même degré dans tous deux; et ce n'est pas seulement dans les terres du nord qu'ou

(1) Voyez le tableau dans le premier Mémoire de la Théorie de la Terre, tome 1, page 351.

a trouvé ces dépouilles d'animaux du midi , mais elles se trouvent encore dans tous les pays tempérés , en France , en Allemagne , en Italie , en Angleterre , etc. Nous avons sur cela des monuments authentiques , c'est-à-dire des défenses d'éléphants et d'autres ossements de ces animaux trouvés dans plusieurs provinces de l'Europe.

Dans les temps précédents , ces mêmes terres septentrionales étaient recouvertes par les eaux de la mer , lesquelles , par leur mouvement , y ont produit les mêmes effets que partout ailleurs : elles en ont figuré les collines , elles les ont composées de couches horizontales , elles ont déposés les argiles et les matières calcaires en forme de sédiment ; car on trouve dans ces terres du nord , comme dans nos contrées , les coquillages et les débris des autres productions marines enfouis à d'assez grandes profondeurs dans l'intérieur de la terre , tandis que ce n'est , pour ainsi dire , qu'à sa superficie , c'est-à-dire à quelques pieds de profondeur , que l'on trouve les squelettes d'éléphants , de rhinocéros , et les autres dépouilles des animaux terrestres.

Il paraît même que ces premiers animaux terrestres étaient , comme les premiers animaux marins , plus grands qu'ils ne le sont aujourd'hui. Nous avons parlé de ces énormes dents carrées à pointes mousses , qui ont appartenu à un animal plus grand que l'éléphant , et dont l'espèce ne subsiste plus : nous avons indiqué ces coquillages en volutes , qui ont jusqu'à huit pieds de diamètre sur un pied d'épaisseur ; et nous avons vu de même des défenses , des dents , des omoplates , des fémurs d'éléphants d'une taille supérieure à celle des éléphants actuellement existants. Nous avons reconnu , par la comparaison immédiate des dents machelières des hippopotames d'aujourd'hui avec les grosses dents qui nous sont venues de la Sibérie et du Canada , que les anciens hippopotames auxquels ces grosses dents ont autrefois appartenu , étaient au moins quatre fois plus volumineux que ne le sont les hippopotames actuellement existants. Ces grands ossements et ces énormes dents sont des témoins subsistants de la grande force de la nature dans ces premiers âges. Mais , pour ne pas perdre de vue notre objet principal , suivons nos éléphants dans leur marche progressive du nord au midi.

Nous ne pouvons douter qu'après avoir occupé les parties septentrionales de la Rus-

sie et de la Sibérie jusqu'au 60^e degré (1) , où l'on a trouvé leurs dépouilles en grande quantité , ils n'aient ensuite gagné les terres moins septentrionales , puisqu'on trouve encore de ces mêmes dépouilles en Moscovie , en Pologne , en Allemagne , en Angleterre , en France , en Italie ; en sorte qu'à mesure que les terres du nord se refroidissaient , ces animaux cherchaient des terres plus chaudes ; et il est clair que tous les climats , depuis le nord jusqu'à l'équateur , ont successivement joui du degré de chaleur convenable à leur nature : ainsi , quoique de mémoire d'homme l'espèce des éléphants ne paraisse avoir occupé que les climats actuellement les plus chauds dans notre continent , c'est-à-dire les terres qui s'étendent à peu près à 20 degrés des deux côtés de l'équateur , et qu'ils y paraissent confinés depuis plusieurs siècles , les monuments de leurs dépouilles trouvées dans toutes les parties tempérées de ce même continent , démontrent qu'ils ont aussi habité pendant autant de siècles les différents climats de ce même continent ; d'abord du 60^e au 50^e degré , puis du 50^e au 40^e , ensuite du 40^e au 30^e , et du 30^e au 20^e , enfin du 20^e à l'équateur et au-delà à la même distance. On pourrait même présumer qu'en faisant des recherches en Laponie , dans les terres de l'Europe et de l'Asie qui sont au-delà du 60^e degré , on pourrait y trouver de même des défenses et des ossements d'éléphants , ainsi que des autres animaux du midi , à moins qu'on ne veuille supposer (ce qui n'est pas sans vraisemblance) que la surface de la terre étant réellement encore plus élevée en Sibérie que dans toutes les provinces qui l'avoisinent du côté du nord , ces mêmes terres de la Sibérie ont été les premières abandonnées par les eaux , et , par conséquent , les premières où les animaux terrestres aient pu s'établir. Quoiqu'il en soit , il est certain que les éléphants ont vécu , produit , multiplié pendant plusieurs siècles dans cette même Sibérie et dans le nord de la Russie ; qu'ensuite ils ont gagné les terres du 50^e au 40^e degré , et qu'ils y ont subsisté plus long-temps que dans leur terre natale , et encore plus long-temps dans les contrées du 40^e au 30^e degré , etc. , parce que le refroidissement successif du globe a toujours

(1) On a trouvé cette année même , 1776 , des défenses et des ossements d'éléphant près de Saint-Petersbourg , qui , comme l'on sait , est à très-peu près sous cette latitude de 60 degrés.

été plus lent, à mesure que les climats se sont trouvés plus voisins de l'équateur, tant par la plus forte épaisseur du globe que par la plus grande chaleur du soleil.

Nous avons fixé, d'après nos hypothèses, le premier instant possible du commencement de la nature vivante à trente-cinq ou trente-six mille ans, à dater de la formation du globe, parce que ce n'est qu'à cet instant qu'on aurait pu commencer à le toucher sans se brûler : en donnant vingt-cinq mille ans de plus pour achever l'ouvrage immense de la construction de nos montagnes calcaires, pour leur figuration par angles saillants et rentrants, pour l'abaissement des mers, pour les ravages des volcans et pour le dessèchement de la surface de la terre, nous ne comptons qu'environ quinze mille ans depuis le temps où la terre, après avoir essuyé, éprouvé tant de bouleversements et de changements, s'est enfin trouvée dans un état plus calme et assez fixe pour que les causes de destruction ne fussent pas plus puissantes et plus générales que celles de la production. Donnant donc quinze mille ans d'ancienneté à la nature vivante, telle qu'elle nous est parvenue, c'est-à-dire quinze mille ans d'ancienneté aux espèces d'animaux terrestres nées dans les terres du nord, et actuellement existantes dans celles du midi, nous pourrions supposer qu'il y a peut-être cinq mille ans que les éléphants sont confinés dans la zone torride, et qu'ils ont séjourné tout autant de temps dans les climats qui forment aujourd'hui les zones tempérées, et peut-être autant dans les climats du nord, où ils ont pris naissance.

Mais cette marche régulière qu'ont suivie les plus grands, les premiers animaux dans notre continent, paraît avoir souffert des obstacles dans l'autre : il est très-certain qu'on a trouvé, et il est très-probable qu'on trouvera encore des défenses et des ossements d'éléphants en Canada, dans le pays des Illinois, au Mexique, et dans quelques autres endroits de l'Amérique septentrionale ; mais nous n'avons aucune observation, aucun monument qui nous indiquent le même fait pour les terres de l'Amérique méridionale. D'ailleurs, l'espèce même de l'éléphant, qui s'est conservée dans l'ancien continent, ne subsiste plus dans l'autre : non-seulement cette espèce ni aucune autre de toutes celles des animaux terrestres qui occupent actuellement les terres méridionales de notre continent, ne se sont trouvées dans les terres

méridionales du Nouveau-Monde, mais même il paraît qu'ils n'ont existé que dans les contrées septentrionales de ce nouveau continent ; et cela, dans le même temps qu'ils existaient dans celles de notre continent. Ce fait ne démontre-t-il pas que l'ancien et le nouveau continent n'étaient pas alors séparés vers le nord, et que leur séparation ne s'est faite que postérieurement au temps de l'existence des éléphants dans l'Amérique septentrionale, où leur espèce s'est probablement éteinte par le refroidissement, et à peu près dans le temps de cette séparation des continents, parce que ces animaux n'auraient pu gagner les régions de l'équateur dans ce nouveau continent comme ils l'ont fait dans l'ancien, tant en Asie qu'en Afrique ? En effet, si l'on considère la surface de ce nouveau continent, on voit que les parties méridionales voisines de l'isthme de Panama sont occupées par de très-hautes montagnes : les éléphants n'ont pu franchir ces barrières invincibles pour eux, à cause du trop grand froid qui se fait sentir sur ces hauteurs ; ils n'auraient donc pas été au-delà des terres de l'isthme, et n'auraient subsisté dans l'Amérique septentrionale qu'autant qu'aura duré dans cette terre le degré de chaleur nécessaire à leur multiplication. Il en est de même de tous les autres animaux des parties méridionales de notre continent ; aucun ne s'est trouvé dans les parties méridionales de l'autre. J'ai démontré cette vérité par un si grand nombre d'exemples, qu'on ne peut la révoquer en doute (1).

Les animaux, au contraire, qui peuplent actuellement nos régions tempérées et froides, se trouvent également dans les parties septentrionales des deux continents ; ils y sont nés postérieurement aux premiers, et s'y sont conservés, parce que leur nature n'exige pas une aussi grande chaleur. Les rennes et les autres animaux qui ne peuvent subsister que dans les climats les plus froids, sont venus les derniers : et qui sait si, par succession de temps, lorsque la terre sera plus refroidie, il ne paraîtra pas de nouvelles espèces dont le tempérament différera de celui du renne autant que la nature du renne diffère à cet égard de celle de l'éléphant ? Quoi qu'il en soit, il est certain qu'aucuns des animaux propres et particuliers aux terres méridionales de notre conti-

(1) Voyez les trois discours sur les animaux des deux continents.

nent, ne se sont trouvés dans les terres méridionales de l'autre, et que même, dans le nombre des animaux communs à notre continent et à celui de l'Amérique septentrionale, dont les espèces se sont conservées dans tous deux, à peine en peut-on citer une qui soit arrivée à l'Amérique méridionale. Cette partie du monde n'a donc pas été peuplée comme toutes les autres, ni dans le même temps; elle est demeurée, pour ainsi dire, isolée et séparée du reste de la terre par les mers et par ses hautes montagnes. Les premiers animaux terrestres nés dans les terres du nord n'ont donc pu s'établir, par communication, dans ce continent méridional de l'Amérique, ni subsister dans son continent septentrional qu'autant qu'il a conservé le degré de chaleur nécessaire à leur propagation; et cette terre de l'Amérique méridionale, réduite à ses propres forces, n'a enfanté que des animaux plus faibles et beaucoup plus petits que ceux qui sont venus du nord pour peupler nos contrées du midi.

Je dis que les animaux qui peuplent aujourd'hui les terres du midi de notre continent, y sont venus du nord, et je crois pouvoir l'affirmer avec tout fondement; car, d'une part, les monuments que nous venons d'exposer le démontrent, et d'autre côté, nous ne connaissons aucune espèce grande et principale, actuellement subsistante dans ces terres du midi, qui n'ait existé précédemment dans les terres du nord, puisqu'on y trouve des défenses et des ossements d'éléphants, des squelettes de rhinocéros, des dents d'hippopotames et des têtes monstrueuses de bœufs, qui ont frappé par leur grandeur, et qu'il est plus que probable qu'on y a trouvé de même des débris de plusieurs autres espèces moins remarquables; en sorte que, si l'on veut distinguer dans les terres méridionales de notre continent les animaux qui y sont arrivés du nord, de ceux que cette même terre a pu produire par ses propres forces, on reconnaîtra que tout ce qu'il y a de colossal et de grand dans la nature, a été formé dans les terres du nord, et que si celles de l'équateur ont produit quelques animaux, ce sont des espèces inférieures, bien plus petites que les premières.

Mais ce qui doit faire douter de cette production, c'est que ces espèces, que nous supposons ici produites par les propres forces des terres méridionales de notre conti-

nent, auraient dû ressembler aux animaux des terres méridionales de l'autre continent, lesquels n'ont de même été produits que par la propre force de cette terre isolée: c'est néanmoins tout le contraire; car aucun des animaux de l'Amérique méridionale ne ressemble assez aux animaux des terres du midi de notre continent, pour qu'on puisse les regarder comme de la même espèce; ils sont, pour la plupart, d'une forme si différente, que ce n'est qu'après un long examen qu'on peut les soupçonner d'être les représentants de quelques-uns de ceux de notre continent. Quelle différence de l'éléphant au tapir, qui cependant est de tous le seul qu'on puisse lui comparer, mais qui s'en éloigne déjà beaucoup par la figure et prodigieusement par la grandeur! car ce tapir, cet éléphant du Nouveau-Monde, n'a ni trompe ni défenses, et n'est guère plus grand qu'un âne. Aucun animal de l'Amérique méridionale ne ressemble au rhinocéros, aucun à l'hippopotame, aucun à la girafe; et quelle différence encore entre le lama et le chameau, quoiqu'elle soit moins grande qu'entre le tapir et l'éléphant!

L'établissement de la nature vivante, surtout de celle des animaux terrestres, s'est donc fait dans l'Amérique méridionale bien postérieurement à son séjour déjà fixé dans les terres du nord, et peut-être la différence du temps est-elle de plus de quatre ou cinq mille ans. Nous avons exposé une partie des faits et des raisons qui doivent faire penser que le Nouveau-Monde, surtout dans ses parties méridionales, est une terre plus récemment peuplée que celle de notre continent; que la nature, bien loin d'y être dégénérée par vétusté, y est au contraire née tard, et n'y a jamais existé avec les mêmes forces, la même puissance active, que dans les contrées septentrionales; car on ne peut douter, après ce qui vient d'être dit, que les grandes et premières formations des êtres animés ne se soient faites dans les terres élevées du nord, d'où elles ont successivement passé dans les contrées du midi sous la même forme, et sans avoir rien perdu sur les dimensions de leur grandeur: nos éléphants et nos hippopotames, qui nous paraissent si gros, ont eu des ancêtres plus grands dans les temps qu'ils habitaient les terres septentrionales où ils ont laissé leurs dépouilles: les cétacées d'aujourd'hui sont aussi moins gros qu'ils ne l'étaient anciennement, mais c'est peut-être par une autre raison.

Les baleines, les gibbars, molars, cachalots, narwals, et autres grands cétacées, appartiennent aux mers septentrionales, tandis que l'on ne trouve dans les mers tempérées et méridionales que les lamantins, les dugons, les marsouins, qui tous sont inférieurs aux premiers en grandeur. Il semble donc, au premier coup d'œil, que la nature ait opéré d'une manière contraire et par une succession inverse, puisque tous les plus grands animaux terrestres se trouvent actuellement dans les contrées du midi, tandis que tous les plus grands animaux marins n'habitent que les régions de notre pôle. Et pourquoi ces grandes et presque monstrueuses espèces paraissent-elles confinées dans ces mers froides? Pourquoi n'ont-elles pas gagné successivement, comme les éléphants, les régions les plus chaudes? En un mot, pourquoi ne se trouvent-elles ni dans les mers tempérées ni dans celles du midi? car, à l'exception de quelques cachalots, qui viennent assez souvent autour des Açores, et quelquefois échouer sur nos côtes, et dont l'espèce paraît la plus vagabonde de ces grands cétacées, toutes les autres sont demeurées et ont encore leur séjour constant dans les mers boréales des deux continents. On a bien remarqué, depuis qu'on a commencé la pêche, ou plutôt la chasse de ces grands animaux, qu'ils se sont retirés des endroits où l'homme allait les inquiéter. On a de plus observé que ces premières baleines, c'est-à-dire, celles que l'on pêchait il y a cent cinquante et deux cents ans, étaient beaucoup plus grosses que celles d'aujourd'hui: elles avaient jusqu'à cent pieds de longueur, tandis que les plus grandes que l'on prend actuellement n'en ont que soixante. On pourrait même expliquer d'une manière assez satisfaisante les raisons de cette différence de grandeur; car les baleines, ainsi que tous les autres cétacées, et même la plupart des poissons, vivent, sans comparaison, bien plus long-temps qu'aucun des animaux terrestres; et dès-lors leur entier accroissement demande aussi un temps beaucoup plus long. Or, quand on a commencé la pêche des baleines, il y a cent cinquante ou deux cents ans, on a trouvé les plus âgées et celles qui avaient pris leur entier accroissement; on les a poursuivies, chassées de préférence; enfin on les a détruites, et il ne reste aujourd'hui dans les mers fréquentées par nos pêcheurs que celles qui n'ont pas encore atteint toutes leurs dimensions: car,

comme nous l'avons dit ailleurs, une baleine peut bien vivre mille ans, puisqu'une carpe en vit plus de deux cents.

La permanence du séjour de ces grands animaux dans les mers boréales, semble fournir une nouvelle preuve de la continuité des continents vers les régions de notre nord, et nous indiquer que cet état de continuité a subsisté long-temps; car si ces animaux marins, que nous supposons pour un moment nés en même temps que les éléphants, eussent trouvé la route ouverte, ils auraient gagné les mers du midi, pour peu que le refroidissement des eaux leur eût été contraire; et cela serait arrivé, s'ils eussent pris naissance dans le temps que la mer était encore chaude. On doit donc présumer que leur existence est postérieure à celle des éléphants et des autres animaux qui ne peuvent subsister que dans les climats du midi. Cependant il se pourrait aussi que la différence de température fût pour ainsi dire indifférente, ou beaucoup moins sensible aux animaux aquatiques qu'aux animaux terrestres. Le froid, et le chaud sur la surface de la terre et de la mer, suivent à la vérité l'ordre des climats, et la chaleur de l'intérieur du globe est la même dans le sein de la mer et dans celui de la terre à la même profondeur; mais les variations de température qui sont si grandes à la surface de la terre, sont beaucoup moindres, et presque nulles, à quelques toises de profondeur sous les eaux. Les injures de l'air ne s'y font pas sentir, et ces grands cétacées ne les éprouvent pas, ou du moins peuvent s'en garantir: d'ailleurs, par la nature même de leur organisation, ils paraissent être plutôt munis contre le froid que contre la grande chaleur; car, quoique leur sang soit à peu près aussi chaud que celui des animaux quadrupèdes, l'énorme quantité de lard et d'huile qui recouvre leur corps, en les privant du sentiment vif qu'ont les autres animaux, les défend en même temps de toutes les impressions extérieures: et il est à présumer qu'ils restent où ils sont, parce qu'ils n'ont pas même le sentiment qui pourrait les conduire vers une température plus douce, ni l'idée de se trouver mieux ailleurs; car il faut de l'instinct pour se mettre à son aise, il en faut pour se déterminer à changer de demeure; et il y a des animaux, et même des hommes, si bruts, qu'ils préfèrent de languir dans leur ingrate terre natale à la peine qu'il faudrait prendre pour se giter plus commodément

ailleurs (1). Il est donc très-probable que ces cachalots que nous voyons de temps en temps arriver des mers septentrionales sur nos côtes, ne se décident pas à faire ces voyages pour jour d'une température plus douce, mais qu'ils y sont déterminés par les colonnes de harengs, de maquereaux et d'autres petits poissons qu'ils suivent et avalent par milliers (2).

Toutes ces considérations nous font présumer que les régions de notre nord, soit de la mer, soit de la terre, ont non-seulement été les premières fécondées, mais que c'est encore dans ces mêmes régions que la nature vivante s'est élevée à ses plus grandes dimensions. Et comment expliquer cette supériorité de force et cette priorité de formation donnée à cette région du nord exclusivement à toutes les autres parties de la terre? car nous voyons par l'exemple de l'Amérique méridionale, dans les terres de laquelle il ne se trouve que de petits animaux, et dans les mers le seul lamantin, qui est aussi petit en comparaison de la baleine que le tapir l'est en comparaison de l'éléphant; nous voyons, dis-je, par cet exemple frappant, que la nature n'a jamais produit dans les terres du midi des animaux comparables en grandeur aux animaux du nord; et nous voyons de même, par un second exemple tiré des monuments, que, dans les terres méridionales de notre continent, les plus grands animaux sont ceux qui sont venus du nord, et que, s'il s'en est produit dans ces terres de notre midi, ce ne sont que des espèces très-inférieures aux premières en grandeur et en force. On doit même croire qu'il ne s'en est produit aucune dans les terres méridionales de l'ancien continent, quoiqu'il s'en soit formé dans celle du nouveau; et voici les motifs de cette présomption.

Toute production, toute génération, et même tout accroissement, tout développement, supposent le concours et la réunion d'une grande quantité de molécules organiques vivantes; ces molécules qui alimentent tous les corps organisés, sont successivement employées à la nutrition et à la génération

de tous les êtres. Si tout à coup la plus grande partie de ces êtres était supprimée, on verrait paraître des espèces nouvelles, parce que ces molécules organiques, qui sont indestructibles et toujours actives, se réuniraient pour composer d'autres corps organisés; mais étant entièrement absorbées par les moules intérieurs des êtres actuellement existants, il ne peut se former d'espèces nouvelles, du moins dans les premières classes de la nature, telles que celles des grands animaux. Or ces grands animaux sont arrivés du nord sur les terres du midi; ils s'y sont nourris, reproduits, multipliés, et ont par conséquent absorbé les molécules vivantes; en sorte qu'ils n'en ont point laissé de superflues qui auraient pu former des espèces nouvelles; tandis qu'au contraire dans les terres de l'Amérique méridionale, où les grands animaux du nord n'ont pu pénétrer, les molécules organiques vivantes, ne se trouvant absorbées par aucun moule animal déjà subsistant, se seront réunies pour former des espèces qui ne ressemblent point aux autres, et qui toutes sont inférieures, tant par la force que par la grandeur, à celle des animaux venus du nord.

Ces deux formations, quoique d'un temps différent, se sont faites de la même manière et par les mêmes moyens; et si les premières sont supérieures à tous égards aux dernières, c'est que la fécondité de la terre, c'est-à-dire la quantité de la matière organique vivante, était moins abondante dans ces climats méridionaux que dans celui du nord. On peut en donner la raison, sans la chercher ailleurs que dans notre hypothèse; car toutes les parties aqueuses, huileuses et ductiles, qui devaient entrer dans la composition des êtres organisés, sont tombées avec les eaux sur les parties septentrionales du globe bien plus tôt et en bien plus grande quantité que sur les parties méridionales: c'est dans ces matières aqueuses et ductiles que les molécules organiques vivantes ont commencé à exercer leur puissance pour modeler et développer les corps organisés; et comme les molécules organiques ne sont produites que par la chaleur sur les matières ductiles, elles étaient aussi plus abondantes dans les terres du nord qu'elles n'ont pu l'être dans les terres du midi, où ces mêmes matières étaient en moindre quantité: il n'est pas étonnant que les premières, les plus fortes et les plus grandes productions

(1) Voyez ci-après les notes justificatives des faits.

(2) *Nota.* Nous n'ignorons pas qu'en général les cétaqués ne se tiennent pas au-delà du 78° ou du 79° degré, et nous savons qu'ils descendent en hiver à quelques degrés au-dessous; mais ils ne viennent jamais en nombre dans les mers tempérées ou chaudes.

de la nature vivante se soient faites dans ces mêmes terres du nord ; tandis que dans celles de l'équateur , et particulièrement dans celles de l'Amérique méridionale , où la quantité de ces mêmes matières ductiles était bien moindre , il ne s'est formé que des espèces inférieures , plus petites et plus faibles que celles des terres du nord.

Mais revenons à l'objet principal de notre époque. Dans ce même temps où les éléments habitans nos terres septentrionales , les arbres et les plantes qui couvrent actuellement nos contrées méridionales , existaient aussi dans ces mêmes terres du nord. Les monuments semblent le démontrer ; car toutes les impressions bien avérées des plantes qu'on a trouvées dans nos ardoises et nos charbons représentent la figure de plantes qui n'existent actuellement que dans les Grandes-Indes ou dans les autres parties du midi. On pourra m'objecter , malgré la certitude du fait par l'évidence de ces preuves , que les arbres et les plantes n'ont pu voyager comme les animaux , ni par conséquent se transporter du nord au midi. A cela je répons , 1^o que ce transport ne s'est pas fait tout à coup , mais successivement : les espèces de végétaux se sont semées de proche en proche dans les terres dont la température leur devenait convenable ; et ensuite ces mêmes espèces , après avoir gagné jusqu'aux contrées de l'équateur , auront péri dans celles du nord , dont elles ne pouvaient plus supporter le froid ; 2^o ce transport , ou plutôt ces accrues successives de bois , ne sont pas même nécessaires pour rendre raison de l'existence de ces végétaux dans les pays méridionaux ; car en général la même température , c'est-à-dire le même degré de chaleur , produit partout les mêmes plantes sans qu'elles y aient été transportées. La population des terres méridionales par les végétaux est donc encore plus simple que par les animaux.

Il reste celle de l'homme : a-t-elle été contemporaine à celle des animaux ? Des motifs majeurs et des raisons très-solides se joignent ici pour prouver qu'elle s'est faite postérieurement à toutes nos époques , et que l'homme est en effet le grand et dernier œuvre de la création. On ne manquera pas de nous dire que l'analogie semble démontrer que l'espèce humaine a suivi la même marche et qu'elle date du même temps que les autres espèces ; qu'elle s'est même plus universel-

lement répandue , et que si l'époque de sa création est postérieure à celle des animaux , rien ne prouve que l'homme n'ait pas au moins subi les mêmes lois de la nature , les mêmes altérations , les mêmes changements. Nous conviendrons que l'espèce humaine ne diffère pas essentiellement des autres espèces par ses facultés corporelles , et qu'à cet égard son sort eût été le même à peu près que celui des autres espèces : mais pouvons-nous douter que nous ne différions prodigieusement des animaux par le rayon divin qu'il a plu au souverain Être de nous départir ? ne voyons-nous pas que dans l'homme , la matière est conduite par l'esprit ? Il a donc pu modifier les effets de la nature ; il a trouvé le moyen de résister aux intempéries des climats ; il a créé de la chaleur , lorsque le froid l'a détruite : la découverte et les usages de l'élément du feu , dus à sa seule intelligence , l'ont rendu plus fort et plus robuste qu'aucun des animaux , et l'ont mis en état de braver les tristes effets du refroidissement. D'autres arts , c'est-à-dire d'autres traits de son intelligence , lui ont fourni des vêtements , des armes , et bientôt il s'est trouvé le maître du domaine de la terre : ces mêmes arts lui ont donné les moyens d'en parcourir toute la surface , et de s'habituer partout , parce qu'avec plus ou moins de précautions , tous les climats lui sont devenus pour ainsi dire égaux. Il n'est donc pas étonnant que , quoiqu'il n'existe aucun des animaux du midi de notre continent dans l'autre , l'homme seul , c'est-à-dire son espèce , se trouve également dans cette terre isolée de l'Amérique méridionale , qui paraît n'avoir eu aucune part aux premières formations des animaux , et aussi dans toutes les parties froides ou chaudes de la surface de la terre : car , quelque part et quelque loin que l'on ait pénétré depuis la perfection de l'art de la navigation , l'homme a trouvé partout des hommes : les terres les plus disgraciées , les îles les plus isolées , les plus éloignées des continents , se sont presque toutes trouvées peuplées ; et l'on ne peut pas dire que ces hommes , tels que ceux des îles Mariannes , ou ceux d'Otaïti et des autres petites îles situées dans le milieu des mers à de si grandes distances de toutes terres habitées , ne soient néanmoins des hommes de notre espèce , puisqu'ils peuvent produire avec nous , et que les petites différences qu'on remarque dans leur nature ne sont que de légères variétés cau-

sées par l'influence du climat et de la nourriture.

Néanmoins, si l'on considère que l'homme, qui peut se munir aisément contre le froid, ne peut au contraire se défendre par aucun moyen contre la chaleur trop grande; que même il souffre beaucoup dans les climats que les animaux du midi cherchent de préférence, on aura une raison de plus pour croire que la création de l'homme a été postérieure à celle de ces grands animaux. Le souverain Être n'a pas répandu le souffle de vie dans le même instant sur toute la surface de la terre; il a commencé par féconder les mers et ensuite les terres les plus élevées; et il a voulu donner tout le temps nécessaire à la terre pour se consolider, se figurer, se refroidir, se découvrir, se sécher, et arriver enfin à l'état de repos et de tranquillité où l'homme pouvait être le témoin intelligent, l'admirateur paisible du grand spec-

tacle de la nature et des merveilles de la création. Ainsi, nous sommes persuadés, indépendamment de l'autorité des livres sacrés, que l'homme a été créé le dernier, et qu'il n'est venu prendre le sceptre de la terre que quand elle s'est trouvée digne de son empire. Il paraît néanmoins que son premier séjour a d'abord été, comme celui des animaux terrestres, dans les hautes terres de l'Asie; que c'est dans ces mêmes terres où sont nés les arts de première nécessité, et bientôt après les sciences, également nécessaires à l'exercice de la puissance de l'homme, et sans lesquelles il n'aurait pu former de société, ni compter sa vie, ni commander aux animaux, ni se servir autrement des végétaux que pour les brouter. Mais nous nous réservons d'exposer dans notre dernière époque les principaux faits qui ont rapport à l'histoire des premiers hommes.

SIXIÈME ÉPOQUE.

LORSQUE S'EST FAITE LA SÉPARATION DES CONTINENTS.

Le temps de la séparation des continents est certainement postérieur au temps où les éléphants habitaient les terres du nord, puisqu'alors leur espèce était également subsistante en Amérique, en Europe et en Asie. Cela nous est démontré par les monuments, qui sont les dépouilles de ces animaux trouvées dans les parties septentrionales du nouveau continent, comme dans celles de l'ancien. Mais comment est-il arrivé que cette séparation des continents paraisse s'être faite en deux endroits, par deux bandes de mer qui s'étendent depuis les contrées septentrionales, toujours en s'élargissant, jusqu'aux contrées les plus méridionales? Pourquoi ces bandes de mer ne se trouvent-elles pas au contraire presque parallèles à l'équateur, puisque le mouvement général des mers se fait d'orient en occident? N'est-ce pas une nouvelle preuve que les eaux sont primitivement venues des pôles, et qu'elles n'ont gagné les parties de l'équateur que successivement? Tant qu'a duré la chute des eaux, et jusqu'à l'entière déperuation de l'at-

mosphère, leur mouvement général a été dirigé des pôles à l'équateur; et, comme elles venaient en plus grande quantité du pôle austral, elles ont formé de vastes mers dans cet hémisphère, lesquelles vont en se rétrécissant de plus en plus dans l'hémisphère boréal, jusque sous le cercle polaire; et c'est par ce mouvement dirigé du sud au nord, que les eaux ont aiguisé toutes les pointes des continents: mais, après leur entier établissement sur la surface de la terre, qu'elles surmontaient partout de deux mille toises, leur mouvement des pôles à l'équateur ne se sera-t-il pas combiné, avant de cesser, avec le mouvement d'orient en occident? et lorsqu'il a cessé tout-à-fait, les eaux, entraînées par le seul mouvement d'orient en occident, n'ont-elles pas escarpé tous les revers occidentaux des continents terrestres, quand elles se sont successivement abaissées? et enfin n'est-ce pas après leur retraite que tous les continents ont paru, et que leurs contours ont pris leur dernière forme?

Nous observerons d'abord que l'étendue des terres dans l'hémisphère boréal, en le prenant du cercle polaire à l'équateur, est si grande en comparaison de l'étendue des terres prises de même dans l'hémisphère austral, qu'on pourrait regarder le premier comme l'hémisphère terrestre, et le second comme l'hémisphère maritime. D'ailleurs il y a si peu de distance entre les deux continents vers les régions de notre pôle, qu'on ne peut guère douter qu'ils ne fussent continus dans les temps qui ont succédé à la retraite des eaux. Si l'Europe est aujourd'hui séparée du Groenland, c'est probablement parce qu'il s'est fait un affaissement considérable entre les terres du Groenland et celles de Norwége et de la pointe de l'Écosse; dont les Orcades, l'île de Schetland, celles de Féroé, de l'Islande et de Hôla, ne nous montrent plus que les sommets des terrains submergés; et si le continent de l'Asie n'est plus contigu à celui de l'Amérique vers le nord, c'est sans doute en conséquence d'un effet tout semblable. Ce premier affaissement, que les volcans d'Islande paraissent nous indiquer, a non-seulement été postérieur aux affaissements des contrées de l'équateur et à la retraite des mers, mais postérieur encore de quelques siècles à la naissance des grands animaux terrestres dans les contrées septentrionales; et l'on ne peut douter que la séparation des continents vers le nord, ne soit d'un temps assez moderne en comparaison de la division de ces mêmes continents vers les parties de l'équateur.

Nous présumons encore que non-seulement le Groenland a été joint à la Norwége et à l'Écosse, mais aussi que le Canada pouvait l'être à l'Espagne par les bancs de Terre-Neuve, les Açores et les autres îles et hauts-fonds qui se trouvent dans cet intervalle de mers; ils semblent nous présenter aujourd'hui les sommets les plus élevés des terres affaissées sous les eaux. La submersion en est peut-être encore plus moderne que celle du continent de l'Islande, puisque la tradition paraît s'en être conservée: l'histoire de l'île Atlantide, rapportée par Diodore et Platon, ne peut s'appliquer qu'à une très-grande terre qui s'étendait fort au loin à l'occident de l'Espagne; cette terre Atlantide était très-peuplée, gouvernée par des rois puissants qui commandaient à plusieurs milliers de combattants, et cela nous indique assez positivement le voisinage

de l'Amérique avec ces terres Atlantiques situées entre les deux continents. Nous avouons néanmoins que la seule chose qui soit ici démontrée par le fait, c'est que les deux continents étaient réunis dans le temps de l'existence des éléphants dans les contrées septentrionales de l'un et de l'autre, et il y a, selon moi, beaucoup plus de probabilité pour cette continuité de l'Amérique avec l'Asie qu'avec l'Europe: voici les faits et les observations sur lesquelles je fonde cette opinion.

1^o. Quoiqu'il soit probable que les terres du Groenland tiennent à celles de l'Amérique, l'on n'en est pas assuré, car cette terre du Groenland en est séparée d'abord par le détroit de Davis, qui ne laisse pas d'être fort large, et ensuite par la baie de Baffin, qui l'est encore plus; et cette baie s'étend jusqu'au 78^e degré, en sorte que ce n'est qu'au-delà de ce terme que le Groenland et l'Amérique peuvent être contigus.

2^o. Le Spitzberg paraît être une continuité des terres de la côte orientale du Groenland, et il y a un assez grand intervalle de mer entre cette côte du Groenland et celle de la Laponie: ainsi l'on ne peut guère imaginer que les éléphants de Sibérie ou de Russie aient pu passer au Groenland. Il en est de même de leur passage par la bande de terre que l'on peut supposer entre la Norwége, l'Écosse, l'Islande et le Groenland; car cet intervalle nous présente des mers d'une largeur assez considérable; et d'ailleurs ces terres, ainsi que celles du Groenland, sont plus septentrionales que celles où l'on trouve les ossements d'éléphants, tant au Canada qu'en Sibérie: il n'est donc pas vraisemblable que ce soit par ce chemin, actuellement détruit de fond en comble, que ces animaux aient communiqué d'un continent à l'autre.

3^o. Quoique la distance de l'Espagne au Canada soit beaucoup plus grande que celle de l'Écosse au Groenland, cette route me paraîtrait la plus naturelle de toutes, si nous étions forcés d'admettre le passage des éléphants d'Europe en Amérique; car ce grand intervalle de mer entre l'Espagne et les terres voisines du Canada est prodigieusement raccourci par les bancs et les îles dont il est semé; et ce qui pourrait donner quelque probabilité de plus à cette présomption, c'est la tradition de la submersion de l'Atlantide.

4^o. L'on voit que de ces trois chemins,

les deux premiers paraissent impraticables, et le dernier si long, qu'il y a peu de vraisemblance que les éléphants aient pu passer d'Europe en Amérique. En même temps il y a des raisons très-fortes qui me portent à croire que cette communication des éléphants d'un continent à l'autre, a dû se faire par les contrées septentrionales de l'Asie, voisines de l'Amérique. Nous avons observé qu'en général toutes les côtes, toutes les pentes de terre, sont plus rapides vers les mers à l'occident, lesquelles, par cette raison, sont ordinairement plus profondes que les mers à l'orient. Nous avons vu qu'au contraire tous les continents s'étendent en longues pentes douces vers ces mers de l'orient. On peut donc présumer avec fondement que les mers orientales au-delà et au-dessus de Kamtschatka n'ont que peu de profondeur; et l'on a déjà reconnu qu'elles sont semées d'une très-grande quantité d'îles, dont quelques-unes forment des terrains d'une vaste étendue; c'est un archipel qui s'étend depuis Kamtschatka jusqu'à moitié de la distance de l'Asie à l'Amérique, sous le 60^e degré, et qui semble y toucher sous le cercle polaire par les îles d'Anadir et par la pointe du continent de l'Asie (1).

D'ailleurs, les voyageurs qui ont également fréquenté les côtes occidentales du nord de l'Amérique et les terres orientales depuis Kamtschatka jusqu'au nord de cette partie de l'Asie, conviennent que les naturels de ces deux contrées d'Amérique et d'Asie se ressemblent si fort qu'on ne peut guère douter qu'ils ne soient issus les uns des autres : non-seulement ils se ressemblent par la taille, par la forme des traits, la couleur des cheveux et la conformation du corps et des membres, mais encore par les mœurs et même par le langage. Il y a donc une très-grande probabilité que c'est de ces terres de l'Asie que l'Amérique a reçu ses premiers habitants de toutes espèces, à moins qu'on ne voudût prétendre que les éléphants et tous les autres animaux, ainsi que les végétaux, ont été créés en grand nombre dans tous les climats où la température pouvait leur convenir; supposition hardie et plus que gratuite, puisqu'il suffit de deux individus ou même d'un seul, c'est-à-dire, d'un ou deux moules une fois donnés ou doués de la faculté de se repro-

duire, pour qu'en un certain nombre de siècles, la terre se soit peuplée de tous les êtres organisés, dont la reproduction suppose ou non le concours des sexes.

En réfléchissant sur la tradition de la submersion de l'Atlantide, il m'a paru que les anciens Égyptiens, qui nous l'ont transmise, avaient des communications de commerce par le Nil et la Méditerranée jusqu'en Espagne et en Mauritanie, et que c'est par cette communication qu'ils auront été informés de ce fait, qui, quelque grand et quelque mémorable qu'il soit, ne serait pas parvenu à leur connaissance, s'ils n'étaient pas sortis de leur pays, fort éloigné du lieu de l'événement : il semblerait donc que la Méditerranée, et même le détroit qui la joint à l'Océan, existaient avant la submersion de l'Atlantide; néanmoins l'ouverture du détroit pourraient bien être de la même date. Les causes qui ont produit l'affaissement subite de cette vaste terre ont dû s'étendre aux environs; la même commotion qui l'a détruite a pu faire écrouler la petite portion de montagnes, qui fermait autrefois le détroit; les tremblements de terre qui, même de nos jours, se font encore sentir si violemment aux environs de Lisbonne, nous indiquent assez qu'ils ne sont que les derniers effets d'une ancienne et plus puissante cause, à laquelle on peut attribuer l'affaissement de cette portion de montagnes.

Mais qu'était la Méditerranée avant la rupture de cette barrière du côté de l'Océan, et de celle qui fermait le Bosphore à son autre extrémité vers la mer Noire ?

Pour répondre à cette question d'une manière satisfaisante, il faut réunir sous un même coup d'œil l'Asie, l'Europe et l'Afrique, ne les regarder que comme un seul continent, et se représenter la forme en relief de la surface de tout ce continent avec le cours de ses fleuves : il est certain que ceux qui tombent dans le lac Aral et dans la mer Caspienne, ne fournissent qu'autant d'eau que ces lacs en perdent par l'évaporation; il est encore certain que la mer Noire reçoit, en proportion de son étendue, beaucoup plus d'eau par les fleuves que n'en reçoit la Méditerranée; aussi la mer Noire se décharge-t-elle par le Bosphore de ce qu'elle a de trop; tandis qu'au contraire la Méditerranée, qui ne reçoit qu'une petite quantité d'eau par les fleuves, en tire de l'Océan et de la mer Noire. Ainsi, malgré cette communication avec l'Océan, la mer Méditerranée,

(1) Voyez la carte des nouvelles découvertes au-delà de Kamtschatka, gravée à Pétersbourg en 1773.

née et ces autres mers intérieures ne doivent être regardées que comme des lacs dont l'étendue a varié, et qui ne sont pas aujourd'hui tels qu'ils étaient autrefois : la mer Caspienne devait être beaucoup plus grande et la Méditerranée plus petite avant l'ouverture des détroits du Bosphore et de Gibraltar; le lac Aral et la Caspienne ne faisaient qu'un seul grand lac, qui était le réceptacle commun du Wolga, du Jaïk, du Sirderoias, de l'Oxus et de toutes les autres eaux qui ne pouvaient arriver à l'Océan : ces fleuves ont amené successivement les limons et les sables qui séparent aujourd'hui la Caspienne de l'Aral; le volume d'eau a diminué dans ces fleuves à mesure que les montagnes dont ils entraînent les terres ont diminué de hauteur : il est donc très-probable que ce grand lac, qui est au centre de l'Asie, était anciennement encore plus grand, et qu'il communiquait avec la mer Noire avant la rupture du Bosphore; car, dans cette supposition, qui me paraît bien fondée (1), la mer Noire, qui reçoit aujourd'hui plus d'eau qu'elle ne pourrait en perdre par l'évaporation, étant alors jointe avec la Caspienne, qui n'en reçoit qu'autant qu'elle en perd, la surface de ces deux mers réunies était assez étendue pour que toutes les eaux amenées par les fleuves fussent enlevées par l'évaporation.

D'ailleurs, le Don et le Wolga sont si voisins l'un de l'autre au nord de ces deux mers, qu'on ne peut guère douter qu'elles ne fussent réunies dans le temps où le Bosphore, encore fermé, ne donnait à leurs eaux aucune issue vers la Méditerranée : ainsi celles de la mer Noire et de ses dépendances étaient alors répandues sur toutes les terres basses qui avoisinent le Don, le Donjec, etc., et celles de la mer Caspienne couvraient les terres voisines du Wolga, ce qui formait un lac plus long que large qui réunissait ces deux mers. Si l'on compare l'étendue actuelle du lac Aral, de la mer Caspienne et de la mer Noire, avec l'étendue que nous leur supposons dans le temps de leur continuité, c'est-à-dire avant l'ouverture du Bosphore, on sera convaincu que la surface de ces eaux était alors plus que double de ce qu'elle est aujourd'hui, l'évaporation seule suffisait pour en maintenir l'équilibre sans débordement.

Ce bassin, qui était alors peut-être aussi grand que l'est aujourd'hui celui de la Méditerranée, recevait et contenait les eaux de tous les fleuves de l'intérieur du continent de l'Asie, lesquelles, par la position des montagnes, ne pouvaient s'écouler d'aucun côté pour se rendre dans l'Océan : ce grand bassin était le réceptacle commun des eaux du Danube, du Don, du Wolga, du Jaïk, du Sirderoias et de plusieurs autres rivières très-considérables qui arrivent à ces fleuves ou qui tombent immédiatement dans ces mers intérieures. Ce bassin, situé au centre du continent, recevait les eaux des terres de l'Europe dont les pentes sont dirigées vers le cours du Danube, c'est-à-dire de la plus grande partie de l'Allemagne, de la Moldavie, de l'Ukraine et de la Turquie d'Europe; il recevait de même les eaux d'une grande partie des terres de l'Asie au nord, par le Don, le Donjec, le Wolga, le Jaïk, etc., et au midi par le Sirderoias et l'Oxus, ce qui présente une très-vaste étendue de terre, dont toutes les eaux se versaient dans ce réceptacle commun; tandis que le bassin de la Méditerranée ne recevait alors que celles du Nil, du Rhône, du Pô, et de quelques autres rivières : de sorte qu'en comparant l'étendue des terres qui fournissent les eaux à ces derniers fleuves, on reconnaît évidemment que cette étendue est de moitié plus petite. Nous sommes donc bien fondés à présumer qu'avant la rupture du Bosphore et celle du détroit de Gibraltar, la mer Noire, réunie avec la mer Caspienne et l'Aral, formaient un bassin d'une étendue double de ce qu'il en reste; et qu'au contraire la Méditerranée était dans le même temps de moitié plus petite qu'elle ne l'est aujourd'hui.

Tant que les barrières du Bosphore et de Gibraltar ont subsisté, la Méditerranée n'était donc qu'un lac d'assez médiocre étendue, dont l'évaporation suffisait à la recette des eaux du Nil, du Rhône et des autres rivières qui lui appartiennent; mais en supposant, comme les traditions semblent l'indiquer, que le Bosphore se soit ouvert le premier, la Méditerranée aura dès-lors considérablement augmenté, et en même proportion que le bassin supérieur de la mer Noire et de la Caspienne aura diminué. Ce grand effet n'a rien que de très-naturel : car les eaux de la mer Noire, supérieures à celles de la Méditerranée, agissant continuellement par leur poids et par leur mouvement contre les terres qui fermaient le Bosphore, elles les

(1) Voyez ci-après les notes justificatives des faits.

auront minées par la base, elles en auront attaqué les endroits les plus faibles, ou peut-être auront-elles été amenées par quelque affaissement causé par un tremblement de terre; et s'étant une fois ouvert cette issue, elles auront inondé toutes les terres inférieures, et causé le plus ancien déluge de notre continent; car il est nécessaire que cette rupture du Bosphore ait produit tout à coup une grande inondation permanente, qui a noyé dès ce premier temps toutes les plus basses terres de la Grèce et des provinces adjacentes, et cette inondation s'est en même temps étendue sur les terres qui environnaient anciennement le bassin de la Méditerranée, laquelle s'est dès-lors élevée de plusieurs pieds et aura couvert pour jamais les basses terres de son voisinage, encore plus du côté de l'Afrique que de celui de l'Europe; car les côtes de la Mauritanie et de la Barbarie sont très-basses en comparaison de celles de l'Espagne, de la France et de l'Italie, tout le long de cette mer. Ainsi le continent a perdu en Afrique et en Europe autant de terre qu'il en gagnait pour ainsi dire en Asie par la retraite des eaux entre la mer Noire, la Caspienne et l'Aral.

Ensuite il y a eu un second déluge lorsque la porte du détroit de Gibraltar s'est ouverte; les eaux de l'Océan ont dû produire dans la Méditerranée une seconde augmentation, et ont achevé d'inonder les terres qui n'étaient pas submergées. Ce n'est peut-être que dans ce second temps que s'est formé le golfe Adriatique, ainsi que la séparation de la Sicile et des autres îles. Quoi qu'il en soit, ce n'est qu'après ces deux grands événements que l'équilibre de ces deux mers intérieures a pu s'établir, et qu'elles ont pris leurs dimensions à peu près telles que nous les voyons aujourd'hui.

Au reste, l'époque de la séparation des deux grands continents, et même celle de la rupture de ces barrières de l'Océan et de la mer Noire, paraissent être bien plus anciennes que la date des déluges dont les hommes ont conservé la mémoire : celui de Deucalion n'est que d'environ quinze cents ans avant l'ère chrétienne, et celui d'Ogygès de dix-huit cents ans; tous deux n'ont été que des inondations particulières, dont la première ravagea la Thessalie, et la seconde les terres de l'Attique; tous deux n'ont été produits que par une cause particulière et passagère comme leurs effets; quelques secousses d'un tremblement de terre ont pu

soulever les eaux des mers voisines et les faire refluer sur les terres, qui auront été inondées pendant un petit temps sans être submergées à demeure. Le déluge de l'Arménie et de l'Égypte, dont la tradition s'est conservée chez les Égyptiens et les Hébreux, quoique plus ancien d'environ cinq siècles que celui d'Ogygès, est encore bien récent en comparaison des événements dont nous venons de parler puisque l'on ne compte qu'environ quatre mille cent années depuis ce premier déluge, et qu'il est très-certain que le temps où les éléphants habitaient les terres du nord était bien antérieur à cette date moderne : car nous sommes assurés par les livres les plus anciens, que l'ivoire se tirait des pays méridionaux; par conséquent nous ne pouvons douter qu'il n'y ait plus de trois mille ans que les éléphants habitent les terres où ils se trouvent aujourd'hui. On doit donc regarder ces trois déluges, quelque mémorables qu'ils soient, comme des inondations passagères qui n'ont point changé la surface de la terre, tandis que la séparation des deux continents du côté de l'Europe, n'a pu se faire qu'en submergeant à jamais les terres qui les réunissaient. Il en est de même de la plus grande partie des terrains actuellement couverts par les eaux de la Méditerranée; ils ont été submergés pour toujours dès les temps où les portes se sont ouvertes aux deux extrémités de cette mer intérieure, pour recevoir les eaux de la mer Noire et celles de l'Océan.

Ces événements, quoique postérieurs à l'établissement des animaux terrestres dans les contrées du nord, ont peut-être précédé leur arrivée dans les terres du midi; car nous avons démontré dans l'époque précédente, qu'il s'est écoulé bien des siècles avant que les éléphants de Sibérie aient pu venir en Afrique ou dans les parties méridionales de l'Inde. Nous avons compté dix mille ans pour cette espèce de migration, qui ne s'est faite qu'à mesure du refroidissement successif et fort lent des différents climats depuis le cercle polaire à l'équateur. Ainsi la séparation des continents, la submersion des terres qui les réunissaient, celle des terrains adjacents à l'ancien lac de la Méditerranée, et enfin la séparation de la mer Noire, de la Caspienne et de l'Aral, quoique toutes postérieures à l'établissement de ces animaux dans les contrées du nord, pourraient bien être antérieures à la population des terres du midi, dont la chaleur trop grande

alors ne permettait pas aux êtres sensibles de s'y habituer, ni même d'en approcher. Le soleil était encore l'ennemi de la nature dans ces régions brûlantes de leur propre chaleur, et il n'en est devenu le père que quand cette chaleur intérieure de la terre s'est assez atténuée pour ne pas offenser la sensibilité des êtres qui nous ressemblent. Il n'y a peut-être pas cinq mille ans que les terres de la zone torride sont habitées, tandis qu'on en doit compter au moins quinze mille depuis l'établissement des animaux terrestres dans les contrées du nord.

Les hautes montagnes, quoiqu'elles soient situées dans les climats les plus chauds, se sont refroidies peut-être aussi promptement que celles des pays tempérés, parce qu'étant plus élevées que ces dernières, elles forment des pointes plus éloignées de la masse du globe; l'on doit donc considérer qu'indépendamment du refroidissement général et successif de la terre depuis les pôles à l'équateur, il y a eu des refroidissements particuliers plus ou moins prompts dans toutes les montagnes et dans les terres élevées des différentes parties du globe, et que, dans le temps de sa trop grande chaleur, les seuls lieux qui fussent convenables à la nature vivante, ont été les sommets des montagnes et les autres terres élevées, telles que celles de la Sibérie et de la haute Tartarie.

Lorsque toutes les eaux ont été établies sur le globe, leur mouvement d'orient en occident a escarpé les revers occidentaux de tous les continents pendant tout le temps qu'a duré l'abaissement des mers : ensuite ce même mouvement d'orient en occident a dirigé les eaux contre les pentes douces des terres orientales, et l'Océan s'est emparé de leurs anciennes côtes; et de plus, il paraît avoir tranché toutes les pointes des continents terrestres, et avoir formé les détroits de Magellan à la pointe de l'Amérique, de Ceylan à la pointe de l'Inde, de Forbisher à celle du Groenland, etc.

C'est à la date d'environ dix mille ans, à compter de ce jour, en arrière, que je placerais la séparation de l'Europe et de l'Amérique; et c'est à peu près dans ce même temps que l'Angleterre a été séparée de la France, l'Irlande de l'Angleterre, la Sicile de l'Italie, la Sardaigne de la Corse, et toutes deux du continent de l'Afrique : c'est peut-être aussi dans ce même temps que les Antilles, Saint-Domingue et Cuba ont été séparés du continent de l'Amérique. Toutes

ces divisions particulières sont contemporaines ou de peu postérieures à la grande séparation des deux continents; la plupart même ne paraissent être que les suites nécessaires de cette grande division, laquelle, ayant ouvert une large route aux eaux de l'Océan, leur aura permis de refluer sur toutes les terres basses, d'en attaquer par leur mouvement les parties les moins solides, de les miner peu à peu, et de les trancher enfin jusqu'à les séparer des continents voisins.

On peut attribuer la division entre l'Europe et l'Amérique à l'affaissement des terres qui formaient autrefois l'Atlantide; et la séparation entre l'Asie et l'Amérique (si elle existe réellement) supposerait un pareil affaissement dans les mers septentrionales de l'orient : mais la tradition ne nous a conservé que la mémoire de la submersion de la Tarpobane, terre située dans le voisinage de la zone torride, et par conséquent trop éloignée pour avoir influé sur cette séparation des continents vers le nord (1). L'inspection du globe nous indique à la vérité qu'il y a eu des bouleversements plus grands et plus fréquents dans l'océan Indien que dans aucune autre partie du monde; et que non-seulement il s'est fait de grands changements dans ces contrées par l'affaissement des cavernes, les tremblements de terre et l'action des volcans, mais encore par l'effet continué du mouvement général des mers, qui, constamment dirigées d'orient en occident, ont gagné une grande étendue de terrain sur les côtes anciennes de l'Asie, et ont formé les petites mers intérieures de Kamtschatka, de la Corée, de la Chine, etc. Il paraît même qu'elles ont aussi noyé toutes les terres basses qui étaient à l'orient de ce continent; car si l'on tire une ligne depuis l'extrémité septentrionale de l'Asie, en passant par la pointe de Kamtschatka, jusqu'à la Nouvelle-Guinée, c'est-à-dire depuis le cercle polaire jusqu'à l'équateur, on verra que les îles Mariannes et celles des Calanos, qui se trouvent dans la direction de cette ligne sur une longueur de plus de deux cent cinquante lieues, sont les restes ou plutôt les anciennes côtes de ces vastes terres envahies par la mer : ensuite, si l'on considère les terres depuis celles du Japon à Formose, de Formose aux Philippines, des Philippines à la Nouvelle-Guinée, on sera porté à croire que le conti-

(1) Voyez ci-après les notes justificatives des faits.

ment de l'Asie était autrefois contigu avec celui de la Nouvelle-Hollande, lequel s'aiguise et aboutit en pointe vers le midi, comme tous les autres grands continents.

Ces bouleversements si multipliés et si évidents dans les mers méridionales, l'envahissement tout aussi évident des anciennes terres orientales par les eaux de ce même Océan, nous indiquent assez les prodigieux changements qui sont arrivés dans cette vaste partie du monde, surtout dans les contrées voisines de l'équateur : cependant ni l'une ni l'autre de ces grandes causes n'a pu produire la séparation de l'Asie et de l'Amérique vers le nord ; il semblerait au contraire que, si ces continents eussent été séparés au lieu d'être continus, les affaissements vers le midi et l'irruption des eaux dans les terres de l'orient, auraient dû attirer celles du nord, et par conséquent découvrir la terre de cette région entre l'Asie et l'Amérique : cette considération confirme les raisons que j'ai données ci-devant pour la contiguïté réelle des deux continents vers le nord en Asie.

Après la séparation de l'Europe et de l'Amérique, après la rupture des détroits, les eaux ont cessé d'envahir de grands espaces ; et dans la suite, la terre a plus gagné sur la mer qu'elle n'a perdu ; car, indépendamment des terrains de l'intérieur de l'Asie nouvellement abandonnés par les eaux, tels que ceux qui environnent la Caspienne et l'Aral, indépendamment de toutes les côtes en pente douce que cette dernière retraite des eaux laissait à découvert, les grands fleuves ont presque tous formé des îles et de nouvelles contrées près de leurs embouchures. On sait que le *Delta* de l'Égypte, dont l'étendue ne laisse pas d'être considérable, n'est qu'un atterrissement produit par les dépôts du Nil. Il en est de même de la grande île à l'entrée du fleuve Amour, dans la mer orientale de la Tartarie chinoise. En Amérique, la partie méridionale de la Louisiane, près du fleuve Mississipi, et la partie orientale située à l'embouchure de la rivière des Amazones, sont des terres nouvellement formées par le dépôt de ces grands fleuves. Mais nous ne pouvons choisir un exemple plus grand d'une contrée récente que celui des vastes terres de la Guyane ; leur aspect nous rappellera l'idée de la nature brute, et nous présentera le tableau nuancé de la formation successive d'une terre nouvelle.

Dans une étendue de plus de cent vingt lieues, depuis l'embouchure de la rivière de Cayenne jusqu'à celle des Amazones, la mer, de niveau avec la terre, n'a d'autre fond que de la vase, et d'autres côtes qu'une couronne de bois aquatiques, de *mangles* ou *palétuviers* ; dont les racines, les tiges et les branches courbées trempent également dans l'eau salée ; et ne présentent que des halliers aqueux qu'on ne peut pénétrer qu'en canot et la hache à la main. Ce fond de vase s'étend en pente douce à plusieurs lieues sous les eaux de la mer. Du côté de la terre, au-delà de cette large lisière de palétuviers, dont les branches, plus inclinées vers l'eau qu'élevées vers le ciel, forment un fort qui sert de repaire aux animaux immondes, s'étendent encore des *savanes noyées*, plantées de *palmiers lataniers*, et jonchées de leurs débris ; ces lataniers sont de grands arbres, dont à la vérité le pied est encore dans l'eau, mais dont la tête et les branches élevées et garnies de fruits invitent les oiseaux à s'y percher. Au-delà des palétuviers et des lataniers, l'on ne trouve encore que des bois moussus, des *comons*, des *pineaux*, qui ne croissent pas dans l'eau, mais dans les terrains bourbeux auxquels aboutissent les savanes noyées ; ensuite commencent des forêts d'une autre essence : les terres s'élèvent en pente douce et marquent, pour ainsi dire, leur élévation par la solidité et la dureté des bois qu'elles produisent : enfin après quelques lieues de chemin en ligne directe de la mer, on trouve des collines dont les coteaux, quoique rapides, et même les sommets, sont également garnis d'une grande épaisseur de bonne terre, plantée partout d'arbres de tout âge, si pressés, si serrés les uns contre les autres, que leurs cimes entrelacées laissent à peine passer la lumière du soleil, et sous leur ombre épaisse entretiennent une humidité si froide, que le voyageur est obligé d'allumer du feu pour y passer la nuit ; tandis qu'à quelque distance de ces sombres forêts, dans les lieux défrichés, la chaleur excessive pendant le jour est encore trop grande pendant la nuit. Cette vaste terre des côtes et de l'intérieur de la Guyane n'est donc qu'une forêt tout aussi vaste, dans laquelle des Sauvages en petit nombre ont fait quelques clairières et de petits abatis, pour pouvoir s'y domicilier sans perdre la jouissance de la chaleur de la terre et de la lumière du jour.

La grande épaisseur de terre végétale qui se trouve jusque sur le sommet des collines, démontre la formation récente de toute la contrée; elle l'est en effet au point qu'au-dessus de l'une de ces collines nommée *la Gabrielle*, on voit un petit lac peuplé de crocodiles *caymans*, que la mer y a laissés, à cinq ou six lieues de distance et à six ou sept cents pieds de hauteur au-dessus de son niveau. Nulle part on ne trouve de la pierre calcaire; car on transporte de France la chaux nécessaire pour bâtir à Cayenne : ce qu'on appelle *Pierre à ravets* n'est point une pierre, mais une lave de volcan, trouée comme les scories des forges; cette lave se présente en blocs épars ou en monceaux irréguliers, dans quelques montagnes où l'on voit les bouches des anciens volcans qui sont actuellement éteints, parce que la mer s'est retirée et éloignée du pied de ces montagnes. Tout concourt donc à prouver qu'il n'y a pas long-temps que les eaux ont abandonné ces collines, et encore moins de temps qu'elles ont laissé paraître les plaines et les terres basses; car celles-ci ont été presque entièrement formées par le dépôt des eaux courantes. Les fleuves, les rivières, les ruisseaux sont si voisins les uns des autres, et en même temps si larges, si gonflés, si rapides dans la saison des pluies, qu'ils entraînent incessamment des limons immenses, lesquels se déposent sur toutes les terres basses et sur le fond de la mer en sédiments vaseux (1). Ainsi cette terre nouvelle s'accroîtra de siècle en siècle, tant qu'elle ne sera pas peuplée; car on doit compter pour rien le petit nombre d'hommes qu'on y rencontre : ils sont encore, tant au moral qu'au physique, dans l'état de pure nature; ni vêtements, ni religion, ni société qu'entre quelques familles dispersées à de grandes distances, peut-être au nombre de trois ou quatre cents carbets, dans une terre dont l'étendue est quatre fois plus grande que celle de la France.

Ces hommes, ainsi que la terre qu'ils habitent, paraissent être les plus nouveaux de l'univers : ils y sont arrivés des pays plus élevés et dans des temps postérieurs à l'établissement de l'espèce humaine dans les hautes contrées du Mexique, du Pérou et du Chili; car, en supposant les premiers hommes en Asie, ils auront passé par la même

route que les éléphants, et se seront, en arrivant, répandus dans les terres de l'Amérique septentrionale et du Mexique; ils auront ensuite aisément franchi les hautes terres au-delà de l'isthme, et se seront établis dans celles du Pérou, et enfin ils auront pénétré jusque dans les contrées les plus reculées de l'Amérique méridionale. Mais n'est-il pas singulier que ce soit dans quelques-unes de ces dernières contrées qu'existent encore de nos jours les géants de l'espèce humaine, tandis qu'on n'y voit que des pygmées dans le genre des animaux? car on ne peut douter qu'on n'ait rencontré dans l'Amérique méridionale des hommes en grand nombre, tous plus grands, plus carrés, plus épais et plus forts que ne le sont tous les autres hommes de la terre. Les races de géants, autrefois si communes en Asie, n'y subsistent plus. Pourquoi se trouvent-elles en Amérique aujourd'hui? Ne pouvons-nous pas croire que quelques géants, ainsi que les éléphants, ont passé de l'Asie en Amérique, où s'étant trouvés, pour ainsi dire, seuls; leur race s'est conservée dans ce continent désert, tandis qu'elle a été entièrement détruite par le nombre des autres hommes dans les contrées peuplées? Une circonstance me paraît avoir concouru au maintien de cette ancienne race de géants dans le continent du Nouveau-Monde; ce sont les hautes montagnes qui le partagent dans toute sa longueur et sous tous les climats. Or on sait qu'en général les habitants des montagnes sont plus grands et plus forts que ceux des vallées ou des plaines. Supposant donc quelques couples de géants passés d'Asie en Amérique, où ils auront trouvé la liberté, la tranquillité, la paix, ou d'autres avantages que peut-être ils n'avaient pas chez eux, n'auront-ils pas choisi dans les terres de leur nouveau domaine celles qui leur convenaient le mieux, tant pour la chaleur que pour la salubrité de l'air et des eaux? ils auront fixé leur domicile à une hauteur médiocre dans les montagnes; ils se seront arrêtés sous le climat le plus favorable à leur multiplication; et comme ils avaient peu d'occasions de se mêler, puisque toutes les terres voisines étaient désertes, ou du moins tout aussi nouvellement peuplées par un petit nombre d'hommes bien inférieurs en force, leur race gigantesque s'est propagée sans obstacles et presque sans mélange : elle a duré et subsisté jusqu'à ce jour, tandis qu'il y a un nombre de siècles qu'elle a été détruite dans les lieux

(1) Voyez ci-après les notes justificatives des faits.

de son origine en Asie (1), par la très-grande et plus ancienne population de cette partie du monde.

Mais autant les hommes se sont multipliés dans les terres qui sont actuellement chaudes et tempérées, autant leur nombre a diminué dans celles qui sont devenues trop froides. Le nord du Groenland, de la Laponie, du Spitzberg, de la Nouvelle-Zemble, de la terre des Samoïedes, aussi-bien qu'une partie de celles qui avoisinent la mer Glaciale jusqu'à l'extrémité de l'Asie au nord de Kamtschatka, sont actuellement désertes ou plutôt dépeuplées depuis un temps assez moderne. On voit même par les cartes russes, que depuis les embouchures des fleuves Olenek, Lena et Jana, sous les 73° et 74° degrés, la route, tout le long des côtes de cette mer Glaciale jusqu'à la terre des Tschutschis, était autrefois fort fréquentée, et qu'actuellement elle est impraticable, ou tout au moins si difficile, qu'elle est abandonnée. Ces mêmes cartes nous montrent que des trois vaisseaux partis en 1648 de l'embouchure commune des fleuves de Kolima et Olomon, sous le 72° degré, un seul a doublé le cap de la terre des Tschutschis sous le 75° degré, et seul est arrivé, disent les mêmes cartes, aux îles d'Anadir, voisines de l'Amérique sous le cercle polaire. Mais, autant je suis persuadé de la vérité de ces premiers faits, autant je doute de celle du dernier; car cette même carte, qui présente par une suite de points la route de ce vaisseau russe autour de la terre des Tschutschis, porte en même temps en toutes lettres qu'on ne connaît pas l'étendue de cette terre: or, quand même on aurait en 1648 parcouru cette mer et fait le tour de cette pointe de l'Asie, il est sûr que depuis ce temps les Russes, quoique très-intéressés à cette navigation pour arriver au Kamtschatka, et de là au Japon et à la Chine, l'ont entièrement abandonnée; mais peut-être aussi se sont-ils réservé pour eux seuls la connaissance de cette route autour de cette terre des Tschutschis, qui forme l'extrémité la plus septentrionale et la plus avancée du continent de l'Asie.

Quoi qu'il en soit, toutes les régions septentrionales au-delà du 76° degré, depuis le nord de la Norwège jusqu'à l'extrémité de l'Asie, sont actuellement dénuées d'habitants, à l'exception de quelques malheureux

que les Danois et les Russes ont établis pour la pêche, et qui seuls entretiennent un reste de population et de commerce dans ce climat glacé. Les terres du Nord, autrefois assez chaudes pour faire multiplier les éléphants et les hippopotames, s'étant déjà refroidies au point de ne pouvoir nourrir que des ours blancs et des rennes, seront, dans quelques milliers d'années, entièrement dénuées et désertes par les seuls effets du refroidissement. Il y a même de très-fortes raisons qui me portent à croire que la région de notre pôle qui n'a pas été reconnue ne le sera jamais; car ce refroidissement glacial me paraît s'être emparé du pôle jusqu'à la distance de sept ou huit degrés; et il est plus que probable que toute cette plage polaire, autrefois terre ou mer, n'est aujourd'hui que glace; et si cette présomption est fondée, le circuit et l'étendue de ces glaces, loin de diminuer, ne pourra qu'augmenter avec le refroidissement de la terre.

Or, si nous considérons ce qui se passe sur les hautes montagnes, même dans nos climats, nous y trouverons une nouvelle preuve démonstrative de la réalité de ce refroidissement, et nous en tirerons en même temps une comparaison qui me paraît frappante. On trouve au-dessus des Alpes, dans une longueur de plus de soixante lieues sur vingt, et même trente de largeur en certains endroits, depuis les montagnes de la Savoie et du canton de Berne jusqu'à celles du Tyrol, une étendue immense et presque continue de vallées, de plaines et d'éminences de glaces, la plupart sans mélange d'aucune autre matière, et presque toutes permanentes, et qui ne fondent jamais en entier. Ces grandes plages de glace, loin de diminuer dans leur circuit, augmentent et s'étendent de plus en plus; elles gagnent de l'espace sur les terres voisines et plus basses: ce fait est démontré par les cimes des grands arbres, et même par une pointe de clocher, qui sont enveloppés dans ces masses de glaces, et qui ne paraissent que dans certains étés très-chauds, pendant lesquels ces glaces diminuent de quelques pieds de hauteur; mais la masse intérieure, qui, dans certains endroits, est épaisse de cent toises, ne s'est pas fondue de mémoire d'homme (2). Il est donc évident que ces forêts et ce clocher enfouis dans ces glaces épaisses et perma-

(1) Voyez ci-après les notes justificatives des faits.
THÉORIE DE LA TERRE. Tome. II.

(2) Voyez ci-après les notes justificatives des faits.

neutes, étaient ci-devant situés dans des terres découvertes, habitées, et par conséquent moins refroidies qu'elles ne le sont aujourd'hui; il est de même très-certain que cette augmentation successive de glaces ne peut être attribuée à l'augmentation de la quantité de vapeurs aqueuses, puisque tous les sommets des montagnes qui surmontent ces glacières ne se sont point élevés, et se sont au contraire abaissés avec le temps et par la chute d'une infinité de rochers et de masses en débris qui ont roulé, soit au fond des glacières, soit dans les vallées inférieures. Dès-lors l'agrandissement de ces contrées de glace est déjà, et sera dans la suite la preuve la plus palpable du refroidissement successif de la terre, duquel il est plus aisé de saisir les degrés dans ces pointes avancées du globe que partout ailleurs : si l'on continue donc d'observer les progrès de ces glacières permanentes des Alpes, on saura dans quelques siècles combien il faut d'années pour que le froid glacial s'empare d'une terre actuellement habitée, et de là on pourra conclure si j'ai compté trop ou trop peu de temps pour le refroidissement du globe.

Maintenant, si nous transportons cette idée sur la région du pôle, nous nous persuaderons aisément que, non-seulement elle est entièrement glacée, mais même que le circuit et l'étendue de ces glaces augmente de siècle en siècle, et continuera d'augmenter avec le refroidissement du globe. Les terres du Spitzberg, quoiqu'à 10 degrés du pôle, sont presque entièrement glacées, même en été : et, par les nouvelles tentatives que l'on a faites pour approcher du pôle de plus près, il paraît qu'on n'a trouvé que des glaces, que je regarde comme les appendices de la grande glacière qui couvre cette région tout entière, depuis le pôle jusqu'à 7 ou 8 degrés de distance. Les glaces immenses reconnues par le capitaine Phipps à 80 et 81 degrés, et qui partout l'ont empêché d'avancer plus loin, semblent prouver la vérité de ce fait important; car l'on ne doit pas présumer qu'il y ait sous le pôle des sources et des fleuves d'eau douce qui puissent produire et amener ces glaces, puisqu'en toutes saisons ces fleuves seraient glacés. Il paraît donc que les glaces qui ont empêché ce navigateur intrépide de pénétrer au-delà du 82° degré, sur une longueur de plus de 24 degrés en longitude, il paraît, dis-je, que ces glaces continuent de former une

partie de la circonférence de l'immense glacière de notre pôle, produite par le refroidissement successif du globe. Et, si l'on veut supputer la surface de cette zone glacée depuis le pôle jusqu'au 82° degré de latitude, on verra qu'elle est de plus de cent trente mille lieues quarrées, et que par conséquent voilà déjà la deux centième partie du globe envahie par le refroidissement, et anéantie pour la nature vivante. Et, comme le froid est plus grand dans les régions du pôle austral, l'on doit présumer que l'envahissement des glaces y est aussi plus grand, puisqu'on en rencontre dans quelques-unes de ces plages australes dès le 47° degré : mais, pour ne considérer ici que notre hémisphère boréal, dont nous présumons que la glace a déjà envahi la centième partie, c'est-à-dire toute la surface de la portion de sphère qui s'étend depuis le pôle jusqu'à 8 degrés ou deux cents lieues de distance, l'on sent bien que s'il était possible de déterminer le temps où ces glaces ont commencé de s'établir sur le point du pôle, et ensuite le temps de la progression successive de leur envahissement jusqu'à deux cents lieues, on pourrait en déduire celui de leur progression à venir, et connaître d'avance quelle sera la durée de la nature vivante dans tous les climats jusqu'à celui de l'équateur. Par exemple, si nous supposons qu'il y ait mille ans que la glace permanente a commencé de s'établir sous le point même du pôle, et que, dans la succession de ce millier d'années, les glaces se soient étendues autour de ce point jusqu'à deux cents lieues, ce qui fait la centième partie de la surface de l'hémisphère depuis le pôle à l'équateur, on peut présumer qu'il s'écoulera encore quatre-vingt-dix-neuf mille ans avant qu'elles puissent l'envahir dans toute cette étendue, en supposant uniforme la progression du froid glacial, comme l'est celle du refroidissement du globe; et ceci s'accorde assez avec la durée de quatre-vingt-treize mille ans que nous avons donnée à la nature vivante, à dater de ce jour, et que nous avons déduite de la seule loi du refroidissement. Quoi qu'il en soit, il est certain que les glaces se présentent de tous côtés, à 8 degrés du pôle, comme des barrières et des obstacles insurmontables, car le capitaine Phipps a parcouru plus de la quinzième partie de cette circonférence vers le nord-est; et avant lui, Baffin et Smith en avaient reconnu tout autant vers le nord-ouest, et

partout ils n'ont trouvé que glace. Je suis donc persuadé que si quelques autres navigateurs aussi courageux entreprennent de reconnaître le reste de cette circonférence, ils la trouveront de même bornée partout par des glaces qu'ils ne pourront pénétrer ni franchir, et que par conséquent cette région du pôle est entièrement et à jamais perdue pour nous. La brume continuelle qui couvre ces climats, et qui n'est que de la neige glacée dans l'air, s'arrêtant, ainsi que toutes les autres vapeurs, contre les parois de ces côtes de glace, elle y forme de nouvelles couches et d'autres glaces, qui augmentent incessamment et s'étendront toujours de plus en plus, à mesure que le globe se refroidira davantage.

Au reste, la surface de l'hémisphère boréal présentant beaucoup plus de terre que celle de l'hémisphère austral, cette différence suffit indépendamment des autres causes ci-devant indiquées, pour que ce dernier hémisphère soit plus froid que le premier; aussi trouve-t-on des glaces dès le 47^e ou 50^e degré dans les mers australes, au lieu qu'on n'en rencontre qu'à 20 degrés plus loin dans l'hémisphère boréal. On voit d'ailleurs que, sous notre cercle polaire, il y a moitié plus de terre que d'eau, tandis que tout est mer sous le cercle antarctique : l'on voit qu'entre notre cercle polaire et le tropique du Cancer, il y a plus de deux tiers de terre sur un tiers de mer, au lieu qu'entre le cercle polaire antarctique et le tropique du Capricorne, il y a peut-être quinze fois plus de mer que de terre. Cet hémisphère austral a donc été de tout temps, comme il l'est encore aujourd'hui, beaucoup plus aqueux et plus froid que le nôtre; et il n'y a pas d'apparence que, passé le 50^e degré, l'on y trouve jamais des terres heureuses et tempérées. Il est donc presque certain que les glaces ont envahi une plus grande étendue sous le pôle antarctique, et que leur circonférence s'étend peut-être beaucoup plus loin que celle des glaces du pôle arctique. Ces immenses glaciers des deux pôles, produites par le refroidissement, iront, comme la glacière des Alpes, toujours en augmentant. La postérité ne tardera pas à le savoir, et nous nous croyons fondés à le présumer d'après notre théorie et d'après les faits que nous venons d'exposer, auxquels nous devons ajouter celui des glaces permanentes qui se sont formées depuis quelques siècles contre la côte orientale

du Groenland; on peut encore y joindre l'augmentation des glaces près de la Nouvelle-Zemble dans le détroit de Waigats, dont le passage est devenu plus difficile et presque impraticable; et enfin l'impossibilité où l'on est de parcourir la mer Glaciale au nord de l'Asie; car, malgré ce qu'en ont dit les Russes (1), il est très-douteux que les côtes de cette mer les plus avancées vers le nord aient été reconnues, et qu'ils aient fait le tour de la pointe septentrionale de l'Asie.

Nous voilà, comme je me le suis proposé, descendus du sommet de l'échelle du temps jusqu'à des siècles assez voisins du nôtre; nous avons passé du chaos à la lumière, de l'incandescence du globe à son premier refroidissement, et cette période de temps a été de vingt-cinq mille ans. Le second degré de refroidissement a permis la chute des eaux et a produit la déparation de l'atmosphère depuis vingt-cinq à trente-cinq mille ans. Dans la troisième époque s'est fait l'établissement de la mer universelle, la production des premiers coquillages et des premiers végétaux, la construction de la surface de la terre par lits horizontaux, ouvrages de quinze ou vingt autres milliers d'années. Sur la fin de la troisième époque, et au commencement de la quatrième, s'est faite la retraite des eaux; les courants de la mer ont creusé nos vallons, et les feux souterrains ont commencé de ravager la terre par leurs explosions. Tous ces derniers mouvements ont duré dix mille ans de plus; et en somme totale, ces grands événements, ces opérations et ces constructions supposent au moins une succession de soixante mille années. Après quoi, la nature, dans son premier moment de repos, a donné ses productions les plus nobles : la cinquième époque nous présente la naissance des animaux terrestres. Il est vrai que ce repos n'était pas absolu; la terre n'était pas encore tout-à-fait tranquille, puisque ce n'est qu'après la naissance des premiers animaux terrestres que s'est faite la séparation des continents et que sont arrivés les grands changements que je viens d'exposer dans cette sixième époque.

Au reste, j'ai fait ce que j'ai pu pour proportionner dans chacune de ces périodes la durée du temps à la grandeur des ouvrages; j'ai tâché, d'après mes hypothèses, de tracer le tableau successif des grandes révolutions de la nature, sans néanmoins avoir

(1) Voyez ci-après les notes justificatives des faits.

prétendu la saisir à son origine, et encore moins l'avoir embrassée dans toute son étendue. Et mes hypothèses fussent-elles contes-tées, et mon tableau ne fût-il qu'une esquisse très-imparfaite de celui de la nature, je suis convaincu que tous ceux qui de bonne foi

voudront examiner cette esquisse, et la comparer avec le modèle, trouveront assez de ressemblance pour pouvoir au moins satisfaire leurs yeux, et fixer leurs idées sur les plus grands objets de la philosophie naturelle.

SEPTIÈME ET DERNIÈRE ÉPOQUE.

LORSQUE LA PUISSANCE DE L'HOMME A SECONDÉ CELLE DE LA NATURE.

LES premiers hommes, témoins des mouvements convulsifs de la terre, encore récents et très-fréquents, n'ayant que les montagnes pour asiles contre les inondations, chassés souvent de ces mêmes asiles par le feu des volcans, tremblants sur une terre qui tremblait sous leurs pieds, nus d'esprit et de corps, exposés aux injures de tous les éléments, victimes de la fureur des animaux féroces, dont ils ne pouvaient éviter de devenir la proie; tous également pénétrés du sentiment commun d'une terreur funeste, tous également pressés par la nécessité, n'ont-ils pas très-prompement cherché à se réunir, d'abord pour se défendre par le nombre, ensuite pour s'aider et travailler de concert à se faire un domicile et des armes? Ils ont commencé par aiguïser en forme de haches, ces cailloux durs, ces jades, ces *pierres de foudre*, que l'on a crues tombées des nues et formées par le tonnerre, et qui néanmoins ne sont que les premiers monuments de l'art de l'homme dans l'état de pure nature: il aura bientôt tiré du feu de ces mêmes cailloux en les frappant les uns contre les autres; il aura saisi la flamme des volcans, ou profité du feu de leurs laves brûlantes pour le communiquer, pour se faire jour dans les forêts, les broussailles; car, avec le secours de ce puissant élément, il a nettoyé, assaini, purifié les terrains qu'il voulait habiter; avec la hache de pierre, il a tranché, coupé les arbres, menuisé le bois, façonné ses armes et les instrumens de première nécessité. Et, après s'être munis de massues et d'autres armes pesantes et défensives, ces premiers hommes n'ont-ils pas trouvé le moyen d'en faire d'offensives plus

légères, pour atteindre de loin? un nerf, tendon d'animal, des fils d'aloès, ou l'écorce souple d'une plante ligneuse, leur ont servi de corde pour réunir les deux extrémités d'une branche élastique dont ils ont fait leur arc; ils ont aiguïté d'autres petits cailloux pour armer la flèche: bientôt ils auront eu des filets, des radeaux, des canots, et s'en sont tenus là tant qu'ils n'ont formé que de petites nations composées de quelques familles, ou plutôt de parents issus d'une même famille, comme nous le voyons encore aujourd'hui chez les Sauvages qui veulent demeurer sauvages, et qui le peuvent, dans les lieux où l'espace libre ne leur manque pas plus que le gibier, le poisson et les fruits. Mais dans tous ceux où l'espace s'est trouvé confiné par les eaux, ou resserré par les hautes montagnes, ces petites nations, devenues trop nombreuses, ont été forcées de partager leur terrain entre elles, et c'est de ce moment que la terre est devenue le domaine de l'homme: il en a pris possession par ses travaux de culture, et l'attachement à la patrie a suivi de très-près les premiers actes de sa propriété: l'intérêt particulier faisant partie de l'intérêt national, l'ordre, la police et les lois ont dû succéder et la société preadre de la consistance et des forces.

Néanmoins, ces hommes, profondément affectés des calamités de leur premier état, et ayant encore sous leurs yeux les ravages des inondations, les incendies des volcans, les gouffres ouverts par les secousses de la terre, ont conservé un souvenir durable et presque éternel de ces malheurs du monde: l'idée qu'il doit périr par un déluge universel ou par un embrasement général; le res-

pect pour certaines montagnes (1) sur lesquelles ils s'étaient sauvés des inondations; l'horreur pour ces autres montagnes qui lançaient des feux plus terribles que ceux du tonnerre; la vue de ces combats de terre contre le ciel, fondement de la fable des Titans et de leurs assauts contre les Dieux; l'opinion de l'existence réelle d'un être maléfaisant, la crainte et la superstition qui en sont le premier produit; tous ces sentiments fondés sur la terreur se sont dès-lors emparés à jamais du cœur et de l'esprit de l'homme: à peine est-il encore aujourd'hui rassuré par l'expérience des temps, par le calme qui a succédé à ces siècles d'orages, enfin par la connaissance des effets et des opérations de la nature; connaissance qui n'a pu s'acquérir qu'après l'établissement de quelque grande société dans les terres paisibles.

Ce n'est point en Afrique, ni dans les terres de l'Asie les plus avancées vers le midi, que les grandes sociétés ont pu d'abord se former; ces contrées étaient encore brûlantes et désertes: ce n'est point en Amérique, qui n'est évidemment, à l'exception de ses chaînes de montagnes, qu'une terre nouvelle: ce n'est pas même en Europe, qui n'a reçu que fort tard les lumières de l'Orient, que se sont établis les premiers hommes civilisés, puisqu'avant la fondation de Rome, les contrées les plus heureuses de cette partie du monde, telles que l'Italie, la France et l'Allemagne n'étaient encore peuplées que d'hommes plus qu'à demi sauvages. Lisez Tacite, sur les mœurs des Germains, c'est le tableau de celles des Huns, ou plutôt des habitudes de l'espèce humaine entière sortant de l'état de nature. C'est donc dans les contrées septentrionales de l'Asie que s'est élevée la tige des connaissances de l'homme; et c'est sur ce tronc de l'arbre de la science que s'est élevé le trône de sa puissance: plus il a su, plus il a pu; mais aussi, moins il a fait, moins il a su. Tout cela suppose les hommes actifs dans un climat heureux, sous un ciel pur pour l'observer, sur une terre féconde pour la cultiver, dans une contrée privilégiée, à l'abri des inondations, éloignée des volcans, plus élevée et par conséquent plus anciennement tempérée que les autres. Or, toutes ces conditions, toutes ces circonstances se sont trou-

vées réunies dans le centre du continent de l'Asie, depuis le 40^e degré de latitude jusqu'au 55^e. Les fleuves qui portent leurs eaux dans la mer du nord, dans l'Océan oriental, dans les mers du midi et dans la Caspienne, partent également de cette région élevée qui fait aujourd'hui partie de la Sibérie méridionale et de la Tartarie: c'est donc dans cette terre plus élevée, plus solide que les autres, puisqu'elle leur sert de centre, et qu'elle est éloignée de près de cinq cents lieues de tous les océans; c'est dans cette contrée privilégiée que s'est formé le premier peuple digne de porter ce nom, digne de tous nos respects, comme créateur des sciences, des arts et de toutes les institutions utiles. Cette vérité nous est également démontrée par les monuments de l'histoire naturelle et par les progrès presque inconcevables de l'ancienne astronomie. Comment des hommes si nouveaux ont-ils pu trouver la période *lunisolaire* de six cents ans (1)? Je me borne à ce seul fait, quoiqu'on puisse en citer beaucoup d'autres tout aussi merveilleux et tout aussi constants. Ils savaient donc autant d'astronomie qu'en savait de nos jours *Dominique Cassini*, qui le premier a démontré la réalité et l'exactitude de cette période de six cents ans; connaissance à laquelle ni les Chaldéens, ni les Égyptiens, ni les Grecs, ne sont pas arrivés; connaissance qui suppose celle des mouvements précis de la lune et de la terre, et qui exige une grande perfection dans les instruments nécessaires aux observations; connaissance qui ne peut s'acquérir qu'après avoir tout acquis, laquelle, n'étant fondée que sur une longue suite de recherches, d'études et de travaux astronomiques, suppose au moins deux ou trois mille ans de culture à l'esprit humain pour y parvenir.

Ce premier peuple a été très-heureux, puisqu'il est devenu très-savant; il a joui pendant plusieurs siècles de la paix, du repos, du loisir nécessaire à cette culture de l'esprit, de laquelle dépend le fruit de toutes les autres cultures. Pour se douter de la période de six cents ans, il fallait au moins douze cents ans d'observations; pour l'assurer comme fait certain, il en a fallu plus du double: voilà donc déjà trois mille ans d'études astronomiques; et nous n'en serons pas étonnés, puisqu'il a fallu ce même temps aux astronomes, en les comptant depuis les

(1) Voyez ci-après les notes justificatives des faits.

(1) Voyez ci-après les notes justificatives des faits.

Chaldéens jusqu'à nous, pour reconnaître cette période; et ces premiers trois mille ans d'observations astronomiques n'ont-ils pas été nécessairement précédés de quelques siècles où la science n'était pas née? six mille ans, à compter de ce jour, sont-ils suffisants pour remonter à l'époque la plus noble de l'histoire de l'homme, et même pour le suivre dans les premiers progrès qu'il a faits dans les arts et dans les sciences?

Mais malheureusement elles ont été perdues, ces hautes et belles sciences; elles ne nous sont parvenues que par débris trop informes pour nous servir autrement qu'à reconnaître leur existence passée. L'invention de la formule d'après laquelle les *Brames* calculent les éclipses, suppose autant de science que la construction de nos éphémérides, et cependant ces mêmes *Brames* n'ont pas la moindre idée de la composition de l'univers; ils n'en ont que de fausses sur le mouvement, la grandeur et la position des planètes; ils calculent les éclipses sans en connaître la théorie, guidés comme des machines par une gamme fondée sur des formules savantes qu'ils ne comprennent pas, et que probablement leurs ancêtres n'ont point inventées, puisqu'ils n'ont rien perfectionné, et qu'ils n'ont pas transmis le moindre rayon de la science à leurs descendants: ces formules ne sont entre leurs mains que des méthodes de pratique; mais elles supposent des connaissances profondes dont ils n'ont pas les éléments, dont ils n'ont pas même conservé les moindres vestiges, et qui par conséquent ne leur ont jamais appartenu. Ces méthodes ne peuvent donc venir que de cet ancien peuple savant, qui avait réduit en formules les mouvements des astres, et qui, par une longue suite d'observations, était parvenu non-seulement à la prédiction des éclipses, mais à la connaissance bien plus difficile de la période de six cents ans et de tous les faits astronomiques que cette connaissance exige et suppose nécessairement.

Je crois être fondé à dire que les *Brames* n'ont pas imaginé ces formules savantes, puisque toutes leurs idées physiques sont contraires à la théorie dont ces formules dépendent, et que s'ils eussent compris cette théorie même dans le temps qu'ils en ont reçu les résultats, ils eussent conservé la science, et ne se trouveraient pas réduits aujourd'hui à la plus grande ignorance, et livrés aux préjugés les plus ridicules sur le système du monde; car ils croient que la

terre est immobile et appuyée sur la cime d'une montagne d'or; ils pensent que la lune est éclipsée par des dragons aériens, que les planètes sont plus petites que la lune, etc. Il est donc évident qu'ils n'ont jamais eu les premiers éléments de la théorie astronomique, ni même la moindre connaissance des principes que supposent les méthodes dont ils se servent. Mais je dois renvoyer ici à l'excellent ouvrage que M. Bailly vient de publier sur l'ancienne astronomie, dans lequel il discute à fond tout ce qui est relatif à l'origine et au progrès de cette science: on verra que ses idées s'accordent avec les miennes; et d'ailleurs il a traité ce sujet important avec une sagacité de génie et une profondeur d'érudition qui méritent des éloges de tous ceux qui s'intéressent au progrès des sciences.

Les Chinois, un peu plus éclairés que les *Brames*, calculent assez grossièrement les éclipses, et les calculent toujours de même depuis deux ou trois mille ans: puisqu'ils ne perfectionnent rien, ils n'ont jamais rien inventé; la science n'est donc pas plus née à la Chine qu'aux Indes: quoique aussi voisins que les Indiens du premier peuple savant, les Chinois ne paraissent pas en avoir rien tiré; ils n'ont pas même ces formules astronomiques dont les *Brames* ont conservé l'usage, et qui sont néanmoins les premiers et grands monuments du savoir et du bonheur de l'homme. Il ne paraît pas non plus que les Chaldéens, les Perses, les Égyptiens et les Grecs aient rien reçu de ce premier peuple éclairé; car, dans ces contrées du Levant, la nouvelle astronomie n'est due qu'à l'opiniâtre assiduité des observateurs chaldéens, et ensuite aux travaux des Grecs (1), qu'on ne doit dater que du temps de la fondation de l'école d'Alexandrie. Néanmoins cette science était encore bien imparfaite après deux mille ans de nouvelle culture et même jusqu'à nos derniers siècles. Il me paraît donc certain que ce premier peuple, qui avait inventé et cultivé si heureusement et si long-temps l'astronomie, n'en a laissé que des débris et quelques résultats qu'on pouvait retenir de mémoire, comme celui de la période de six cents ans que l'historien Josèphe nous a transmise sans la comprendre.

La perte des sciences, cette première

(1) Voyez ci-après les notes justificatives des faits.

plaie faite à l'humanité par la hache de la barbarie, fut sans doute l'effet d'une malheureuse révolution qui aura détruit peut-être en peu d'années l'ouvrage et les travaux de plusieurs siècles; car nous ne pouvons douter que ce premier peuple, aussi puissant d'abord que savant, ne se soit long-temps maintenu dans sa splendeur, puisqu'il a fait de si grands progrès dans les sciences, et par conséquent dans tous les arts qu'exige leur étude. Mais il y a toute apparence que quand les terres situées au nord de cette heureuse contrée ont été trop refroidies, les hommes qui les habitaient, encore ignorants, farouches et barbares, auront reflué vers cette même contrée riche, abondante et cultivée par les arts; il est même assez étonnant qu'ils s'en soient emparés, et qu'ils y aient détruit non-seulement les germes, mais même la mémoire de toute science; en sorte que trente siècles d'ignorance ont peut-être suivi les trente siècles de lumière qui les avaient précédés. De tous ces beaux et premiers fruits de l'esprit humain, il n'en est resté que le marc; la métaphysique religieuse, ne pouvant être comprise, n'avait pas besoin d'étude, et ne devait ni s'altérer ni se perdre que faute de mémoire, laquelle ne manque jamais dès qu'elle est frappée du merveilleux. Aussi cette métaphysique s'est-elle répandue de ce premier centre des sciences à toutes les parties du monde; les idoles de Calicut se sont trouvées les mêmes que celles de Séléginskoi. Les pèlerinages vers le grand Lama, établis à plus de deux mille lieues de distance; l'idée de la métempsycose portée encore plus loin, adoptée comme article de foi par les Indiens, les Éthiopiens, les Atlantes; ces mêmes idées défigurées, reçues par les Chinois, les Perses, les Grecs, et parvenues jusqu'à nous; tout semble nous démontrer que la première souche et la tige commune des connaissances humaines appartient à cette terre de la haute Asie (1), et que les rameaux stériles ou dégénérés des nobles branches de cette ancienne souche,

se sont étendues dans toutes les parties de la terre chez les peuples civilisés.

Et que pouvons-nous dire de ces siècles de barbarie, qui se sont écoulés en pure perte pour nous? ils sont ensevelis pour jamais dans une nuit profonde; l'homme d'alors, replongé dans les ténèbres de l'ignorance, a, pour ainsi dire, cessé d'être homme. Car la grossièreté, suivie de l'oubli des devoirs, commence par relâcher les liens de la société; la barbarie achève de les rompre; les lois méprisées ou proscrites, les mœurs dégénérées en habitudes farouches; l'amour de l'humanité, quoique gravé en caractères sacrés, effacé dans les cœurs; l'homme enfin sans éducation, sans morale, réduit à mener une vie solitaire et sauvage, n'offre, au lieu de sa haute nature, que celle d'un être dégradé au-dessous de l'animal.

Néanmoins, après la perte des sciences, les arts utiles auxquels elles avaient donné naissance, se sont conservés: la culture de la terre, devenue plus nécessaire à mesure que les hommes se trouvaient plus nombreux, plus serrés; toutes les pratiques qu'exige cette même culture, tous les arts que supposent la construction des édifices, la fabrication des idoles et des armes, la texture des étoffes, etc., ont survécu à la science; ils se sont répandus de proche en proche, perfectionnés de loin en loin; ils ont suivi le cours des grandes populations; l'ancien empire de la Chine s'est élevé le premier, et presque en même temps celui des Atlantes en Afrique; ceux du continent de l'Asie, celui de l'Égypte, de l'Éthiopie, se sont successivement établis; et enfin celui de Rome, auquel notre Europe doit son existence civile. C'en est donc que depuis environ trente siècles que la puissance de l'homme s'est réunie à celle de la nature, et s'est étendue sur la plus grande partie de la terre: les trésors de sa fécondité jusqu'alors étaient enfouis, l'homme les a mis au grand jour; ses autres richesses, encore plus profondément enterrées, n'ont pu se dérober à ses recherches, et sont devenues le prix de ses travaux. Partout, lorsqu'il s'est conduit avec sagesse, il a suivi les leçons de la nature, profité de ses exemples, employé ses moyens, et choisi dans son immensité tous les objets qui pouvaient lui servir ou lui plaire. Par son intelligence, les animaux ont été apprivoisés, subjugués, domptés, réduits à lui obéir à jamais; par ses travaux, les marais

(1) Les cultures, les arts, les bourgs épars dans cette région (dit le savant naturaliste M. Pallas) sont les restes encore vivants d'un empire ou d'une société florissante, dont l'histoire même est ensevelie avec ses cités, ses temples, ses armes, ses monuments, dont on déterre à chaque pas d'énormes débris; ces peuplades sont les membres d'une énorme nation, à laquelle il manque une tête. (Voyage de Pallas en Sibérie, etc.)

ont été desséchés, les fleuves contenus, leurs cataractes effacées, les forêts éclaircies, les landes cultivées; par sa réflexion, les temps ont été comptés, les espaces mesurés, les mouvements célestes reconnus, combinés, représentés, le ciel et la terre comparés, l'univers agrandi, et le Créateur dignement adoré; par son art émané de la science, les mers ont été traversées, les montagnes franchies, les peuples rapprochés, un nouveau monde découvert, mille autres terres isolées sont devenues son domaine; enfin la face entière de la terre porte aujourd'hui l'empreinte de la puissance de l'homme, laquelle, quoique subordonnée à celle de la nature, souvent a fait plus qu'elle, ou du moins l'a si merveilleusement secondée, que c'est à l'aide de nos mains qu'elle s'est développée dans toute son étendue, et qu'elle est arrivée par degrés au point de perfection et de magnificence où nous la voyons aujourd'hui.

Comparez en effet la nature brute à la nature cultivée (1); comparez les petites nations sauvages de l'Amérique avec nos grands peuples civilisés; comparez même celles de l'Afrique, qui ne le sont qu'à demi; voyez en même temps l'état des terres que ces nations habitent, vous jugerez aisément du peu de valeur de ces hommes par le peu d'impression que leurs mains ont faites sur le sol: soit stupidité, soit paresse, ces hommes à demi bruts, ces nations non policées, grandes ou petites, ne font que peser sur le globe sans soulager la terre, l'affamer sans la féconder, détruire sans édifier, tout user sans rien renouveler. Néanmoins la condition la plus méprisable de l'espèce humaine n'est pas celle du Sauvage, mais celle de ces nations au quart policées, qui de tout temps ont été les vrais fléaux de la nature humaine, et que les peuples civilisés ont encore peine à contenir aujourd'hui: ils ont, comme nous l'avons dit, ravagé la première terre heureuse, ils en ont arraché les germes du bonheur et détruit les fruits de la science. Et de combien d'autres invasions cette première irruption des barbares n'a-t-elle pas été suivie! C'est de ces mêmes contrées du nord, où se trouvaient autrefois tous les biens de l'espèce humaine, qu'ensuite sont venus tous ses maux. Combien n'a-t-on pas vu de ces débordements d'animaux à face humaine, toujours venant du nord, ravager les terres

du midi? Jetez les yeux sur les annales de tous les peuples, vous y compterez vingt siècles de désolation pour quelques années de paix et de repos.

Il a fallu six cents siècles à la nature pour construire ses grands ouvrages, pour attiédir la terre, pour en façonner la surface et arriver à un état tranquille: combien n'en faudra-t-il pas pour que les hommes arrivent au même point et cessent de s'inquiéter, de s'agiter et de s'entre-détruire? Quand reconnaîtront-ils que la jouissance paisible des terres de leur patrie suffit à leur bonheur? Quand seront-ils assez sages pour rabattre de leurs prétentions, pour renoncer à des dominations imaginaires, à des possessions éloignées, souvent ruineuses, ou du moins plus à charge qu'utiles? L'empire de l'Espagne, aussi étendu que celui de la France en Europe, et dix fois plus grand en Amérique, est-il dix fois plus puissant? L'est-il même autant que si cette fière et grande nation se fût bornée à tirer de son heureuse terre tous les biens qu'elle pouvait lui fournir? Les Anglais, ce peuple si sensé, si profondément pensant, n'ont-ils pas fait une grande faute en étendant trop loin les limites de leurs colonies? Les anciens me paraissent avoir eu des idées plus saines de ces établissements; ils ne projetaient des émigrations que quand leur population les surchargeait, et que leurs terres et leur commerce ne suffisaient plus à leurs besoins. Les invasions des barbares, qu'on regarde avec horreur, n'ont-elles pas eu des causes encore plus pressantes lorsqu'ils se sont trouvés trop serrés dans des terres ingrates, froides et dénuées, et en même temps voisines d'autres terres cultivées, fécondes, et couvertes de tous les biens qui leur manquaient? Mais aussi que de sang ont coûté ces funestes conquêtes! que de malheurs, que de pertes les ont accompagnées et suivies!

Ne nous arrêtons pas plus long-temps sur le triste spectacle de ces révolutions de mort et de dévastation, toutes produites par l'ignorance; espérons que l'équilibre, quoique imparfait, qui se trouve actuellement entre les puissances des peuples civilisés, se maintiendra, et pourra même devenir plus stable, à mesure que les hommes sentiront mieux leurs véritables intérêts, qu'ils reconnaîtront le prix de la paix et du bonheur tranquille; qu'ils en feront le seul objet de leur ambition; que les princes dédaigneront la fausse gloire des conquérants, et mépri-

(1) Voyez le discours qui a pour titre: *de la Nature*, première vue.

seront la petite vanité de ceux qui, pour jouer un rôle, les excitent à de grands mouvements.

Supposons donc le monde en paix, et voyons de plus près combien la puissance de l'homme pourrait influer sur celle de la nature. Rien ne paraît plus difficile, pour ne pas dire impossible, que de s'opposer au refroidissement successif de la terre, et de réchauffer la température d'un climat; cependant l'homme le peut faire et l'a fait. Paris et Québec sont à peu près sous la même latitude et à la même élévation sur le globe : Paris serait donc aussi froid que Québec, si la France et toutes les contrées qui l'avoisinent étaient aussi dépourvues d'hommes, aussi couvertes de bois, aussi baignées par les eaux que le sont les terres voisines du Canada. Assainir, défricher et peupler un pays, c'est lui rendre de la chaleur pour plusieurs milliers d'années, et ceci prévient la seule objection raisonnable que l'on puisse faire contre mon opinion, ou, pour mieux dire, contre le fait réel du refroidissement de la terre.

Selon votre système, me dira-t-on, toute la terre doit être plus froide aujourd'hui qu'elle ne l'était il y a deux mille ans; or, la tradition semble nous prouver le contraire. Les Gaules et la Germanie nourrissaient des élans, des loups-cerviers, des ours, et d'autres animaux qui se sont retirés depuis dans les pays septentrionaux : cette progression est bien différente de celle que vous leur supposez du nord au midi. D'ailleurs, l'histoire nous apprend que tous les ans la rivière de la Seine était ordinairement glacée pendant une partie de l'hiver : ces faits ne paraissent-ils pas être directement opposés au prétendu refroidissement du globe? Ils le seraient, je l'avoue, si la France et l'Allemagne d'aujourd'hui étaient semblables à la Gaule et à la Germanie; si l'on n'eût pas abattu les forêts, desséché les marais, contenu les torrents, dirigé les fleuves et défriché toutes les terres trop couvertes et surchargées des débris mêmes de leurs productions. Mais ne doit-on pas considérer que la déperdition de la chaleur du globe se fait d'une manière insensible; qu'il a fallu soixante-seize mille ans pour l'atténuer au point de la température actuelle, et que, dans soixante-seize autres mille ans, il ne sera pas encore assez refroidi pour que la chaleur particulière de la nature vivante y soit anéantie? Ne faut-il pas comparer

THÉORIE DE LA TERRE. *Tome II.*

ensuite à ce refroidissement si lent le froid prompt et subit qui nous arrive des régions de l'air, se rappeler qu'il n'y a néanmoins qu'un trente-deuxième de différence entre le plus grand chaud de nos étés et le plus grand froid de nos hivers, et l'on sentira déjà que les causes extérieures influent beaucoup plus que la cause intérieure sur la température de chaque climat, et que, dans tous ceux où le froid de la région supérieure de l'air est attiré par l'humidité ou poussé par des vents qui le rabattent vers la surface de la terre, les effets de ces causes particulières l'emportent de beaucoup sur le produit de la cause générale? Nous pouvons en donner un exemple qui ne laissera aucun doute sur ce sujet, et qui prévient en même temps toute objection de cette espèce.

Dans l'immense étendue des terres de la Guyane, qui ne sont que des forêts épaisses où le soleil peut à peine pénétrer, où les eaux répandues occupent de grands espaces, où les fleuves, très-voisins les uns des autres, ne sont ni contenus ni dirigés, où il pleut continuellement pendant huit mois de l'année, l'on a commencé seulement depuis un siècle à défricher autour de Cayenne un très-petit canton de ces vastes forêts; et déjà la différence de température dans cette petite étendue de terrain défriché, est si sensible, qu'on y éprouve trop de chaleur, même pendant la nuit, tandis que dans toutes les autres terres couvertes de bois il fait assez froid la nuit pour qu'on soit forcé d'allumer du feu. Il en est de même de la quantité et de la continuité des pluies : elles sentent plus tôt et commencent plus tard à Cayenne que dans l'intérieur des terres; elles sont aussi moins abondantes et moins continues. Il y a quatre mois de sécheresse absolue à Cayenne; au lieu que, dans l'intérieur du pays, la saison sèche ne dure que trois mois, et encore y pleut-il tous les jours par un orage assez violent, qu'on appelle le *grain du midi*, parce que c'est vers le milieu du jour que cet orage se forme : de plus, il ne tonne presque jamais à Cayenne, tandis que les tonnerres sont violents et très-fréquents dans l'intérieur du pays, où les nuages sont noirs, épais et très-bas. Ces faits, qui sont certains, ne démontrent-ils pas qu'on ferait cesser ces pluies continuelles de huit mois, et qu'on augmenterait prodigieusement la chaleur dans toute cette contrée, si l'on détruisait les forêts qui la couvrent,

si l'on y resserrait les eaux en dirigeant les fleuves, et si la culture de la terre, qui suppose le mouvement et le grand nombre des animaux et des hommes, chassait l'humidité froide et superflue, que le nombre infiniment trop grand des végétaux attire, entretient et répand ?

Comme tout mouvement, toute action, produit de la chaleur, et que tous les êtres doués du mouvement progressif sont eux-mêmes autant de petits foyers de chaleur, c'est de la proportion du nombre des hommes et des animaux à celui des végétaux, que dépend (toutes choses égales d'ailleurs) la température locale de chaque terre en particulier; les premiers répandent de la chaleur, les seconds ne produisent que de l'humidité froide. L'usage habituel que l'homme fait du feu ajoute beaucoup à cette température artificielle dans tous les lieux où il habite en nombre. A Paris, dans les grands froids, les thermomètres, au faubourg Saint-Honoré, marquent 2 ou 3 degrés de froid de plus qu'au faubourg Saint-Marceau, parce que le vent du nord se tempère en passant sur les cheminées de cette grande ville. Une seule forêt de plus ou de moins dans un pays suffit pour en changer la température : tant que les arbres sont sur pied ils attirent le froid, ils diminuent par leur ombrage la chaleur du soleil; ils produisent des vapeurs humides qui forment des nuages et retombent en pluie d'autant plus froide qu'elle descend de plus haut : et si ces forêts sont abandonnées à la seule nature, ces mêmes arbres, tombés de vétusté, pourrissent froidement sur la terre, tandis qu'entre les mains de l'homme, ils servent d'aliment à l'élément du feu, et deviennent les causes secondaires de toute chaleur particulière. Dans les pays de prairies, avant la récolte des herbes, on a toujours des rosées abondantes, et très-souvent de petites pluies, qui cessent dès que ces herbes sont levées : ces petites pluies deviendraient donc plus abondantes et ne cesseraient pas, si nos prairies, comme les savanes de l'Amérique, étaient toujours couvertes d'une même quantité d'herbes, qui, loin de diminuer, ne peut qu'augmenter par l'engrais de toutes celles qui se dessèchent et pourrissent sur la terre.

Je donnerais aisément plusieurs autres exemples (1), qui tous concourent à démontrer que l'homme peut modifier les in-

fluences du climat qu'il habite, et en fixer, pour ainsi dire, la température au point qui lui convient : et, ce qu'il y a de singulier, c'est qu'il lui serait plus difficile de refroidir la terre que de la réchauffer; maître de l'élément du feu qu'il peut augmenter et propager à son gré, il ne l'est pas de l'élément du froid, qu'il ne peut saisir ni communiquer. Le principe du froid n'est pas même une substance réelle, mais une simple privation ou plutôt une diminution de chaleur; diminution qui doit être très-grande dans les hautes régions de l'air, et qui l'est assez à une lieue de distance de la terre pour y convertir en grêle et en neige les vapeurs aqueuses; car les émanations de la chaleur propre du globe suivent la même loi que toutes les autres quantités ou qualités physiques qui partent d'un centre commun; et leur intensité décroissant en raison inverse du carré de la distance, il paraît certain qu'il fait quatre fois plus froid à deux lieues qu'à une lieue de hauteur dans notre atmosphère, en prenant chaque point de la surface de la terre pour centre. D'autre part, la chaleur intérieure du globe est constante dans toutes les saisons à 10 degrés au-dessus de la congélation : ainsi tout froid plus grand, ou plutôt toute chaleur moindre de 10 degrés, ne peut arriver sur la terre que par la chute des matières refroidies dans la région supérieure de l'air, où les effets de cette chaleur propre du globe diminuent d'autant plus qu'on s'élève plus haut. Or, la puissance de l'homme ne s'étend pas si loin; il ne peut faire descendre le froid comme il fait monter le chaud; il n'a d'autre moyen pour se garantir de la trop grande ardeur du soleil, que de créer de l'ombre; mais il est bien plus aisé d'abattre des forêts à la Guyane pour en réchauffer la terre humide, que d'en planter en Arabie pour en rafraîchir les sables arides : cependant une seule forêt dans le milieu de ces déserts brûlants suffirait pour les tempérer, pour y amener les eaux du ciel, pour rendre à la terre tous les principes de la fécondité, et par conséquent pour y faire jouir l'homme de toutes les douceurs d'un climat tempéré.

C'est de la différence de température que dépend la plus ou moins grande énergie de la nature; l'accroissement, le développement et la production même de tous les êtres organisés ne sont que des effets particuliers de cette cause générale : ainsi l'homme, en la modifiant, peut en même temps détruire

(1) Voyez ci-après les notes justificatives des faits.

ce qui lui nuit et faire éclore tout ce qui lui convient. Heureuses les contrées où tous les éléments de la température se trouvent balancés et assez avantageusement combinés pour n'opérer que de bons effets! Mais en est-il aucune qui, dès son origine, ait eu ce privilège? aucune où la puissance de l'homme n'ait pas secondé celle de la nature, soit en attirant ou détournant les eaux, soit en détruisant les herbes inutiles et les végétaux nuisibles ou superflus, soit en se conciliant les animaux utiles et les multipliant? Sur trois cents espèces d'animaux quadrupèdes et quinze cents espèces d'oiseaux qui peuplent la surface de la terre, l'homme en a choisi dix-neuf ou vingt (1); et ces vingt espèces figurent seules plus grandement dans la nature et font plus de bien sur la terre que toutes les autres espèces réunies. Elles figurent plus grandement, parce qu'elles sont dirigées par l'homme, et qu'il les a prodigieusement multipliées : elles opèrent de concert avec lui tout le bien qu'on peut attendre d'une sage administration de forces et de puissance pour la culture de la terre, pour le transport et le commerce de ses productions, pour l'augmentation des subsistances; en un mot, pour tous les besoins, et même pour les plaisirs du seul maître qui puisse payer leurs services par ses soins.

Et dans ce petit nombre d'espèces d'animaux dont l'homme a fait choix, celles de la poule et du cochon qui sont les plus fécondes, sont aussi les plus généralement répandues, comme si l'aptitude à la plus grande multiplication était accompagnée de cette vigueur de tempérament qui brave tous les inconvénients. On a trouvé la poule et le cochon dans les parties les moins fréquentées de la terre, à Otahiti et dans les autres îles de tout temps inconnues et les plus éloignées des continents : il semble que ces espèces aient suivi celle de l'homme dans toutes ses migrations. Dans le continent isolé de l'Amérique méridionale, où nul de nos animaux n'a pu pénétrer, on a trouvé le pécarari et la poule sauvage, qui, quoique plus petits et un peu différents du cochon et de la poule de notre continent, doivent néan-

moins être regardés comme espèces très-voisines, qu'on pourrait de même réduire en domesticité : mais l'homme sauvage n'ayant point d'idée de la société, n'a pas même cherché celle des animaux. Dans toutes les terres de l'Amérique méridionale, les Sauvages n'ont point d'animaux domestiques; ils détruisent indifféremment les bonnes espèces comme les mauvaises; ils ne font choix d'aucune pour les élever et les multiplier, tandis qu'une seule espèce féconde, comme celle du *hocco* (2), qu'ils ont sous la main, leur fournirait sans peine, et seulement avec un peu de soin, plus de subsistances qu'ils ne peuvent s'en procurer par leurs chasses pénibles.

Aussi le premier trait de l'homme qui commence à se civiliser, est l'empire qu'il sait prendre sur les animaux; et ce premier trait de son intelligence devient ensuite le plus grand caractère de sa puissance sur la nature : car ce n'est qu'après se les être soumis qu'il a, par leur secours, changé la face de la terre, converti les déserts en guérets et les bruyères en épis. En multipliant les espèces utiles d'animaux, l'homme augmente sur la terre la quantité de mouvement et de vie; il nobilit en même temps la suite entière des êtres, et s'ennoblit lui-même en transformant le végétal en animal, et tous deux en sa propre substance, qui se répand ensuite par une nombreuse multiplication : partout il produit l'abondance, toujours suivie de la grande population; des millions d'hommes existent dans le même espace qu'occupaient autrefois deux ou trois cents Sauvages, des milliers d'animaux où il y avait à peine quelques individus; par lui et pour lui les germes précieux sont les seuls développés, les productions de la classe la plus noble les seules cultivées; sur l'arbre immense de la fécondité les branches à fruit seules subsistantes et toutes perfectionnées.

Le grain dont l'homme fait son pain n'est point un don de la nature, mais le grand, l'utile fruit de ses recherches et de son intelligence dans le premier des arts; nulle part sur la terre on n'a trouvé du blé sauvage, et c'est évidemment une herbe perfectionnée par ses soins : il a donc fallu reconnaître et choisir entre mille et mille autres cette herbe précieuse; il a fallu la

(1) L'éléphant, le chameau, le cheval, l'âne, le bœuf, la brebis, la chèvre, le cochon; le chien, le chat, le lama, la vigogne, le buffle. Les poules, les oies, les dindons, les canards, les paons, les faisans, les pigeons.

(2) Gros oiseau très-fécond, et dont la chair est aussi bonne que celle du faisan.

semer, la recueillir nombre de fois pour s'apercevoir de sa multiplication, toujours proportionnée à la culture et à l'engrais des terres. Et cette propriété, pour ainsi dire unique, qu'a le froment de résister, dans son premier âge, au froid de nos hivers, quoique soumis, comme toutes les plantes annuelles, à périr après avoir donné sa graine; et la qualité merveilleuse de cette graine qui convient à tous les hommes, à tous les animaux, à presque tous les climats, qui d'ailleurs se conserve long-temps sans altération, sans perdre la puissance de se reproduire; tout nous démontre que c'est la plus heureuse découverte que l'homme ait jamais faite, et que, quelqu'ancienne qu'on veuille la supposer, elle a néanmoins été précédée de l'art de l'agriculture, fondé sur la science et perfectionné par l'observation.

Si l'on veut des exemples plus modernes et même récents de la puissance de l'homme sur la nature des végétaux, il n'y a qu'à comparer nos légumes, nos fleurs et nos fruits avec les mêmes espèces telles qu'elles étaient il y a cent cinquante ans : cette comparaison peut se faire immédiatement et très-précisément en parcourant des yeux la grande collection de dessins coloriés, commencée dès le temps de Gaston d'Orléans, et qui se continue encore aujourd'hui au Jardin du Roi; on y verra peut-être avec surprise que les plus belles fleurs de ce temps, renoncules, œillets, tulipes, oreilles-d'ours, etc., seraient rejetées aujourd'hui, je ne dis pas par nos fleuristes, mais par les jardiniers de village. Ces fleurs, quoique déjà cultivées alors, n'étaient pas encore bien loin de leur état de nature : un simple rang de pétales, de longs pistils et des couleurs dures ou fausses, sans velouté, sans variété, sans nuances, tous caractères agrestes de la nature sauvage; dans les plantes potagères, une seule espèce de chicorée et deux sortes de laitues, toutes deux assez mauvaises, tandis qu'aujourd'hui nous pouvons compter plus de cinquante laitues et chicorées toutes très-bonnes au goût. Nous pouvons de même donner la date très-moderne de nos meilleurs fruits à pepins et à noyaux, tous différents de ceux des anciens, auxquels ils ne ressemblent que de nom. D'ordinaire les choses restent, et les noms changent avec le temps; ici c'est le contraire, les noms sont demeurés et les choses ont changé : nos pêches, nos abricots, nos poires sont des productions nou-

velles auxquelles on a conservé les vieux noms des productions antérieures. Pour n'en pas douter, il ne faut que comparer nos fleurs et nos fruits avec les descriptions ou plutôt les notices que les auteurs grecs et latins nous en ont laissées; toutes leurs fleurs étaient simples, et tous leurs arbres fruitiers n'étaient que des sauvageons assez mal choisis dans chaque genre, dont les petits fruits, âpres ou secs, n'avaient ni la saveur ni la beauté des nôtres.

Ce n'est pas qu'il y ait aucune de ces bonnes et nouvelles espèces qui ne soit originairement issue d'un sauvageon; mais combien de fois n'a-t-il pas fallu que l'homme ait tenté la nature pour en obtenir ces espèces excellentes! combien de milliers de germes n'a-t-il pas été obligé de confier à la terre pour qu'elle les ait enfin produits! Ce n'est qu'en semant, élevant, cultivant et mettant à fruit un nombre presque infini de végétaux de la même espèce, qu'il a pu reconnaître quelques individus portant des fruits plus doux et meilleurs que les autres : et cette première découverte, qui suppose déjà tant de soins, serait encore demeurée stérile à jamais s'il n'en eût fait une seconde, qui suppose autant de génie que la première exigeait de patience; c'est d'avoir trouvé le moyen de multiplier par la greffe ces individus précieux, qui malheureusement ne peuvent faire une lignée aussi noble qu'eux, ni propager par eux-mêmes leurs excellentes qualités : et cela seul prouve que ce ne sont en effet que des qualités purement individuelles, et non des propriétés spécifiques; car les pepins ou noyaux de ces excellents fruits ne produisent, comme les autres, que de simples sauvageons, et par conséquent ils ne forment pas des espèces qui en soient essentiellement différentes; mais, au moyen de la greffe, l'homme a, pour ainsi dire, créé des espèces secondaires qu'il peut propager et multiplier à son gré. Le bouton ou la petite branche qu'il joint au sauvageon renferme cette qualité individuelle qui ne peut se transmettre par la graine, et qui n'a besoin que de se développer pour produire les mêmes fruits que l'individu dont on les a séparés pour les unir au sauvageon, lequel ne leur communique aucune de ses mauvaises qualités, parce qu'il n'a pas contribué à leur formation, qu'il n'est pas une mère, mais une simple nourrice, qui ne sert qu'à leur développement par la nutrition.

Dans les animaux, la plupart des qualités

qui paraissent individuelles ne laissent pas de se transmettre et de se propager par la même voie que les propriétés spécifiques : il était donc plus facile à l'homme d'influer sur la nature des animaux que sur celle des végétaux. Les races, dans chaque espèce d'animal, ne sont que des variétés constantes qui se perpétuent par la génération, au lieu que, dans les espèces végétales, il n'y a point de races, point de variétés assez constantes pour être perpétuées par la reproduction. Dans les seules espèces de la poule et du pigeon, l'on a fait naître très-récemment de nouvelles races en grand nombre, qui toutes peuvent se propager d'elles-mêmes : tous les jours, dans les autres espèces, on élève, on ennoblit les races en les croisant ; de temps en temps on acclimate, on civilise quelques espèces étrangères ou sauvages. Tous ces exemples modernes et récents prouvent que l'homme n'a connu que tard l'étendue de sa puissance, et que même il ne la connaît pas encore assez : elle dépend en entier de l'exercice de son intelligence ; ainsi, plus il observera, plus il cultivera la nature, plus il aura de moyens pour se la soumettre, et de facilités pour tirer de son sein des richesses nouvelles, sans diminuer les trésors de son inépuisable fécondité.

Et que ne pourrait-il pas sur lui-même, je veux dire sur sa propre espèce, si la volonté

était toujours dirigée par l'intelligence ! Qui sait jusqu'à quel point l'homme pourrait perfectionner sa nature, soit au moral, soit au physique ? Y a-t-il une seule nation qui puisse se vanter d'être arrivée au meilleur gouvernement possible, qui serait de rendre tous les hommes ; non pas également heureux, mais moins inégalement malheureux, en veillant à leur conservation, à l'épargne de leurs sueurs et de leur sang par la paix, par l'abondance des subsistances, par les aisances de la vie et les facilités pour leur propagation : voilà le but moral de toute société qui chercherait à s'améliorer. Et pour le physique, la médecine et les autres arts dont l'objet est de nous conserver, sont-ils aussi avancés, aussi connus, que les arts destructeurs, enfantés par la guerre ? Il semble que de tout temps l'homme ait fait moins de réflexions sur le bien que de recherches pour le mal : toute société est mêlée de l'un et de l'autre ; et comme de tous les sentiments qui affectent la multitude, la crainte est le plus puissant, les grands talents dans l'art de faire du mal ont été les premiers qui aient frappé l'esprit de l'homme ; ensuite ceux qui l'ont amusé ont occupé son cœur ; et ce n'est qu'après un trop long usage de ces deux moyens de faux honneur et de plaisir stérile qu'enfin il a reconnu que sa vraie gloire est la science, et la paix son vrai bonheur.

NOTES JUSTIFICATIVES

DES FAITS RAPPORTÉS DANS LES ÉPOQUES DE LA NATURE.

NOTES SUR LE DISCOURS PRÉLIMINAIRE.

Tome 1, page 227, col. 2, ligne 9. *La chaleur propre et intérieure de la terre paraît augmenter à mesure que l'on descend.*

« Il ne faut pas creuser bien avant pour
» trouver d'abord une chaleur constante et
» qui ne varie plus, quelle que soit la température de l'air à la surface de la terre.
» On sait que la liqueur du thermomètre se
» soutient toujours sensiblement pendant
» toute l'année à la même hauteur dans
» les caves de l'Observatoire, qui n'ont
» pourtant que 84 pieds ou 14 toises de profondeur depuis le rez-de-chaussée. C'est
» pourquoi l'on fixe à ce point la hauteur
» moyenne ou tempérée de notre climat.
» Cette chaleur se soutient encore ordinairement et à peu de chose près la même,
» depuis une semblable profondeur de 14
» ou 15 toises jusqu'à 60, 80 ou 100 toises
» et au-delà, plus ou moins, selon les circonstances, comme on l'éprouve dans les
» mines; après quoi elle augmente et devient quelquefois si grande, que les ouvriers ne sauraient y tenir et y vivre, si
» on ne leur procurait pas quelques rafraîchissements et un nouvel air, soit par des
» puits de respiration, soit par des chutes
» d'eau... M. de Gensanne a éprouvé dans
» les mines de Giromagny, à trois lieues de
» BÉfort, que le thermomètre étant porté
» à 52 toises de profondeur verticale, se
» soutint à 10 degrés, comme dans les caves
» de l'Observatoire; qu'à 106 toises de profondeur, il était à 10 $\frac{1}{2}$ degrés, qu'à 158
» toises il monta à 15 $\frac{2}{5}$ degrés, et qu'à 222
» toises de profondeur il s'éleva à 18 $\frac{1}{5}$ degrés. » (*Dissertation sur la glace, par M. de Mairan*; Paris, 1749, in-12, pages 60 et suivantes.)

« Plus on descend à de grandes profondeurs dans l'intérieur de la terre, dit ailleurs M. de Gensanne, plus on éprouve
» une chaleur sensible qui va toujours en
» augmentant à mesure qu'on descend plus

» bas : cela est au point, qu'à 1800 pieds de
» profondeur au-dessous du sol du Rhin pris
» à Huningue en Alsace, j'ai trouvé que la
» chaleur est déjà assez forte pour causer à
» l'eau une évaporation sensible. On peut
» voir le détail de mes expériences à ce sujet dans la dernière édition de l'excellent
» *Traité de la glace*, de feu mon illustre
» ami M. Dortous de Mairan. » (*Histoire naturelle du Languedoc*, tome 1, page 24.)

« Tous les filons riches des mines de toute
» espèce, dit M. Eller, sont dans les fentes
» perpendiculaires de la terre, et l'on ne
» saurait déterminer la profondeur de ces
» fentes : il y en a en Allemagne où l'on
» descend au-delà de 600 perches (lachers) (1); à mesure que les mineurs descendent, ils rencontrent une température
» d'air toujours plus chaude. » (*Mémoire sur la génération des métaux*; Académie de Berlin, année 1733.)

Ibid., ligne 38. *La température de l'eau de la mer est à peu près égale à celle de l'intérieur de la terre à la même profondeur.*

« Ayant plongé un thermomètre dans la mer
» en différents lieux et en différents temps,
» il s'est trouvé que la température à 10,
» 20, 30 et 120 brasses, était également
» de 10 degrés ou 10 $\frac{3}{4}$ degrés. » (*Voyez l'Histoire physique de la mer, par Marsigli*, page 16.) M. de Mairan fait à ce sujet une remarque très-judicieuse : « C'est que
» les eaux les plus chaudes, qui sont à la
» plus grande profondeur, doivent, comme
» plus légères, continuellement monter au-dessus de celles qui le sont le moins; ce
» qui donnera à cette grande couche liquidité
» du globe terrestre une température à peu
» près égale, conformément aux observations de Marsigli, excepté vers la superfici-

(1) On m'assure que le *lacher* est une mesure à peu près égale à la brasse de 5 pieds de longueur; ce qui donne 3000 pieds de profondeur à ces mines.

» cie actuellement exposée aux impressions
 » de l'air, et où l'eau se gèle quelquefois
 » avant que d'avoir eu le temps de descen-
 » dre par son poids et son refroidissement.»
 (*Dissertation sur la glace*, page 69.)

Ibid., ligne 44. *La lumière du soleil ne pénètre tout au plus qu'à 600 pieds de profondeur dans l'eau de la mer.* Feu M. Bouguer, savant astronome, de l'Académie royale des sciences, a observé qu'avec seize morceaux de verre ordinaire dont on fait les vitres, appliqués les uns contre les autres, et faisant en tout une épaisseur de $9\frac{1}{2}$ lignes, la lumière, passant au travers de ces seize morceaux de verre, diminuait deux cent quarante-sept fois, c'est-à-dire qu'elle était deux cent quarante-sept fois plus faible qu'avant d'avoir traversé ces seize morceaux de verre; ensuite il a placé soixante-quatorze morceaux de ce même verre à quelque distance les uns des autres dans un tuyau, pour diminuer la lumière du soleil jusqu'à extinction: cet astre était à 50 degrés de hauteur sur l'horizon lorsqu'il fit cette expérience; et les soixante-quatorze morceaux de verre ne l'empêchaient pas de voir encore quelque apparence de son disque. Plusieurs personnes qui étaient avec lui voyaient aussi une faible lueur qu'ils ne distinguaient qu'avec peine, et qui s'évanouissait aussitôt que leurs yeux n'étaient pas tout-à-fait dans l'obscurité: mais lorsqu'on eut ajouté trois morceaux de verre aux soixante-quatorze premiers, aucun des assistants ne vit plus la moindre lumière; en sorte qu'en supposant quatre-vingts morceaux de ce même verre, on a l'épaisseur de verre nécessaire pour qu'il n'y ait plus aucune transparence par rapport aux vues même les plus délicates; et M. Bouguer trouve par un calcul assez facile, que la lumière du soleil est alors rendue 900 milliards de fois plus faible: aussi, toute matière transparente qui, par sa grande épaisseur, fera diminuer la lumière du soleil 900 milliards de fois, perdra dès-lors toute sa transparence.

En appliquant cette règle à l'eau de la mer, qui de toutes les eaux est la plus limpide, M. Bouguer a trouvé que, pour perdre toute sa transparence, il faut 256 pieds d'épaisseur, attendu que, par une autre expérience, la lumière d'un flambeau avait diminué dans le rapport de 14 à 5, en traversant 115 pouces d'épaisseur d'eau de mer contenue dans un canal de 9 pieds 7 pouces de longueur, et que, par un calcul qu'on ne

peut contester, elle doit perdre toute transparence à 256 pieds. Ainsi, selon M. Bouguer, il ne doit passer aucune lumière sensible au-delà de 256 pieds dans la profondeur de l'eau. (*Essai d'optique sur la gradation de la lumière*; Paris, 1729, page 85, in-12.)

Cependant, il me semble que ce résultat de M. Bouguer s'éloigne encore beaucoup de la réalité: il serait à désirer qu'il eût fait ses expériences avec des masses de verre de différente épaisseur, et non pas avec des morceaux de vers mis les uns sur les autres; je suis persuadé que la lumière du soleil aurait percé une plus grande épaisseur que celle de ces quatre-vingts morceaux, qui, tous ensemble, ne formaient que $47\frac{1}{2}$ lignes, c'est-à-dire à peu près 4 pouces: or, quoique ces morceaux dont il s'est servi fussent de verre commun, il est certain qu'une masse solide de 4 pouces d'épaisseur de ce même verre n'aurait pas entièrement intercepté la lumière du soleil, d'autant que je me suis assuré, par ma propre expérience, qu'une épaisseur de 6 pouces de verre blanc la laisse passer encore assez vivement, comme on le verra dans la note suivante. Je crois donc qu'on doit plus que doubler les épaisseurs données par M. Bouguer, et que la lumière du soleil pénètre au moins à 600 pieds à travers l'eau de la mer: car il y a une seconde inattention dans les expériences de ce savant physicien, c'est de n'avoir pas fait passer la lumière du soleil à travers son tuyau rempli d'eau de mer, de 9 pieds 7 pouces de longueur; il s'est contenté d'y faire passer la lumière d'un flambeau, et il en a conclu la diminution dans le rapport de 14 à 5: or, je suis persuadé que cette diminution n'aurait pas été si grande sur la lumière du soleil, d'autant que celle du flambeau ne pouvait passer qu'obliquement; au lieu que celle du soleil passant directement, aurait été plus pénétrante par la seule incidence, indépendamment de sa pureté et de son intensité. Ainsi, tout bien considéré, il me paraît que pour approcher le plus près qu'il est possible de la vérité, on doit supposer que la lumière du soleil pénètre dans le sein de la mer jusqu'à 100 toises ou 600 pieds de profondeur, et la chaleur jusqu'à 150 pieds. Ce n'est pas à dire pour cela qu'il ne passe encore au-delà quelques atomes de lumière et de chaleur, mais seulement que leur effet serait absolument insensible, et ne pourrait être reconnu par aucun de nos sens.

Ibid., ligne 47. *La chaleur du soleil ne*

pénètre peut-être pas à plus de 150 pieds de profondeur dans l'eau de la mer. Je crois être assuré de cette vérité par une analogie tirée d'une expérience qui me paraît décisive : avec une loupe de verre massif de 27 pouces de diamètre sur 6 pouces d'épaisseur à son centre, je me suis aperçu, en couvrant la partie du milieu, que cette loupe ne brûlait, pour ainsi dire, que par les bords jusqu'à 4 pouces d'épaisseur, et que toute la partie la plus épaisse ne produisait presque point de chaleur; ensuite ayant couvert toute cette loupe, à l'exception d'un pouce d'ouverture sur son centre, j'ai reconnu que la lumière du soleil était si fort affaiblie après avoir traversé cette épaisseur de 6 pouces de verre, qu'elle ne produisait aucun effet sur le thermomètre. Je suis donc bien fondé à présumer que cette même lumière, affaiblie par 150 pieds d'épaisseur d'eau, ne donnerait pas un degré de chaleur sensible.

La lumière que la lune réfléchit à nos yeux est certainement la lumière réfléchie du soleil; cependant cette lumière n'a point de chaleur sensible, et même, lorsqu'on la concentre au foyer d'un miroir ardent, qui augmente prodigieusement la chaleur du soleil, cette lumière réfléchie par la lune n'a point encore de chaleur sensible; et celle du soleil n'aura pas plus de chaleur, dès qu'en traversant une certaine épaisseur d'eau, elle deviendra aussi faible que celle de la lune. Je suis donc persuadé qu'en laissant passer les rayons du soleil dans un large tuyau rempli d'eau, de 50 pieds de longueur seulement, ce qui n'est que le tiers de l'épaisseur que j'ai supposée, cette lumière affaiblie ne produirait sur un thermomètre aucun effet, en supposant même la liqueur du thermomètre au degré de la congélation; d'où j'ai cru pouvoir conclure que, quoique la lumière du soleil perce jusqu'à 600 pieds dans le sein de la mer, sa chaleur ne pénètre pas au quart de cette profondeur.

Page 428, col. 1, ligne 46. *Toutes les matières du globe sont de la nature du verre.* Cette vérité générale, que nous pouvons démontrer par l'expérience, a été soupçonnée par Leibnitz, philosophe dont le nom fera toujours grand honneur à l'Allemagne. *Sanè plerisque creditum et à sacris etiam scriptoribus insinuatam est, conditos in abdito telluris ignis thesauros..... Adjuvant vultus; nam omnis ex fusione SCORÆ VITRI est GENUS..... Talem verò esse globi nostri superficiem (neque enim ultrà penetrare nobis da-*

tum) reapse experimur; omnes enim terræ et lapides igne vitrum reddunt...: nobis satîs est admoto igne omnia terrestria in VITRO FINIRI. Ipsa magna telluris ossa nudeque illæ rupes atque immortales silices cùm tota ferè in vitrum abeant, quid nisi concreta sunt ex fuisis olim corporibus et primâ illâ magnâque vi quam in facilem adhuc materiam exercuit ignis naturæ...: cùm igitur omnia quæ non avolant in auras tandem fundantur, et speculorum imprimis wentium ope, vitri naturam sumant, hinc facillè intelliges vitrum esse velut TERRÆ BASIN et naturam ejus cæterorum plerùmque corporum larvis latere. (G. G. Leibnitzii *Protogæa*; Gœttingæ, 1749, pag. 4 et 5.)

Ibid., col. 2, ligne 7. *Toutes les matières terrestres ont le verre pour base, et peuvent être réduites en verre par le moyen du feu.* J'avoue qu'il y a quelques matières que le feu de nos fourneaux ne peut réduire en verre; mais, au moyen d'un bon miroir ardent, ces mêmes matières s'y réduiraient: ce n'est point ici le lieu de rapporter les expériences faites avec les miroirs de mon invention, dont la chaleur est assez grande pour volatiliser ou vitrifier toutes les matières exposées à leur foyer. Mais il est vrai que jusqu'à ce jour l'on n'a pas encore eu des miroirs assez puissants pour réduire en verre certaines matières du genre vitrescible, tel que le cristal de roche, le *silex* ou la pierre à fusil; ce n'est donc pas que ces matières ne soient, par leur nature, réducibles en verre comme les autres, mais seulement qu'elles exigent un feu plus violent.

Page 431, col. 2, ligne 6. *Les os et les défenses des anciens éléphants sont au moins aussi grands et aussi gros que ceux des éléphants actuels.* On peut s'en assurer par les descriptions et les dimensions qu'en a données M. Daubenton, à l'article de l'éléphant; mais, depuis ce temps, on m'a envoyé une défense entière et quelques autres morceaux d'ivoire fossile, dont les dimensions excèdent de beaucoup la longueur et la grosseur ordinaire des défenses de l'éléphant: j'ai même fait chercher chez tous les marchands de Paris qui vendent de l'ivoire, on n'a trouvé aucune défense comparable à celle-ci, et il ne s'en est trouvé qu'une seule, sur un très-grand nombre, égale à celles qui nous sont venues de Sibérie, dont la circonférence est de 19 pouces à la base. Les marchands appellent *ivoire cru* celui qui n'a pas été dans la terre, et que l'on prend sur les éléphants

vivants, ou qu'on trouve dans les forêts avec les squelettes récents de ces animaux; et ils donnent le nom d'*ivoire cuit* à celui qu'on tire de la terre, et dont la qualité se dénature plus ou moins par un plus ou moins long séjour, ou par la qualité plus ou moins active des terres où il a été renfermé. La plupart des défenses qui nous sont venues du nord, sont encore d'un ivoire très-solide, dont on pourrait faire de beaux ouvrages : les plus grosses nous ont été envoyées par M. de l'Isle, astronome, de l'Académie royale des sciences; il les a recueillies dans son voyage en Sibérie. Il n'y avait dans tous les magasins de Paris qu'une seule défense d'ivoire cru qui eût 19 pouces de circonférence; toutes les autres étaient plus menues : cette grosse défense avait six pieds un pouce, de longueur, et il paraît que celles qui sont au Cabinet du Roi, et qui ont été trouvées en Sibérie, avaient plus de six pieds $\frac{1}{2}$ lorsqu'elles étaient entières; mais, comme les extrémités en sont tronquées, on ne peut en juger qu'à peu près.

Et si l'on compare les os des fémurs trouvés de même dans les terres du nord, on s'assurera qu'ils sont au moins aussi longs et considérablement plus épais que ceux des éléphants actuels.

Au reste, nous avons, comme je l'ai dit, comparé exactement les os et les défenses qui nous sont venus de Sibérie, aux os et aux défenses d'un squelette d'éléphant, et nous avons reconnu évidemment que tous ces ossements sont des dépouilles de ces animaux. Les défenses venues de Sibérie, ont non-seulement la figure, mais aussi la vraie structure de l'ivoire de l'éléphant, dont M. Daubenton donne la description dans les termes suivants :

« Lorsqu'une défense d'éléphant est coupée transversalement, on voit au centre, ou à peu près au centre, un point noir qui est appelé le cœur; mais, si la défense a été coupée à l'endroit de sa cavité, il n'y a au centre qu'un trou rond ou ovale : on aperçoit des lignes courbes qui s'étendent en sens contraires, depuis le centre à la circonférence, et qui, se croisant, forment de petits losanges; il y a ordinairement à la circonférence une bande étroite et circulaire : les lignes courbes se ramifient à mesure qu'elles s'éloignent du centre; et le nombre de ces lignes est d'autant plus grand, qu'elles approchent plus de la circonférence; ainsi la grandeur

» des losanges est presque partout à peu près la même : leurs côtés, ou au moins leurs angles, ont une couleur plus vive que l'aire, sans doute parce que leur substance est plus compacte : la bande de la circonférence est quelquefois composée de fibres droites et transversales, qui aboutiraient au centre si elles étaient prolongées; c'est l'apparence de ces lignes et de ces points que l'on regarde comme le grain de l'ivoire : on l'aperçoit dans tous les ivoires, mais il est plus ou moins sensible dans les différentes défenses; et, parmi les ivoires dont le grain est assez apparent pour qu'on leur donne le nom d'*ivoire grenu*, il y en a que l'on appelle *ivoire à gros grain*, pour le distinguer de l'ivoire dont le grain est fin. » (*Voyez dans cette Histoire Naturelle l'article de l'éléphant, et les Mémoires de l'Académie des sciences, année 1762.*)

Ibid., ligne 16. *Le seul état de captivité aurait réduit ces éléphants au quart ou au tiers de leur grandeur.* Cela nous est démontré par la comparaison que nous avons faite du squelette entier d'un éléphant qui est au Cabinet du Roi, et qui avait vécu seize ans dans la ménagerie de Versailles, avec les défenses des autres éléphants dans leur pays natal; ce squelette et ces défenses, quoique considérables par la grandeur, sont certainement de moitié plus petits pour le volume que ne le sont les défenses et les squelettes de ceux qui vivent en liberté, soit dans l'Asie, soit en Afrique, et en même temps ils sont au moins de deux tiers plus petits que les ossements de ces mêmes animaux trouvés en Sibérie.

Page 433, col. 1, ligne 6. *On trouve des défenses et des ossements d'éléphants, non-seulement en Sibérie, en Russie et au Canada, mais encore en Pologne, en Allemagne, en France, en Italie.* Indépendamment de tous les morceaux qui nous ont été envoyés de Russie et de Sibérie, et que nous conservons au Cabinet du Roi, il y en a plusieurs autres dans les cabinets des particuliers de Paris; il y en a un grand nombre dans le *Museum* de Pétersbourg, comme on peut le voir dans le Catalogue qui en a été imprimé dès l'année 1742 : il y en a de même dans le *Museum* de Londres, dans celui de Copenhague, et dans quelques autres collections, en Angleterre, en Allemagne et en Italie; on a même fait plusieurs ouvrages de tour avec cet ivoire trouvé dans les terres

du nord; ainsi l'on ne peut douter de la grande quantité de ces dépouilles d'éléphants en Sibérie et en Russie.

M. Pallas, savant naturaliste, a trouvé dans son voyage en Sibérie, ces années dernières, une grande quantité d'ossements d'éléphants, et un squelette entier de rhinocéros, qui n'était enfoui qu'à quelques pieds de profondeur.

« On vient de découvrir des os monstrueux d'éléphants à Swijatoki, à dix-sept verstes de Pétersbourg; on les a tirés d'un terrain inondé depuis long-temps. On ne peut donc plus douter de la prodigieuse révolution qui a changé le climat, les productions et les animaux de toutes les contrées de la terre. Ces médailles naturelles prouvent que les pays dévastés aujourd'hui par la rigueur du froid ont eu autrefois tous les avantages du midi. » (*Journal de politique et de littérature*, 5 janvier 1776, article de *Pétersbourg*.)

La découverte de squelettes et de défenses d'éléphants dans le Canada est assez récente, et j'en ai été informé des premiers par une lettre de feu M. Collinson, membre de la Société royale de Londres. Voici la traduction de cette lettre:

« M. George Croghan nous a assuré que, dans le cours de ses voyages en 1765 et 1766, dans les contrées voisines de la rivière d'*Ohio*, environ à 4 milles sud-est de cette rivière, éloignée de 640 milles du fort de Quesne (que nous appelons maintenant *Pitsburg*), il a vu, aux environs d'un grand marais salé, où les animaux sauvages s'assemblent en certains temps de l'année, de grands os et de grosses dents, et qu'ayant examiné cette place avec soin, il a découvert, sur un banc élevé du côté du marais, un nombre prodigieux d'os de très-grands animaux, et que par la longueur et la forme de ces os et de ces défenses, on doit conclure que ce sont des os d'éléphants.

« Mais les grosses dents que je vous envoie, monsieur, ont été trouvées avec ces défenses; d'autres encore plus grandes que celles-ci, paraissent indiquer et même démontrer qu'elles n'appartiennent pas à des éléphants. Comment concilier ce paradoxe? Ne pourrait-on pas supposer qu'il a existé autrefois un grand animal qui avait les défenses de l'éléphant et les mâchoières de l'hippopotame? car ces grosses dents mâchoières sont très-diffé-

rentes de celles de l'éléphant. M. Croghan pense, d'après la grande quantité de ces différentes sortes de dents, c'est-à-dire des défenses et des dents molaires qu'il a observées dans cet endroit, qu'il y avait au moins trente de ces animaux. Cependant les éléphants n'étaient point connus en Amérique, et probablement ils n'ont pu y être apportés d'Asie: l'impossibilité qu'ils ont à vivre dans ces contrées, à cause de la rigueur des hivers, et où cependant on trouve une si grande quantité de leurs os, fait encore un paradoxe que votre éminente sagacité doit déterminer. M. Croghan a envoyé à Londres, au mois de février 1767, les os et les dents qu'il avait rassemblés dans les années 1765 et 1766:

1^o A mylord Shelburne, 1^o deux grandes défenses, dont une était bien entière et avait près de 7 pieds de long (6 pieds 7 pouces de France); l'épaisseur était comme celle d'une défense ordinaire d'un éléphant qui aurait cette longueur.

2^o. Une mâchoire avec deux dents mâchelières qui y tenaient, et outre cela plusieurs très-grosses dents mâchoières séparées.

Au docteur Franklin, 1^o trois défenses d'éléphants, dont une, d'environ 7 pieds de long, était cassée par la moitié, gâtée ou rongée au centre, et semblable à de la craie; les autres étaient très-saines, le bout de l'une des deux était aiguë en pointe et d'un très-bel ivoire.

2^o. Une petite défense d'environ 3 pieds de long, grosse comme le bras, avec les alvéoles qui reçoivent les muscles et les tendons, qui étaient d'une couleur marron luisante, lesquelles avaient l'air aussi frais que si on venait de la tirer de la tête de l'animal.

3^o. Quatre mâchoières, dont l'une des plus grandes avait plus de largeur et un rang de pointes de plus que celles que je vous ai envoyées. Vous pouvez être assuré que toutes celles qui ont été envoyées à mylord Shelburne et à M. Franklin étaient de la même forme et avaient le même émail que celles que je mets sous vos yeux.

Le docteur Franklin a diné dernièrement avec un officier, qui a rapporté de cette même place, voisine de la rivière d'*Ohio*, une défense plus blanche, plus luisante, plus unie que toutes les autres, et une mâchoière encore plus grande

» que toutes celles dont je viens de faire
» mention. » (*Lettre de M. Collinson à*
» *M. de Buffon*, datée de Mill-hill, près de
» Londres, le 3 juillet 1767.)

Extrait du Journal du Voyage de M. Cro-
» *ghan; fait sur la rivière d'Ohio, et en-*
» *voyé à M. Franklin, au mois de mai 1765.*

» Nous avons passé la grande rivière de
» Miame, et le soir nous sommes arrivés à
» l'endroit où l'on a trouvé des os d'élé-
» phants; il peut y avoir 640 milles de dis-
» tance du fort Pitt. Dans la matinée, j'al-
» lai voir la grande place marécageuse où
» les animaux sauvages se rendent dans de
» certains temps de l'année; nous arrivâmes
» à cet endroit par une route battue par les
» bœufs sauvages (*bisons*), éloigné d'envi-
» ron 4 milles au sud-est du fleuve Ohio.
» Nous vîmes de nos yeux qu'il se trouve
» dans ces lieux une grande quantité d'os-
» sements, les uns épars, les autres enter-
» rés à cinq ou six pieds sous terre, que nous
» vîmes dans l'épaisseur du banc de terre qui
» borde cette espèce de route. Nous trouvâ-
» mes là deux défenses de 6 pieds de lon-
» gueur, que nous transportâmes à notre
» bord, avec d'autres os et des dents; et, l'an-
» née suivante, nous retournaâmes au même
» endroit, prendre encore un plus grand
» nombre d'autres défenses et d'autres
» dents. »

» « Si M. de Buffon avait des doutes et des
» questions à faire sur cela, je le prie, dit
» M. Collinson, de me les envoyer; je fe-
» rais passer sa lettre à M. Croghan, homme
» très-honnête et éclairé, qui serait charmé
» de satisfaire à ses questions. » Ce petit
» Mémoire était joint à la lettre que je viens
» de citer, et à laquelle je vais ajouter l'extrait
» de ce que M. Collinson m'avait écrit aupara-
» vant, au sujet de ces mêmes ossements
» trouvés en Amérique.

» « Il y avait à environ un mille et demi
» de la rivière d'Ohio six squelettes mons-
» trueux enterrés debout, portant des dé-
» fenses de cinq à six pieds de long, qui
» étaient de la forme et de la substance des
» défenses d'éléphants; elles avaient 30 pou-
» ces de circonférence à la racine; elles al-
» laient en s'amincissant jusqu'à la pointe :
» mais on ne peut pas bien connaître com-
» ment elles étaient jointes à la mâchoire,
» parce qu'elles étaient brisées en pièces.
» Un fémur de ces mêmes animaux fut trouvé
» bien entier; il pesait cent livres, et avait

» 4 $\frac{1}{2}$ pieds de long : ces défenses et ces os
» de la cuisse font voir que l'animal était
» d'une prodigieuse grandeur. Ces faits ont
» été confirmés par M. Greenwood, qui,
» ayant été sur les lieux, a vu les six sque-
» lettes dans le marais salé; il a de plus
» trouvé dans le même lieu de grosses dents
» mâchelères, qui ne paraissent pas appar-
» tenir à l'éléphant, mais plutôt à l'hippo-
» potame; et il a rapporté quelques-unes
» de ces dents à Londres, deux entre au-
» tres qui pesaient ensemble 9 $\frac{1}{2}$ livres. Il
» dit que l'os de la mâchoire avait près de
» 3 pieds de longueur, et qu'il était trop
» lourd pour être porté par deux hommes :
» il avait mesuré l'intervalle entre l'orbite
» des deux yeux, qui était de 18 pouces.
» Une Anglaise faite prisonnière par les
» Sauvages, et conduite à ce marais salé,
» pour leur apprendre à faire du sel en fai-
» sant évaporer l'eau, a déclaré se souvenir
» par une circonstance singulière d'avoir
» vu ces ossements énormes; elle racontait
» que trois Français qui cassaient des noix,
» étaient tous trois assis sur un seul de ces
» grands os de la cuisse. »

» Quelque temps après m'avoir écrit ces let-
» tres, M. Collinson lut à la Société royale
» de Londres deux petits Mémoires sur ce
» même sujet, et dans lesquels j'ai trouvé quel-
» ques faits de plus que je vais rapporter, en
» y joignant un mot d'explication sur les cho-
» ses qui en ont besoin.

» « Le marais salé où l'on a trouvé les os
» d'éléphants n'est qu'à quatre milles de dis-
» tance des bords de la rivière d'Ohio; mais
» il est éloigné de plus de sept cents milles
» de la plus prochaine côte de la mer. Il
» y avait un chemin frayé par les bœufs
» sauvages (*bisons*), assez large pour deux
» chariots de front, qui menait droit à la
» place de ce grand marais salé, où ces ani-
» maux se rendent, aussi-bien que toutes
» les espèces de cerfs et de chevreuils, dans
» une certaine saison de l'année, pour lé-
» cher la terre et boire de l'eau salée... Les
» ossements d'éléphants se trouvent sous une
» espèce de levée, ou plutôt sous la rive qui
» entoure et surmonte le marais à cinq ou
» six pieds de hauteur; on y voit un très-
» grand nombre d'os et de dents qui ont ap-
» partenu à quelques animaux d'une gros-
» seur prodigieuse; il y a des défenses qui
» ont près de sept pieds de longueur, et qui
» sont d'un très-bel ivoire : on ne peut donc
» guère douter qu'elles n'aient appartenu à

» des éléphants. Mais ce qu'il y a de singulier, c'est que jusqu'ici l'on n'a trouvé parmi ces défenses aucune dent molaire ou machelière d'éléphant, mais seulement un grand nombre de grosses dents, dont chacune porte cinq ou six pointes mousses, lesquelles ne peuvent avoir appartenu qu'à quelque animal d'une énorme grandeur, et ces grosses dents quarrées n'ont point de ressemblance aux machelières de l'éléphant, qui sont aplaties et quatre ou cinq fois aussi larges qu'épaisses; en sorte que ces grosses dents molaires ne ressemblent aux dents d'aucun animal connu.» Ce que dit ici M. Collinson est très-vrai; ces grosses dents molaires diffèrent absolument des dents machelières de l'éléphant et en les comparant à celles de l'hippopotame, auxquelles ces grosses dents ressemblent par leur forme quarrée, on verra qu'elles en diffèrent aussi par leur grosseur, étant deux, trois et quatre fois plus volumineuses que les plus grosses dents des anciens hippopotames trouvées de même en Sibérie et au Canada, quoique ces dents soient elles-mêmes trois ou quatre fois plus grosses que celles des hippopotames actuellement existants. Toutes les dents que j'ai observées dans quatre têtes de ces animaux qui sont au Cabinet du Roi, ont la face qui broie creusée en forme de trèfle, et celles qui ont été trouvées au Canada et en Sibérie ont ce même caractère, et n'en diffèrent que par la grandeur; mais ces énormes dents à grosses pointes mousses diffèrent de celles de l'hippopotame creusées en trèfle, ont toujours quatre et quelquefois cinq rangs, au lieu que les plus grosses dents des hippopotames n'en ont que trois, comme on peut le voir en comparant les figures des *planches* 1, 3 et 4, avec celles de la *planche* 5. Il paraît donc certain que ces grosses dents n'ont jamais appartenu à l'éléphant ni à l'hippopotame : la différence de grandeur, quoique énorme, ne m'empêcherait pas de les regarder comme appartenant à cette dernière espèce, si tous les caractères de la forme étaient semblables, puisque nous connaissons, comme je viens de le dire, d'autres dents quarrées trois ou quatre fois plus grosses que celles de nos hippopotames actuels, et qui néanmoins, ayant les mêmes caractères pour la forme, et particulièrement les creux en trèfle sur la face qui broie, sont certainement des dents d'hippopotames trois fois plus grands que ceux dont nous avons les têtes; et c'est de ces grosses dents

(*planche* 5) qui sont vraiment des dents d'hippopotames, que j'ai parlé, lorsque j'ai dit qu'il s'en trouvait également dans les deux continents aussi-bien que des défenses d'éléphants : mais ce qu'il y a de très-remarquable, c'est que non-seulement on a trouvé de vraies défenses d'éléphants et de vraies dents de gros hippopotames en Sibérie et au Canada, mais qu'on y a trouvé de même ces dents beaucoup plus énormes à grosses pointes mousses et à quatre rangs; je crois donc pouvoir prononcer avec fondement que cette très-grande espèce d'animal est perdue.

M. le comte de Vergennes, ministre et secrétaire d'État, a eu la bonté de me donner, en 1770, la plus grosse de toutes ces dents, laquelle est représentée (*planches* 1 et 2); elle pèse onze livres quatre onces : cette énorme dent molaire a été trouvée dans la petite Tartarie, en faisant un fossé : il y avait d'autres os qu'on n'a pas recueillis, entre autres un os fémur dont il ne restait que la moitié bien entière, et la cavité de cette moitié contenait quinze pintes de Paris. M. l'abbé Chappe, de l'Académie des sciences, nous a rapporté de Sibérie une autre dent toute pareille, mais moins grosse, et qui ne pèse que 3 livres 12 onces $\frac{1}{2}$ (*planche* 3, *fig.* 1 et 2). Enfin, la plus grosse de celles que M. Collinson m'avait envoyées, et qui est représentée (*planche* 4), a été trouvée, avec plusieurs autres semblables, en Amérique, près de la rivière d'Ohio; et d'autres qui nous sont venues de Canada, leur ressemblent parfaitement. L'on ne peut donc pas douter qu'indépendamment de l'éléphant et de l'hippopotame, dont on trouve également les dépouilles dans les deux continents, il n'y eût encore un autre animal commun aux deux continents, d'une grandeur supérieure à celle même des plus grands éléphants; car la forme quarrée de ces énormes dents machelières prouve qu'elles étaient en nombre dans la mâchoire de l'animal; et quand on n'y en supposerait que six ou même quatre de chaque côté, on peut juger de l'énormité d'une tête qui aurait au moins seize dents machelières pesant chacune dix ou onze livres. L'éléphant n'en a que quatre, deux de chaque côté; elles sont aplaties, elles occupent tout l'espace de la mâchoire; et ces deux dents molaires de l'éléphant fort aplaties ne surpassent que de deux pouces la largeur de la plus grosse dent quarrée de l'animal inconnu, qui est

du double plus épaisse que celles de l'éléphant. Ainsi tout nous porte à croire que cette ancienne espèce, qu'on doit regarder comme la première et la plus grande de tous les animaux terrestres, n'a subsisté que dans les premiers temps et n'est pas parvenue jusqu'à nous; car un animal dont l'espèce serait plus grande que celle de l'éléphant, ne pourrait se cacher nulle part sur la terre au point de demeurer inconnu; et d'ailleurs, il est évident par la forme même de ces dents, par leur émail et par la disposition de leurs racines, qu'elles n'ont aucun rapport aux dents des cachalots ou autres cétaqués, et qu'elles ont réellement appartenu à un animal terrestre dont l'espèce était plus voisine de celle de l'hippopotame que d'aucune autre.

Dans la suite du Mémoire que j'ai cité ci-dessus, M. Collinson dit que plusieurs personnes de la Société royale connaissent, aussi-bien que lui, les défenses d'éléphants que l'on trouve tous les ans en Sibérie, sur les bords du fleuve Obi et des autres rivières de cette contrée. Quel système établira-t-on, ajoute-t-il, avec quelque degré de probabilité, pour rendre raison de ces dépôts d'ossements d'éléphants en Sibérie et en Amérique? Il finit par donner l'énumération, les dimensions et le poids de toutes ces dents trouvées dans le marais salé de la rivière d'Ohio, dont la plus grosse dent carrée appartenait au capitaine *Ourry*, et pesait six livres et demie.

Dans le second petit Mémoire de M. Collinson, lu à la Société royale de Londres, le 10 décembre 1767, il dit que, s'étant aperçu qu'une des défenses trouvées dans le marais salé avait des stries près du gros bout, il avait eu quelque doute si ces stries étaient particulières ou non à l'espèce de l'éléphant; pour se satisfaire, il alla visiter le magasin d'un marchand qui fait commerce de dents de toutes espèces, et qu'après les avoir bien examinées, il trouva qu'il y avait autant de défenses striées au gros bout que d'unies, et que par conséquent il ne faisait plus aucune difficulté de prononcer que ces défenses trouvées en Amérique ne fussent semblables à tous égards aux défenses des éléphants d'Afrique et d'Asie: mais, comme les grosses dents carrées trouvées dans le même lieu n'ont aucun rapport avec les dents molaires de l'éléphant, il pense que ce sont les restes de quelque animal énorme qui avait les défenses de l'é-

léphant avec des dents molaires particulières à son espèce, laquelle est d'une grandeur et d'une forme différente de celle d'aucun animal connu. (*Voyez les Transactions philosophiques*, année 1767.)

Dès l'année 1748, M. Fabri, qui avait fait de grandes courses dans le nord de la Louisiane et dans le sud du Canada, m'avait informé qu'il avait vu des têtes et des squelettes d'un animal quadrupède d'une grandeur énorme, que les Sauvages appelaient le *père-aux-bœufs*, et que les os fémurs de ces animaux avaient cinq et jusqu'à six pieds de hauteur. Peu de temps après, et avant l'année 1767, quelques personnes à Paris avaient déjà reçu quelques-unes des grosses dents de l'animal inconnu, d'autres d'hippopotames, et aussi des ossements d'éléphants trouvés en Canada: le nombre en est trop considérable, pour qu'on puisse douter que ces animaux n'aient pas autrefois existé dans les terres septentrionales de l'Amérique, comme dans celles de l'Asie et de l'Europe.

Mais les éléphants ont aussi existé dans toutes les contrées tempérées de notre continent; j'ai fait mention des défenses trouvées en Languedoc près de Simore, et de celles trouvées à Cominges en Gascogne: je dois y ajouter la plus belle et la plus grande de toutes, qui nous a été donnée en dernier lieu pour le Cabinet du Roi, par M. le duc de la Rochefoucauld, dont le zèle pour le progrès des sciences est fondé sur les grandes connaissances qu'il a acquises dans tous les genres. Il a trouvé ce beau morceau en visitant, avec M. Desmarests, de l'Académie des sciences, les campagnes aux environs de Rome: cette défense était divisée en cinq fragments, que M. le duc de la Rochefoucauld fit recueillir; l'un de ces fragments fut soustrait par le crocheteur qui en était chargé, et il n'en est resté que quatre, lesquels ont environ 8 pouces de diamètre; en les rapprochant, ils forment une longueur de 7 pieds; et nous savons, par M. Desmarests, que le cinquième fragment, qui a été perdu, avait près de 3 pieds: ainsi l'on peut assurer que la défense entière devait avoir environ 10 pieds de longueur. En examinant les cassures, nous y avons reconnu tous les caractères de l'ivoire de l'éléphant; seulement cet ivoire, altéré par un long séjour dans la terre, est devenu léger et friable comme les autres ivoires fossiles.

M. Tozzetti, savant naturaliste d'Italie,

rapporte qu'on a trouvé, dans les vallées de l'Arno, des os d'éléphants et d'autres animaux terrestres en grande quantité, et épars çà et là dans les couches de la terre, et il dit qu'on peut conjecturer que les éléphants étaient anciennement des animaux indigènes à l'Europe, et surtout à la Toscane. (*Extrait d'une Lettre du docteur Tozzetti, Journal étranger*, mois de décembre 1755.)

« On trouva, dit M. Coltellini, vers la fin » du mois de novembre 1759, dans un bien » de campagne appartenant au marquis de » Petrella, et situé à Fusigliano dans le ter- » ritoire de Cortone, un morceau d'os d'é- » léphant incrusté, en grande partie, d'une » matière pierreuse... Ce n'est pas d'aujourd'hui qu'on a trouvé de pareils os fossiles » dans nos environs.

» Dans le cabinet de M. Galeotto Corazzi, » il y a un autre grand morceau de défense » d'éléphant pétrifié et trouvé ces dernières » années dans les environs de Cortone, au » lieu appelé *la Selva*... Ayant comparé ces » fragments d'os avec un morceau de défense d'éléphant venu depuis peu d'Asie, » on a trouvé qu'il y avait entre eux une » ressemblance parfaite.

» M. l'abbé Mearini m'apporta, au mois » d'avril dernier, une mâchoire entière d'éléphant qu'il avait trouvée dans le district » de Farneta, village de ce diocèse. Cette » mâchoire est pétrifiée en grande partie, et » surtout des deux côtés où l'incrustation » pierreuse s'élève à la hauteur d'un pouce, » et a toute la dureté de la pierre.

» Je dois enfin à M. Muzio Angelieri Alticozzi, gentilhomme de cette ville, un » fémur presque entier d'éléphant, qu'il a » découvert lui-même dans un de ses biens » de campagne appelé *la Rota*, situé dans » le territoire de Cortone. Cet os, qui est » long d'une brassée de Florence, est aussi » pétrifié, surtout dans l'extrémité supérieure qu'on appelle la tête... » (*Lettre de M. Louis Coltellini, de Cortone, Journal étranger*, mois de juillet 1761.)

Ibid., col. 2, ligne 21. *Ces grandes volutes pétrifiées, dont quelques-unes ont plusieurs pieds de diamètre.* La connaissance de toutes les pétrifications dont on ne trouve plus les analogues vivants supposerait une étude longue et une comparaison réfléchie de toutes

les espèces de pétrifications qu'on a trouvées jusqu'à présent dans le sein de la terre; et cette science n'est pas encore fort avancée: cependant nous sommes assurés qu'il y a plusieurs de ces espèces, telles que les cornes d'Ammon, les orthocératites, les pierres lenticulaires ou numismales, les bélemnites, les pierres judaïques, les anthropomorphites, etc., qu'on ne peut rapporter à aucune espèce actuellement subsistante. Nous avons vu des cornes d'Ammon pétrifiées, de deux et trois pieds de diamètre, et nous avons été assurés, par des témoins dignes de foi, qu'on en a trouvé une en Champagne plus grande qu'une meule de moulin, puisqu'elle avait 8 pieds de diamètre sur un pied d'épaisseur; on m'a même offert dans le temps de me l'envoyer; mais l'énormité du poids de cette masse, qui est d'environ huit milliers, et la grande distance de Paris, m'ont empêché d'accepter cette offre. On ne connaît pas plus les espèces d'animaux auxquels ont appartenu les dépouilles dont nous venons d'indiquer les noms; mais ces exemples, et plusieurs autres que je pourrais citer, suffisent pour prouver qu'il existait autrefois dans la mer plusieurs espèces de coquillages et de crustacées qui ne subsistent plus. Il en est de même de quelques poissons à écailles; la plupart de ceux qu'on trouve dans les ardoises et dans certains schistes, ne ressemblent pas assez aux poissons qui nous sont connus, pour qu'on puisse dire qu'ils sont de telle ou telle espèce; ceux qui sont au Cabinet du Roi, parfaitement conservés dans des masses de pierre, ne peuvent de même se rapporter précisément à nos espèces connues: il paraît donc que, dans tous les genres, la mer a autrefois nourri des animaux dont les espèces n'existent plus.

Mais, comme nous l'avons dit, nous n'avons jusqu'à présent qu'un seul exemple d'une espèce perdue dans les animaux terrestres, et il paraît que c'était la plus grande de toutes, sans même en excepter l'éléphant. Et, puisque les exemples des espèces perdues dans les animaux terrestres sont bien plus rares que dans les animaux marins, cela ne semble-t-il pas prouver encore que la formation des premiers est postérieure à celle de ces derniers?

NOTES SUR LA PREMIÈRE ÉPOQUE.

Page 438, col. 2, ligne 34. *Sur la matière dont le noyau des comètes est composé.* J'ai dit, dans l'article de la formation des planètes, vol. 1, pag. 110, que les comètes sont composées d'une matière très-solide et très-dense. Ceci ne doit pas être pris comme une assertion positive et générale; car il doit y avoir de grandes différences entre la densité de telle ou telle comète, comme il y en a entre la densité des différentes planètes; mais on ne pourra déterminer cette différence de densité relative entre chacune des comètes, que quand on en connaîtra les périodes de révolution aussi parfaitement que l'on connaît les périodes des planètes. Une comète dont la densité serait seulement comme la densité de la planète de Mercure, double de celle de la terre, et qui aurait à son périhélie autant de vitesse que la comète de 1680, serait peut-être suffisante pour chasser hors du soleil toute la quantité de matière qui compose les planètes, parce que la matière de la comète étant dans ce cas huit fois plus dense que la matière solaire, elle communiquerait huit fois autant de mouvement, et chasserait une 800^e partie de la masse du soleil aussi aisément qu'un corps dont la densité serait égale à celle de la matière solaire pourrait en chasser une centième partie.

Page 442, col. 2, ligne 17. *La terre est élevée sous l'équateur et abaissée sous les pôles, dans la proportion juste et précise qu'exigent les lois de la pesanteur, combinées avec celles de la force centrifuge.* J'ai supposé, dans mon traité de la formation des planètes, vol. 1, pag. 110, que la différence des diamètres de la terre était dans le rapport de 174 à 175, d'après la détermination faite par nos mathématiciens envoyés en La-

ponie et au Pérou; mais, comme ils ont supposé une courbe régulière à la terre, j'ai averti, page 121, que cette supposition était hypothétique, et par conséquent je ne me suis point arrêté à cette détermination. Je pense donc qu'on doit préférer le rapport de 229 à 230, tel qu'il a été déterminé par Newton, d'après sa théorie et les expériences du pendule, qui me paraissent être bien plus sûres que les mesures. C'est par cette raison que, dans les *Mémoires de la Partie hypothétique*, j'ai toujours supposé que le rapport des deux diamètres du sphéroïde terrestre était de 229 à 230. M. le docteur Irving, qui a accompagné M. Phipps dans son voyage au Nord en 1773, a fait des expériences très-exactes sur l'accélération du pendule au 79^e degré 50 minutes, et il a trouvé que cette accélération était de 72 à 73 secondes en 24 heures, d'où il conclut que le diamètre à l'équateur est à l'axe de la terre, comme 212 à 211. Ce savant voyageur ajoute avec raison que son résultat approche de celui de Newton beaucoup plus que celui de M. de Maupertuis, qui donne le rapport de 178 à 179, et plus aussi que celui de M. Bradley, qui, d'après les observations de M. Campbell, donne le rapport de 200 à 201 pour la différence des deux diamètres de la terre.

Page 446, col. 2, ligne 33. *La mer, sur les côtes voisines de la ville de Caen en Normandie, a construit, et construit encore, par son flux et reflux, une espèce de schiste composé de lames minces et déliées, et qui se forment journellement par le sédiment des eaux.* Chaque marée montante apporte et répand sur tout le rivage un limon impalpable qui ajoute une nouvelle feuille aux anciennes, d'où résulte par la succession des temps un schiste tendre et feuilleté.

NOTES SUR LA SECONDE ÉPOQUE.

Page 448, col. 1, ligne 25. *La roche du globe et les hautes montagnes, dans leur intérieur et jusqu'à leur sommet, ne sont composées que de matières vitrescibles.* J'ai dit, vol. 1, pag. 91 de la *Théorie de la terre*, « que le globe terrestre pourrait être vide » dans son intérieur, ou rempli d'une substance plus dense que toutes celles que nous connaissons, sans qu'il nous fût pos-

» sible de le démontrer..., et qu'à peine pouvons-nous former sur cela quelques conjectures raisonnables. » Mais, lorsque j'ai écrit ce traité de la *Théorie de la terre* en 1744, je n'étais pas instruit de tous les faits par lesquels on peut reconnaître que la densité du globe terrestre, prise généralement, est moyenne entre les densités du fer, des marbres, des grès, de la pierre et du verre,

telle que je l'ai déterminée dans mon premier Mémoire (*Partie hypothétique*, tom. I, page 351) ; je n'avais pas fait alors toutes les expériences qui m'ont conduit à ce résultat ; il me manquait aussi beaucoup d'observations que j'ai recueillies dans ce long espace de temps ; ces expériences toutes faites dans la même vue, et ces observations nouvelles pour la plupart, ont étendu mes premières idées et m'en ont fait naître d'autres accéssoires et même plus élevées ; en sorte que ces *conjectures raisonnables* que je soupçonnais dès-lors qu'on pouvait former, me paraissent être devenues des inductions très-plausibles, auxquelles il résulte que le globe de la terre est principalement composé, depuis la surface jusqu'au centre, d'une matière vitreuse un peu plus dense que le verre pur ; la lune, d'une matière aussi dense que la pierre calcaire ; Mars, d'une matière à peu près aussi dense que celle du marbre ; Vénus, d'une matière un peu plus dense que l'émeri ; Mercure, d'une matière un peu plus dense que l'étain ; Jupiter, d'une matière moins dense que la craie ; et Saturne, d'une matière presque aussi légère que la pierre ponce ; et enfin, que les satellites de ces deux grosses planètes sont composés d'une matière encore plus légère que leur planète principale.

Il est certain que le centre de gravité du globe, ou plutôt du sphéroïde terrestre, coïncide avec son centre de grandeur, et que l'axe sur lequel il tourne passe par ces mêmes centres, c'est-à-dire par le milieu du sphéroïde, et que, par conséquent, il est de même densité dans toutes ses parties correspondantes : s'il en était autrement, et que le centre de grandeur ne coïncidât pas avec le centre de gravité, l'axe de rotation se trouverait alors plus d'un côté que de l'autre ; et, dans les différents hémisphères de la terre, la durée de la révolution paraîtrait inégale. Or cette révolution est parfaitement la même pour tous les climats : ainsi, toutes les parties correspondantes du globe sont de la même densité relative.

Et, comme il est démontré, par son renflement à l'équateur et par sa chaleur propre, encore actuellement existante, que, dans son origine, le globe terrestre était composé d'une matière liquéfiée par le feu, qui s'est rassemblée par sa force d'attraction mutuelle, la réunion de cette matière en fusion n'a pu former qu'une sphère pleine, depuis le centre à la circonférence, laquelle

sphère pleine ne diffère d'un globe parfait que par ce renflement sous l'équateur et cet abaissement sous les pôles, produits par la force centrifuge dès les premiers moments que cette masse encore liquide a commencé à tourner sur elle-même.

Nous avons démontré que le résultat de toutes les matières qui éprouvent la violente action du feu est l'état de vitrification ; et, comme toutes se réduisent en verre plus ou moins pesant, il est nécessaire que l'intérieur du globe soit en effet une matière vitrée, de la même nature que la roche vitreuse, qui fait partout le fond de sa surface au-dessous des argiles, des sables vitrescibles, des pierres calcaires et de toutes les autres matières qui ont été remuées, travaillées et transportées par les eaux.

Ainsi, l'intérieur du globe est une masse de matière vitrescible, peut-être spécifiquement un peu plus pesante que la roche vitreuse, dans les fentes de laquelle nous cherchons les métaux ; mais elle est de même nature, et n'en diffère qu'en ce qu'elle est plus massive et plus pleine : il n'y a de vides et de cavernes que dans les couches extérieures ; l'intérieur doit être plein ; car ces cavernes n'ont pu se former qu'à la surface, dans le temps de la consolidation et du premier refroidissement : les fentes perpendiculaires qui se trouvent dans les montagnes, ont été formées presque en même temps, c'est-à-dire lorsque les matières se sont resserrées par le refroidissement : toutes ces cavités ne pouvaient se faire qu'à la surface, comme l'on voit, dans une masse de verre ou de minéral fondu, les éminences et les trous se présenter à la superficie, tandis que l'intérieur du bloc est solide et plein.

Indépendamment de cette cause générale de la formation des cavernes et des fentes à la surface de la terre, la force centrifuge était une autre cause qui, se combinant avec celle du refroidissement, a produit dans le commencement de plus grandes cavernes, et de plus grandes inégalités dans les climats où elle agissait le plus puissamment. C'est par cette raison que les plus hautes montagnes et les plus grandes profondeurs se sont trouvées voisines des tropiques et de l'équateur ; c'est par la même raison qu'il s'est fait dans ces contrées méridionales plus de bouleversements que nulle part ailleurs. Nous ne pouvons déterminer le point de profondeur auquel les couches de la terre ont été boursouffées par le feu et soulevées en ca-

vernes ; mais il est certain que cette profondeur doit être bien plus grande à l'équateur que dans les autres climats, puisque le globe, avant sa consolidation, s'y est élevé de six lieues un quart de plus que sous les pôles. Cette espèce de croûte ou de calotte va toujours en diminuant d'épaisseur depuis l'équateur, et se termine à rien sous les pôles ; la matière qui compose cette croûte est la seule qui ait été déplacée dans le temps de la liquéfaction, et refoulée par l'action de la force centrifuge ; le reste de la matière qui compose l'intérieur du globe, est demeuré fixe dans son assiette, et n'a subi ni changement, ni soulèvement, ni transport : les vides et les cavernes n'ont donc pu se former que dans cette croûte extérieure, elles se sont trouvées d'autant plus grandes et plus fréquentes, que cette croûte était plus épaisse, c'est-à-dire plus voisine de l'équateur. Aussi les plus grands affaissements se sont faits et se feront encore dans les parties méridionales, où se trouvent de même les plus grandes inégalités de la surface du globe, et, par la même raison, le plus grand nombre de cavernes, de fentes et de mines métalliques qui ont rempli ces fentes dans le temps de leur fusion ou de leur sublimation.

L'or et l'argent, qui ne font qu'une quantité, pour ainsi dire, infiniment petite en comparaison de celle des autres matières du globe, ont été sublimés en vapeurs, et se sont séparés de la matière vitrescible commune, par l'action de la chaleur, de la même manière que l'on voit sortir d'une plaque d'or ou d'argent exposée au foyer d'un miroir ardent, des particules qui s'en séparent par la sublimation, et qui dorent ou argentent les corps que l'on expose à cette vapeur métallique ; ainsi, l'on ne peut pas croire que ces métaux, susceptibles de sublimation, même à une chaleur médiocre, puissent être entrés en grande partie dans la composition du globe, ni qu'ils soient placés à de grandes profondeurs dans son intérieur. Il en est de même de tous les autres métaux et minéraux, qui sont encore plus susceptibles de se sublimer par l'action de la chaleur ; et, à l'égard des sables vitrescibles et des argiles, qui ne sont que les détriments des scories vitrées, dont la surface du globe était couverte immédiatement après le premier refroidissement, il est certain qu'elles n'ont pu se loger dans l'intérieur, et qu'elles pénètrent tout au plus

aussi bas que les filons métalliques, dans les fentes et dans les autres cavités de cette ancienne surface de la terre, maintenant recouverte par toutes les matières que les eaux ont déposées.

Nous sommes donc bien fondés à conclure que le globe de la terre n'est dans son intérieur qu'une masse solide de matière vitrescible, sans vides, sans cavités, et qu'il ne s'en trouve que dans les couches qui soutiennent celles de sa surface ; que, sous l'équateur et dans les climats méridionaux, ces cavités ont été et sont encore plus grandes que dans les climats tempérés ou septentrionaux, parce qu'il y a eu deux causes qui les ont produites sous l'équateur ; savoir, la force centrifuge et le refroidissement ; au lieu que, sous les pôles, il n'y a eu que la seule cause du refroidissement : en sorte que, dans les parties méridionales, les affaissements ont été bien plus considérables, les inégalités plus grandes, les fentes perpendiculaires plus fréquentes, et les mines des métaux précieux plus abondantes.

Ibid., ligne 41. *Les fentes et les cavités des éminences du globe terrestre ont été incrustées, et quelquefois remplies par les substances métalliques que nous y trouvons aujourd'hui.*

« Les veines métalliques, dit M. Eller, se trouvent seulement dans les endroits élevés en une longue suite de montagnes : cette chaîne de montagnes suppose toujours pour son soutien une base de *roche dure*. Tant que ce roc conserve sa continuité, il n'y a guère apparence qu'on y découvre quelques filons métalliques ; mais, quand on rencontre des crevasses ou des fentes, on espère d'en découvrir. Les physiciens minéralogistes ont remarqué qu'en Allemagne la plus favorable est lorsque la chaîne de montagnes, s'élevant petit à petit, se dirige vers le sud-est, et qu'ayant atteint sa plus grande élévation, elle descend insensiblement vers le nord-ouest...

» C'est ordinairement un *roc sauvage*, dont l'étendue est quelquefois presque sans bornes, mais qui est fendu et entr'ouvert en divers endroits, qui contient les métaux quelquefois purs, mais presque toujours minéralisés : ces fentes sont tapissées pour l'ordinaire d'une terre blanche et luisante, que les mineurs appellent *quartz*, et qu'ils nomment *spath* lorsque cette terre est plus pesante, mais molle et feuilletée à peu près comme le

» tale : elle est enveloppée en dehors, vers
 » le roc, de l'espèce de limon qui paraît
 » fournir la nourriture à ces terres quart-
 » zes ou spatheuses; ces deux envelop-
 » pes sont comme la gaine ou l'étui du fil-
 » on; plus il est perpendiculaire, et plus
 » on doit en espérer; et toutes les fois que
 » les mineurs voient que le filon est perpen-
 » diculaire, ils disent qu'il va s'anoblir.

» Les métaux sont formés dans toutes ces
 » fentes et cavernes par une évaporation
 » continuelle et assez violente; les vapeurs
 » des mines démontrent cette évaporation
 » encore subsistante; les fentes qui n'ex-
 » halent point sont ordinairement stériles :
 » la marque la plus sûre que les vapeurs
 » exhalantes portent des atomes ou des mo-
 » lécules minérales, est qu'elles les appli-
 » quent partout aux parois des crevasses du
 » roc; c'est cette incrustation successive
 » qu'on remarque dans toute la circonfé-
 » rence de ces fentes ou de ces creux de ro-
 » chers, jusqu'à ce que la capacité en soit
 » entièrement remplie et le filon solidement
 » formé; ce qui est encore confirmé par les
 » outils qu'on oublie dans les creux, et
 » qu'on retrouve ensuite couverts et incrus-
 » tés de la mine, plusieurs années après.

» Les fentes du roc qui fournissent une
 » veine métallique abondante, inclinent tou-
 » jours ou poussent leur direction vers la
 » perpendiculaire de la terre; à mesure
 » que les mineurs descendent, ils rencon-
 » trent une température d'air toujours plus
 » chaude, et quelquefois des exhalaisons si
 » abondantes et si nuisibles à la respiration,
 » qu'ils se trouvent forcés de se retirer au
 » plus vite vers les puits ou vers la galerie,
 » pour éviter la suffocation, que les parties
 » sulfureuses et arsenicales leur causeraient
 » à l'instant. Le soufre et l'arsenic se trou-
 » vent généralement dans toutes les mines
 » des quatre métaux imparfaits et de tous
 » les demi-métaux, et c'est par eux qu'ils
 » sont minéralisés.

» Il n'y a que l'or, et quelquefois l'argent
 » et le cuivre, qui se trouvent natifs en pe-
 » tite quantité; mais pour l'ordinaire, le
 » cuivre, le fer, le plomb et l'étain, lors-
 » qu'ils se tirent des filons, sont minéralisés
 » avec le soufre et l'arsenic : on sait, par
 » l'expérience, que les métaux perdent leur
 » forme métallique à un certain degré de
 » chaleur relatif à chaque espèce de métal :
 » cette destruction de la forme métallique,
 » que subissent les quatre métaux impar-

» faits, nous apprend que la base des mé-
 » taux est une matière terrestre; et comme
 » ces chaux métalliques se vitrifient à un
 » certain degré de chaleur, ainsi que les
 » terres calcaires, gypseuses, etc., nous ne
 » pouvons pas douter que la terre métal-
 » lique ne soit du nombre des terres vitri-
 » fiables. » (*Extrait du Mémoire de M. Eller
 sur l'origine et la génération des métaux*,
 dans le Recueil de l'Académie de Berlin,
 année 1753.)

Ibid., col. 2, ligne 21. M. Lehman, célè-
 bre chimiste, est le seul qui ait soupçonné
 une double origine aux mines métalliques;
 il distingue judicieusement les montagnes à
 filons des montagnes à couches : « L'or et
 l'argent, dit-il, ne se trouvent en masses
 que dans les montagnes à filons; le fer ne
 se trouve guère que dans les montagnes à
 couches : tous les morceaux ou petites
 parcelles d'or et d'argent qu'on trouve
 dans les montagnes à couches, n'y sont
 que répandus, et ont été détachés des fi-
 lons qui sont dans les montagnes supé-
 rieures et voisines de ces couches.

» L'or n'est jamais minéralisé; il se trouve
 toujours natif ou vierge, c'est-à-dire tout
 formé dans sa matrice, quoique souvent il
 y soit répandu en particules si déliées,
 qu'on chercherait vainement à le recon-
 naître, même avec les meilleurs micros-
 copes. On ne trouve point d'or dans les
 montagnes à couches; il est aussi assez
 rare qu'on y trouve de l'argent; ces deux
 métaux appartiennent de préférence aux
 montagnes à filons : on a néanmoins trouvé
 quelquefois de l'argent en petits fenillets
 ou sous la forme de cheveux, dans de
 l'ardoise : il est moins rare de trouver du
 cuivre natif sur de l'ardoise, et commu-
 nément ce cuivre natif est aussi en forme
 de filets ou de cheveux.

» Les mines de fer se reproduisent peu
 d'années après avoir été fouillées; elles ne
 se trouvent point dans les montagnes à fi-
 lons, mais dans les montagnes à couches :
 on n'a point encore trouvé de fer natif
 dans les montagnes à couches, ou du moins,
 c'est une chose très-rare.

» Quant à l'étain natif, il n'en existe point
 qui ait été produit par la nature sans le
 secours du feu; et la chose est aussi très-
 douteuse pour le plomb, quoiqu'on pré-
 tende que les grains de plomb de Massel
 en Silésie, sont de plomb natif.

» On trouve le mercure vierge et coulant

» dans les couches de terre argileuses et
» grasses, ou dans les ardoises.

» Les mines d'argent qu'on trouve dans
» les ardoises, ne sont pas, à beaucoup près;
» aussi riches que celles qui se trouvent
» dans les montagnes à filons : ce métal ne
» se trouve guère qu'en particules déliées,
» en filets ou en végétations, dans ces cou-
» ches d'ardoises ou de schistes, mais jamais
» en grosses mines; et encore faut-il que
» ces couches d'ardoises soient voisines des
» montagnes à filons. Toutes les mines d'ar-
» gent qui se trouvent dans les couches ne
» sont pas sous une forme solide et com-
» pacte; toutes les autres mines, qui con-
» tiennent de l'argent en abondance, se
» trouvent dans les montagnes à filons. Le
» cuivre se trouve abondamment dans les
» couches d'ardoises, et quelquefois aussi
» dans les charbons de terre.

» L'étain est le métal qui se trouve le plus
» rarement répandu dans les couches : le
» plomb s'y trouve plus communément; on
» en rencontre sous la forme de galène, at-
» taché aux ardoises; mais on n'en trouve
» que très-rarement avec les charbons de
» terre.

» Le fer est presque universellement ré-
» pandu, et se trouve dans les couches, sous
» un grand nombre de formes différentes.

» Le cinabre, le cobalt, le bismuth et la
» calamine se trouvent aussi assez commu-
» nément dans les couches. » (*Lehman*,
tome 3, pages 381 et suiv.)

« Les charbons de terre, le jayet, le suc-
» cin, la terre alumineuse, ont été produits
» par des végétaux, et surtout par des ar-
» bres résineux qui ont été ensevelis dans le
» sein de la terre, et qui ont souffert une
» décomposition plus ou moins grande; car
» on trouve au-dessus des mines de charbon
» de terre, très-souvent du bois qui n'est
» point du tout décomposé, et qui l'est da-
» vantage à mesure qu'il est plus enfoncé
» en terre. L'ardoise, qui sert de toit ou de
» couverture au charbon, est souvent rem-
» plie des empreintes de plantes qui accom-
» pagnent ordinairement les forêts, telles
» que les fougères, les capillaires, etc. Ce
» qu'il y a de remarquable, c'est que ces
» plantes dont on trouve les empreintes,
» sont toutes étrangères, et les bois parais-
» sent aussi des bois étrangers. Le succin,
» qu'on doit regarder comme une résine vé-
» gétale, renferme souvent des insectes qui,
» considérés attentivement, n'appartiennent

» point au climat où on les rencontre pré-
» sentement : enfin, la terre alumineuse est
» souvent feuilletée, et ressemble à du bois,
» tantôt plus, tantôt moins décomposé. »
(*Idem, ibidem.*)

« Le soufre, l'alun, le sel ammoniac, se
» trouvent dans les couches formées par les
» volcans.

» Le pétrole, le naphte, indiquent un
» feu actuellement allumé sous la terre,
» qui met, pour ainsi dire, le charbon de
» terre en distillation : on a des exemples
» de ces embrasements souterrains, qui
» n'agissent qu'en silence dans les mines de
» charbon de terre, en Angleterre et en
» Allemagne, lesquels brûlent depuis très-
» long-temps sans explosion, et c'est dans
» le voisinage de ces embrasements souter-
» rains qu'on trouve les eaux chaudes ther-
» males.

» Les montagnes qui contiennent les fi-
» lons ne renferment point de charbon de
» terre, ni de substances bitumineuses et
» combustibles; ces substances ne se trou-
» vent jamais que dans les montagnes à cou-
» ches. » (*Notes sur Lehman*, par M. le bar-
ron d'Holzbach, tome 3, page 435.)

Page 450, col. 2, ligne 6. *Il se trouve
dans les pays de notre nord des montagnes
entières de fer, c'est-à-dire d'une pierre
vitrescible, ferrugineuse, etc.* Je citerai
pour exemple la mine de fer près de Ta-
berg en Smoland, partie de l'île de Gothland
en Suède : c'est l'une des plus remarqua-
bles de ces mines, ou plutôt de ces mon-
tagnes de fer, qui toutes ont la propriété
de céder à l'attraction de l'aimant; ce qui
prouve qu'elles ont été formées par le feu :
cette montagne est dans un sol de sable ex-
trêmement fin; sa hauteur est de plus de
400 pieds, et son circuit d'une lieue : elle
est en entier composée d'une matière ferru-
gineuse très-riche, et l'on y trouve même du
fer natif; autre preuve qu'elle a éprouvé l'ac-
tion d'un feu violent : cette mine étant bri-
sée, montre à sa fracture de petites parties
brillantes, qui tantôt se croisent et tantôt
sont disposées par écailles : les petits rochers
les plus voisins sont de roc pur (*saxo puro*).
On travaille à cette mine depuis environ deux
cents ans; on se sert pour l'exploiter de pou-
dre à canon, et la montagne paraît fort peu
diminuée, excepté dans les puits qui sont
au pied du côté du vallon.

Il paraît que cette mine n'a point de lits
réguliers; le fer n'y est point non plus par-

tout de la même bonté. Toute la montagne a beaucoup de fentes, tantôt perpendiculaires et tantôt horizontales : elles sont toutes remplies de sable qui ne contient aucun fer ; ce sable est aussi pur et de même espèce que celui des bords de la mer : on trouve quelquefois dans ce sable des os d'animaux et des cornes de cerf ; ce qui prouve qu'il a été amené par les eaux, et que ce n'est qu'après la formation de la montagne de fer par le feu, que les sables en ont rempli les crevasses, et les fentes perpendiculaires et horizontales.

Les masses de mine que l'on tire, tombent aussitôt au pied de la montagne ; au lieu que, dans les autres mines, il faut souvent tirer le minéral des entrailles de la terre ; on doit concasser et griller cette mine avant de la mettre au fourneau, où on la fond avec la pierre calcaire et du charbon de bois.

Cette colline de fer est située dans un endroit montagneux fort élevé, éloigné de la mer de près de 80 lieues : il paraît qu'elle était autrefois entièrement couverte de sable. (*Extrait d'un article de l'ouvrage périodique qui a pour titre : Nordische beytrage, etc., Contribution du nord pour les progrès de la physique, des sciences et des arts ; Altone, chez David Ifers, 1756.*)

Ibid., ligne 21. *Il se trouve des montagnes d'aimant dans quelques contrées, et particulièrement dans celles de notre nord.* On vient de voir par l'exemple cité dans la note précédente, que la montagne de fer de Taberg s'élève de plus de 400 pieds au-dessus de la surface de la terre. M. Gmelin, dans son *Voyage en Sibérie*, assure que dans les contrées septentrionales de l'Asie, presque toutes les mines des métaux se trouvent à la surface de la terre, tandis que dans les autres pays elles se trouvent profondément ensevelies dans son intérieur. Si ce fait était généralement vrai, ce serait une nouvelle preuve que les métaux ont été formés par le feu primitif, et que le globe de la terre ayant moins d'épaisseur dans les parties septentrionales, ils s'y sont formés plus près de la surface que dans les contrées méridionales.

Le même M. Gmelin a visité la grande montagne d'aimant qui se trouve en Sibérie, chez les *Baschkires* ; cette montagne est divisée en huit parties, séparées par des vallons : la septième de ces parties produit le meilleur aimant ; le sommet de cette portion de montagne est formé d'une pierre jaunâ-

tre, qui paraît tenir de la nature du jaspe : on y trouve des pierres, que l'on prendrait de loin pour du grès, qui pèsent deux mille cinq cents ou trois milliers, mais qui ont toutes la vertu de l'aimant ; quoiqu'elles soient couvertes de mousse, elles ne laissent pas d'attirer le fer et l'acier à la distance de plus d'un pouce : les côtés exposés à l'air ont la plus forte vertu magnétique, ceux qui sont enfoncés en terre en ont beaucoup moins : ces parties les plus exposées aux injures de l'air sont moins dures, et par conséquent moins propres à être armées. Un gros quartier d'aimant de la grandeur qu'on vient de dire, est composé de quantité de petits quartiers d'aimant, qui opèrent en différentes directions. Pour les bien travailler, il faudrait les séparer en les sciant, afin que tout le morceau qui renferme la vertu de chaque aimant particulier conservât son intégrité ; on obtiendrait vraisemblablement de cette façon des aimants d'une grande force ; mais on coupe des morceaux à tout hasard, et il s'en trouve plusieurs qui ne valent rien du tout, soit parce qu'on travaille un morceau de pierre qui n'a point de vertu magnétique, ou qui n'en renferme qu'une petite portion, soit que dans un seul morceau il y ait deux ou trois aimants réunis : à la vérité, ces morceaux ont une vertu magnétique ; mais comme elle n'a pas sa direction vers un même point, il n'est pas étonnant que l'effet d'un pareil aimant soit sujet à bien des variations.

L'aimant de cette montagne, à la réserve de celui qui est exposé à l'air, est d'une grande dureté, taché de noir, et rempli de tubérosités qui ont de petites parties anguleuses ; comme on en voit souvent à la surface de la pierre sanguine, dont il ne diffère que par la couleur, mais souvent, au lieu de ces parties anguleuses, on ne voit qu'une espèce de terre d'ocre ; en général, les aimants qui ont ces petites parties anguleuses, ont moins de vertu que les autres. L'endroit de la montagne où sont les aimants est presque entièrement composé d'une bonne mine de fer, qu'on tire par petits morceaux entre les pierres d'aimant. Toute la section de la montagne la plus élevée renferme une pareille mine ; mais plus elle s'abaisse, moins elle contient de métal. Plus bas, au-dessous de la mine d'aimant, il y a d'autres pierres ferrugineuses, mais qui rendraient fort peu de fer, si on voulait les faire fondre : les morceaux qu'on en tire ont la couleur de

métal, et sont très-lourds; ils sont inégaux en dedans, et ont presque l'air de scories : ces morceaux ressemblent assez par l'extérieur aux pierres d'aimant; mais ceux qu'on tire à huit brasses au-dessous du roc, n'ont plus aucune vertu : entre ces pierres on trouve d'autres morceaux de roc, qui paraissent composés de très-petites particules de fer; la pierre par elle-même est pesante, mais fort molle; les particules intérieures ressemblent à une matière brûlée, et elles n'ont que peu ou point de vertu magnétique. On trouve aussi de temps en temps un minéral brun de fer dans des couches épaisses d'un pouce, mais il rend peu de métal. (*Extrait de l'Hist. générale des Voyages*, tome 18, pages 141 et suiv.)

Il y a plusieurs autres mines d'aimant en Sibérie, dans les monts Poïas. A 10 lieues de la route qui mène de Catherinbourg à Solikamskaïa, est la montagne *Galazinski*; elle a plus de 20 toises de hauteur, et c'est entièrement un rocher d'aimant, d'un brun couleur de fer dur et compacte.

A 20 lieues de Solikamskaïa, on trouve un aimant cubique et verdâtre; les cubes en sont d'un brillant vif : quand on les pulvérise, ils se décomposent en paillettes brillantes couleur de feu. Au reste, on ne trouve l'aimant que dans les chaînes de montagnes dont la direction est du sud au nord. (*Extrait de l'Histoire générale des Voyages*, tome 19, page 472.)

Dans les terres voisines des confins de la Laponie, sur les limites de la Bothnie, à deux lieues de Cokluanda, on voit une mine de fer, dans laquelle on tire des pierres d'aimant tout-à-fait bonnes. « Nous admirâmes avec bien du plaisir, dit le relateur, les effets surprenants de cette pierre, lorsqu'elle est encore dans le lieu natal : il fallut faire beaucoup de violence pour en tirer des pierres aussi considérables que celles que nous voulions avoir; et le marteau dont on se servait, qui était de la grosseur de la cuisse, demeurait si fixe en tombant sur le ciseau qui était dans la pierre, que celui qui frappait avait besoin de secours pour le retirer. Je voulus éprouver cela moi-même, et ayant pris une grosse pince de fer pareille à celle dont on se sert à remuer les corps les plus pesants, et que j'avais de la peine à soutenir, je l'approchai du ciseau, qui l'attira avec une violence extrême, et la soutenait avec une force inconcevable. Je

» mis une boussole au milieu du trou ou » était la mine, et l'aiguille tournait continuellement d'une vitesse incroyable. » (*OEuvres de Regnard*; Paris, 1742, tome 1, page 185.)

Page 453, col. 1, ligne 38. *Les plus hautes montagnes sont dans la zone torride, les plus basses dans les zones froides; et l'on ne peut douter que, dès l'origine, les parties voisines de l'équateur ne fussent les plus irrégulières et les moins solides du globe.* J'ai dit, volume 1, page 98 de la *Théorie de la terre*, « que les montagnes du nord ne sont que des collines en comparaison de celles des pays méridionaux, et que le mouvement général des mers avait produit ces plus grandes montagnes dans la direction d'orient en occident dans l'ancien continent, et du nord au sud dans le nouveau. » Lorsque j'ai composé, en 1744, ce traité de la *Théorie de la terre*, je n'étais pas aussi instruit que je le suis actuellement, et l'on n'avait pas fait les observations par lesquelles on a reconnu que les sommets des plus hautes montagnes sont composés de granite et de rocs vitrescibles, et qu'on ne trouve point de coquilles sur plusieurs de ces sommets : cela prouve que ces montagnes n'ont pas été composées par les eaux, mais produites par le feu primitif, et qu'elles sont aussi anciennes que le temps de la consolidation du globe. Toutes les pointes et les noyaux de ces montagnes étant composés de matières vitrescibles, semblables à la roche intérieure du globe, elles sont également l'ouvrage du feu primitif, lequel a le premier établi ces masses de montagnes, et formé les grandes inégalités de la surface de la terre. L'eau n'a travaillé qu'en second, postérieurement au feu, et n'a pu agir qu'à la hauteur où elle s'est trouvée après la chute entière des eaux de l'atmosphère et l'établissement de la mer universelle, laquelle a déposé successivement les coquillages qu'elle nourrissait et les autres matières qu'elle délayait; ce qui a formé les couches d'argiles et de matières calcaires qui composent nos collines, et qui enveloppent les montagnes vitrescibles jusqu'à une grande hauteur.

Au reste, lorsque j'ai dit que les montagnes du nord ne sont que des collines en comparaison des montagnes du midi, cela n'est vrai que pris généralement; car il y a dans le nord de l'Asie de grandes portions de terre qui paraissent être fort élevées au-

dessus du niveau de la mer ; et, en Europe, les Pyrénées, les Alpes, le mont Carpathe, les montagnes de Norwége, les monts Riphées et Rymniques, sont de hautes montagnes ; et toute la partie méridionale de la Sibérie, quoique composée de vastes plaines et de montagnes médiocres, paraît être encore plus élevée que le sommet des monts Riphées ; mais ce sont peut-être les seules exceptions qu'il y ait à faire ici ; car, non-seulement les plus hautes montagnes se trouvent dans les climats plus voisins de l'équateur que des pôles, mais il paraît que c'est dans ces climats méridionaux où se sont faits les plus grands bouleversements intérieurs et extérieurs, tant par l'effet de la force centrifuge, dans le premier temps de la consolidation, que par l'action plus fréquente des feux souterrains, et le mouvement plus violent du flux et du reflux dans les temps subséquents. Les tremblements de terre sont si fréquents dans l'Inde méridionale, que les naturels du pays ne donnent pas d'autre épithète à l'Être tout-puissant, que celui de

remueur de terre. Tout l'archipel Indien ne semble être qu'une mer de volcans agissants ou éteints : on ne peut donc pas douter que les inégalités du globe ne soient beaucoup plus grandes vers l'équateur que vers les pôles ; on pourrait même, assurer que cette surface de la zone torride a été entièrement bouleversée, depuis la côte orientale de l'Afrique jusqu'aux Philippines, et encore bien au-delà dans la mer du Sud. Toute cette plage ne paraît être que les restes en débris d'un vaste continent, dont toutes les terres basses ont été submergées : l'action de tous les éléments s'est réunie pour la destruction de la plupart de ces terres équinoxiales ; car, indépendamment des marées qui y sont plus violentes que sur le reste du globe, il paraît aussi qu'il y a eu plus de volcans, puisqu'il en subsiste encore dans la plupart de ces îles, dont quelques-unes, comme les îles de France et de Bourbon, se sont trouvées ruinées par le feu, et absolument désertes, lorsqu'on en a fait la découverte.

NOTES SUR LA TROISIÈME ÉPOQUE.

Page 454, col. 1, ligne 18. *Les eaux ont couvert toute l'Europe jusqu'à 1500 toises au-dessus du niveau de la mer.*

Nous avons dit, volume 1, page 93 de la *Théorie de la terre*, « que la surface entière de la terre actuellement habitée a été autrefois sous les eaux de la mer ; que ces eaux étaient supérieures au sommet des plus hautes montagnes, puisqu'on trouve sur ces montagnes, et jusqu'à leur sommet, des productions marines et des coquilles. »

Ceci exige une explication, et demande même quelques restrictions. Il est certain et reconnu par mille et mille observations, qu'il se trouve des coquilles et d'autres productions de la mer sur toute la surface de la terre actuellement habitée, et même sur les montagnes, à une très-grande hauteur. J'ai avancé, d'après l'autorité de Woodward, qui le premier a recueilli ces observations, qu'on trouvait aussi des coquilles jusque sur les sommets des plus hautes montagnes ; d'autant que j'étais assuré par moi-même et par d'autres observations assez récentes, qu'il y en a dans les Pyrénées et les Alpes à 900, 1000, 1200 et 1500 toises de hauteur au-dessus du niveau de la mer ;

qu'il s'en trouve de même dans les montagnes de l'Asie, et qu'enfin dans les Cordilières en Amérique, on en a nouvellement découvert un banc à plus de 2000 toises au-dessus du niveau de la mer (1).

On ne peut donc pas douter que, dans toutes les différentes parties du monde, et

(1) M. le Gentil, de l'Académie des sciences, m'a communiqué par écrit, le 4 décembre 1771, le fait suivant : « *Don Antonio de Ulloa*, dit-il, me chargea en passant par Cadix, de remettre de sa part à l'Académie, deux coquilles pétrifiées, qu'il tira l'année 1761 de la montagne où est le vif-argent, dans le gouvernement de *Ouanca-Félica* au Pérou, dont la latitude méridionale est de 13 à 14 degrés. A l'endroit où ces coquilles ont été tirées, le mercure se soutient à 17 pouces $1\frac{1}{4}$ ligne, ce qui répond à 2222 toises $\frac{1}{3}$ de hauteur au-dessus du niveau de la mer.

» Au plus haut de la montagne, qui n'est pas à beaucoup près la plus élevée de ce canton, le mercure se soutient à 16 pouces 6 lignes, ce qui répond à 2337 toises $\frac{2}{3}$.

» A la ville de *Ouanca-Félica*, le mercure se soutient à 18 pouces $1\frac{1}{2}$ ligne, qui répondent à 1949 toises.

» *Don Antonio de Ulloa* m'a dit qu'il a détaché ces coquilles d'un banc fort épais, dont il ignore

jusqu'à la hauteur de 1500 ou 2000 toises au-dessus du niveau des mers actuelles, la surface du globe n'ait été couverte des eaux, et pendant un temps assez long pour y produire ces coquillages et les laisser multiplier; car leur quantité est si considérable, que leurs débris forment des bancs de plusieurs toises d'épaisseur sur une largeur indéfinie; en sorte qu'ils composent une partie assez considérable des couches extérieures de la surface du globe, c'est-à-dire toute la matière calcaire qui, comme l'on sait, est très-commune et très-abondante en plusieurs contrées. Mais au-dessus des plus hauts points d'élévation, c'est-à-dire au-dessus de 1500 à 2000 toises de hauteur, et souvent plus bas, on a remarqué que les sommets de plusieurs montagnes sont composés de roc vif, de granite, et d'autres matières vitrescibles produites par le feu primitif, lesquelles ne contiennent en effet ni coquilles, ni madrépores, ni rien qui ait rapport aux matières calcaires. On peut donc en inférer que la mer n'a pas atteint, ou du moins n'a surmonté que pendant un petit temps, ces parties les plus élevées, et ces pointes les plus avancées de la surface de la terre.

Comme l'observation de don Ulloa, que nous venons de citer au sujet des coquilles trouvées sur les Cordilières, pourrait paraître encore douteuse, ou du moins comme isolée et ne faisant qu'un seul exemple, nous devons rapporter à l'appui de son témoignage celui d'Alphonse Barba, qui dit qu'au milieu de la partie la plus montagneuse du Pérou, on trouve des coquilles de toutes grandeurs, les unes concaves et les autres convexes, et très-bien imprimées (1). Ainsi l'Amérique, comme toutes les autres parties du monde, a également été couverte par les eaux de la mer: et si les premiers observateurs ont cru qu'on ne trouvait point des coquilles sur les montagnes des Cordilières, c'est que ces montagnes, les plus élevées de la terre, sont pour la plupart des volcans actuellement agissants ou des volcans éteints, lesquels, par leurs éruptions, ont recouvert de matières brûlées toutes les terres adjacentes; ce qui a non-seulement enfoui, mais

détruit toutes les coquilles qui pouvaient s'y trouver. Il ne serait donc pas étonnant qu'on ne rencontrât point de productions marines autour de ces montagnes, qui sont aujourd'hui ou qui ont été autrefois embrasées; car le terrain qui les enveloppe, ne doit être qu'un composé de cendres, de scories, de verre, de lave et d'autres matières brûlées ou vitrifiées: ainsi il n'y a d'autre fondement à l'opinion de ceux qui prétendent que la mer n'a pas couvert les montagnes, si ce n'est qu'il y a plusieurs de leurs sommets où l'on ne voit aucune coquille ni autres productions marines. Mais, comme on trouve en une infinité d'endroits, et jusqu'à 1500 et 2000 toises de hauteur, des coquilles et d'autres productions de la mer, il est évident qu'il y a eu peu de pointes ou crêtes de montagnes qui n'aient été surmontées par les eaux, et que les endroits où on ne trouve point de coquilles, indiquent seulement que les animaux qui les ont produites ne s'y sont pas habitués, et que les mouvements de la mer n'y ont point amené les débris de ses productions, comme elle en a amené sur tout le reste de la surface du globe.

Ibid., col. 2, ligne 38. *Des espèces de poissons et de plantes qui vivent et végètent dans des eaux chaudes, jusqu'à 50 et 60 degrés du thermomètre.* On avait plusieurs exemples de plantes qui croissent dans les eaux thermales les plus chaudes, et M. Sonnerat a trouvé des poissons dans une eau dont la chaleur était si active, qu'il ne pouvait y plonger la main. Voici l'extrait de sa relation à ce sujet. « Je trouvai, dit-il, à deux lieues » de Calamba, dans l'île de Luçon, près du » village de Bailly, un ruisseau dont l'eau » était chaude, au point que le thermo- » mètre, division de Réaumur, plongé dans » ce ruisseau, à une lieue de sa source, » marquait encore 69 degrés. J'imaginai, » en voyant un pareil degré de chaleur, que » toutes les productions de la nature de- » vaient être éteintes sur les bords du ruis- » seau, et je fus très-surpris de voir trois » arbrisseaux très-vigoureux, dont les raci- » nes trempaient dans cette eau bouillante, » et dont les branches étaient environnées » de sa vapeur; elle était si considérable, » que les hirondelles qui osaient traverser » ce ruisseau à la hauteur de sept ou huit » pieds, y tombaient sans mouvement. L'un » de ces trois arbrisseaux était un *agnus » castus*, et les deux autres des *aspalatus*. » Pendant mon séjour dans ce village, je ne

» l'étendue, et qu'il travaillait actuellement à un » Mémoire relatif à ces observations: ces coquilles » sont du genre des peignes ou des grandes péle- » rines. »

(1) Métallurgie d'Alphonse Barba, tome 1, page 64; Paris, 1751.

» bus d'autre eau que celle de ce ruisseau,
 » que je faisais refroidir : son goût me pa-
 » rut terreux et ferrugineux. On a construit
 » différents bains sur ce ruisseau, dont les
 » degrés de chaleur sont proportionnés à la
 » distance de la source. Ma surprise redou-
 » bla lorsque je vis le premier bain : des
 » poissons nageaient dans cette eau où je ne
 » pouvais plonger la main : je fis tout ce
 » qu'il me fut possible pour me procurer
 » quelques-uns de ces poissons ; mais leur
 » agilité et la maladresse des gens du pays
 » ne me permirent pas d'en prendre un seul.
 » Je les examinai nageant ; mais la vapeur
 » de l'eau ne me permit pas de les distinguer
 » assez bien pour les rapprocher de quelque
 » genre : je les reconnus cependant pour
 » des poissons à écailles brunes ; la longueur
 » des plus grands était de quatre pouces.
 » J'ignore comment ces poissons sont parve-
 » nus dans ces bains. » M. Sonnerat appuie
 son récit du témoignage de M. Prévôt,
 commissaire de la marine, qui a parcouru
 avec lui l'intérieur de l'île de Luçon. Voici
 comment est conçu ce témoignage : « Vous
 » avez eu raison, monsieur, de faire part à
 » M. de Buffon des observations que vous
 » avez rassemblées dans le voyage que nous
 » avons fait ensemble. Vous désirez que je
 » confirme par écrit celle qui nous a si fort
 » surpris dans le village de Bailly, situé sur
 » le bord de la Laguna de Manille, à *Los-
 bagnos* : je suis fâché de n'avoir point ici
 » la note de nos observations faites avec le
 » thermomètre de M. Réaumur ; mais je me
 » rappelle très-bien que l'eau du petit ruis-
 » seau qui passe dans ce village pour se jeter
 » dans le lac, fit monter le mercure à
 » 66 ou 67 degrés, quoiqu'il n'eût été plongé
 » qu'à une lieue de sa source : les bords de
 » ce ruisseau sont garnis d'un gazon toujours
 » vert. Vous n'aurez sûrement pas oublié
 » cet *agnus castus*, que nous avons vu en
 » fleurs, dont les racines étaient mouillées
 » de l'eau de ce ruisseau, et la tige conti-
 » nuellement enveloppée de la fumée qui
 » en sortait. Le Père Franciscain, curé de
 » la paroisse de ce village, m'a aussi assuré
 » avoir vu des poissons dans ce même ruis-
 » seau : quant à moi, je ne puis le certifier ;
 » mais j'en ai vu dans l'un des bains, dont
 » la chaleur faisait monter le mercure à 48
 » et 50 degrés. Voilà ce que vous pouvez
 » certifier avec assurance. *Signé Prévôt.* »
(Voyage à la Nouvelle Guinée, par M. Sonnerat, correspondant de l'Académie des

sciences et du Cabinet du Roi ; Paris, 1776, pages 38 et suiv.)

Je ne sache pas qu'on ait trouvé des poissons dans nos eaux thermales ; mais il est certain que, dans celles même qui sont le plus chaudes, le fond du terrain est tapissé de plantes. M. l'abbé Mazéas dit expressément que, dans l'eau presque bouillante de la Solfatare de Viterbe, le fond du bassin est couvert des mêmes plantes qui croissent au fond des lacs et des marais. (*Mémoires des savants étrangers*, tome 5, page 324.)

Page 456, col. 1, ligne 22. *Il paraît par les monuments qui nous restent, qu'il y a eu des géants dans plusieurs espèces d'animaux.* Les grosses dents à pointes mousses dont nous avons parlé, indiquent une espèce gigantesque, relativement aux autres espèces, et même à celle de l'éléphant ; mais cette espèce gigantesque n'existe plus. D'autres grosses dents, dont la face qui broie est figurée en trèfle, comme celles des hippopotames, et qui néanmoins sont quatre fois plus grosses que celles des hippopotames actuellement subsistants, démontrent qu'il y a eu des individus très-gigantesques dans l'espèce de l'hippopotame. D'énormes fémurs, plus grands et beaucoup plus épais que ceux de nos éléphants, démontrent la même chose pour les éléphants ; et nous pouvons citer encore quelques exemples qui vont à l'appui de notre opinion sur les animaux gigantesques.

On a trouvé auprès de Rome, en 1772, une tête de bœuf pétrifiée, dont le P. Jacquier a donné la description. « La longueur » du front, comprise entre les deux cornes, » est, dit-il, de 2 pieds 3 pouces ; la dis- » tance entre les orbites des yeux de 14 pou- » ces ; celle depuis la portion supérieure du » front jusqu'à l'orbite de l'œil, de 1 pied » 6 pouces ; la circonférence d'une corne » mesurée dans le bourrelet inférieur, de 1 » pied 6 pouces ; la longueur d'une corne » mesurée dans toute sa courbure, de 4 » pieds ; la distance des sommets des cor- » nes, de 3 pieds ; l'intérieur est d'une pé- » trification très-dure : cette tête a été trou- » vée dans un fond de Pozzolane à la pro- » fondeur de plus de 20 pieds (1). »

« On voyait, en 1768, dans la cathédrale » de Strasbourg, une très-grosse corne de » bœuf, suspendue par une chaîne contre

(1) Gazette de France du 25 septembre 1772, article de Rome.

» un pilier près du cœur; elle m'a paru
 » excéder trois fois la grandeur ordinaire de
 » celles des plus grands bœufs : comme elle
 » est fort élevée, je n'ai pu en prendre les
 » dimensions; mais je l'ai jugée d'environ
 » 4 pieds $\frac{1}{2}$ de longueur, sur 7 à 8 pouces de
 » diamètre au gros bout (1). »

Lionel Waffer rapporte qu'il a vu au Mexique des ossements et des dents d'une prodigieuse grandeur; entre autres une dent de 3 pouces de large sur 4 pouces de longueur, et que les plus habiles gens du pays, ayant été consultés, jugèrent que la tête ne pouvait pas avoir moins d'une aune de largeur. (Waffer, *Voyage en Amérique*, page 367.)

C'est peut-être la même dent dont parle le P. Acosta : « J'ai vu, dit-il, une dent molaire qui m'étonna beaucoup par son » énorme grandeur, car elle était aussi » grosse que le poing d'un homme. » Le P. Torquemado, franciscain, dit aussi qu'il a eu en son pouvoir une dent molaire, deux fois aussi grosse que le poing et qui pesait plus de deux livres : il ajoute que, dans cette même ville de Mexico, au couvent de Saint-Augustin, il avait vu un os fémur si grand, que l'individu auquel cet os avait appartenu, devait avoir été haut de 11 à 12 coudées, c'est-à-dire 17 ou 18 pieds, et que la tête dont la dent avait été tirée, était aussi grosse qu'une de ces grandes cruches dont on se sert en Castille pour mettre le vin.

Philippe Hernandez rapporte qu'on trouve à *Tezcaco* et à *Tosuca* plusieurs os de grandeur extraordinaire, et que parmi ces os il y a des dents larges de cinq pouces et hautes de dix; d'où l'on doit conjecturer que la grosseur de la tête à laquelle elles appartenaient était si énorme, que deux hommes auraient à peine pu l'embrasser. Don Lorenzo Boturini Benaduci dit aussi que, dans la Nouvelle-Espagne, surtout dans les hauteurs de Santa-Fé et dans le territoire de la *Puebla* et de *Tlascallan*, on trouve des os énormes et des dents molaires, dont une qu'il conservait dans son cabinet est cent fois plus grosse que les plus grosses dents humaines. (*Gigantologie espagnole*, par le P. Torrubia, *Journal étranger*, novembre 1760.)

L'auteur de cette *Gigantologie* espagnole attribue ces dents énormes et ces grands os à des géants de l'espèce humaine. Mais est-il croyable qu'il y ait jamais eu des hommes

dont la tête ait eu 8 ou 10 pieds de circonférence? N'est-il pas même assez étonnant que, dans l'espèce de l'hippopotame ou de l'éléphant, il y en ait eu de cette grandeur? Nous pensons donc que ces énormes dents sont de la même espèce que celles qui ont été trouvées nouvellement en Canada sur la rivière d'Ohio, que nous avons dit appartenir à un animal inconnu dont l'espèce était autrefois existante en Tartarie, en Sibérie, au Canada, et s'est étendue depuis les Illinois jusqu'au Mexique. Et comme ces auteurs espagnols ne disent pas que l'on ait trouvé, dans la Nouvelle-Espagne, des défenses d'éléphants mêlées avec ces grosses dents molaires, cela nous fait présumer qu'il y avait en effet une espèce différente de celle de l'éléphant à laquelle ces grosses dents molaires appartenaient, laquelle est parvenue jusqu'au Mexique. Au reste, les grosses dents d'hippopotame paraissent avoir été anciennement connues; car saint Augustin dit avoir vu une dent molaire si grosse, qu'en la divisant elle aurait fait cent dents molaires d'un homme ordinaire. (*Lib. XV, de Civitate Dei*, cap. 9.) Fulgose dit aussi qu'on a trouvé en Sicile des dents dont chacune pesait trois livres. (*Lib. I, cap. 6.*)

M. John Sommer rapporte avoir trouvé à Chartham, près de Cantorbéry, à 17 pieds de profondeur, quelques os étrangers et monstrueux, les uns entiers, les autres rompus, et quatre dents saines et parfaites, pesant chacune un peu plus d'une demi-livre, grosses à peu près comme le poing d'un homme : toutes quatre étaient des dents molaires ressemblant assez aux dents molaires de l'homme, si ce n'est par la grosseur. Il dit que Louis Vives parle d'une dent encore plus grosse (*dens molaris pugno major*) qui lui fut montrée pour une dent de saint Christophe : il dit aussi qu'Acosta rapporte avoir vu dans les Indes une dent semblable qui avait été tirée de la terre avec plusieurs autres os, lesquels rassemblés et arrangés, représentaient un homme d'une stature prodigieuse ou plutôt monstrueuse (*deformed higness or greatness*). Nous aurions pu, dit judicieusement M. Sommer, juger de même des dents qu'on a tirées de la terre auprès de Cantorbéry, si l'on n'eût pas trouvé avec ces mêmes dents des os qui ne pouvaient être des os d'homme; quelques personnes qui les ont vus ont jugé que les os et les dents étaient d'un hippopotame. Deux de ces dents sont gravées dans une

(1) Note communiquée à M. de Buffon, par M. Grignon, le 24 septembre 1777.

plaque qui est à la tête du n^o 272 des *Transactions philosophiques* (fig. 9).

On peut conclure de ces faits, que la plupart des grands os trouvés dans le sein de la terre, sont des os d'éléphants et d'hippopotames : mais il me paraît certain par la comparaison immédiate des énormes dents à pointes mousses avec les dents de l'éléphant et de l'hippopotame, qu'elles ont appartenu à un animal beaucoup plus gros que l'un et l'autre, et que l'espèce de ce prodigieux animal ne subsiste plus aujourd'hui.

Dans les éléphants actuellement existants, il est extrêmement rare d'en trouver dont les défenses aient six pieds de longueur. Les plus grandes sont communément de cinq pieds à cinq pieds et demi, et par conséquent l'ancien éléphant auquel a appartenu la défense de dix pieds de longueur, dont nous avons les fragments, était un géant dans cette espèce, aussi-bien que celui dont nous avons un fémur d'un tiers plus gros et plus grand que les fémurs des éléphants ordinaires.

Il en est de même dans l'espèce de l'hippopotame ; j'ai fait arracher les deux plus grosses dents molaires de la plus grande tête d'hippopotame que nous ayons au Cabinet du Roi : l'une de ces dents pèse 10 onces, et l'autre 9 $\frac{1}{2}$ onces. J'ai pesé ensuite deux dents, l'une trouvée en Sibérie et l'autre au Canada ; la première pèse 2 livres 12 onces, et la seconde 2 livres 2 onces. Ces anciens hippopotames étaient, comme l'on voit, bien gigantesques en comparaison de ceux qui existent aujourd'hui.

L'exemple que nous avons cité de l'énorme tête de bœuf pétrifiée, trouvée aux environs de Rome, prouve aussi qu'il y a eu de prodigieux géants dans cette espèce, et nous pouvons le démontrer par plusieurs autres monuments. Nous avons au Cabinet du Roi, 1^o une corne d'une belle couleur verdâtre, très-lisse et bien contournée, qui est évidemment une corne de bœuf ; elle porte 25 pouces de circonférence à la base, et sa longueur est de 42 pouces ; sa cavité contient 11 $\frac{1}{2}$ pintes de Paris. 2^o Un os de l'intérieur de la corne d'un bœuf, du poids de 7 livres ; tandis que le plus grand os de nos bœufs qui soutient la corne, ne pèse qu'une livre. Cet os a été donné pour le Cabinet du Roi par M. le comte de Tressan, qui joint au goût et aux talents beaucoup de connaissances en histoire naturelle. 3^o Deux os de l'intérieur des cornes d'un bœuf réunis

par un morceau de crâne, qui ont été trouvés à 25 pieds de profondeur, dans les couches de tourbes, entre Amiens et Abbeville, et qui m'ont été envoyés pour le Cabinet du Roi : ce morceau pèse 17 livres ; ainsi chaque os de la corne étant séparé de la portion du crâne, pèse au moins 7 $\frac{1}{2}$ livres. J'ai comparé les dimensions comme les poids de ces différents os ; celui du plus gros bœuf qu'on a pu trouver à la boucherie de Paris, n'avait que 13 pouces de longueur sur 7 pouces de circonférence à la base ; tandis que des deux autres tirés du sein de la terre, l'un a 24 pouces de longueur sur 12 pouces de circonférence à la base, et l'autre 27 pouces de longueur sur 13 de circonférence. En voilà plus qu'il n'en faut pour démontrer que dans l'espèce du bœuf, comme dans celles de l'hippopotame et de l'éléphant, il y a eu de prodigieux géants.

Ibid., ligne 37. *Nous avons des monuments tirés du sein de la terre, et particulièrement du fond des minières de charbon et d'ardoise, qui nous démontrent que quelques-uns des poissons et des végétaux que ces matières contiennent, ne sont pas des espèces actuellement existantes.* Sur cela nous observons, avec M. Lehman, qu'on ne trouve guère des empreintes de plantes dans les mines d'ardoise, à l'exception de celles qui accompagnent les mines de charbon de terre, et qu'au contraire, on ne trouve ordinairement les empreintes de poissons que dans les ardoises cuivreuses. (Tom. 3, pag. 407.)

On a remarqué que les bancs d'ardoise chargés de poissons pétrifiés, dans le comté de Mansfeld, sont surmontés d'un banc de pierres appelées *puantes* ; c'est une espèce d'ardoise grise, qui a tiré son origine d'une eau croupissante, dans laquelle les poissons avaient pourri avant de se pétrifier. (Leeberoth, *Journal économique*, juillet 1752.)

M. Hoffman, en parlant des ardoises, dit que non-seulement les poissons que l'on y trouve pétrifiés ont été des créatures vivantes, mais que les couches d'ardoises n'ont été que le dépôt d'une eau fangeuse, qui, après avoir fermenté et s'être pétrifiée, s'était précipitée par couches très-minces.

« Les ardoises d'Angers, dit M. Guettard, » présentent quelquefois des empreintes de » plantes et de poissons, qui méritent d'au- » tant plus d'attention, que les plantes aux- » quelles ces empreintes sont dues, étaient » des *fucus* de mer, et que celles des pois- » sons représentent différents crustacées ou

» animaux de la classe des écrevisses, dont
 » les empreintes sont plus rares que celles
 » des poissons et des coquillages. Il ajoute
 » qu'après avoir consulté plusieurs auteurs
 » qui ont écrit sur les poissons, les écre-
 » visses et les crabes, il n'a rien trouvé de
 » ressemblant aux empreintes en question,
 » si ce n'est le *pou* de mer, qui y a quelques
 » rapports, mais qui en diffère néanmoins
 » par le nombre de ses anneaux, qui sont
 » au nombre de treize; au lieu que les an-
 » neaux ne sont qu'au nombre de sept ou
 » huit dans les empreintes de l'ardoise : les
 » empreintes de poissons se trouvent com-
 » munément parsemées de matières pyri-
 » teuse et blanchâtre. Une singularité, qui
 » ne regarde pas plus les ardoisières d'An-
 » gers que celles des autres pays, tombe sur
 » la fréquence des empreintes de poissons
 » et la rareté des coquillages dans les ar-
 » doises, tandis qu'elles sont si communes
 » dans les pierres à chaux ordinaires. »
 (*Mémoires de l'Académie des sciences*, an-
 née 1757, page 52.)

On peut donner des preuves démonstra-
 tives que tous les charbons de terre ne sont
 composés que de débris de végétaux, mêlés
 avec du bitume et du soufre, ou plutôt de
 l'acide vitriolique, qui se fait sentir dans la
 combustion : on reconnaît les végétaux sou-
 vent en grand volume dans les couches su-
 périeures des veines de charbon de terre;
 et, à mesure que l'on descend, on voit les
 nuances de la décomposition de ces mêmes
 végétaux : il y a des espèces de charbons de
 terre qui ne sont que des bois fossiles : celui
 qui se trouve à Sainte-Agnès, près Lons-le-
 Saulnier, ressemble parfaitement à des bû-
 ches ou tronçons de sapin ; on y remarque
 très-distinctement les veines de chaque crue
 annuelle, ainsi que le cœur : ces tronçons ne
 diffèrent des sapins ordinaires qu'en ce qu'ils
 sont ovales sur leur longueur, et que leurs
 veines forment autant d'ellipses concentri-
 ques. Ces bûches n'ont guère qu'environ un
 pied de tour, et leur écorce est très épaisse
 et fort crevassée, comme celle des vieux sa-
 pins ; au lieu que les sapins ordinaires de
 pareille grosseur ont toujours une écorce
 assez lisse.

« J'ai trouvé, dit M. de Gensanne, plu-
 » sieurs filons de ce même charbon dans le
 » diocèse de Montpellier : ici les tronçons
 » sont très-gros, leur tissu est très-sembla-
 » ble à celui des châtaigniers de trois à qua-
 » tre pieds de tour. Ces sortes de fossiles ne

» donnent au feu qu'une légère odeur d'as-
 » phalte ; ils brûlent, donnent de la flamme
 » et de la braise comme le bois ; c'est ce
 » qu'on appelle communément en France
 » de la *houille* ; elle se trouve fort près de
 » la surface du terrain : ces houilles annon-
 » cent, pour l'ordinaire, du véritable char-
 » bon de terre à de plus grandes profon-
 » deurs. » (*Hist. naturelle du Languedoc*,
 par M. de Gensanne, tome I, page 20.)

Ces charbons ligneux doivent être regar-
 dés comme des bois déposés dans une terre
 bitumineuse à laquelle est due leur qualité
 de charbons fossiles : on ne les trouve ja-
 mais que dans ces sortes de terres, et tou-
 jours assez près de la surface du terrain ; il
 n'est pas même rare qu'ils forment la tête
 des veines d'un véritable charbon ; il y en a
 qui, n'ayant reçu que peu de substance bi-
 tumineuse, ont conservé leurs nuances de
 couleur de bois. « J'en ai trouvé de cette
 » espèce, dit M. de Gensanne, aux Caza-
 » rets, près de Saint-Jean-de-Cucul, à qua-
 » tre lieues de Montpellier ; mais pour l'or-
 » dinaire la fracture de ce fossile présente
 » une surface lisse entièrement semblable à
 » celle du jayet. Il y a dans le même canton
 » près d'Aseras du bois fossile qui est en
 » partie changé en une vraie pyrite blanche
 » ferrugineuse. La matière minérale y oc-
 » cupe le cœur du bois, et on y remarque
 » très-distinctement la substance ligneuse,
 » rongée en quelque sorte et dissoute par
 » l'acide minéralisateur. » (*Histoire natu-
 ralle du Languedoc*, tome I, page 54.)

J'avoue que je suis surpris de voir qu'a-
 près de pareilles preuves rapportées par
 M. de Gensanne lui-même, qui d'ailleurs
 est bon minéralogiste, il attribue néanmoins
 l'origine du charbon de terre à l'argile plus
 ou moins imprégnée de bitume : non-seule-
 ment les faits que je viens de citer d'après
 lui, démentent cette opinion ; mais on verra
 par ceux que je vais rapporter, qu'on ne
 doit attribuer qu'aux détriments des végé-
 taux mêlés de bitume, la masse entière de
 toutes les espèces de charbons de terre.

Je sens bien que M. de Gensanne ne re-
 garde pas ces bois fossiles, non plus que la
 tourbe et même la houille, comme de véri-
 tables charbons de terre entièrement for-
 més ; et en cela je suis de son avis : celui
 qu'on trouve auprès de Lons-le-Saulnier a
 été examiné nouvellement par M. le prési-
 dent de Ruffey, savant académicien de Di-
 jon. Il dit que ce bois fossile s'approche

beaucoup de la nature des charbons de terre, mais qu'on le trouve à deux ou trois pieds de la surface de la terre dans une étendue de deux lieues sur trois à quatre pieds d'épaisseur, et que l'on reconnaît encore facilement les espèces de bois de chêne, charme, hêtre, tremble; qu'il y a du bois de corde et du fagotage, que l'écorce des bûches est bien conservée, qu'on y distingue les cercles des sèves et les coups de hache, et qu'à différentes distances on voit des amas de copeaux; qu'au reste, ce charbon dans lequel le bois s'est changé, est excellent pour souder le fer; que néanmoins il répand, lorsqu'on le brûle, une odeur fétide, et qu'on en a extrait de l'alun. (*Mémoires de l'Académie de Dijon*, tome 1, page 47.)

« Près du village nommé *Beichlitz*, à une lieue environ de la ville de Halle, on exploite deux couches composées d'une terre bitumineuse et de bois fossile (il y a plusieurs mines de cette espèce dans le pays de Hesse), et celui-ci est semblable à celui que l'on trouve dans le village de Sainte-Agnès en Franche-Comté, à deux lieues de Lons-le-Saulnier. Cette mine est dans le terrain de Saxe; la première couche est à trois toises et demie de profondeur perpendiculaire, et de 8 à 9 pieds d'épaisseur: pour y parvenir on traverse un sable blanc, ensuite une argile blanche et grise qui sert de toit; et qui a 3 pieds d'épaisseur; on rencontre encore au-dessous une bonne épaisseur, tant de sable que d'argile, qui recouvre la seconde couche, épaisse seulement de 3 $\frac{1}{2}$ à 4 pieds; on a sondé beaucoup plus bas sans en trouver d'autres.

« Ces couches sont horizontales, mais elles plongent ou remontent à peu près comme les autres couches connues. Elles consistent en une terre brune, bitumineuse, qui est friable lorsqu'elle est sèche et ressemble à du bois pourri. Il s'y trouve des pièces de bois de toute grosseur, qu'il faut couper à coups de hache, lorsqu'on les retire de la mine où elles sont encore mouillées. Ce bois étant sec se casse très-facilement. Il est luisant dans sa cassure comme le bitume; mais on y reconnaît toute l'organisation du bois. Il est moins abondant que la terre; les ouvriers le mettent à part pour leur usage.

« Un boisseau ou deux quintaux de terre bitumineuse se vend dix-huit à vingt sous de France. Il y a des pyrites dans ses cou-

ches; la matière en est vitriolique; elle refléurit et blanchit à l'air; mais la matière bitumineuse n'est pas d'un grand débit, elle ne donne qu'une chaleur faible. » (*Voyages métallurgiques de M. Jars*, pages 320 et suivantes.)

Tout ceci prouverait qu'en effet cette espèce de mine de bois fossile, qui se trouve si près de la surface de la terre, serait bien plus nouvelle que les mines de charbon de terre ordinaire, qui presque toutes s'enfoncent profondément: mais cela n'empêche pas que les anciennes mines de charbon n'aient été formées des débris des végétaux, puisque, dans les plus profondes, on y reconnaît la substance ligneuse et plusieurs autres caractères qui n'appartiennent qu'aux végétaux; d'ailleurs on a quelques exemples de bois fossiles trouvés en grandes masses et en lits fort étendus sous des bancs de grès et sous des rochers calcaires. (*Voyez ce que j'en ai dit dans le tome 1, page 332, à l'article des additions sur les bois souterrains.*) Il n'y a donc d'autre différence entre le vrai charbon de terre et ces bois charbonifiés, que le plus ou moins de décomposition, et aussi le plus ou moins d'imprégnation par les bitumes; mais le fond de leur substance est le même, et tous doivent également leur origine aux détriments des végétaux.

M. le Monnier, premier médecin ordinaire du Roi, et savant botaniste, a trouvé dans le schiste ou fausse ardoise qui traverse une masse de charbon de terre en Auvergne, les impressions de plusieurs espèces de fougères qui lui étaient presque toutes inconnues; il croit seulement avoir remarqué l'impression des feuilles de l'osmonde royale, dont il dit n'avoir jamais vu qu'un seul pied dans toute l'Auvergne. (*Observations d'Histoire naturelle, par M. le Monnier*; Paris, 1739, page 193.)

Il serait à désirer que nos botanistes fissent des observations exactes sur les impressions des plantes qui se trouvent dans les charbons de terre, dans les ardoises et dans les schistes: il faudrait même dessiner et graver ces impressions de plantes aussi-bien que celles des crustacées, des coquilles et des poissons que ces mines renferment; car ce ne sera qu'après ce travail qu'on pourra prononcer sur l'existence actuelle ou passée de toutes ces espèces, et même sur leur ancienneté relative. Tout ce que nous en savons aujourd'hui, c'est qu'il y en a plus d'inconnues que d'autres, et que, dans celles qu'on

a voulu rapporter à des espèces bien connues. On a toujours trouvé des différences assez grandes pour n'être pas pleinement satisfait de la comparaison.

Page 457, col. 1, ligne 4. *Nous pouvons démontrer par des expériences aisées à répéter, que le verre et le grès en poudre se convertissent en peu de temps en argile par leur séjour dans l'eau.*

« J'ai mis dans un vaisseau de faïence deux livres de grès en poudre, dit M. Na-
dault ; j'ai rempli le vaisseau d'eau de fontaine distillée, de façon qu'elle surnageait le grès d'environ trois ou quatre doigts de hauteur ; j'ai ensuite agité ce grès pendant l'espace de quelques minutes, et j'ai exposé le vaisseau en plein air : quelques jours après je me suis aperçu qu'il s'était formé sur ce grès une couche de plus d'un quart de pouce d'épaisseur d'une terre jaunâtre très-fine, très-grasse et très-ductile ; j'ai versé alors par inclination l'eau qui surnageait dans un autre vaisseau, et cette terre, plus légère que le grès, s'en est séparée sans qu'il s'y soit mêlé : la quantité que j'en ai retirée par cette première lotion, était trop considérable pour pouvoir penser que, dans un espace de temps aussi court, il eût pu se faire une assez grande décomposition de grès pour avoir produit autant de terre : j'ai donc jugé qu'il fallait que cette terre fût déjà dans le grès dans le même état que je l'en avais retirée, et qu'il se faisait peut-être ainsi continuellement une décomposition du grès dans sa propre mine : j'ai rempli ensuite le vaisseau de nouvelle eau distillée ; j'ai agité le grès pendant quelques instants, et, trois jours après, j'ai encore trouvé sur ce grès une couche de terre de la même qualité que la première, mais plus mince de moitié : ayant mis à part ces espèces de sécrétions, j'ai continué, pendant le cours de plus d'une année, cette même opération et ces expériences que j'avais commencées dans le mois d'avril ; et la quantité de terre que m'a produite ce grès a diminué peu à peu, jusqu'à ce qu'au bout de deux mois, en transvasant l'eau du vaisseau qui le contenait, je ne trouvais plus sur le grès qu'une pellicule terreuse qui n'avait pas une ligne d'épaisseur ; mais aussi pendant tout le reste de l'année, et tant que le grès a été dans l'eau, cette pellicule n'a jamais manqué de se former dans l'espace de deux

ou trois jours, sans augmenter ni diminuer en épaisseur, à l'exception du temps où j'ai été obligé, par rapport à la gelée, de mettre le vaisseau à couvert, qu'il m'a paru que la décomposition du grès se faisait un peu plus lentement. Quelque temps après avoir mis ce grès dans l'eau, j'y ai aperçu une grande quantité de paillettes brillantes et argentées, comme le sont celles du talc, qui n'y étaient pas auparavant, et j'ai jugé que c'était là son premier état de décomposition ; que ses molécules formées de plusieurs petites couches, s'exfoliaient, comme j'ai observé qu'il arrivait au verre dans certaines circonstances, et que ces paillettes s'atténuaient ensuite peu à peu dans l'eau, jusqu'à ce que, devenues si petites qu'elles n'avaient plus assez de surface pour réfléchir la lumière, elles acquéraient la forme et les propriétés d'une véritable terre : j'ai donc amassé et mis à part toutes les sécrétions terreuses que les deux livres de grès m'ont produites pendant le cours de plus d'une année ; et lorsque cette terre a été bien sèche, elle pesait environ cinq onces : j'ai aussi pesé le grès après l'avoir fait sécher, et il avait diminué en pesantueur dans la même proportion, de sorte qu'il s'en était décomposé un peu plus de la sixième partie : toute cette terre était au reste de la même qualité, et les dernières sécrétions étaient aussi grasses, aussi ductiles que les premières, et toujours d'un jaune tirant sur l'orangé : mais comme j'y apercevais encore quelques paillettes brillantes, quelques molécules de grès, qui n'étaient pas entièrement décomposées, j'ai remis cette terre avec de l'eau dans un vaisseau de verre, et je l'ai laissée exposée à l'air, sans la remuer, pendant tout un été, ajoutant de temps en temps de nouvelle eau à mesure qu'elle s'évaporait ; un mois après, cette eau a commencé à se corrompre, et elle est devenue verdâtre et de mauvaise odeur : la terre paraissait être aussi dans un état de fermentation ou de putréfaction, car il s'en élevait une grande quantité de bulles d'air ; et, quoiqu'elle eût conservé à sa superficie sa couleur jaunâtre, celle qui était au fond du vaisseau était brune, et cette couleur s'étendait de jour en jour, et paraissait plus foncée ; de sorte qu'à la fin de l'été, cette terre était devenue absolument noire : j'ai laissé évaporer l'eau sans en remettre de

» nouvelle dans le vaisseau ; et , en ayant
 » tiré la terre , qui ressemblait assez à de
 » l'argile grise lorsqu'elle est humectée , je
 » l'ai fait sécher à la chaleur du feu , et
 » lorsqu'elle a été échauffée , il m'a paru
 » qu'elle exhalait une odeur sulfureuse :
 » mais ce qui m'a surpris davantage , c'est
 » qu'à proportion qu'elle s'est desséchée ,
 » la couleur noire s'est un peu effacée , et
 » elle est devenue aussi blanche que l'argile
 » la plus blanche ; d'où on peut conjecturer
 » que c'était par conséquent une matière
 » volatile qui lui communiquait cette cou-
 » leur brune : les esprits acides n'ont fait
 » aucune impression sur cette terre ; et lui
 » ayant fait éprouver un degré de chaleur
 » assez violent , elle n'a point rougi comme
 » l'argile grise , mais elle a conservé sa blan-
 » cheur ; de sorte qu'il me paraît évident
 » que cette matière que m'a produite le
 » grès en s'atténuant et en se décomposant
 » dans l'eau , est une véritable argile blan-
 » che.» (*Note communiquée à M. de Buffon
 par M. Nadault , correspondant de l'Académie des sciences , ancien avocat-général de la Chambre des comptes de Dijon.*)

Page 465 , col. 2 , ligne 33. *Le mouvement des eaux d'orient en occident a travaillé la surface de la terre dans ce sens ; dans tous les continents du monde , la pente est plus rapide du côté de l'occident que du côté de l'orient.* Cela est évident dans le continent de l'Amérique , dont les pentes sont extrêmement rapides vers les mers de l'ouest , et dont toutes les terres s'étendent en pente douce , et aboutissent presque toutes à de grandes plaines du côté de la mer à l'orient. En Europe , la ligne du sommet de la Grande-Bretagne , qui s'étend du nord au sud , est bien plus proche du bord occidental que de l'oriental de l'Océan ; et , par la même raison , les mers qui sont à l'occident de l'Irlande et de l'Angleterre , sont plus profondes que la mer qui sépare l'Angleterre et la Hollande. La ligne du sommet de la Norvège est bien plus proche de l'Océan que de la mer Baltique. Les montagnes du sommet général de l'Europe sont bien plus hautes vers l'occident que vers l'orient ; et si l'on prend une partie de ce sommet depuis la Suisse jusqu'en Sibérie , il est bien plus près de la mer Baltique et de la mer Blanche , qu'il ne l'est de la mer Noire et de la mer Caspienne. Les Alpes et l'Apennin règnent bien plus près de la Méditerranée

que de la mer Adriatique. La chaîne de montagnes qui sort du Tyrol , et qui s'étend en Dalmatie et jusqu'à la pointe de la Morée , côtoie pour ainsi dire la mer Adriatique , tandis que les côtes orientales qui leur sont opposées sont plus basses. Si l'on suit en Asie la chaîne qui s'étend depuis les Dardanelles jusqu'au détroit de Babel-Mandé , on trouve que les sommets du mont Taurus , du Liban et de toute l'Arabie , côtoient la Méditerranée et la mer Rouge ; et qu'à l'orient , ce sont de vastes continents où coulent des fleuves d'un long cours , qui vont se jeter dans le golfe Persique. Le sommet des fameuses montagnes de Gattes s'approche plus des mers occidentales que des mers orientales. Le sommet qui s'étend depuis les frontières occidentales de la Chine jusqu'à la pointe de Malaca , est encore plus près de la mer d'occident que de la mer d'orient. En Afrique , la chaîne du mont Atlas envoie dans la mer des Canaries des fleuves moins longs que ceux qu'elle envoie dans l'intérieur du continent , et qui vont se perdre au loin dans des lacs et de grands marais. Les hautes montagnes qui sont à l'occident vers le cap Vert et dans toute la Guinée , lesquelles après avoir tourné autour de Congo , vont gagner les monts de la Lune , et s'allongent jusqu'au cap de Bonne-Espérance , occupent assez régulièrement le milieu de l'Afrique : on reconnaîtra néanmoins , en considérant la mer à l'orient et à l'occident , que celle à l'orient est peu profonde , avec grand nombre d'îles , tandis qu'à l'occident elle a plus de profondeur et très-peu d'îles ; en sorte que l'endroit le plus profond de mer occidentale , est bien plus près de cette chaîne que le plus profond des mers orientales ou des Indes.

On voit donc généralement dans tous les grands continents , que les points de partage sont toujours beaucoup plus près des mers de l'ouest que des mers de l'est ; que les revers de ces continents sont tous allongés vers l'est , et toujours raccourcis à l'ouest ; que les mers des rives occidentales sont plus profondes et bien moins semées d'îles que les orientales ; et même l'on reconnaîtra que , dans toutes ces mers , les côtes des îles sont toujours plus hautes et les mers qui les baignent plus profondes à l'occident qu'à l'orient.

NOTE SUR LA CINQUIÈME ÉPOQUE.

Tome 2, page 6, col. 2, ligne 52. *Il y a des animaux, et même des hommes, si bruts, qu'ils préfèrent de languir dans leur ingrate terre natale à la peine qu'il faudrait prendre pour se gîter plus commodément ailleurs.* Je puis en citer un exemple frappant : les Maillés, petite nation sauvage de la Guyane, à peu de distance de l'embouchure de la rivière *Ouassa*, n'ont pas d'autre domicile que les arbres, au-dessus desquels ils se tiennent toute l'année, parce que leur terrain est toujours plus ou moins couvert d'eau; ils ne descendent de ces arbres que pour aller en canots chercher leur subsistance. Voilà un singulier exemple du stupide attachement à la terre natale; car il ne tiendrait qu'à ces Sauvages d'aller comme les autres habiter sur la terre, en s'éloi-

gnant de quelques lieues des savanes noyées, où ils ont pris naissance et où ils veulent mourir. Ce fait, cité par quelques voyageurs (1), m'a été confirmé par plusieurs témoins qui ont vu récemment cette petite nation, composée de trois ou quatre cents Sauvages : ils se tiennent en effet sur les arbres au-dessus de l'eau, ils y demeurent toute l'année : leur terrain est une grande nappe d'eau pendant les huit ou neuf mois de pluie; et, pendant les quatre mois d'été, la terre n'est qu'une boue fangeuse, sur laquelle il se forme une petite croûte de cinq ou six pouces d'épaisseur, composée d'herbes plutôt que de terre, et sous lesquelles on trouve une grande épaisseur d'eau croupissante et fort infecte.

NOTES SUR LA SIXIÈME ÉPOQUE.

Page 12, col. 1, ligne 18. *La mer Caspienne était anciennement bien plus grande qu'elle ne l'est aujourd'hui : cette supposition est bien fondée.* « En parcourant, dit M. Pallas, les immenses déserts qui s'étendent » entre le Wolga, le Jaïk, la mer Caspienne » et le Don, j'ai remarqué que ces *steppes* » ou déserts sablonneux, sont de toutes » parts environnés d'une côte élevée, qui embrasse une grande partie du lit du Jaïk, » du Wolga et du Don, et que ces rivières » très-profondes, avant que d'avoir pénétré » dans cette enceinte, sont remplies d'îles » et de bas-fonds, dès qu'elles commencent » à tomber dans les steppes, où la grande » rivière de Kuman va se perdre elle-même » dans les sables. De ces observations réunies, je conclus que la mer Caspienne a » couvert autrefois tous ces déserts; qu'elle » n'a eu anciennement d'autres bords que » ces mêmes côtes élevées qui les environnent de toutes parts, et qu'elle a communiqué, au moyen du Don, avec la mer

» Noire, supposé même que cette mer, » ainsi que celle d'Azoff, n'en ait pas fait » partie (2). »

M. Pallas est sans contredit l'un de nos plus savants naturalistes; et c'est avec la plus grande satisfaction que je le vois ici entièrement de mon avis sur l'ancienne étendue de la mer Caspienne, et sur la probabilité bien fondée qu'elle communiquait autrefois avec la mer Noire.

Page 14, col. 2, ligne 19. *La tradition ne nous a conservé que la mémoire de la submersion de la Taprobane... Il y a eu des bouleversements plus grands et plus fréquents dans l'océan Indien que dans aucune autre partie du monde.* La plus ancienne tradition qui reste de ces affaisements dans les terres du midi, est celle de la perte de la Taprobane, dont on croit que les Maldives et les Laquedives ont fait autrefois partie. Ces îles, ainsi que les écueils et les bancs qui règnent depuis Madagascar jusqu'à la pointe de l'Inde semblent indiquer les sommets des terres qui réunissaient l'Afrique avec l'Asie; car ces îles ont presque toutes, du côté du nord, des terres et des bancs qui se prolongent très-loin sous les eaux.

Il paraît aussi que les îles de Madagascar

(1) Les Maillés, l'une des nations sauvages de la Guyane, habitent le long de la côte; et comme leur pays est souvent noyé, ils ont construit leurs cabanes sur les arbres, au pied desquels ils tiennent leurs canots, avec lesquels ils vont chercher ce qui leur est nécessaire pour vivre. (Voyage de Desmarchais, tome 9, page 452.)

(2) Journal historique et politique, mois de novembre 1773, article Pétersbourg.

et de Ceylan étaient autrefois unies aux continents qui les avoisinent. Ces séparations et ces grands bouleversements dans les mers du midi, ont la plupart été produits par l'affaissement des cavernes, par les tremblements de terre et par l'explosion des feux souterrains; mais il y a eu aussi beaucoup de terres envahies par le mouvement lent et successif de la mer d'orient en occident: les endroits du monde où cet effet est le plus sensible, sont les régions du Japon, de la Chine, et de toutes les parties orientales de l'Asie. Ces mers situées à l'occident de la Chine et du Japon, ne sont, pour ainsi dire, qu'accidentelles, et peut-être encore plus récentes que notre Méditerranée.

Les îles de la Sonde, les Moluques et les Philippines ne présentent que des terres bouleversées, et sont encore pleines de volcans: il y en a beaucoup aussi dans les îles du Japon, et l'on prétend que c'est l'endroit de l'univers le plus sujet aux tremblements de terre; on y trouve quantité de fontaines d'eau chaude. La plupart des autres îles de l'océan Indien ne nous offrent aussi que des pics ou des sommets de montagnes isolées qui vomissent le feu. L'île de France et l'île de Bourbon paraissent deux de ces sommets, presque entièrement couverts de matières rejetées par les volcans; ces deux îles étaient inhabitées lorsqu'on en a fait la découverte.

Page 16, col. 1, ligne 27. *A la Guyane, les fleuves sont si voisins les uns des autres, et en même temps si gonflés, si rapides dans la saison des pluies, qu'ils entraînent des limons immenses qui se déposent sur toutes les terres basses et sur le fond de la mer en sédiment vaseux.* Les côtes de la Guyane française sont si basses, que ce sont plutôt des grèves toutes couvertes de vase en pente très-douce, qui commence dans les terres et s'étend sur le fond de la mer à une très-grande distance. Les gros navires ne peuvent approcher de la rivière de Cayenne sans toucher, et les vaisseaux de guerre sont obligés de rester deux ou trois lieues en mer. Ces vases en pente douce s'étendent tout le long des rivages, depuis Cayenne jusqu'à la rivière des Amazones: l'on ne trouve dans cette grande étendue que de la vase et point de sable, et tous les bords de la mer sont couverts de palétuviers: mais à sept ou huit lieues au-dessus de Cayenne, du côté du nord-ouest jusqu'au fleuve Marony, on trouve quelques anses dont le fond est de sable et des rochers qui forment des brisants;

la vase cependant les recouvre pour la plupart, aussi-bien que les couches de sable, et cette vase a d'autant plus d'épaisseur, qu'elle s'éloigne davantage du bord de la mer. Les petits rochers n'empêchent pas que ce terrain ne soit en pente très-douce à plusieurs lieues d'étendue dans les terres. Cette partie de la Guyane qui est au nord-ouest de Cayenne, est une contrée plus élevée que celles qui sont au sud-est: on en a une preuve démonstrative; car tout le long des bords de la mer on trouve de grandes savanes noyées qui bordent la côte, et dont la plupart sont desséchées dans la partie du nord-ouest; tandis qu'elles sont toutes couvertes des eaux de la mer dans les parties du sud-est. Outre ces terrains noyés actuellement par la mer, il y en a d'autres plus éloignés, et qui de même étaient noyés autrefois; on trouve aussi en quelques endroits des savanes d'eau douce; mais celles-ci ne produisent point de palétuviers, et seulement beaucoup de palmiers latamiers: on ne trouve pas une seule pierre sur toutes ces côtes basses: la marée ne laisse pas d'y monter de sept ou huit pieds de hauteur, quoique les courants lui soient opposés; car ils sont tous dirigés vers les îles Antilles. La marée est fort sensible, lorsque les eaux des fleuves sont basses, et on s'en aperçoit alors; jusqu'à quarante et même cinquante lieues dans ces fleuves; mais en hiver, c'est-à-dire dans la saison des pluies, lorsque les fleuves sont gonflés, la marée y est à peine sensible à une ou deux lieues, tant le courant de ces fleuves est rapide, et il devient de la plus grande impétuosité à l'heure du reflux.

Les grosses tortues de mer viennent déposer leurs œufs sur le fond de ces anses de sable, et on ne les voit jamais fréquenter les terrains vaseux; en sorte que, depuis Cayenne jusqu'à la rivière des Amazones, il n'y a point de tortues, et on va les pêcher depuis la rivière *Courou* jusqu'au fleuve *Marony*. Il semble que la vase gagne tous les jours du terrain sur les sables, et qu'avec le temps, cette côte nord-ouest de Cayenne en sera recouverte comme la côte sud-est; car les tortues qui ne veulent que du sable pour y déposer leurs œufs, s'éloignent peu à peu de la rivière *Courou*, et depuis quelques années, on est obligé de les aller chercher plus loin du côté du fleuve *Marony*, dont les sables ne sont pas encore couverts.

Au-delà des savanes, dont les unes sont

sèches et les autres noyées, s'étend un cordon de collines, qui sont toutes couvertes d'une grande épaisseur de terre, et plantées partout de vieilles forêts : communément ces collines ont 350 ou 400 pieds d'élévation, mais en s'éloignant davantage, on en trouve de plus élevées, et peut-être de plus du double, en s'avancant dans les terres jusqu'à dix ou douze lieues : la plupart de ces montagnes sont évidemment d'anciens volcans éteints. Il y en a pourtant une appelée *la Gabrielle*, au sommet de laquelle on trouve une grande mare ou petit lac, qui nourrit des caymans en assez grand nombre, dont apparemment l'espèce s'y est conservée depuis le temps où la mer couvrait cette colline.

Au-delà de cette montagne Gabrielle, on ne trouve que de petits vallons, des tertres, des mornes et des matières volcanisées, qui ne sont point en grandes masses, mais qui sont brisées par petits blocs : la pierre la plus commune, et dont les eaux ont entraîné des blocs jusqu'à Cayenne, est celle que l'on appelle *la pierre à ravets*, qui, comme nous l'avons dit, n'est point une pierre, mais une lave de volcan ; on l'a nommée pierre à ravets, parce qu'elle est trouée, et que les insectes appelés *ravets* se logent dans les trous de cette lave.

Page 17, col. 1, ligne 1. *La race des géants dans l'espèce humaine a été détruite depuis nombre de siècles dans les lieux de son origine en Asie.* On ne peut pas douter qu'il n'y ait eu des individus géants dans tous les climats de la terre, puisque, de nos jours, on en voit encore naître en tout pays, et que récemment on en a vu un qui était né sur les confins de la Laponie, du côté de la Finlande. Mais on n'est pas également sûr qu'il y ait eu des races constantes, et moins encore des peuples entiers de géants : cependant, le témoignage de plusieurs auteurs anciens, et ceux de l'Écriture-Sainte, qui est encore plus ancienne, me paraissent indiquer assez clairement qu'il y a eu des races de géants en Asie ; et nous croyons devoir présenter ici les passages les plus positifs à ce sujet. Il est dit (nombre 13, verset 34) : *Nous avons vu les géants de la race d'Hanac, aux yeux desquels nous ne devions paraître pas plus grands que des cigales.* Et par une autre version, il est dit : *Nous avons vu des monstres de la race d'Énak, auprès desquels nous n'étions pas plus grands que des sauterelles.* Quoique ceci ait l'air d'une

exagération, assez ordinaire dans le style oriental, cela prouve néanmoins que ces géants étaient très-grands.

Dans le Deutéronome (chapitre 21, verset 20), il est parlé d'un homme très-grand de la race d'Arapha, qui avait six doigts aux pieds et aux mains. Et l'on voit par le verset 18, que cette race d'Arapha était de genre *gigantum*.

On trouve encore dans le Deutéronome plusieurs passages qui prouvent l'existence des géants et leur destruction : *Un peuple nombreux, est-il dit, et d'une grande hauteur, comme ceux d'Énacim, que le Seigneur a détruits* (chapitre 2, verset 21). Et il est dit (versets 19 et 20) : *Le pays d'Ammon est réputé pour un pays de géants, dans lequel ont autrefois habité les géants que les Ammonites appellent Zomzommim.*

Dans Josué (chapitre 11, verset 22), il est dit : *Les seuls géants de la race d'Énacim qui soient restés parmi les enfants d'Israël étaient dans les villes de Gaza, de Geih et d'Azots ; tous les autres géants de cette race ont été détruits.*

Philon, saint Cyrille et plusieurs autres auteurs, semblent croire que le mot de géants n'indique que des hommes superbes et impies, et non pas des hommes d'une grandeur de corps extraordinaire ; mais ce sentiment ne peut pas se soutenir, puisque souvent il est question de la hauteur et de la force de corps de ces mêmes hommes.

Dans le prophète Amos, il est dit que le peuple d'Amores était si haut, qu'on les a comparés aux cédres, sans donner d'autres mesures à leur grande hauteur.

Og, roi de Bazan, avait la hauteur de neuf coudées, et *Goliath*, de dix coudées et une palme. Le lit d'*Og* avait neuf coudées de longueur, c'est-à-dire treize pieds et demi, et de largeur quatre coudées, qui font six pieds.

Le corselet de *Goliath* pesait 208 livres 4 onces, et le fer de sa lance pesait 25 livres.

Ces témoignages me paraissent suffisants pour qu'on puisse croire avec quelque fondement, qu'il a autrefois existé dans le continent de l'Asie, non-seulement des individus, mais des races de géants, qui ont été détruites, et dont les derniers subsistaient encore du temps de David : et quelquefois la nature, qui ne perd jamais ses droits, semble remonter à ce même point de force de production et de développement ; car, dans presque tous les climats de la terre, il pa-

rait de temps en temps des hommes d'une grandeur extraordinaire, c'est-à-dire de sept pieds et demi, huit et même neuf pieds : car, indépendamment des géants bien avérés, et dont nous avons fait mention, nous pourrions citer un nombre infini d'autres exemples, rapportés par les auteurs anciens et modernes, des géants de dix, douze, quinze, dix-huit pieds de hauteur, et même encore au-delà; mais je suis bien persuadé qu'il faut beaucoup rabattre de ces dernières mesures : on a souvent pris des os d'éléphants pour des os humains; et d'ailleurs, la nature, telle qu'elle nous est connue, ne nous offre dans aucune espèce des disproportions aussi grandes, excepté peut-être dans l'espèce de l'hippopotame, dont les dents trouvées dans le sein de la terre, sont au moins quatre fois plus grosses que les dents des hippopotames actuels.

Les os du prétendu roi *Theutobochus*, trouvés en Dauphiné, ont fait le sujet d'une dispute entre *Habicot*, chirurgien de Paris, et *Riolan*, docteur en médecine, célèbre anatomiste. *Habicot* a écrit dans un petit ouvrage qui a pour titre : *Gigantostéologie* (1), que ces os étaient dans un sépulchre de brique, à dix-huit pieds en terre, entouré de sablon : il ne donne ni la description exacte, ni les dimensions, ni le nombre de ces os; il prétend que ces os étaient vraiment des os humains, d'autant, dit-il, qu'aucun animal n'en possède de tels. Il ajoute que ce sont des maçons qui, travaillant chez le seigneur de Langon, gentilhomme du Dauphiné, trouvèrent le 11 janvier 1613, ce tombeau, proche les masures du château de Chaumont; que ce tombeau était de brique; qu'il avait 30 pieds de longueur, 12 de largeur et 8 de profondeur, en comptant le chapiteau, au milieu duquel était une pierre grise, sur laquelle était gravé : *Theutobochus Rex*; que ce tombeau ayant été ouvert, on vit un squelette humain de 25 pieds et demi de longueur, 10 de largeur à l'endroit des épaules, et 5 d'épaisseur; qu'avant de toucher ces os on mesura la tête, qui avait 5 pieds de longueur et 10 en rondeur. (*Je dois observer que la proportion de la longueur de la tête humaine avec celle du corps, n'est pas d'un cinquième, mais d'un septième et demi; en sorte que cette tête de 5 pieds supposerait un corps humain de 37 1/2 pieds de hauteur.*) Enfin, il dit que la mâ-

choire inférieure avait 6 pieds de tour, les orbites des yeux 7 pouces de tour, chaque clavicule 4 pieds de long, et que la plupart de ces ossements se mirent en poudre après avoir été frappés de l'air.

Le docteur *Riolan* publia, la même année 1613, un écrit sous le nom de *Gigantomachie*, dans lequel il dit que le chirurgien *Habicot* a donné, dans sa *Gigantostéologie*, des mesures fausses de la grandeur du corps et des os du prétendu géant *Theutobochus*; que lui *Riolan* a mesuré l'os de la cuisse, celui de la jambe, avec l'astragale joint au calcaneum, et qu'il ne leur a trouvé que 6 1/2 pieds, y compris l'os pubis; ce qui ne ferait que 13 pieds au lieu de 25 pour la hauteur du géant.

Il donne ensuite les raisons qui lui font douter que ces os soient des os humains; et il conclut en disant que ces os, présentés par *Habicot* ne sont pas des os humains, mais des os d'éléphant.

Un an ou deux après la publication de la *Gigantostéologie* d'*Habicot*, et la *Gigantomachie* de *Riolan*, il parut une brochure sous le titre de *l'Imposture découverte des os humains supposés, et faussement attribués au roi Theutobochus*, dans laquelle on ne trouve autre chose, sinon que ces os ne sont pas des os humains, mais des os fossiles engendrés par la vertu de la terre : et encore un autre livret, sans nom d'auteur, dans lequel il est dit, qu'à la vérité il y a parmi ces os des os humains, mais qu'il y en avait d'autres qui n'étaient pas humains.

Ensuite, en 1618, *Riolan* publia un écrit sous le nom de *Gigantologie*, où il prétend non-seulement que les os en question ne sont pas des os humains, mais encore que les hommes en général n'ont jamais été plus grands qu'ils le sont aujourd'hui.

Habicot répondit à *Riolan* dans la même année 1618; et il dit qu'il a offert au roi Louis XIII sa *Gigantostéologie*; et qu'en 1613, sur la fin de juillet, on exposa aux yeux du public les os énoncés dans cet ouvrage, et que ce sont vraiment des os humains : il cite un grand nombre d'exemples, tirés des auteurs anciens et modernes, pour prouver qu'il y a eu des hommes d'une grandeur excessive : il persiste à dire que les os calcaneum, tibia et fémur du géant *Theutobochus* étant joints les uns avec les autres, portaient plus de 11 pieds de hauteur.

Il donne ensuite les lettres qui lui ont été écrites dans le temps de la découverte de ces

(1) Paris, 1613, in-12.

os, et qui semblent confirmer la réalité du fait du tombeau et des os du géant Theutobochus. Il paraît, par la lettre du seigneur de Langon, datée de Saint-Marcelin en Dauphiné, et par une autre du sieur Masurier, chirurgien à Beaurepaire, qu'on avait trouvé des monnaies d'argent avec les os. La première lettre est conçue dans les termes suivants : « Comme Sa Majesté désire d'avoir le » reste des os du roi Theutobochus, avec la » monnaie d'argent qui s'y est trouvée, je » puis vous dire d'avance que vos parties » adverses sont très-mal fondées, et que s'ils » avaient leur métier, ils ne douteraient » pas que ces os ne soient véritablement des » os humains. Les docteurs en médecine de » Montpellier se sont transportés ici, et au- » raient bien voulu avoir ces os pour de l'ar- » gent. M. le maréchal de Lesdiguières les a » fait porter à Grenoble pour les voir, et les » médecins et chirurgiens de Grenoble les » ont reconnus pour os humains; en sorte » qu'il n'y a que des ignorants qui puissent » nier cette vérité, etc. *Signé LANGON.* »

Au reste, dans cette dispute, Riolan et Habicot, l'un médecin et l'autre chirurgien, se sont dit plus d'injures qu'ils n'ont écrit de faits et de raisons. Ni l'un ni l'autre n'ont eu assez de sens pour décrire exactement les os dont il est question; mais tous les deux, emportés par l'esprit de corps et de parti, ont écrit de manière à ôter toute confiance. Il est donc très-difficile de prononcer affirmativement sur l'espèce de ces os : mais s'ils ont été en effet trouvés dans un tombeau de brique, avec un couvercle de pierre, sur lequel était l'inscription *Theutobochus Rex*; s'il s'est trouvé des monnaies dans ce tombeau; s'il ne contenait qu'un seul cadavre de 24 ou 25 pieds de longueur; si la lettre du seigneur de Langon contient vérité, on ne pourrait guère douter du fait essentiel, c'est-à-dire de l'existence d'un géant de 24 pieds de hauteur, à moins de supposer un concours fort extraordinaire de circonstances mensongères; mais aussi le fait n'est pas prouvé d'une manière assez positive, pour qu'on ne doive pas en douter beaucoup. Il est vrai que plusieurs auteurs, d'auteurs dignes de foi, ont parlé de géants aussi grands et encore plus grands. Pline (1) rapporte que, par un tremblement de terre en Crète, une montagne s'étant entr'ouverte, on y trouva un corps de 16 coudées, que les uns

ont dit être le corps d'*Otus*, et d'autres celui d'*Orion*. Les 16 coudées donnent 24 pieds de longueur, c'est-à-dire la même que celle du roi Theutobochus.

On trouve dans un Mémoire de M. le Cat, académicien de Rouen, une énumération de plusieurs géants d'une grandeur excessive, savoir : deux géants dont les squelettes furent trouvés par des Athéniens près de leur ville, l'un de 36 et l'autre de 34 pieds de hauteur; un autre de 30 pieds, trouvé en Sicile, près de Palerme, en 1548; un autre de 33 pieds, trouvé de même en Sicile en 1550; encore un autre, trouvé de même en Sicile, près de Mazarino, qui avait 30 pieds de hauteur.

Malgré tous ces témoignages, je crois qu'on aura bien de la peine à se persuader qu'il ait jamais existé des hommes de 30 ou 36 pieds de hauteur; ce serait déjà bien trop que de ne pas se refuser à croire qu'il y en a eu de 24 : cependant, les témoignages se multiplient, deviennent plus positifs, et vont, pour ainsi dire, par nuances d'accroissement à mesure que l'on descend. M. le Cat rapporte qu'on trouva en 1705, près les bords de la rivière de Morderi, au pied de la montagne de Crussol, le squelette d'un géant de 22 $\frac{1}{2}$ pieds de hauteur, et que les dominicains de Valence ont une partie de sa jambe avec l'articulation du genou.

Platerus, médecin célèbre, atteste qu'il a vu à Lucerne le squelette d'un homme de 19 pieds au moins de hauteur.

Le géant Ferragus, tué par Rolland, neveu de Charlemagne, avait 18 pieds de hauteur.

Dans les cavernes sépulcrales de l'île de Ténériffe, on a trouvé le squelette d'un gnanche qui avait 15 pieds de hauteur, et dont la tête avait quatre-vingts dents. Ces trois faits sont rapportés, comme les précédents, dans le Mémoire de M. le Cat sur les géants. Il cite encore un squelette trouvé dans un fossé près du couvent des dominicains de Rouen, dont le crâne tenait un boisseau de blé, et dont l'os de la jambe avait environ 4 pieds de longueur, ce qui donne pour la hauteur du corps entier 17 à 18 pieds. Sur la tombe de ce géant était une inscription gravée, où on lisait : *Ci-git noble et puissant Seigneur le Chevalier Ricon de Valmont, et ses os.*

On trouve dans le *Journal littéraire* de l'abbé Nazari, que, dans la Haute-Calabre, au mois de juin 1665, on déterra, dans les

(1) Livre 7, chapitre 16.

jardins du seigneur de Tiviolo, un squelette de 18 pieds romains de longueur; que la tête avait $2\frac{1}{2}$ pieds; que chaque dent molaire pesait environ une once et un tiers, et les autres dents trois quarts d'once; et que ce squelette était couché sur une masse de bitume.

Hector Boëtius, dans son *Histoire de l'Écosse*, livre 7, rapporte que l'on conserve encore quelques os d'un homme, nommé, par contre-vérité, le *Petit Jean*, qu'on croit avoir eu 14 pieds de hauteur (c'est-à-dire 13 pieds 2 pouces 6 lignes de France).

On trouve dans le *Journal des Savants*, année 1692, une lettre du P. Gentil, prêtre de l'Oratoire, professeur de philosophie à Angers, où il dit qu'ayant eu avis de la découverte qui s'était faite d'un cadavre gigantesque dans le bourg de Lassé, à neuf lieues de cette ville, il fut lui-même sur les lieux pour s'informer du fait. Il apprit que le curé du lieu ayant fait creuser son jardin, on avait trouvé un sépulcre qui renfermait un corps de 17 pieds 2 pouces de long, qui n'avait plus de peau. Ce cadavre avait d'autres corps entre ses bras et ses jambes, qui pouvaient être ses enfants. On trouva dans le même lieu quatorze ou quinze autres sépulcres, les uns de 10 pieds, les autres de 12, et d'autres même de 14 pieds, qui renfermaient des corps de même longueur. Le sépulcre de ce géant resta exposé à l'air pendant plus d'un an; mais comme cela attirait trop de visites au curé, il l'a fait recouvrir de terre et planter trois arbres sur la place. Ces sépulcres sont d'une pierre semblable à la craie.

Thomas Molineux a vu, aux Écoles de Médecine de Leyde, un os frontal humain prodigieux; sa hauteur, prise depuis sa jonction aux os du nez jusqu'à la suture sagittale, était de $9\frac{1}{14}$ pouces, sa largeur de $12\frac{2}{10}$ pouces, son épaisseur d'un demi-pouce, c'est-à-dire que chacune de ces dimensions était double de la dimension correspondante à l'os frontal, tel qu'il est dans les hommes de taille ordinaire; en sorte que l'homme à qui cet os gigantesque a appartenu était probablement une fois plus grand que les hommes ordinaires, c'est-à-dire qu'il avait 11 pieds de haut. Cet os était très-certainement un os frontal humain, et il ne paraît pas qu'il eût acquis ce volume par un vice morbifique; car son épaisseur était propor-

tionnée à ses autres dimensions, ce qui n'a pas lieu dans les os vicés (1).

Dans le cabinet de M. Witreu à Amsterdam, M. Klein dit avoir vu un os frontal, d'après lequel il lui parut que l'homme auquel il avait appartenu, avait 13 pieds 4 pouces de hauteur, c'est-à-dire environ $12\frac{1}{2}$ pieds de France (2).

D'après tous les faits que je viens d'exposer, et ceux que j'ai discutés ci-devant au sujet des Patagons, je laisse à mes lecteurs le même embarras où je suis, pour pouvoir prononcer sur l'existence réelle de ces géants de 24 pieds: je ne puis me persuader qu'en aucun temps et par aucun moyen, aucune circonstance, le corps humain ait pu s'élever à des dimensions aussi démesurées; mais je crois en même temps qu'on ne peut guère douter qu'il n'y ait eu des géants de 10, 12 et peut-être de 15 pieds de hauteur, et qu'il est presque certain que dans les premiers âges de la nature vivante, il a existé non-seulement des individus gigantesques en grand nombre, mais même quelques races constantes et successives de géants, dont celle des Patagons est la seule qui se soit conservée.

Page 17, col. 2, ligne 52. *On trouve au-dessus des Alpes une étendue immense et presque continue de vallées, de plaines et de montagnes de glaces, etc.* Voici ce que M. Grouner et quelques autres bons observateurs et témoins oculaires rapportent à ce sujet.

Dans les plus hautes régions des Alpes, les eaux provenant annuellement de la fonte des neiges se gèlent dans tous les aspects et à tous les points de ces montagnes, depuis leurs bases jusqu'à leurs sommets, surtout dans les vallons et sur le penchant de celles qui sont groupées; en sorte que les eaux ont dans ces vallées formé des montagnes qui ont des roches pour noyau, et d'autres montagnes qui sont entièrement de glace, lesquelles ont six, sept à huit lieues d'étendue en longueur, sur une lieue de largeur, et souvent mille à douze cents toises de hauteur: elles rejoignent les autres montagnes par leur sommet. Ces énormes amas de glace gagnent de l'étendue en se prolongeant dans les vallées; en sorte qu'il est démontré que toutes les glaciers s'accroissent succes-

(1) Transactions philosophiques, n° 168, art 2.

(2) *Idem*, n° 456, art. 3.

sivement, quoique, dans les années chaudes et pluvieuses, non-seulement leur progression soit arrêtée, mais même leur masse immense diminuée.....

La hauteur de la congélation fixée à 2440 toises sous l'équateur, pour les hautes montagnes isolées, n'est point une règle pour les groupes de montagnes gelées depuis leur base jusqu'à leur sommet; elles ne dégèlent jamais. Dans les Alpes, la hauteur du degré de congélation pour les montagnes isolées est fixée à 1500 toises d'élévation, et toute la partie au-dessous de cette hauteur se dégèle entièrement; tandis que celles qui sont entassées gèlent à une moindre hauteur, et ne dégèlent jamais dans aucun point de leur élévation depuis leur base, tant le degré de froid est augmenté par les masses de matières congelées réunies dans un même espace....

Toutes les montagnes glaciales de la Suisse, réunies, occupent une étendue de 66 lieues du levant au couchant, mesurées en ligne droite, depuis les bornes occidentales du canton de Vallis vers la Savoie, jusqu'aux bornes orientales du canton de Bendner vers le Tyrol; ce qui forme une chaîne interrompue, dont plusieurs bras s'étendent du midi au nord sur une longueur d'environ 36 lieues. Le grand Gothard, le Fourk et le Grimsel, sont les montagnes les plus élevées de cette partie; elles occupent le centre de ces chaînes qui divisent la Suisse en deux parties: elles sont toujours couvertes de neige et de glace, ce qui leur a fait donner le nom générique de *Glacières*.

L'on divise les glaciers en montagnes glacées, vallons de glace, champs de glace ou mers glaciales, et en gletschers ou amas de glaçons.

Les montagnes glacées sont ces grosses masses de rochers qui s'élèvent jusqu'aux nues, et qui sont toujours couvertes de neige et de glace.

Les vallons de glace sont des enfoncements qui sont beaucoup plus élevés entre les montagnes que les vallons inférieurs; ils sont toujours remplis de neige, qui s'y accumule et forme des monceaux de glace qui ont plusieurs lieues d'étendue, et qui rejoignent les hautes montagnes.

Les champs de glace ou mers glaciales, sont des terrains en pente douce, qui sont dans le circuit des montagnes; ils ne peuvent être appelés vallons, parce qu'ils n'ont pas

assez de profondeur: ils sont couverts d'une neige épaisse. Ces champs reçoivent l'eau de la fonte des neiges qui descendent des montagnes et qui regèlent: la surface de ces glaces fond et gèle alternativement, et tous ces endroits sont couverts de couches épaisses de neige et de glace.

Les gletschers sont des amas de glaçons formés par les glaces et les neiges qui sont précipitées des montagnes: ces neiges se regèlent et s'entassent en différentes manières; ce qui fait qu'on divise les gletschers en monts, en revêtements et en murs de glace.

Les monts de glace s'élèvent entre les sommets des hautes montagnes: ils ont eux-mêmes la forme de montagnes; mais il n'y a point de rochers dans leur structure: ils sont composés entièrement de pure glace, qui a quelquefois plusieurs lieues en longueur, une lieue de largeur et une demi-lieue d'épaisseur.

Les revêtements de glaçons sont formés dans les vallées supérieures et sur les côtés des montagnes qui sont recouvertes comme des draperies de glaces taillées en pointes; elles versent leurs eaux superflues dans les vallées inférieures.

Les murs de glace sont des revêtements escarpés qui terminent les vallées de glace qui ont une forme aplatie, et qui paraissent de loin comme des mers agitées, dont les flots ont été saisis et glacés dans le moment de leur agitation. Ces murs ne sont point hérissés de pointes de glace; souvent ils forment des colonnes, des pyramides et des tours énormes par leur hauteur et leur grosseur, taillées à plusieurs faces, quelquefois hexagones, et de couleur bleue ou vert-céladon.

Il se forme aussi sur les côtés et au pied des montagnes des amas de neige, qui sont ensuite arrosés par l'eau des neiges fondues et recouvertes de nouvelles neiges. L'on voit aussi des glaçons qui s'accumulent en tas, qui ne tiennent ni aux vallons ni aux monts de glace; leur position est ou horizontale ou inclinée: tous ces amas détachés se nomment *lits* ou *couches de glaces*....

La chaleur intérieure de la terre mine plusieurs de ces montagnes de glace pardessous, et y entretient des courants d'eau qui fondent leurs surfaces inférieures; alors les masses s'affaissent insensiblement par leur propre poids, et leur hauteur est réparée par les eaux, les neiges et les glaces qui

viennent successivement les recouvrir : ces affaissements occasionent souvent des craquements horribles ; les crevasses qui s'ouvrent dans l'épaisseur des glaces, forment des précipices aussi fâcheux qu'ils sont multipliés. Ces abîmes sont d'autant plus perfides et funestes, qu'ils sont ordinairement recouverts de neige : les voyageurs, les curieux et les chasseurs, qui courent les daims, les chamois, les bouquetins, ou qui font la recherche des mines de cristal, sont souvent engloutis dans les gouffres, et rejetés sur la surface par les flots qui s'élèvent du fond de ces abîmes.

Les pluies douces fondent promptement les neiges ; mais toutes les eaux qui en proviennent ne se précipitent pas dans les abîmes inférieurs par les crevasses ; une grande partie se regèle, et tombant sur la surface des glaces, en augmente le volume.

Les vents chauds du midi, qui règnent ordinairement dans le mois de mai, sont les agents les plus puissants qui détruisent les neiges et les glaces ; alors leur fonte annoncée par le bruissement des lacs glacés, et par le fracas épouvantable du choc des pierres et des glaces qui se précipitent confusément du haut des montagnes, porte de toutes parts dans les vallées inférieures les eaux des torrents, qui tombent du haut des rochers de plus de 1200 pieds de hauteur.

Le soleil n'a que peu de prise sur les neiges et sur les glaces, pour en opérer la fonte. L'expérience a prouvé que ces glaces formées pendant un laps de temps très-long, sous des fardeaux énormes, dans un degré de froid si multiplié et d'eau si pure, que ces glaces, dis-je, étaient d'une matière si dense et si purgée d'air, que de petits glaçons exposés au soleil le plus ardent dans la plaine pendant un jour entier s'y fondaient à peine.

Quoique la masse de ces glacières fonde en partie tous les ans dans les trois mois de l'été ; que les pluies, les vents et la chaleur, plus actifs dans certaines années, détruisent les progrès que les glaces ont faits pendant plusieurs autres années, cependant il est prouvé que ces glacières prennent un accroissement constant, et qu'elles s'étendent : les annales du pays le prouvent ; des actes authentiques le démontrent, et la tradition est invariable sur ce sujet. Indépendamment de ces autorités et des observations journalières, cette progression des glacières est prouvée par des forêts de mélèzes qui ont été

absorbées par les glaces, et dont la cime de quelques-uns des arbres surpasse encore la surface des glacières ; ce sont des témoins irrécusables qui attestent le progrès des glacières, ainsi que le haut des clochers d'un village qui a été englouti sous les neiges, et que l'on aperçoit lorsqu'il se fait des fontes extraordinaires. Cette progression des glacières ne peut avoir d'autre cause que l'augmentation de l'intensité du froid, qui s'accroît dans les montagnes glacées en raison des masses de glace ; et il est prouvé que, dans les glacières de Suisse, le froid est aujourd'hui plus vif, mais moins long que dans l'Islande, dont les glacières, ainsi que celles de Norwége, ont beaucoup de rapports avec celles de la Suisse.

Le massif des montagnes glacées de la Suisse est composé comme celui de toutes les hautes montagnes : le noyau est une roche vitreuse qui s'étend jusqu'à leur sommet ; la partie au-dessous, à commencer du point où elles ont été couvertes des eaux de la mer, est composée en revêtement de pierre calcaire, ainsi que tout le massif des montagnes d'un ordre inférieur, qui sont groupées sur la base des montagnes primitives de ces glacières ; enfin ces masses calcaires ont pour base des schistes produits par le dépôt du limon des eaux.

Les masses vitreuses sont des rocs vifs, des granites, des quartz ; leurs fentes sont remplies de métaux, de demi-métaux, de substances minérales et de cristaux.

Les masses calcinables sont des pierres à chaux, des marbres de toutes les espèces en couleurs et variétés, des craies, des gypses, des spaths et des albâtres, etc.

Les masses schisteuses sont des ardoises de différentes qualités et couleurs, qui contiennent des plantes et des poissons, et qui sont souvent posées à des hauteurs assez considérables : leur lit n'est pas toujours horizontal ; il est souvent incliné, même sinueux et perpendiculaire en quelques endroits.

L'on ne peut révoquer en doute l'ancien séjour des eaux de la mer sur les montagnes qui forment aujourd'hui ces glacières ; l'immense quantité de coquilles qu'on y trouve l'atteste, ainsi que les ardoises et les autres pierres de ce genre. Les coquilles y sont ou distribuées par familles, ou bien elles sont mêlées les unes avec les autres, et l'on y en trouve à de très-grandes hauteurs.

Il y a lieu de penser que ces montagnes

n'ont pas formé des glaciers continues dans la haute antiquité, pas même depuis que les eaux de la mer les ont abandonnées, quoiqu'il paraisse par leur très-grand éloignement des mers, qui est de près de cent lieues, et par leur excessive hauteur, qu'elles ont été les premières qui sont sorties des eaux sur le continent de l'Europe. Elles ont eu anciennement leurs volcans; il paraît que le dernier qui s'est éteint était celui de la montagne de Myssenberg, dans le canton de Schwitz: ces deux principaux sommets, qui sont très-hauts et isolés, sont terminés coniquement, comme toutes les bouches de volcans, et l'on voit encore le cratère de l'un de ces cônes, qui est creusé à une très-grande profondeur.

M. Bourrit, qui eut le courage de faire un grand nombre de courses dans les glaciers de Savoie, dit « qu'on ne peut douter de l'accroissement de toutes les glaciers des Alpes; que la quantité de neige qui y est tombée pendant les hivers l'a emporté sur la quantité fondue pendant les étés; que non-seulement la même cause subsiste, mais que ces amas de glace déjà formés doivent l'augmenter tous jours plus, puisqu'il en résulte et plus de neige et une moindre fonte.... Ainsi il n'y a pas de doute que les glaciers n'aillent en augmentant, et même dans une progression croissante (1). »

Cet observateur infatigable a fait un grand nombre de courses dans les glaciers, et en parlant de celle du *Glatchers* ou glaciers des *Bossons*, il dit « qu'il paraît s'augmenter tous les jours; que le sol qu'il occupe présentement était, il y a quelques années, un champ cultivé, et que les glaces augmentent encore tous les jours (2). Il rapporte que l'accroissement des glaces paraît démontré non-seulement dans cet endroit, mais dans plusieurs autres; que l'on a encore le souvenir d'une communication qu'il y avait autrefois de *Chamounis* à la *Val-d'Aoste*, et que les glaces l'ont absolument fermée; que les glaces en général doivent s'être accrues en s'étendant d'abord de sommités en sommités, et ensuite de vallées en vallées, et que c'est ainsi que s'est faite la

» communication des glaces du mont Blanc
» avec celles des autres montagnes et glaciers du Vallais et de la Suisse (3). Il paraît, dit-il ailleurs, que tous ces pays de montagnes n'étaient pas anciennement aussi remplis de neiges et de glaces qu'ils le sont aujourd'hui.... L'on ne date que depuis quelques siècles les désastres arrivés par l'accroissement des neiges et des glaces, par leur accumulation dans plusieurs vallées, par la chute de montagnes elles-mêmes et des rochers: ce sont ces accidents presque continuels et cette augmentation annuelle des glaces qui peuvent seuls rendre raison de ce que l'on sait de l'histoire de ce pays touchant le peuple qui l'habitait anciennement (4). »

Page 19, col. 2, ligne 8. *Car, malgré ce qu'en ont dit les Russes, il est très-douteux qu'ils aient doublé la pointe septentrionale de l'Asie.* M. Engel, qui regarde comme impossible le passage au nord-ouest par les baies de Hudson et de Baffin, paraît au contraire persuadé qu'on trouvera un passage plus court et plus sûr par le nord-est; et il ajoute aux raisons assez faibles qu'il en donne, un passage de M. Gmelin, qui, parlant des tentatives faites par les Russes pour trouver ce passage au nord-est, dit que la manière dont on a procédé à ces découvertes fera en son temps le sujet du plus grand étonnement de tout le monde, lorsqu'on en aura la relation authentique; ce qui dépend uniquement, ajoute-t-il, de la haute volonté de l'Impératrice. « Quel sera donc, dit M. Engel, ce sujet d'étonnement, si ce n'est d'apprendre que le passage regardé jusqu'à présent comme impossible, est très-praticable? Voilà le seul fait, ajoute-t-il, qui puisse surprendre ceux qu'on a tâché d'effrayer par des relations publiées à dessein de rebuter les navigateurs (5). »

Je remarque d'abord qu'il faudrait être bien assuré des choses, avant de faire à la nation russe cette imputation: en second lieu, elle me paraît mal fondée, et les paroles de M. Gmelin pourraient bien signifier tout le contraire de l'interprétation que leur donne M. Engel, c'est-à-dire qu'on sera fort étonné lorsque l'on saura qu'il n'existe point de passage praticable au nord-est; et ce qui

(1) Description des glaciers de Savoie, par M. Bourrit; Genève, 1773, pages 111 et 112.

(2) Description des aspects du mont Blanc, par M. Bourrit; Lausanne, 1776, page 8.

(3) *Ibidem*, pag. 13 et 14.

(4) *Ibidem*, pag. 62 et 63.

(5) Histoire générale des Voyages, tome 19 pages 415 et suiv.

me confirme dans cette opinion, indépendamment des raisons générales que j'en ai données, c'est que les Russes eux-mêmes n'ont nouvellement tenté des découvertes qu'en remontant de Kamtschatka, et point du tout en descendant de la pointe de l'Asie. Les capitaines Béring et Tschirikow ont, en 1741, reconnu des parties de côte de l'Amérique jusqu'au 59° degré; et ni l'un ni l'autre ne sont venus par la mer du Nord le long des côtes de l'Asie. Cela prouve assez que le passage n'est pas aussi praticable que le suppose M. Engel, ou, pour mieux dire, cela prouve que les Russes savent qu'il n'est pas praticable; sans quoi ils eussent préféré d'envoyer leurs navigateurs par cette route, plutôt que de les faire partir de Kamtschatka, pour faire la découverte de l'Amérique occidentale.

M. Muller, envoyé avec M. Gmelin par l'Impératrice en Sibérie, est d'un avis bien différent de M. Engel : après avoir comparé toutes les relations, M. Muller conclut par dire qu'il n'y a qu'une très-petite séparation entre l'Asie et l'Amérique, et que ce détroit offre une ou plusieurs îles qui servent de route ou de stations communes aux habitants des deux continents. Je crois cette opinion bien fondée, et M. Muller rassemble un grand nombre de faits pour l'appuyer. Dans les demeures souterraines aux habitants de l'île Karaga, on voit des poutres faites de grands arbres de sapin, que cette île ne produit point, non plus que les terres de Kamtschatka, dont elle est très-voisine : les habitants disent que ce bois leur vient par un vent d'est qui l'amène sur leurs côtes : celles du Kamtschatka reçoivent du même côté des glaces que la mer orientale y pousse en hiver, deux à trois jours de suite. On y voit en certains temps des vols d'oiseaux, qui, après un séjour de quelques mois, retournent à l'est, d'où ils étaient arrivés. Le continent opposé à celui de l'Asie vers le nord, descend donc jusqu'à la latitude du Kamtschatka : ce continent doit être celui de l'Amérique occidentale. M. Muller (1), après avoir donné le précis de cinq ou six voyages tentés par la mer du Nord pour doubler la pointe septentrionale de l'Asie, finit par dire que tout annonce l'impossibilité de cette navigation, et il le prouve par les raisons suivantes. Cette navigation devrait se

faire dans un été; or, l'intervalle depuis Archangel à l'Oby, et de ce fleuve au Jénisca, demande une belle saison tout entière. Le passage du Waigats a coûté des peines infinies aux Anglais et aux Hollandais : au sortir de ce détroit glacial, on rencontre des îles qui ferment le chemin; ensuite le continent, qui forme un cap entre les fleuves *Piasida et Chatanga*, s'avancant au-delà du 76° degré de latitude, est de même bordé d'une chaîne d'îles, qui laissent difficilement un passage à la navigation. Si l'on veut s'éloigner des côtes et gagner la haute mer vers le pôle, les montagnes de glace presque immobiles qu'on trouve au Groenland et au Spitzberg, n'annoncent-elles pas une continuité de glaces jusqu'au pôle? Si l'on veut longer les côtes, cette navigation est moins aisée qu'elle ne l'était il y a cent ans; l'eau de l'Océan y a diminué sensiblement. On voit encore loin des bords que baigne la mer Glaciale, les bois qu'elle a jetés sur des terres qui jadis lui servaient de rivage; ces bords y sont si peu profonds, qu'on ne pourrait y employer que des bateaux très-plats, qui, trop faibles pour résister aux glaces, ne sauraient fournir une longue navigation, ni se charger des provisions qu'elle exige. Quoique les Russes aient des ressources et des moyens que n'ont pas la plupart des autres nations européennes pour fréquenter ces mers froides, on voit que les voyages tentés sur la mer Glaciale n'ont pas encore ouvert une route de l'Europe et de l'Asie à l'Amérique; et ce n'est qu'en partant de Kamtschatka, ou d'un autre point de l'Asie la plus orientale, qu'on a découvert quelques côtes de l'Amérique occidentale.

Le capitaine Béring partit du port d'Awatscha en Kamtschatka le 4 juin 1741. Après avoir couru au sud-est et remonté au nord-est, il aperçut, le 18 du mois suivant, le continent de l'Amérique à 58° 28' de latitude; deux jours après, il mouilla près d'une île enfoncée dans une baie : de là, voyant deux caps, il appela l'un à l'orient Saint-Élie, et l'autre au couchant Saint-Hermogène; ensuite il dépêcha *Chitrou*, l'un de ses officiers, pour reconnaître et visiter le golfe où il venait d'entrer. On le trouva coupé ou parsemé d'îles : une, entre autres, offrit des cabanes désertes; elles étaient de planches bien unies et même échancrées. On conjectura que cette île pouvait avoir été habitée par quelques peuples du continent de l'Amérique. M. Steller, envoyé pour faire des

(1) Histoire générale des Voyages, tome 18, page 484.

observations sur ces terres nouvellement découvertes, trouva une cave où l'on avait mis une provision de saumon fumé, et laissé des cordes, des meubles et des ustensiles à plus loin il vit fuir des Américains à son aspect. Bientôt on aperçut du feu sur une colline assez éloignée: les Sauvages sans doute s'y étaient retirés; un rocher escarpé y couvrait leur retraite (1).

D'après l'exposé de ces faits, il est aisé de juger que ce ne sera jamais qu'en partant de Kamtschatka, que les Russes pourront faire le commerce de la Chine et du Japon, et qu'il leur est aussi difficile, pour ne pas dire impossible, qu'aux autres nations de l'Europe, de passer par les mers du nord-est, dont la plus grande partie est entièrement glacée: je ne crains donc pas de répéter que le seul passage possible est par le nord-ouest, au fond de la baie de Hudson, et que c'est l'endroit auquel les navigateurs doivent s'attacher pour trouver ce passage si désiré et si évidemment utile.

Comme j'avais déjà livré à l'impression toutes les feuilles précédentes de ce volume, j'ai reçu de la part de M. le comte Schouvaloff, ce grand homme d'État, que toute l'Europe estime et respecte, j'ai reçu, dis-je, en date du 27 octobre 1777, un excellent Mémoire composé par M. de Domascheneff, président de la Société impériale de Pétersbourg, et auquel l'Impératrice a confié, à juste titre, le département de tout ce qui a rapport aux sciences et aux arts. Cet illustre savant m'a en même temps envoyé une copie faite à la main de la carte du pilote *Otcheredin*, dans laquelle sont représentées les routes et les découvertes qu'il a faites en 1770 et 1773, entre le Kamtschatka et le continent de l'Amérique; M. de Domascheneff observe dans son Mémoire, que cette carte du pilote *Otcheredin* est la plus exacte de toutes, et que celle qui a été donnée en 1773 par l'Académie de Pétersbourg, doit être réformée en plusieurs points, et notamment sur la position des îles et le prétendu archipel qu'on y a représenté entre les îles Aleutes ou Aleoutes et celles d'Anadir, autrement appelées îles d'Andrien. La carte du pilote *Otcheredin* semble démontrer en effet que ces deux groupes des îles Aleutes et des îles Andrien sont séparés par une mer libre de plus de cent lieues d'étendue. M. de Do-

mascheneff assure que a grande carte générale de l'empire de Russie, qu'on vient de publier cette année 1777, représente exactement les côtes de toute l'extrémité septentrionale de l'Asie habitée par les Tschutschis: il dit que cette carte a été dressée d'après les connaissances les plus récentes, acquises par la dernière expédition du major Pawluzki contre ce peuple. « Cette côte, dit » M. de Domascheneff, termine la grande » chaîne de montagnes, laquelle sépare » toute la Sibérie de l'Asie méridionale, et » finit en se partageant entre la chaîne qui » parcourt le Kamtschatka et celles qui rem- » plissent toutes les terres entre les fleuves » qui coulent à l'est du Lena. Les îles re- » connues entre les côtes du Kamtschatka » et celles de l'Amérique sont montagneu- » ses, ainsi que les côtes de Kamtschaika » et celles du continent de l'Amérique: il y » a donc une continuation bien marquée » entre les chaînes de montagnes de ces » deux continents, dont les interruptions, » jadis peut-être moins considérables, peu- » vent être élargies par le dépérissement de » la roche, par les courants continuels qui » entrent de la mer Glaciale vers la grande » mer du Sud, et par les catastrophes du » globe. »

Mais cette chaîne sous-marine, qui joint les terres du Kamtschatka avec celles de l'Amérique, est plus méridionale de sept ou huit degrés que celle des îles Anadir ou Andrien, qui de temps immémorial ont servi de passage aux Tschutschis pour aller en Amérique.

M. de Domascheneff dit qu'il est certain que cette traversée de la pointe de l'Asie au continent de l'Amérique se fait à la rame, et que ces peuples y vont trafiquer des ferailles russes avec les Américains; que les îles qui sont sur ce passage sont si fréquentes, qu'on peut coucher toutes les nuits à terre, et que le continent de l'Amérique où les Tschutschis commercent, est montagneux et couvert de forêts peuplées de renards, de martres et de zibelines, dont ils rapportent des fourrures de qualités et de couleurs toutes différentes de celles de Sibérie. Ces îles septentrionales situées entre les deux continents ne sont guère connues que des Tschutschis: elles forment une chaîne entre la pointe la plus orientale de l'Asie et le continent de l'Amérique, sous le 64° degré; et cette chaîne est séparée par une mer ouverte de la seconde chaîne plus méridionale

(1) Histoire générale des Voyages, tome 19, pages 371 et suiv.

dont nous venons de parler, située sous le 56° degré entre le Kamtschatka et l'Amérique : ce sont les îles de cette seconde chaîne que les Russes et les Habitants de Kamtschatka fréquentent pour la chasse des loutres marines et des renards noirs, dont les fourrures sont très-précieuses. On avait connaissance de ces îles, même des plus orientales dans cette dernière chaîne, avant l'année 1750 : l'une de ces îles porte le nom du commandeur Béring, une autre assez voisine s'appelle l'île Medenoi; ensuite on trouve les quatre îles Aleutes ou Aleoutes, les deux premières situées un peu au-dessus et les dernières un peu au-dessous du 55° degré; ensuite on trouve environ au 56° degré les Atkhou et Amlaigh, qui sont les premières de la chaîne des îles aux Renards, laquelle s'étend vers le nord-est jusqu'au 61° degré de latitude : le nom de ces îles est venu du nombre prodigieux de renards qu'on y a trouvés. Les deux îles du commandeur Béring et de Medenoi étaient inhabitées lorsqu'on en fit la découverte : mais on a trouvé dans les îles Aleutes, quoique plus avancées vers l'orient, plus d'une soixantaine de familles, dont la langue ne se rapporte, ni à celle de Kamtschatka ni à aucune de celles de l'Asie orientale, et n'est qu'un dialecte de la langue que l'on parle dans les autres îles voisines de l'Amérique; ce qui semblerait indiquer qu'elles ont été peuplées par les Américains, et non par les Asiatiques.

Les îles nommées par l'équipage de Béring l'île Saint-Julien, Saint-Théodore, Saint-Abraham, sont les mêmes que celles qu'on appelle aujourd'hui les îles Aleutes; et de même l'île de Chommaghin, de Saint-Dolmat, indiquées par ce navigateur, font partie de celles qu'on appelle îles aux Renards.

« La grande distance, dit M. de Domascheneff, et la mer ouverte et profonde qui se trouve entre les îles Aleutes et les îles aux Renards, joint au gisement différent de ces dernières, peuvent faire présumer que ces îles ne forment pas une chaîne marine continue; mais que les premières, avec celles de Medenoi et de Béring, font une chaîne marine qui vient du Kamtschatka, et que les îles aux Renards en représentent une autre issue de l'Amérique; que l'une et l'autre de ces chaînes vont généralement se perdre dans la profondeur de la grande mer, et sont des pro-

» montoires des deux continents. La suite
 » des îles aux Renards, dont quelques-unes
 » sont d'une grande étendue, est entremêlée
 » d'écueils et de brisants, et se continue sans
 » interruption jusqu'au continent de l'Amérique; mais celles qui sont les plus voisines
 » de ce continent, sont très-peu fréquentées
 » par les barques des chasseurs russes, parce
 » qu'elles sont fort peuplées, et qu'il serait
 » dangereux d'y séjourner. Il y a plusieurs
 » de ces îles voisines de la terre-ferme de
 » l'Amérique qui ne sont pas encore bien
 » reconnues. Quelques navires ont cependant pénétré jusqu'à l'île de Kadjak, qui est très-voisine du continent de l'Amérique; l'on en est assuré tant sur le rapport
 » des insulaires que par d'autres raisons :
 » une de ces raisons est qu'au lieu que toutes
 » les îles plus occidentales ne produisent
 » que des arbrisseaux rabougris et rampants
 » que les vents de pleine mer empêchent de
 » s'élever, l'île de Kadjak au contraire, et
 » les petites îles voisines, produisent des
 » bosquets d'arbres, qui semblent indiquer
 » qu'elles se trouvent moins à découvert, et
 » qu'elles sont garanties au nord et à l'est
 » par un continent voisin. De plus, on y a
 » trouvé des loutres d'eau douce, qui ne se
 » voient point aux autres îles, de même
 » qu'une petite espèce de marmotte, qui
 » paraît être la marmotte du Canada; enfin
 » l'on y a remarqué des traces d'ours et
 » de loups, et les habitants se vêtent de
 » peaux de rennes qui leur viennent du continent de l'Amérique, dont ils sont très-voisins.

» On voit, par la relation d'un voyage
 » poussé jusqu'à l'île de Kadjak, sous la
 » conduite d'un certain Geottof, que les insulaires nomment *Ataktham* le continent de l'Amérique : ils disent que cette grande terre est montagneuse et toute couverte de forêts; ils placent cette grande terre au nord de leur île, et nomment l'embouchure d'un grand fleuve *Alaghschak*, qui s'y trouve... D'autre part, l'on ne saurait douter que Béring, aussi-bien que Tschirikow, n'ait effectivement touché à ce grand continent, puisqu'au cap Élie où sa frégate mouilla, l'on vit des bords de la mer le terrain s'élever en montagne continue et toute revêtue d'épaisses forêts : le terrain y était d'une nature toute différente de celui du Kamtschatka; nombre de plantes américaines y furent recueillies par Steller. »

M. de Domascheneff observe de plus, que toutes les îles aux Renards, ainsi que les îles Aleutes et celle de Béring, sont montagneuses; que leurs côtes sont pour la plupart hérissées de rochers, coupées par des précipices et environnées d'écueils jusqu'à une assez grande distance; que le terrain s'élève depuis les côtes jusqu'au milieu de ces îles en montagnes fort roides, qui forment de petites chaînes dans le sens de la longueur de chaque île: au reste, il y a eu et il y a encore des volcans dans plusieurs de ces îles, et celles où ces volcans sont éteints ont des sources d'eau chaude. On ne trouve point de métaux dans ces îles à volcans, mais seulement des calcédoines et quelques autres pierres colorées de peu de valeur. On n'a d'autre bois dans ces îles que les tiges ou branches d'arbres flottées par la mer, et qui n'y arrivent pas en grande quantité; il s'en trouve plus sur l'île Béring et sur les Aleutes: il paraît que ces bois flottés viennent pour la plupart des plages méridionales; car on y a observé le bois de camphre du Japon.

Les habitants de ces îles sont assez nombreux; mais, comme ils mènent une vie errante, se transportant d'une île à l'autre, il n'est pas possible de fixer leur nombre. On a généralement observé que plus les îles sont grandes, plus elles sont voisines de l'Amérique, et plus elles sont peuplées. Il paraît aussi que tous les insulaires des îles aux Renards sont d'une même nation, à laquelle les habitants des Aleutes et des îles d'Andrien peuvent aussi se rapporter, quoiqu'ils en diffèrent par quelques coutumes. Tout ce peuple a une très-grande ressemblance par les mœurs, la façon de vivre et de se nourrir, avec les Eskimaux et les Groenlandais. Le nom de *Kanaghist*, dont ces insulaires s'appellent dans leur langue, peut-être corrompu par les marins, est encore très-ressemblant à celui de *Karalit*, dont les Eskimaux et leurs frères les Groenlandais se nomment. On n'a trouvé aux habitants de toutes les îles, entre l'Asie et l'Amérique, d'autres outils que des haches de pierre, des cailloux taillés en scalpel, et

des omoplates d'animaux aiguisées pour couper l'herbe; ils ont aussi des dards, qu'ils lancent de la main à l'aide d'une palette, et desquels la pointe est armée d'un caillou pointu et artistement taillé: aujourd'hui ils ont beaucoup de ferrailles volées ou enlevées aux Russes. Ils font des canots et des espèces de pirogues comme les Eskimaux: il y en a d'assez grandes pour contenir vingt personnes; la charpente en est de bois léger, recouvert partout de peaux de phoques et d'autres animaux marins.

Il paraît, par tous ces faits, que de temps immémorial les Tschutschis, qui habitent la pointe la plus orientale de l'Asie, entre le 55^e et le 70^e degré, ont eu commerce avec les Américains, et que ce commerce était d'autant plus facile pour ces peuples accoutumés à la rigueur du froid, que l'on peut faire le voyage, qui n'est peut-être pas de cent lieues, en se reposant tous les jours d'îles en îles, et dans de simples canots conduits à la rame en été, et peut-être sur la glace en hiver. L'Amérique a donc pu être peuplée par l'Asie sous ce parallèle; et tout semble indiquer que, quoiqu'il y ait aujourd'hui des interruptions de mer entre les terres de ces îles, elles ne faisaient autrefois qu'un même continent, par lequel l'Amérique était jointe à l'Asie: cela semble indiquer aussi qu'au-delà de ces îles Anadir ou Andrien, c'est-à-dire entre le 70^e et le 75^e degré, les deux continents sont absolument réunis par un terrain où il ne se trouve plus de mer, mais qui est peut-être entièrement couvert de glace. La reconnaissance de ces plages au-delà du 70^e degré est une entreprise digne de l'attention de la grande souveraine des Russies, et il faudrait la confier à un navigateur aussi courageux que M. Phipps. Je suis bien persuadé qu'on trouverait les deux continents réunis; et s'il en est autrement, et qu'il y ait une mer ouverte au-delà des îles Andrien, il me paraît certain qu'on trouverait les appendices de la grande glacière du pôle à 81 ou 82 degrés, comme M. Phipps les a trouvés à la même hauteur entre le Spitzberg et le Groenland.

NOTES SUR LA SEPTIÈME ÉPOQUE.

Page 21, col. 1, ligne 1. *Le respect pour certaines montagnes sur lesquelles les hommes s'étaient sauvés des inondations;*

l'horreur pour ces autres montagnes qui lançaient des feux terribles, etc. Les montagnes en vénération dans l'orient sont le mont

Carmel, et quelques endroits du Caucase; le mont *Pirpangel* au nord de l'Indoustan; la montagne *Pora* dans la province d'Aracan; celle de *Chaq-pechan* à la source du fleuve Sangari, chez les Tartares-Mancheoux, d'où les Chinois croient qu'est venu *Fo-hi*; le mont *Altay* à l'orient des sources du Selinga en Tartarie; le mont *Pecha* au nord-ouest de la Chine, etc. Celles qui étaient en horreur étaient les montagnes à volcan, parmi lesquelles on peut citer le mont *Ararath*, dont le nom même signifie montagne de malheur, parce qu'en effet cette montagne était un des plus grands volcans de l'Asie, comme cela se reconnaît encore aujourd'hui par sa forme et par les matières qui environnent son sommet, où l'on voit les cratères et les autres signes de ses anciennes éruptions.

Ibid., col. 2, ligne 20. *Comment des hommes aussi nouveaux ont-ils pu trouver la période lunisolaire de six cents ans ?* La période de six cents ans dont Josèphe dit que se servaient les anciens patriarches avant le déluge, est une des plus belles et des plus exactes que l'on ait jamais inventées. Il est de fait que, prenant le mois lunaire de 29 jours 12 heures 44 minutes 3 secondes, on trouve que 219 mille 146 jours $\frac{1}{2}$ font 7 mille 421 mois lunaires; et ce même nombre de 219 mille 146 jours $\frac{1}{2}$ donne 600 années solaires, chacune de 365 jours 5 heures 51 minutes 36 secondes; d'où résulte le mois lunaire à une seconde près, tel que les astronomes modernes l'ont déterminé, et l'année solaire plus juste qu'*Hipparque* et *Ptolémée* ne l'ont donnée plus de deux mille ans après le déluge. Josèphe a cité, comme ses garants, *Manéthon*, *Bérose* et plusieurs autres anciens auteurs, dont les écrits sont perdus il y a long-temps... Quel que soit le fondement sur lequel Josèphe a parlé de cette période, il faut qu'il y ait eu réellement et de temps immémorial une telle période ou grande année, qu'on avait oubliée depuis plusieurs siècles, puisque les astronomes qui sont venus après cet historien, s'en seraient servis préférablement à d'autres hypothèses moins exactes pour la détermination de l'année solaire et du mois lunaire, s'ils l'avaient connue, ou s'en seraient fait honneur s'ils l'avaient imaginée (1).

« Il est constant, dit le savant astronome

» Dominique Cassini, que, dès le premier
 » âge du monde, les hommes avaient déjà
 » fait de grands progrès dans la science du
 » mouvement des astres : on pourrait même
 » avancer qu'ils en avaient beaucoup plus de
 » connaissance que l'on n'en a eu long-temps
 » depuis le déluge, s'il est bien vrai que
 » l'année dont les anciens patriarches se ser-
 » vaient, fût de la grandeur de celles qui
 » composent la grande période de six cents
 » ans, dont il est fait mention dans les anti-
 » quités des Juifs écrites par Josèphe. Nous
 » ne trouvons dans les monuments qui nous
 » restent de toutes les autres nations, au-
 » cun vestige de cette période de six cents
 » ans, qui est une des plus belles que l'on
 » ait encore inventées. »

M. Cassini s'en rapporte, comme on voit, à Josèphe, et Josèphe avait pour garants les historiographes égyptiens, babyloniens, phéniciens et grecs; *Manéthon*, *Bérose*, *Mochus*, *Hestieus*, *Jérôme l'Égyptien*, *Hésiode*, *Hécatée*, etc., dont les écrits pouvaient subsister et subsistaient vraisemblablement de son temps.

Or, cela posé, et quoi qu'on puisse opposer au témoignage de ces auteurs, M. de Mairan dit, avec raison, que l'incompétence des juges ou des témoins ne saurait avoir lieu ici. Le fait dépose par lui-même son authenticité : il suffit qu'une semblable période ait été nommée, il suffit qu'elle ait existé, pour qu'on soit en droit d'en conclure qu'il aura donc aussi existé des siècles d'observations et en grand nombre qui l'ont précédée, que l'oubli dont elle fut suivie est aussi bien ancien; car on doit regarder comme temps d'oubli tout celui où l'on a ignoré la justesse de cette période et où l'on a dédaigné d'en approfondir les éléments, et de s'en servir pour rectifier la théorie des mouvements célestes, et où l'on s'est avisé d'y en substituer de moins exactes. Donc, si *Hipparque*, *Méton*, *Pythagore*, *Thales*, et tous les anciens astronomes de la Grèce, ont ignoré la période de six cents ans, on est fondé à dire qu'elle était oubliée, non-seulement chez les Grecs, mais aussi en Égypte, dans la Phénicie et dans la Chaldée, où les Grecs avaient tous été puiser leur plus grand savoir en astronomie.

Page 22, col. 2, ligne 33. *Les Chinois; les Bramees, non plus que les Chaldéens, les Perses, les Égyptiens et les Grecs, n'ont rien reçu du premier peuple qui avait si fort avancé l'astronomie; et les commencements de la nou-*

(1) Lettre de M. de Mairan au R. P. Parrenin, Paris, 1762, in-12, pages 108 et 109.

velle astronomie sont dus à l'opiniâtre assiduité des observateurs chaldéens, et ensuite aux travaux des Grecs.

Les astronomes et les philosophes grecs avaient puisé en Égypte et aux Indes la plus grande partie de leurs connaissances. Les Grecs étaient donc des gens très-nouveaux en astronomie en comparaison des Indiens, des Chinois, et des Atlantes habitants de l'Afrique occidentale; témoin Uranus et Atlas chez ces derniers peuples, *Fo-hi* à la Chine, Mercure en Égypte, Zoroastre en Perse, etc.

Les Atlantes, chez qui régnait Atlas, paraissent être les plus anciens peuples de l'Afrique, et beaucoup plus anciens que les Égyptiens. La théogonie des Atlantes, rapportée par Diodore de Sicile, s'est probablement introduite en Égypte, en Éthiopie et en Phénicie dans le temps de cette grande éruption dont il est parlé dans le Timée de Platon, d'un peuple innombrable qui sortit de l'île Atlantide, et se jeta sur une grande partie de l'Europe, de l'Asie et de l'Afrique.

Dans l'occident de l'Asie, dans l'Europe, dans l'Afrique, tout est fondé sur les connaissances des Atlantes, tandis que les peuples orientaux, chaldéens, indiens et chinois, n'ont été instruits que plus tard, et ont toujours formé des peuples qui n'ont pas eu relation avec les Atlantes, dont l'irruption est plus ancienne que la première date d'aucun de ces derniers peuples.

Atlas, fils d'Uranus et frère de Saturne, vivait, selon Manéthon et Dicéarque, 3 mille 900 ans environ avant l'ère chrétienne.

Quoique Diogène Laërce, Hérodote, Diodore de Sicile, Pomponius Méla, etc., donnent à l'âge d'Uranus, les uns 48 mille 860 ans, les autres 23 mille ans, etc., cela n'empêche pas qu'en réduisant ces années à la vraie mesure du temps dont on se servait dans différents siècles chez ces peuples, ces mesures ne reviennent au même, c'est-à-dire à 3 mille 890 ans avant l'ère chrétienne.

Le temps du déluge, selon les Septante, a été deux mille 256 ans après la création.

L'astronomie a été cultivée en Égypte plus de 3 mille ans avant l'ère chrétienne; on peut le démontrer par ce que rapporte Ptolémée sur le lever héliaque de Sirius: ce lever de Sirius était très-important chez les Égyptiens, parce qu'il annonçait le débordement du Nil.

Les Chaldéens paraissent plus nouveaux dans la carrière astronomique que les Égyptiens.

Les Égyptiens connaissaient le mouvement du soleil plus de 3 mille ans avant Jésus-Christ, et les Chaldéens plus de 2 mille 473 ans.

Il y avait chez les Phrygiens un temple dédié à Hercule, qui paraît avoir été fondé 2 mille 800 ans avant l'ère chrétienne, et l'on sait qu'Hercule a été dans l'antiquité l'emblème du soleil.

On peut aussi dater les connaissances astronomiques chez les anciens Perses plus de 3 mille 200 ans avant Jésus-Christ.

L'astronomie chez les Indiens est tout aussi ancienne; ils admettent quatre âges, et c'est au commencement du quatrième qu'est liée leur première époque astronomique: cet âge durait en 1762 depuis 4 mille 863 ans, ce qui remonte à l'année 3102 avant Jésus-Christ. Ce dernier âge des Indiens est réellement composé d'années solaires: mais les trois autres, dont le premier est de 1 million 728 mille années, le second de 1 million 296 mille, et le troisième de 864 mille années, sont évidemment composés d'années, ou plutôt de révolutions de temps beaucoup plus courtes que les années solaires.

Il est aussi démontré par les époques astronomiques que les Chinois avaient cultivé l'astronomie plus de 3 mille ans avant Jésus-Christ, et dès le temps de *Fo-hi*.

Il y a donc une espèce de niveau entre ces peuples égyptiens, chaldéens ou perses, indiens, chinois et tartares. Ils ne s'élèvent pas plus les uns que les autres dans l'antiquité, et cette époque remarquable de 3 mille ans d'ancienneté pour l'astronomie est à peu près la même partout (1).

Page 26, col. 1, ligne 52. *Je donnerais aisément plusieurs autres exemples, qui tous concourent à démontrer que l'homme peut modifier les influences du climat qu'il habite.* « Ceux qui résident depuis long-temps » dans la Pensylvanie et dans les colonies » voisines, ont observé, dit M. Hugues Williamson, que leur climat a considérablement changé depuis quarante ou cinquante » ans, et que les hivers ne sont point aussi » froids....

» La température de l'air dans la Pensylvanie est différente de celle des contrées » de l'Europe situées sous le même parallèle. Pour juger de la chaleur d'un pays, » il faut non-seulement avoir égard à sa la-

(1) Hist. de l'ancienne astronomie, par M. Bailly.

» titude, mais encore à sa situation et aux
 » vents qui ont coutume d'y régner, puis-
 » que ceux-ci ne sauraient changer sans que
 » le climat ne change aussi. La face d'un
 » pays peut être entièrement métamorpho-
 » sée par la culture; et l'on se convaincra,
 » en examinant la cause des vents, que leur
 » cours peut pareillement prendre de nou-
 » velles directions....

» Depuis l'établissement de nos colonies,
 » continue M. Williamson, nous sommes
 » parvenus non-seulement à donner plus de
 » chaleur au terrain des cantons habités,
 » mais encore à changer en partie la direc-
 » tion des vents. Les marins, qui sont les
 » plus intéressés à cette affaire, nous ont
 » dit qu'il leur fallait autrefois quatre ou
 » cinq semaines pour aborder sur nos cô-
 » tes, tandis qu'aujourd'hui ils y abordent
 » dans la moitié de temps. On convient en-
 » core que le froid est moins rude, la neige
 » moins abondante et moins continue qu'elle
 » ne l'a jamais été depuis que nous sommes
 » établis dans cette province....

» Il y a plusieurs autres causes qui peu-
 » vent augmenter et diminuer la chaleur de
 » l'air; mais on ne saurait m'alléguer ce-
 » pendant un seul exemple du changement
 » de climat, qu'on ne puisse attribuer au
 » défrichement du pays où il a lieu. On
 » m'objectera celui qui est arrivé depuis
 » 1700 ans dans l'Italie et dans quelques

» contrées de l'orient, comme une excep-
 » tion à cette règle générale. On nous dit
 » que l'Italie était mieux cultivée du temps
 » d'Auguste qu'elle ne l'est aujourd'hui; et
 » que cependant le climat y est beaucoup
 » plus tempéré.... Il est vrai que l'hiver
 » était plus rude en Italie il y a 1700 ans,
 » qu'il ne l'est aujourd'hui....; mais on peut
 » en attribuer la cause aux vastes forêts dont
 » l'Allemagne, qui est au nord de Rome,
 » était couverte dans ce temps-là.... Il s'é-
 » levait de ces déserts incultes des vents du
 » nord perçants, qui se répandaient comme
 » un torrent dans l'Italie, et y causaient
 » un froid excessif.... et l'air était autrefois
 » si froid dans ces régions incultes, qu'il
 » devait détruire la balance dans l'atmo-
 » sphère de l'Italie, ce qui n'est plus de nos
 » jours ...

» On peut donc raisonnablement conclure
 » que dans quelques années d'ici, et lors-
 » que nos descendants auront défriché la
 » partie intérieure de ce pays, ils ne se-
 » ront presque plus sujets à la gelée ni à la
 » neige, et que leurs hivers seront extrême-
 » ment tempérés (1). » Ces vues de M. Wil-
 » liamson sont très justes, et je ne doute
 » pas que notre postérité ne les voie confir-
 » mées par l'expérience.

(1) Journal de physique, par M. l'abbé Rozier, mois de juin 1773.

EXPLICATION DE LA CARTE GÉOGRAPHIQUE.

CETTE carte représente les deux parties polaires du globe depuis le 45^e degré de latitude : on y a marqué les glaces, tant flottantes que fixes, aux points où elles ont été reconnues par les navigateurs.

Dans celle du pôle arctique, on voit les glaces flottantes trouvées par Barentz à 70 degrés de latitude, près du détroit de Waigats, et les glaces immobiles qu'il trouva à 77 et 78 degrés de latitude à l'est de ce détroit, qui est aujourd'hui entièrement obstrué par les glaces. On a aussi indiqué le grand banc de glaces immobiles reconnu par Wood, entre le Spitzberg et la Nouvelle-Zemble, et celui qui se trouve entre le Spitzberg et le Groenland, que les vaisseaux de la pêche de la baleine rencontrent constamment à la hauteur de 77 ou 78 degrés, et qu'ils nomment le *banc de l'ouest*, en le voyant s'étendre sans bornes de ce côté, et vraisemblablement jusqu'aux côtes du *vieux Groenland*, qu'on sait être aujourd'hui perdues dans les glaces. La route du capitaine Phipps est marquée sur cette carte avec la continuité des glaces qui l'ont arrêté au nord et à l'ouest du Spitzberg.

On a aussi tracé sur cette carte les glaces flottantes rencontrées par Ellis dès le 58^e ou 59^e degré, à l'est du cap Farewel; celles que Forbisher trouva dans son détroit, qui est actuellement obstrué, et celles qu'il vit à 62 degrés vers la côte de Labrador; celles que rencontra Baffin dans la baie de son nom par les 72 et 73 degrés, et celles qui se trouvent dans la baie d'Hudson dès le 63^e degré, selon Ellis, et dont le *Welcome* est quelquefois couvert; celles de la baie de *Répulse*, qui en est remplie, selon Middleton. On y voit aussi celles dont presque en tout temps le détroit de Davis est obstrué, et celles qui souvent assiègent celui d'Hudson, quoique plus méridional de 6 ou 7 degrés. L'île *Baëren* ou île aux *Ours*, qui est au dessous du Spitzberg à 74 degrés, se voit ici au milieu des glaces flottantes. L'île de *Jean de Mayen*, située près du vieux Groenland

à 70 $\frac{1}{2}$ degrés, est engagée dans les glaces par ses côtes occidentales.

On a aussi désigné sur cette carte les glaces flottantes le long des côtes de la Sibérie et aux embouchures de toutes les grandes rivières qui arrivent à cette mer Glaciale, depuis l'*Irtis* joint à l'*Oby* jusqu'au fleuve *Kolyma*: ces glaces flottantes incommode la navigation, et dans quelques endroits la rendent impraticable. Le banc de la glace solide du pôle descend déjà à 76 degrés sur le cap *Piasida*, et engage cette pointe de terre qui n'a pu être doublée ni par l'ouest du côté de l'*Oby*, ni par l'est du côté de la *Lena*, dont les bouches sont semées de glaces flottantes; d'autres glaces immobiles au nord-est de l'embouchure de la *Jana* ne laissent aucun passage ni à l'est ni au nord. Les glaces flottantes devant l'*Olenek* et le *Chatanga* descendent jusqu'aux 74^e et 73^e degrés: on les trouve à la même hauteur devant l'Indigirka et vers les embouchures du *Kolyma*, qui paraît être le dernier terme où aient atteint les Russes par ces navigations coupées sans cesse par les glaces. C'est d'après leurs expéditions que ces glaces ont été tracées sur notre carte: il est plus que probable que des glaces permanentes ont engagé le cap Szalaginski, et peut-être aussi la côte nord-est de la terre des Tschutschis; car ces dernières côtes n'ont pas été découvertes par la navigation, mais par des expéditions sur terre, d'après lesquelles on les a figurées: les navigations qu'on prétend s'être faites autrefois autour de ce cap et de la terre des Tschutschis, ont toujours été suspectes, et vraisemblablement impraticables aujourd'hui; sans cela les Russes, dans leurs tentatives pour la découverte des terres de l'Amérique, seraient partis des fleuves de la Sibérie, et n'auraient pas pris la peine de faire par terre la traversée immense de ce vaste pays pour s'embarquer à Kamtschatka, où il est extrêmement difficile de construire des vaisseaux, faute de bois, de fer, et de presque tout ce qui est nécessaire pour l'équipement d'un navire.

Ces glaces qui viennent gagner les côtes du nord de l'Asie ; celles qui ont déjà envahi les parages de la Zemble, du Spitzberg et du vieux Groenland ; celles qui couvrent en partie les baies de Baffin, d'Hudson et leurs détroits, ne sont que comme les bords ou les appendices de la glacière de ce pôle, qui en occupe toutes les régions adjacentes jusqu'au 30 ou 81° degré, comme nous l'avons représenté en jetant une ombre sur cette portion de la terre à jamais perdue pour nous.

La carte du pôle antarctique présente la reconnaissance des glaces faite par plusieurs navigateurs, et particulièrement par le célèbre capitaine Cook dans ses deux voyages, le premier en 1769 et 1770, et le second en 1773, 1774 et 1775. La relation de ce second voyage n'a été publiée en français que cette année 1778, et je n'en ai eu connaissance qu'au mois de juin, après l'impression de ce volume entièrement achevée : mais j'ai vu avec la plus grande satisfaction mes conjectures confirmées par les faits. On vient de lire dans plusieurs endroits de ce même volume les raisons que j'ai données du froid plus grand dans les régions australes que dans les boréales ; j'ai dit et répété que la portion de sphère depuis le pôle arctique jusqu'à 9 degrés de distance n'est qu'une région glacée, une calotte de glace solide et continue, et que, selon toutes les analogies, la portion glacée de même dans les régions australes est bien plus considérable, et s'étend à 18 ou 20 degrés. Cette présomption était donc bien fondée, puisque M. Cook, le plus grand de tous les navigateurs, ayant fait le tour presque entier de cette zone australe, a trouvé partout des glaces, et n'a pu pénétrer nulle part au-delà du 71° degré, et cela dans un seul point au nord-ouest de l'extrémité de l'Amérique. Les appendices de cette immense glacière du pôle antarctique s'étendent même jusqu'au 60° degré en plusieurs lieux, et les énormes glaçons qui s'en détachent voyagent jusqu'au 50° et même jusqu'au 48° degré de latitude en certains endroits. On verra que les glaces les plus avancées vers l'équateur se trouvent vis-à-vis les mers les plus étendues et les terres les plus éloignées du pôle : on en trouve aux 48, 49, 50 et 51° degrés, sur une étendue de 10 degrés en longitude à l'ouest, et de 35 de longitude à l'est ; et tout l'espace entre le 50° et le 60° degré de latitude est rempli de glaces brisées dont quelques-

unes forment des îles d'une grandeur considérable. On voit que sous ces mêmes longitudes les glaces deviennent encore plus fréquentes et presque continues aux 60° et 61° degrés de latitude ; et enfin, que tout passage est fermé par la continuité de la glace aux 66 et 67° degrés, où M. Cook a fait une autre pointe, et s'est trouvé forcé de retourner pour ainsi dire sur ses pas ; en sorte que la masse continue de cette glace solide et permanente qui couvre le pôle austral et toute la zone adjacente, s'étend dans ces parages jusqu'au-delà du 66° degré de latitude.

On trouve de même des îles et des plaines de glaces dès le 49° degré de latitude, à 60 degrés de longitude est (1), et en plus grand nombre à 80 et 90 degrés de longitude sous la latitude de 58 degrés, et encore en plus grand nombre sous le 60 et le 61° degré de latitude, dans tout l'espace compris depuis le 90° jusqu'au 145° degré de longitude est.

De l'autre côté, c'est-à-dire à 30 degrés environ de longitude ouest, M. Cook a fait la découverte de la terre de Sandwich à 59 degrés de latitude, et de l'île Géorgie sous le 55°, et il a reconnu des glaces au 59° degré de latitude, dans une étendue de dix ou douze degrés de longitude ouest, avant d'arriver à la terre Sandwich, qu'on peut regarder comme le Spitzberg des régions australes, c'est-à-dire comme la terre la plus avancée vers le pôle antarctique : il a trouvé de pareilles glaces en beaucoup plus grand nombre aux 60 et 61° degrés de latitude, depuis le 29° degré de longitude ouest jusqu'au 51° ; et le capitaine Furneaux en a trouvé sous le 63° degré, à 65 et 70 degrés de longitude ouest.

On a aussi marqué les glaces immobiles que Davis a vues sous les 65 et 66° degrés de latitude, vis-à-vis du cap Horn, et celles dans lesquelles le capitaine Cook a fait une pointe jusqu'au 71° degré de latitude : ces glaces s'étendent depuis le 110° degré de longitude ouest jusqu'au 120° ; ensuite on voit les glaces flottantes depuis le 130° degré de longitude ouest jusqu'au 170°, sous les latitudes de 60 à 70 degrés ; en sorte que dans toute l'étendue de la circonférence de

(1) Ces positions données par le capitaine Cook, sur le méridien de Londres, sont réduites sur la carte à celui de Paris, et doivent s'y rapporter, par le changement facile de deux degrés et demi en moins du côté de l'est, et en plus du côté de l'ouest.

cette grande zone polaire antarctique, il n'y a qu'environ 40 ou 45 degrés en longitude dont l'espace n'ait pas été reconnu, ce qui ne fait pas la huitième partie de cette immense calotte de glace : tout le reste de ce circuit a été vu et bien reconnu par M. Cook, dont nous ne pourrions jamais louer assez la sagesse, l'intelligence et le courage ; car le succès d'une pareille entreprise suppose toutes ces qualités réunies.

On vient d'observer que les glaces les plus avancées du côté de l'équateur, dans ces régions australes, se trouvent sur les mers les plus éloignées des terres, comme dans la mer des grandes Indes et vis-à-vis le cap de Bonne-Espérance ; et qu'au contraire les glaces les moins avancées se trouvent dans le voisinage des terres, comme à la pointe de l'Amérique et des deux côtés de cette pointe, tant dans la mer Atlantique que dans la mer Pacifique : ainsi, la partie la moins froide de cette grande zone antarctique est vis-à-vis l'extrémité de l'Amérique, qui s'étend jusqu'au 56° degré de latitude, tandis que la partie la plus froide de cette même zone est vis-à-vis de la pointe de l'Afrique, qui ne s'avance qu'au 34° degré, et vers la mer de l'Inde, où il n'y a point de terre. Or, s'il en est de même du côté du pôle arctique, la région la moins froide serait celle du Spitzberg et du Groenland, dont les terres s'étendent à peu près jusqu'au 80° degré, et la région la plus froide serait celle de la partie de mer entre l'Asie et l'Amérique, en supposant que cette région soit en effet une mer.

De toutes les reconnaissances faites par M. Cook, on doit inférer que la portion du globe envahie par les glaces depuis le pôle antarctique jusqu'à la circonférence de ces régions glacées, est, en superficie, au moins cinq ou six fois plus étendue que l'espace envahi par les glaces autour du pôle arctique ; ce qui provient de deux causes assez évidentes : la première est le séjour du soleil, plus court de sept jours trois quarts par an dans l'hémisphère austral que dans le boréal ; la seconde et plus puissante cause est la quantité de terres infiniment plus grande dans cette portion de l'hémisphère boréal que dans la portion égale et correspondante de l'hémisphère austral ; car les continents de l'Europe, de l'Asie et de l'Amérique s'étendent jusqu'au 70° degré et au-delà vers le pôle arctique, tandis que dans les régions australes il n'existe aucune

terre depuis le 50° ou même le 45° degré que celle de la pointe de l'Amérique, qui ne s'étend qu'au 56° avec les îles Falkland, la petite île Géorgie et celle de Sandwich, qui est moitié terre et moitié glace ; en sorte que cette grande zone australe étant entièrement maritime et aqueuse, et la boréale presque entièrement terrestre, il n'est pas étonnant que le froid soit beaucoup plus grand, et que les glaces occupent une bien plus vaste étendue dans ces régions australes que dans les boréales.

Et comme ces glaces ne feront qu'augmenter par le refroidissement successif de la terre, il sera dorénavant plus inutile et plus téméraire qu'il ne l'était ci-devant de chercher à faire des découvertes au-delà du 80° degré vers le pôle boréal, et au-delà du 55° vers le pôle austral. La Nouvelle-Zélande, la pointe de la Nouvelle-Hollande et celles des terres Magellaniques, doivent être regardées comme les seules et dernières terres habitables dans cet hémisphère austral.

J'ai fait représenter toutes les îles et plaines de glaces reconnues par les différents navigateurs, et notamment par les capitaines Cook et Furneaux, en suivant les points de longitude et de latitude indiqués dans leurs cartes de navigation. Toutes ces reconnaissances des mers australes ont été faites dans les mois de novembre, décembre, janvier et février, c'est-à-dire dans la saison d'été de cet hémisphère austral ; car, quoique ces glaces ne soient pas toutes permanentes, et qu'elles voyagent selon qu'elles sont entraînées par les courants ou poussées par les vents, il est néanmoins presque certain que comme elles ont été vues dans cette saison d'été, elles s'y trouveraient de même et en bien plus grande quantité dans les autres saisons, et que par conséquent on doit les regarder comme permanentes, quoiqu'elles ne soient pas stationnaires aux mêmes points.

Au reste, il est indifférent qu'il y ait des terres ou non dans cette vaste région australe, puisqu'elle est entièrement couverte de glaces depuis le 6° degré de latitude jusqu'au pôle ; et l'on peut concevoir aisément que toutes les vapeurs aqueuses qui forment les brumes et les neiges, se convertissant en glaces, elles se gèlent et s'accumulent sur la surface de la mer comme sur celle de la terre. Rien ne peut donc s'opposer à la formation ni même à l'augmentation successive de ces glaciers polaires ; et au contraire

tout s'oppose à l'idée qu'on avait ci-devant de pouvoir arriver à l'un ou à l'autre pôle par une mer ouverte ou par des terres praticables.

Toute la partie des côtes du pôle boréal a été réduite et figurée d'après les cartes les plus étendues, les plus nouvelles et les plus estimées. Le nord de l'Asie, depuis la Nouvelle-Zemble et Archangel au cap Szalaginski, la côte des Tschutschis et du Kamtschatka, ainsi que les îles Aleutes, ont été réduites sur la grande carte de l'empire de Russie, publiée l'année dernière 1777. Les îles aux Renards (1) ont été relevées sur la carte manuscrite de l'expédition du pilote Otcheredin en 1774, qui m'a été envoyée par M. de Domascheneff, président de l'Académie de Saint-Petersbourg; celles d'Anadir, ainsi que la *Stachta nitada*, grande terre à l'est, où les Tschutschis commercent, et les pointes des côtes de l'Amérique reconnues par Tschirikow et Béring, qui ne sont pas représentées dans la grande carte de l'empire de Russie, le sont ici d'après celle que l'Académie de Pétersbourg a publiée en 1773 : mais il faut avouer que la longitude de ces points est encore incertaine, et que cette côte occidentale de l'Amérique est bien peu connue au-delà du cap Blanc, qui git environ sous le 43^e degré de latitude. La position du Kamtschatka est aujourd'hui bien déterminée dans la carte russe de 1777; mais celle des terres de l'Amérique vis-à-vis Kamtschatka n'est pas aussi certaine. Cependant on ne peut guère douter que la grande terre désignée sous le nom de *Stachta nitada*, et les terres découvertes par Béring et Tschirikow, ne soient des portions du continent de l'Amérique. On assure que le

roi d'Espagne a envoyé nouvellement quelques personnes pour reconnaître cette côte occidentale de l'Amérique, depuis le cap Mendocin jusqu'au 56^e degré de latitude : ce projet me paraît bien conçu; car c'est de puis le 43^e au 56^e degré qu'il est à présumer qu'on trouvera une communication de la mer Pacifique avec la baie d'Hudson.

La position et la figure du Spitzberg sont tracées sur notre carte d'après celle du capitaine Phipps; le Groenland, les baies de Baffin et d'Hudson, et les grands lacs de l'Amérique, le sont d'après les meilleures cartes des différents voyageurs qui ont découvert ou fréquenté ces parages. Par cette réunion, on aura sous les yeux les gisements relatifs de toutes les parties des continents polaires et des passages tentés pour tourner par le nord et à l'est de l'Asie : on y verra les nouvelles découvertes qui se sont faites dans cette partie de mer, entre l'Asie et l'Amérique jusqu'au cercle polaire; et l'on remarquera que la terre avancée de Szalaginski, s'étendant jusqu'au 73^e ou 74^e degré de latitude, il n'y a nulle apparence qu'on puisse doubler ce cap, et qu'on le tenterait sans succès, soit en venant par la mer Glaciale le long des côtes septentrionales de l'Asie, soit en remontant du Kamtschatka et tournant autour de la terre des Tschutschis; de sorte qu'il est plus que probable que toute cette région au-delà du 74^e degré est actuellement glacée et inabordable: d'ailleurs tout nous porte à croire que les deux continents de l'Amérique et de l'Asie peuvent être contigus à cette hauteur, puisqu'ils sont voisins aux environs du cercle polaire, n'étant séparés que par des bras de mer entre les îles qui se trouvent dans cet espace, et dont l'une paraît être d'une très-grande étendue.

J'observerai encore qu'on ne voit pas sur la nouvelle carte de l'empire de Russie la navigation faite en 1646 par trois vaisseaux russes, dont on prétend que l'un est arrivé au Kamtschatka par la mer Glaciale : la route de ce vaisseau est même tracée par des points dans la carte publiée par l'Académie de Pétersbourg en 1773. J'ai donné ci-devant les raisons qui me faisaient regarder comme très-suspecte cette navigation; et aujourd'hui ces mêmes raisons me paraissent bien confirmées, puisque dans la nouvelle carte russe faite en 1777, on a supprimé la route de ce vaisseau, quoique donnée dans la carte de 1773; et quand même, contre

(1) Il est aussi fait mention de ces îles aux Renards dans un voyage fait en 1776 par les Russes, sous la conduite de M. Solowiew : il nomme *Unataschka* l'une de ces îles, et dit qu'elle est à dix-huit cents wersts de Kamtschatka, et qu'elle est longue d'environ deux cents wersts : la seconde de ces îles s'appelle *Ummack*; elle est longue d'environ cent cinquante wersts; une troisième, *Akuten*, a environ quatre-vingts wersts de longueur; enfin, une quatrième qui s'appelle *Radjack* ou *Kadjak*, est la plus voisine de l'Amérique. Ces quatre îles sont accompagnées de quatre autres îles plus petites : ce voyageur dit aussi qu'elles sont toutes assez peuplées, et il décrit les habitudes naturelles de ces insulaires qui vivent sous terre la plus grande partie de l'année; on a donné le nom d'*îles aux Renards* à ces îles, parce qu'on y trouve beaucoup de renards noirs, bruns et roux.

toute apparence, ce vaisseau unique aurait fait cette route en 1646, l'augmentation des faits, depuis cent trente-deux ans pourrait bien la rendre impraticable aujourd'hui, puisque dans le même espace de temps le détroit de Waigats s'est entièrement glacé, et que la navigation de la mer du Nord de l'Asie, à commencer de l'embouchure de l'Oby jusqu'à celle du Kolyma, est devenue bien plus difficile qu'elle ne l'était alors, au point que les Russes l'ont pour ainsi dire abandonnée, et que ce n'est qu'en partant de Kamtschatka qu'ils ont tenté des découvertes sur les côtes occidentales de l'Amérique : ainsi, nous présumons que si l'on a pu passer autrefois de la mer Glaciale dans celle de Kamtschatka, ce passage doit être aujourd'hui fermé par les glaces. On assure que M. Cook a entrepris un troisième voyage, et que ce passage est l'un des objets de ses recherches : nous attendons avec impatience le résultat de ses découvertes, quoique je sois persuadé d'avance qu'il ne reviendra pas en Europe par la mer Glaciale de l'Asie; mais ce grand homme de mer fera peut-être la découverte du passage du nord-ouest depuis la mer Pacifique à la baie d'Hudson.

Nous avons ci-devant exposé les raisons qui semblent prouver que les eaux de la baie d'Hudson communiquent avec cette mer; les grandes marées venant de l'ouest dans cette baie suffisent pour le démontrer : il ne s'agit donc que de trouver l'ouverture de cette baie vers l'ouest. Mais on a jusqu'à ce jour vainement tenté cette découverte par les obstacles que les glaces opposent à la navigation dans le détroit d'Hudson et dans la baie même : je suis donc persuadé que M. Cook ne la tentera pas de ce côté-là, mais qu'il se portera au-dessus de la côte de Californie, et qu'il trouvera le passage sur cette côte au-delà du 43^e degré. Dès l'année 1592, *Juen de Fuca*, pilote espagnol, trouva une grande ouverture sur cette côte sous les 47^e et 48^e degrés, et y pénétra si loin, qu'il crut être arrivé dans la mer du Nord. En 1602, *d'Aguilar* trouva cette côte ouverte sous le 43^e degré; mais il ne pénétra pas bien avant dans ce détroit. Enfin on voit, par une relation publiée en anglais, qu'en 1640 l'amiral de *Fonte*, Espagnol, trouva sous le 54^e

degré un détroit ou large rivière, et qu'en la remontant il arriva à un grand archipel, et ensuite à un lac de cent soixante lieues de longueur sur soixante de largeur, aboutissant à un détroit de deux ou trois lieues de largeur, où la marée, portant à l'est, était très-violente, et où il rencontra un vaisseau venant de Boston : quoique l'on ait regardé cette relation comme très-suspecte, nous ne la rejeterons pas en entier, et nous avons cru devoir présenter ici ces reconnaissances d'après la carte de M. de l'Isle, sans prétendre les garantir; mais en réunissant la probabilité de ces découvertes de de Fonte avec celles de d'Aguilar et de Juen de Fuca, il en résulte que la côte occidentale de l'Amérique septentrionale au-dessus du cap Blanc, est ouverte par plusieurs détroits ou bras de mer, depuis le 43^e degré jusqu'au 54 ou 55^e, et que c'est dans cet intervalle où il est presque certain que M. Cook trouvera la communication avec la baie d'Hudson, et cette découverte achèverait de le combler de gloire.

Ma présomption à ce sujet est non-seulement fondée sur les reconnaissances faites par d'Aguilar, Juen de Fuca et de Fonte, mais encore sur une analogie physique qui ne se dément dans aucune partie du globe : c'est que toutes les grandes côtes des continents sont pour ainsi dire hachées et entamées du midi au nord, et qu'ils finissent tous en pointe vers le midi. La côte nord-ouest de l'Amérique présente une de ces hachures, et c'est la mer Vermeille; mais au-dessus de la Californie, nos cartes ne nous offrent, sur une étendue de quatre cents lieues, qu'une terre continue sans rivières et sans autres coupures que les trois ouvertures reconnues par d'Aguilar, Fuca et de Fonte. Or, cette continuité des côtes, sans anfractuosités, ni baies, ni rivières, est contraire à la nature; et cela seul suffit pour démontrer que ces côtes n'ont été tracées qu'au hasard sur toutes nos cartes, sans avoir été reconnues, et que, quand elles le seront, on y trouvera plusieurs golfes et bras de mer par lesquels on arrivera à la baie d'Hudson, ou dans les mers intérieures qui la précèdent, du côté de l'ouest.

INTRODUCTION A L'HISTOIRE DES MINÉRAUX.

DES ÉLÉMENTS.

PREMIÈRE PARTIE.

DE LA LUMIÈRE, DE LA CHALEUR ET DU FEU.

Les puissances de la nature, autant qu'elles nous sont connues, peuvent se réduire à deux forces primitives, celle qui cause la pesanteur, et celle qui produit la chaleur. La force d'impulsion leur est subordonnée; elle dépend de la première pour ses effets particuliers, et tient à la seconde pour l'effet général: comme l'impulsion ne peut s'exercer qu'au moyen du ressort, et que le ressort n'agit qu'en vertu de la force qui rapproche les parties éloignées, il est clair que l'impulsion a besoin, pour opérer, du concours de l'attraction; car si la matière cessait de s'attirer, si les corps perdaient leur cohérence, tout ressort ne serait-il pas détruit, toute communication de mouvement interceptée, toute impulsion nulle, puisque, dans le fait (1), le mouvement ne se communique et ne peut se transmettre d'un corps à un autre que par l'élasticité; qu'enfin on peut démontrer qu'un corps parfaitement dur, c'est-à-dire absolument inflexible, serait en même temps absolument immobile et tout-à-fait incapable de recevoir l'action d'un autre corps (2)? L'attrac-

tion étant un effet général, constant et permanent, l'impulsion qui, dans la plupart

cette hypothèse dénuée de preuves, on a fondé des propositions et des calculs dont on a tiré une infinité de fausses conséquences; car les corps supposés durs et parfaitement inflexibles, ne pourraient recevoir le mouvement. Pour le prouver, soit un globe parfaitement dur, c'est-à-dire inflexible dans toutes ses parties; chacune de ces parties ne pourra par conséquent être rapprochée ou éloignée de la partie voisine, sans quoi cela serait contre la supposition: donc, dans un globe parfaitement dur, les parties ne peuvent recevoir aucun déplacement, aucun changement, aucune action; car si elles recevaient une action, elles auraient une réaction, les corps ne pouvant réagir qu'en agissant. Puis donc que toutes les parties prises séparément ne peuvent recevoir aucune action, elles ne peuvent en communiquer; la partie postérieure, qui est frappée la première, ne pourra pas communiquer le mouvement à la partie antérieure, puisque cette partie postérieure, qui a été supposée inflexible, ne peut pas changer, eu égard aux autres parties: donc il serait impossible de communiquer aucun mouvement à un corps inflexible. Mais l'expérience nous apprend qu'on communique le mouvement à tous les corps: donc tous les corps sont à ressort; donc il n'y a point de corps parfaitement durs et inflexibles dans la nature. Un de mes amis (M. Gueneau de Montbeillard), homme d'un excellent esprit, m'a écrit à ce sujet dans les termes suivants. « De la supposition de l'immobilité absolue » des corps absolument durs, il suit qu'il ne faudrait » peut-être qu'un pied cube de cette matière pour » arrêter tout le mouvement de l'univers connu: et » si cette immobilité absolue était prouvée, il sem- » ble que ce n'est point assez de dire qu'il n'existe » point de ces corps dans la nature, et qu'on peut » les traiter d'impossibles, et dire que la supposition » de leur existence est absurde; car le mouvement » provenant du ressort leur ayant été refusé, ils ne » peuvent dès-lors être capables du mouvement pro- » venant de l'attraction, qui est, par l'hypothèse, la » cause du ressort. »

(1) Pour une plus grande intelligence, je prie mes lecteurs de revoir la seconde partie de l'article de cet ouvrage qui a pour titre: *De la nature, seconde vue.*

(2) La communication du mouvement a toujours été regardée comme une vérité d'expérience; les plus grands mathématiciens se sont contentés d'en calculer les résultats dans les différentes circonstances, et nous ont donné sur cela des règles et des formules, où ils ont employé beaucoup d'art: mais personne, ce me semble, n'a jusqu'ici considéré la nature intime du mouvement, et n'a tâché de se représenter et de présenter aux autres la manière physique dont le mouvement se transmet et passe d'un corps à un autre corps. On a prétendu que les corps durs pouvaient le recevoir comme les corps à ressort, et, sur

des corps, est particulière, et n'est ni constante ni permanente, en dépend donc comme un effet particulier dépend d'un effet général; car au contraire, si toute impulsion était détruite, l'attraction subsisterait et n'en agirait pas moins, tandis que celle-ci venant à cesser, l'autre serait non-seulement sans exercice, mais même sans existence: c'est donc cette différence essentielle qui subordonne l'impulsion à l'attraction dans toute matière brute et purement passive.

Mais cette impulsion qui ne peut ni s'exercer ni se transmettre dans les corps bruts qu'au moyen du ressort, c'est-à-dire du secours de la force d'attraction, dépend encore plus immédiatement, plus généralement, de la force qui produit la chaleur: car c'est principalement par le moyen de la chaleur que l'impulsion pénètre dans les corps organisés; c'est par la chaleur qu'ils se forment, croissent et se développent. On peut rapporter à l'attraction seule tous les effets de la matière brute, et à cette même force d'attraction jointe à celle de la chaleur, tous les phénomènes de la matière vive.

J'entends par matière vive, non-seulement tous les êtres qui vivent ou végètent, mais encore toutes les molécules organiques vivantes, dispersées et répandues dans les débris ou résidus des corps organisés: je comprends encore dans la matière vive celle de la lumière, du feu, de la chaleur; en un mot, toute matière qui nous paraît être active par elle-même. Or cette matière vive tend toujours du centre à la circonférence, au lieu que la matière brute tend au contraire de la circonférence au centre; c'est une force expansive qui anime la matière vive, et c'est une force attractive à laquelle obéit la matière brute: quoique les directions de ces deux forces soient diamétralement opposées, l'action de chacune ne s'en exerce pas moins; elles se balancent sans jamais se détruire, et de la combinaison de ces deux forces également actives résultent tous les phénomènes de l'univers.

Mais, dira-t-on, vous réduisez toutes les puissances de la nature à deux forces, l'une attractive et l'autre expansive, sans donner la cause ni de l'une ni de l'autre, et vous surbordonnez à toutes deux l'impulsion, qui est la seule force dont la cause nous soit connue et démontrée par le rapport de nos sens: n'est-ce pas abandonner une idée claire, et y substituer deux hypothèses obscures?

A cela je réponds que, ne connaissant rien que par comparaison, nous n'aurons jamais d'idée de ce qui produit un effet général, parce que cet effet appartenant à tout, on ne peut dès-lors le comparer à rien. Demander quelle est la cause de la force attractive, c'est exiger qu'on nous dise la raison pour quoi toute la matière s'attire. Or ne nous suffit-il pas de savoir que réellement toute la matière s'attire, et n'est-il pas aisé de concevoir que cet effet étant général, nous n'avons nul moyen de le comparer, et par conséquent nulle espérance d'en connaître jamais la cause ou la raison? Si l'effet, au contraire, était particulier comme celui de l'attraction de l'aimant et du fer, on doit espérer d'en trouver la cause, parce qu'on peut le comparer à d'autres effets particuliers, ou le ramener à l'effet général. Ceux qui exigent qu'on leur donne la raison d'un effet général, ne connaissent ni l'étendue de la nature ni les limites de l'esprit humain: demander pourquoi la matière est étendue, pesante, impénétrable, sont moins des questions que des propos mal conçus, et auxquels on ne doit aucune réponse. Il en est de même de toute propriété particulière lorsqu'elle est essentielle à la chose: demander, par exemple, pourquoi le rouge est rouge, serait une interrogation puérile à laquelle on ne doit pas répondre. Le philosophe est tout près de l'enfant lorsqu'il fait de semblables demandes; et autant on peut les pardonner à la curiosité non réfléchie du dernier, autant le premier doit les rejeter et les exclure de ses idées.

Puis donc que la force d'attraction et la force d'expansion sont deux effets généraux, on ne doit pas nous en demander les causes; il suffit qu'ils soient généraux et tous deux réels, tous deux bien constatés, pour que nous devions les prendre eux-mêmes pour causes des effets particuliers; et l'impulsion est un de ces effets qu'on ne doit pas regarder comme une cause générale connue ou démontrée par le rapport de nos sens, puisque nous avons prouvé que cette force d'impulsion ne peut exister ni agir qu'au moyen de l'attraction qui ne tombe point sous nos sens. Rien n'est plus évident, disent certains philosophes, que la communication du mouvement par l'impulsion; il suffit qu'un corps en choque un autre pour que cet effet suive: mais, dans ce sens même, la cause de l'attraction n'est-elle pas encore plus évidente et bien plus générale, puisqu'il suffit

d'abandonner un corps pour qu'il tombe et prenne du mouvement sans choc ? le mouvement appartient donc, dans tous les cas, encore plus à l'attraction qu'à l'impulsion.

Cette première réduction étant faite, il serait peut-être possible d'en faire une seconde, et de ramener la puissance même de l'expansion à celle de l'attraction, en sorte que toutes les forces de la matière dépendraient d'une seule force primitive : du moins cette idée me paraîtrait bien digne de la sublime simplicité du plan sur lequel opère la nature. Or, ne pouvons-nous pas concevoir que cette attraction se change en répulsion toutes les fois que les corps s'approchent d'assez près pour éprouver un frottement ou un choc des uns contre les autres ? L'impénétrabilité, qu'on ne doit pas regarder comme une force, mais comme une résistance essentielle à la matière, ne permettant pas que deux corps puissent occuper le même espace, que doit-il arriver lorsque deux molécules, qui s'attirent d'autant plus puissamment qu'elles s'approchent de plus près, viennent tout à coup à se heurter ? Cette résistance invincible de l'impénétrabilité ne devient-elle pas alors une force active, ou plutôt réactive, qui, dans le contact, repousse les corps avec autant de vitesse, qu'ils en avaient acquis au moment de se toucher ? et dès-lors la force expansive ne sera point une force particulière opposée à la force attractive, mais un effet qui en dérive, et qui se manifeste toutes les fois que les corps se choquent ou frottent les uns contre les autres.

J'avoue qu'il faut supposer dans chaque molécule de matière, dans chaque atome quelconque, un ressort parfait, pour concevoir clairement comment s'opère ce changement de l'attraction en répulsion ; mais cela même nous est assez indiqué par les faits : plus la matière s'atténue et plus elle prend du ressort ; la terre et l'eau, qui en sont les agrégats les plus grossiers, ont moins de ressort que l'air ; et le feu, qui est le plus subtil des éléments, est aussi celui qui a le plus de force expansive : les plus petites molécules de la matière, les plus petits atomes que nous connaissons sont ceux de la lumière ; et l'on sait qu'ils sont parfaitement élastiques, puisque l'angle sous lequel la lumière se réfléchit est toujours égal à celui sous lequel elle arrive : nous pouvons donc en inférer que toutes les parties constitutives de la matière en général sont à ressort parfait, et que ce ressort produit tous les effets

de la force expansive, toutes les fois que les corps se heurtent ou se frottent en se rencontrant dans des directions opposées.

L'expérience me paraît parfaitement d'accord avec ces idées : nous ne connaissons d'autres moyens de produire du feu que par le choc ou le frottement des corps ; car le feu que nous produisons par la réunion des rayons de la lumière, ou par l'application du feu déjà produit à des matières combustibles, n'a-t-il pas néanmoins la même origine à laquelle il faudra toujours remonter, puisqu'en supposant l'homme sans miroirs ardents et sans feu actuel, il n'aura d'autres moyens de produire le feu qu'en frottant ou choquant des corps solides les uns contre les autres (1) ?

La force expansive pourrait donc bien n'être, dans le réel, que la réaction de la force attractive ; réaction qui s'opère toutes les fois que les molécules primitives de la matière, toujours attirées les unes par les autres, arrivent à se toucher immédiatement : car, dès-lors il est nécessaire qu'elles soient repoussées avec autant de vitesse qu'elles en avaient acquis en direction contraire au moment du contact (2), et lorsque ces molé-

(1) Le feu que produit quelquefois la fermentation des herbes entassées, celui qui se manifeste dans les effervescences, ne sont pas une exception qu'on puisse m'opposer, puisque cette production du feu par la fermentation et par l'effervescence dépend, comme toute autre, de l'action ou du choc des parties de la matière les unes contre les autres.

(2) Il est certain, me dira-t-on, que les molécules rejailliront après le contact, parce que leur vitesse à ce point, et qui leur est rendue par le ressort, est la somme des vitesses acquises dans tous les moments précédents, par l'effet continu de l'attraction, et par conséquent doit l'emporter sur l'effort instantané de l'attraction dans le seul moment du contact. Mais ne sera-t-elle pas continuellement retardée, et enfin détruite, lorsqu'il y aura équilibre entre la somme des efforts de l'attraction avant le contact, et la somme des efforts de l'attraction après le contact ? Comme cette question pourrait faire naître des doutes ou laisser quelques nuages sur cet objet qui, par lui-même, est difficile à saisir, je vais tâcher d'y satisfaire en m'expliquant encore plus clairement. Je suppose deux molécules, ou, pour rendre l'image plus sensible, deux grosses masses de matière, telles que la lune et la terre, toutes deux douées d'un ressort parfait dans toutes les parties de leur intérieur : qu'arriverait-il à ces deux masses isolées de toute autre matière, si tout leur mouvement progressif était tout à coup arrêté, et qu'il ne restât à chacune d'elles que leur force d'attraction réciproque ? Il est clair que dans cette supposition la lune et la terre se pré-

cules sont absolument libres de toute cohérence, et qu'elles n'obéissent qu'au seul mouvement produit par leur attraction, cette vitesse acquise est immense dans le point du contact. La chaleur, la lumière, le feu, qui sont les grands effets de la force expansive, seront produits toutes les fois qu'artificiellement ou naturellement les corps seront divisés en partie très-petites, et qu'ils se rencontreront dans des directions opposées; et la chaleur sera d'autant plus sensible, la lumière d'autant plus vive, le feu d'autant plus violent, que les molécules se seront précipitées les unes contre les autres avec plus de vitesse par leur force d'attraction mutuelle.

De là on doit conclure que toute matière peut devenir lumière, chaleur, feu; qu'il suffit que les molécules d'une substance quelconque se trouvent dans une situation de liberté, c'est-à-dire dans un état de division assez grande et de séparation telle, qu'elles puissent obéir sans obstacle à toute la force qui les attire les unes vers les autres; car, dès qu'elles se rencontreront, elles réagiront les unes contre les autres, et se fuiront en s'éloignant avec autant de vitesse qu'elles

cipiteraient l'une vers l'autre, avec une vitesse qui augmenterait à chaque moment dans la même raison que diminuerait le carré de leur distance. Les vitesses acquises seront donc immenses au point de contact, ou, si l'on veut, au moment de leur choc; et dès-lors ces deux corps, que nous avons supposés à ressort parfait, et libres de tous les autres empêchements, c'est-à-dire entièrement isolés, rejailliront chacun, et s'éloigneront l'un et l'autre dans la direction opposée et avec la même vitesse qu'ils avaient acquise au point du contact; vitesse qui, quoique diminuée continuellement par leur attraction réciproque, ne laisserait pas de les porter d'abord au même lieu d'où ils sont partis, mais encore infiniment plus loin, parce que la retardation du mouvement est ici en ordre inverse de celui de l'accélération, et que la vitesse acquise au point du choc étant immense, les efforts de l'attraction ne pourront la réduire à zéro qu'à une distance dont le carré serait également immense; en sorte que si le contact était absolu, et que la distance des deux corps qui se choquaient fût absolument nulle, ils s'éloigneraient l'un de l'autre jusqu'à une distance infinie: et c'est à peu près ce que nous voyons arriver à la lumière et au feu, dans le moment de l'inflammation des matières combustibles; car, dans l'instant même, elles lancent leur lumière à une très-grande distance, quoique les particules qui se sont converties en lumière fussent auparavant très-voisines les unes des autres.

en avaient acquis au moment du contact, qu'on doit regarder comme un vrai choc, puisque deux molécules qui s'attirent mutuellement, ne peuvent se rencontrer qu'en direction contraire. Ainsi, la lumière, la chaleur et le feu ne sont pas des matières particulières, des matières différentes de toute autre matière; ce n'est toujours que la même matière qui n'a subi d'autre altération, d'autre modification, qu'une grande division de parties, et une direction de mouvement en sens contraire par l'effet du choc et de la réaction.

Ce qui prouve assez évidemment que cette matière du feu et de la lumière n'est pas une substance différente de toute autre matière, c'est qu'elle conserve toutes les qualités essentielles, et même la plupart des attributs de la matière commune: 1^o la lumière, quoique composée de particules presque infiniment petites, est néanmoins encore divisible, puisqu'avec le prisme on sépare les uns des autres les rayons, ou, pour parler plus clairement, les atomes différemment colorées; 2^o la lumière, quoique douée en apparence d'une qualité tout opposée à celle de la pesanteur, c'est-à-dire d'une volatilité qu'on croirait lui être essentielle, est néanmoins pesante comme toute autre matière, puisqu'elle fléchit toutes les fois qu'elle passe auprès des autres corps, et qu'elle se trouve à portée de leur sphère d'attraction; je dois même dire qu'elle est fort pesante, relativement à son volume qui est d'une petitesse extrême, puisque la vitesse immense avec laquelle la lumière se meut en ligne directe, ne l'empêche pas d'éprouver assez d'attraction près des autres corps, pour que sa direction s'incline et change d'une manière très-sensible à nos yeux; 3^o la substance de la lumière n'est pas plus simple que celle de toute autre matière, puisqu'elle est composée de parties d'inégale pesanteur, que le rayon rouge est beaucoup plus pesant que le rayon violet, et qu'entre ces deux extrêmes elle contient une infinité de rayons intermédiaires, qui approchent plus ou moins de la pesanteur du rayon rouge ou de la légèreté du rayon violet: toutes ces conséquences dérivent nécessairement des phénomènes de l'inflexion de la lumière et de sa réfraction (1), qui, dans le réel, n'est qu'une

(1) L'attraction universelle agit sur la lumière: il ne faut, pour s'en convaincre, qu'examiner les cas extrêmes de la réfraction: lorsqu'un rayon de lu-

inflexion qui s'opère lorsque la lumière passe à travers les corps transparents; 4^o on peut démontrer que la lumière est massive, et qu'elle agit, dans quelque cas, comme agissent tous les autres corps; car, indépendamment de son effet ordinaire, qui est de briller à nos yeux, et de son action propre, toujours accompagnée d'éclat et souvent de chaleur, elle agit par sa masse lorsqu'on la condense en la réunissant, et elle agit au point de mettre en mouvement des corps assez pesants placés au foyer d'un bon miroir ardent; elle fait tourner une aiguille sur un pivot placé à son foyer; elle pousse, déplace et chasse les feuilles d'or ou d'ar-

mière passe à travers un cristal, sous un certain angle d'obliquité, la direction change tout à coup, et, au lieu de continuer sa route, rentre dans le cristal et se réfléchit. Si sa lumière passe du verre dans le vide, toute la force de cette puissance s'exerce, et le rayon est contraint de rentrer et rentre dans le verre par un effet de son attraction que rien ne balance; si la lumière passe du cristal dans l'air, l'attraction du cristal, plus forte que celle de l'air, la ramène encore, mais avec moins de force, parce que cette attraction du verre est en partie détruite par celle de l'air qui agit en sens contraire sur le rayon de lumière; si ce rayon passe du cristal dans l'eau, l'effet est bien moins sensible, le rayon rentre à peine, parce que l'attraction du cristal est presque toute détruite par celle de l'eau, qui s'oppose à son action; enfin, si la lumière passe du cristal dans le cristal, comme les deux attractions sont égales, l'effet s'évanouit et le rayon continue sa route. D'autres expériences démontrent que cette puissance attractive, ou cette force réfringente, est toujours à très-peu près proportionnelle à la densité des matières transparentes, à l'exception des corps onctueux et sulfureux, dont la force réfringente est plus grande, parce que la lumière a plus d'analogie, plus de rapport de nature avec les matières inflammables qu'avec les autres matières.

Mais s'il restait quelque doute sur cette attraction de la lumière vers les corps, qu'on jette les yeux sur les inflexions que souffre un rayon lorsqu'il passe fort près de la surface d'un corps: un trait de lumière ne peut entrer par un très-petit trou, dans une chambre obscure, sans être puissamment attiré vers les bords du trou; ce petit faisceau de rayons se divise, chaque rayon voisin de la circonférence du trou se plie vers cette circonférence, et cette inflexion produit des franges colorées, des apparences constantes, qui sont l'effet de l'attraction de la lumière vers les corps voisins. Il en est de même des rayons qui passent entre deux lames de couteaux, les uns se plient vers la lame supérieure, les autres vers la lame inférieure: il n'y a que ceux du milieu qui, souffrant une égale attraction des deux côtés, ne sont pas détournés, et suivent leur direction.

gent qu'on lui présente avant de les fondre, et même avant de les échauffer sensiblement. Cette action produite par sa masse est la première et précède celle de la chaleur; elle s'opère entre la lumière condensée et les feuilles de métal, de la même façon qu'elle s'opère entre deux autres corps qui deviennent contigus, et par conséquent la lumière a encore cette propriété commune avec toute autre matière; 5^o enfin, on sera forcé de convenir que la lumière est un mixte, c'est-à-dire une matière composée comme la matière commune, non-seulement de parties plus grosses et plus petites, plus ou moins pesantes, plus ou moins mobiles, mais encore différemment figurées. Quiconque aura réfléchi sur les phénomènes que Newton appelle *les accès de facile réflexion et de facile transmission de la lumière*, et sur les effets de la double réfraction du cristal de roche, et du spath appelé cristal d'Islande, ne pourra s'empêcher de reconnaître que les atomes de la lumière ont plusieurs côtés, plusieurs faces différentes, qui, selon qu'elles se présentent, produisent constamment des effets différents (1).

En voilà plus qu'il n'en faut pour démontrer que la lumière n'est pas une matière particulière ni différente de la matière commune; que son essence est la même, ses propriétés essentielles les mêmes; qu'enfin elle n'en diffère que parce qu'elle a subi dans le point du contact la répulsion d'où provient sa volatilité. Et de la même manière que l'effet de la force d'attraction s'étend à l'infini, toujours en décroissant comme l'espace augmente, les effets de la répulsion s'étendent et décroissent de même, mais en ordre inverse; en sorte que l'on peut appliquer à la force expansive tout ce que l'on sait de la force attractive: ce sont pour la nature deux instruments de même espèce, ou plutôt ce n'est que le même instrument qu'elle manie dans deux sens opposés.

Toute matière deviendra lumière dès que,

(1) Chaque rayon de lumière a deux côtés opposés, doués originairement d'une propriété d'où dépend la réfraction extraordinaire du cristal, et deux autres côtés opposés, qui n'ont pas cette propriété. (*Optique* de Newton, question 26, traduction de Coste.)

Nota. Cette propriété dont parle ici Newton ne peut dépendre que de l'étendue ou de la figure de chacun des côtés des rayons, c'est-à-dire des atomes de lumière. (Voyez cet article en entier dans Newton.)

toute cohérence étant détruite, elle se trouvera divisée en molécules suffisamment petites, et que ces molécules, étant en liberté, seront déterminées par leur attraction mutuelle à se précipiter les unes contre les autres : dans l'instant du choc, la force répulsive s'exercera, les molécules se fuiront en tout sens avec une vitesse presque infinie, laquelle néanmoins n'est qu'égalée à leur vitesse acquise au moment du contact; car la loi de l'attraction étant d'augmenter comme l'espace diminue, il est évident qu'au contact l'espace toujours proportionnel au carré de la distance, devient nul, et que par conséquent la vitesse acquise en vertu de l'attraction doit à ce point devenir presque infinie : cette vitesse serait même infinie si le contact était immédiat, et par conséquent la distance entre les deux corps absolument nulle : mais, comme nous l'avons souvent répété, il n'y a rien d'absolu, rien de parfait dans la nature, et de même rien d'absolument grand, rien d'absolument petit, rien d'entièrement nul, rien de vraiment infini; et tout ce que j'ai dit de la petitesse *infinie* des atomes qui constituent la lumière, de leur ressort *parfait*, de la distance *nulle* dans le moment du contact, ne doit s'entendre qu'avec restriction. Si l'on pouvait douter de cette vérité métaphysique, il serait possible d'en donner une démonstration physique, sans même nous écarter de notre sujet. Tout le monde sait que la lumière emploie environ sept minutes et demie de temps à venir du soleil jusqu'à nous : supposant donc le soleil à trente-six millions de lieues, la lumière parcourt cette énorme distance en sept minutes et demie, ou, ce qui revient au même (supposant son mouvement uniforme), quatre-vingt mille lieues en une seconde : cette vitesse, quoique prodigieuse, est néanmoins bien éloignée d'être infinie, puisqu'elle est déterminable par les nombres; elle cessera même de paraître prodigieuse lorsqu'on réfléchira que la nature semble marcher en grand presque aussi vite qu'en petit : il ne faut pour cela que supputer la célérité du mouvement des comètes à leur périhélie, ou même celle des planètes qui se meuvent le plus rapidement, et l'on verra que la vitesse de ces masses immenses, quoique moindre, se peut néanmoins comparer d'assez près avec celle de nos atomes de lumière.

Et de même que toute matière peut se convertir en lumière par la division et la répulsion de ses parties excessivement divisées,

lorsqu'elles éprouvent un choc des unes contre les autres, la lumière peut aussi se convertir en toute autre matière par l'addition de ses propres parties, accumulées par l'attraction des autres corps. Nous verrons dans la suite que tous les éléments sont convertibles; et si l'on a douté que la lumière, qui paraît être l'élément le plus simple, pût se convertir en substance solide, c'est que, d'une part, on n'a pas fait assez d'attention à tous les phénomènes, et que, d'autre part, on était dans le préjugé qu'étant essentiellement volatile, elle ne pouvait jamais devenir fixe. Mais n'avons-nous pas prouvé que la fixité et la volatilité dépendent de la même force attractive dans le premier cas, devenue répulsive dans le second? et dès-lors ne sommes-nous pas fondés à croire que ce changement de la matière fixe en lumière, et de la lumière en matière fixe, est une des plus fréquentes opérations de la nature?

Après avoir montré que l'impulsion dépend de l'attraction; que la force expansive est la même que la force attractive devenue négative; que la lumière, et à plus forte raison la chaleur et le feu, ne sont que des manières d'être de la matière commune; qu'il n'existe en un mot qu'une seule force et une seule matière toujours prête à s'attirer ou à se repousser suivant les circonstances; recherchons comment, avec ce seul ressort et ce seul sujet, la nature peut varier ses œuvres à l'infini. Nous mettrons de la méthode dans cette recherche, et nous en présenterons les résultats avec plus de clarté, en nous abstenant de comparer d'abord les objets les plus éloignés, les plus opposés, comme le feu et l'eau, l'air et la terre, et en nous conduisant au contraire par les mêmes degrés, par les mêmes nuances douces que suit la nature dans toutes ses démarches. Comparons donc les choses les plus voisines, et tâchons d'en saisir les différences, c'est-à-dire les particularités, et de les présenter avec encore plus d'évidence que leurs généralités. Dans le point de vue général, la lumière, la chaleur et le feu ne font qu'un seul objet; mais, dans le point de vue particulier, ce sont trois objets distincts; trois choses qui, quoique se ressemblant par un grand nombre de propriétés, diffèrent néanmoins par un petit nombre d'autres propriétés assez essentielles pour qu'on puisse les regarder comme trois choses différentes, et qu'on doive les comparer une à une.

Quelles sont d'abord les propriétés com-

munes de la lumière et du feu ? quelles sont aussi leurs propriétés différentes ? La lumière, dit-on, et le feu élémentaire, ne sont qu'une même chose, une seule substance. Cela peut être ; mais comme nous n'avons pas encore d'idée nette du feu élémentaire, abstenons-nous de prononcer sur ce premier point. La lumière et le feu, tels que nous les connaissons, ne sont-ils pas au contraire deux choses différentes, deux substances distinctes et composés différemment ? le feu est à la vérité très souvent lumineux ; mais quelquefois aussi le feu existe sans aucune apparence de lumière : le feu, soit lumineux, soit obscur, n'existe jamais sans une grande chaleur, tandis que la lumière brille souvent avec éclat sans la moindre chaleur sensible. La lumière paraît être l'ouvrage de la nature ; le feu n'est que le produit de l'industrie de l'homme : la lumière subsiste, pour ainsi dire, par elle-même, et se trouve répandue dans les espaces immenses de l'univers entier, le feu ne peut subsister qu'avec des aliments, et ne se trouve qu'en quelques points de l'espace où l'homme le conserve, et dans quelques endroits de la profondeur de la terre, où il se trouve également entretenu par des aliments convenables. La lumière, à la vérité, lorsqu'elle est condensée, réunie par l'art de l'homme, peut produire du feu ; mais ce n'est qu'autant qu'elle tombe sur des matières combustibles. La lumière n'est donc tout au plus, et dans ce seul cas, que le principe du feu, et non pas le feu ; ce principe même n'est pas immédiat, il en suppose un intermédiaire, et c'est celui de la chaleur qui paraît tenir encore de plus près que la lumière à l'essence du feu. Or, la chaleur existe tout aussi souvent sans lumière que la lumière existe sans chaleur ; ces deux principes ne paraissent donc pas nécessairement liés en semble ; leurs effets ne sont ni simultanés ni contemporains, puisque dans de certaines circonstances on sent de la chaleur long-temps avant que la lumière paraisse, et que dans d'autres circonstances on voit de la lumière long-temps avant de sentir de la chaleur, et même sans en sentir aucune.

Dès-lors la chaleur n'est-elle pas une autre manière d'être, une modification de la matière, qui diffère à la vérité moins que toute autre de celle de la lumière, mais qu'on peut néanmoins considérer à part, et qu'on devrait concevoir encore plus aisément ? Car la facilité plus ou moins grande que nous

avons à concevoir les opérations différentes de la nature dépend de celle que nous avons d'y appliquer nos sens : lorsqu'un effet de la nature tombe sous deux de nos sens, la vue et le toucher, nous croyons en avoir une pleine connaissance ; un effet qui n'affecte que l'un ou l'autre de ces deux sens, nous paraît plus difficile à connaître, et, dans ce cas, la facilité ou la difficulté d'en juger dépend du degré de supériorité qui se trouve entre nos sens : la lumière que nous n'apercevons que par le sens de la vue (sens le plus fautif et le plus incomplet), ne devrait pas nous être aussi-bien connue que la chaleur qui frappe le toucher, et affecte par conséquent le plus sûr de nos sens. Cependant il faut avouer qu'avec cet avantage on a fait beaucoup moins de découvertes sur la nature de la chaleur que sur celle de la lumière, soit que l'homme saisisse mieux ce qu'il voit que ce qu'il sent, soit que la lumière se présentant ordinairement comme une substance distincte et différente de toutes les autres, elle a paru digne d'une considération particulière ; au lieu que la chaleur, dont l'effet est plus obscur, se présentant comme un objet moins isolé, moins simple, n'a pas été regardée comme une substance distincte, mais comme un attribut de la lumière et du feu.

Quand même cette opinion, qui fait de la chaleur un pur attribut, une simple qualité, se trouverait fondée, il serait toujours utile de considérer la chaleur en elle-même et par les effets qu'elle produit toute seule, c'est-à-dire lorsqu'elle paraît indépendante de la lumière et du feu. La première chose qui me frappe, et qui me paraît bien digne de remarque, c'est que le siège de la chaleur est tout différent de celui de la lumière : celle-ci occupe et parcourt les espaces vides de l'univers ; la chaleur au contraire se trouve généralement répandue dans toute la matière solide. Le globe de la terre et toutes les matières dont il est composé, ont un degré de chaleur bien plus considérable qu'on ne pourrait l'imaginer. L'eau a son degré de chaleur qu'elle ne perd qu'en changeant son état, c'est-à-dire en perdant sa fluidité : l'air a aussi sa chaleur, que nous appelons sa température, qui varie beaucoup, mais qu'il ne perd jamais en entier, puisque son ressort subsiste même dans le plus grand froid : le feu a aussi ses différents degrés de chaleur, qui paraissent moins dépendre de sa nature propre que de celle des aliments qui le nourrissent. Ainsi toute la matière connue est chaude, et dès-

lors la chaleur est une affection bien plus générale que celle de la lumière.

La chaleur pénètre tous les corps qui lui sont exposés, et cela sans aucune exception, tandis qu'il n'y a que les corps transparents qui laissent passer la lumière, et qu'elle est arrêtée et en partie repoussée par tous les corps opaques. La chaleur semble donc agir d'une manière bien plus générale et plus palpable que n'agit la lumière; et quoique les molécules de la chaleur soient excessivement petites, puisqu'elles pénètrent les corps les plus compactes, il me semble néanmoins que l'on peut démontrer qu'elles sont bien plus grosses que celles de la lumière; car on fait de la chaleur avec la lumière en la réunissant en grande quantité. D'ailleurs la chaleur agissant sur le sens du toucher, il est nécessaire que son action soit proportionnée à la grossièreté de ce sens, comme la délicatesse des organes de la vue paraît l'être à l'extrême finesse des parties de la lumière: celles-ci se meuvent avec la plus grande vitesse, agissent dans l'instant à des distances immenses, tandis que celles de la chaleur n'ont qu'un mouvement progressif assez lent qui ne paraît s'étendre qu'à de petits intervalles du corps dont elles émanent.

Le principe de toute chaleur paraît être l'attribution des corps: tout frottement, c'est-à-dire tout mouvement en sens contraire entre des matières solides, produit de la chaleur; et si ce même effet n'arrive pas dans les fluides, c'est parce que leurs parties ne se touchent pas d'assez près pour pouvoir être frottées les unes contre les autres; et qu'ayant peu d'adhérence entre elles, leur résistance au choc des autres corps est trop faible pour que la chaleur puisse naître ou se manifester à un degré sensible: mais, dans ce cas, on voit souvent de la lumière produite par ce frottement d'un fluide, sans sentir de la chaleur. Tous les corps, soit en petit ou en grand volume, s'échauffent dès qu'ils se rencontrent en sens contraire: la chaleur est donc produite par le mouvement de toute matière palpable et d'un volume quelconque; au lieu que la production de la lumière qui se fait aussi par le mouvement en sens contraire, suppose de plus la division de la matière en parties très-petites; et comme cette opération de la nature est la même pour la production de la chaleur et celle de la lumière, que c'est le mouvement en sens contraire, la rencontre des corps, qui produisent l'un et l'autre, on doit en conclure que les

atomes de la lumière sont solides par eux-mêmes, et qu'ils sont chauds au moment de leur naissance: mais on ne peut pas également assurer qu'ils conservent leur chaleur au même degré que leur lumière, ni qu'ils ne cessent pas d'être chauds avant de cesser d'être lumineux. Des expériences familières paraissent indiquer que la chaleur de la lumière du soleil augmente en passant à travers une glace plane, quoique la quantité de la lumière soit diminuée considérablement par la réflexion qui se fait à la surface extérieure de la glace, et que la matière même du verre en retienne une certaine quantité. D'autres expériences plus recherchées (1), semblent prouver que la lumière augmente

(1) Un habile physicien (M. de Saussure, citoyen de Genève) a bien voulu me communiquer le résultat des expériences qu'il a faites dans les montagnes, sur la différente chaleur des rayons du soleil, et je vais rapporter ici ses propres expressions. « J'ai fait » faire, en mars 1767, sept caisses rectangulaires de » verre blanc de Bohême, chacune desquelles est la » moitié d'un cube coupé parallèlement à sa base : » la première a un pied de largeur en tout sens, sur » six pouces de hauteur; la seconde, dix pouces sur » cinq, et ainsi de suite jusqu'à la cinquième qui a » deux pouces sur un. Toutes ces caisses sont ou- » vertes par le bas, et s'emboîtent les unes dans les » autres sur une table fort épaisse de bois de poirier » noirci, à laquelle elles sont fixées. J'emploie sept » thermomètres à cette expérience: l'un suspendu en » l'air et parfaitement isolé à côté des boîtes, et à la » même distance du sol; un autre posé sur la caisse » extérieure, en dehors de cette caisse et à peu près » au milieu; le suivant posé de même sur la seconde » caisse, et ainsi des autres jusqu'au dernier, qui est » sous la cinquième caisse, et à demi noyé dans le » bois de la table.

» Il faut observer que tous ces thermomètres sont » de mercure, et que tous, excepté le dernier, ont » la boule nue, et ne sont pas engagés, comme les » thermomètres ordinaires, dans une planche ou dans » une boîte, dont le plus ou le moins d'aptitude à » prendre et à conserver la chaleur fait entièrement » varier le résultat des expériences.

» Tout cet appareil exposé au soleil, dans un lieu » découvert, par exemple sur le mur de clôture » d'une grande terrasse, je trouve que le thermomètre suspendu à l'air libre monte le moins haut de » tous; que celui qui est sur la caisse extérieure » monte un peu plus haut; ensuite celui qui est sur » la seconde caisse; et ainsi des autres, en observant » cependant que le thermomètre qui est posé sur la » cinquième caisse monte plus haut que celui qui est » sous elle et à demi noyé dans le bois de la table: » j'ai vu celui-là monter à 70 degrés de Réaumur » (en plaçant le 0 à la congélation et le 80° degré à

de chaleur à mesure qu'elle traverse une plus grande épaisseur de notre atmosphère.

On sait de tout temps que la chaleur devient d'autant moindre, ou le froid d'autant plus grand, qu'on s'élève plus haut dans les montagnes. Il est vrai que la chaleur qui provient du globe entier de la terre doit être moins sensible sur ces pointes avancées qu'elle ne l'est dans les plaines; mais cette cause n'est point du tout proportionnelle à l'effet: l'action de la chaleur qui émane du globe terrestre, ne pouvant diminuer qu'en raison du carré de la distance, il ne paraît pas qu'à la hauteur d'une demi-lieue, qui n'est que la trois millièmes partie du demi-diamètre du globe, dont le centre doit être pris pour le foyer de la chaleur; il ne paraît pas, dis-je, que cette différence, qui, dans cette supposition, n'est que d'une unité sur neuf millions, puisse produire une diminution de chaleur aussi considérable, à beaucoup près, que celle qu'on éprouve en s'élevant à cette hauteur; car le thermomètre y baisse dans tous les temps de l'année, jusqu'au point de la congélation de l'eau; la neige ou la glace subsistent aussi sur ces grandes montagnes à peu près à cette hauteur dans toutes les saisons: il n'est donc pas probable que cette grande différence de chaleur provienne uniquement de la différence de la chaleur de la terre; l'on en sera pleinement convaincu, si l'on fait attention qu'au haut des volcans, où la terre est plus chaude qu'en aucun autre endroit de la surface du

globe, le froid de l'air est à très-peu près le même que dans les autres montagnes à la même hauteur.

On pourrait donc penser que les atomes de la lumière, quoique très-chauds au moment de leur naissance et au sortir du soleil, se refroidissent beaucoup pendant les sept minutes et demie de temps que dure leur traversée du soleil à la terre, d'autant que la durée de la chaleur, ou, ce qui revient au même, le temps du refroidissement des corps étant en raison de leur diamètre, il semblerait qu'il ne faut qu'un très-petit moment pour le refroidissement des atomes presque infiniment petits de la lumière; et cela serait en effet s'ils étaient isolés; mais comme ils se succèdent presque immédiatement, et qu'ils se propagent en faisceaux d'autant plus serrés qu'ils sont plus près du lieu de leur origine, la chaleur que chaque atome perd tombe sur les atomes voisins; et cette communication réciproque de la chaleur qui s'évapore de chaque atome entretient plus long-temps la chaleur générale de la lumière; et comme sa direction constante est toujours en rayons divergents, que leur éloignement l'un de l'autre augmentent comme l'espace qu'ils ont parcouru, et qu'en même temps la chaleur qui part de chaque atome, comme centre, diminue aussi dans la même raison, il s'ensuit que l'action de la lumière des rayons solaires décroissant en raison inverse du carré de la distance, celle de leur chaleur décroît en raison inverse du quarré-quarré de cette même distance.

Prenant donc pour unité le demi-diamètre du soleil, et supposant l'action de la lumière comme 1000 à la distance d'un demi-diamètre de la surface de cet astre, elle ne sera plus que comme $\frac{1000}{4}$ à la distance de deux demi-diamètres, que comme $\frac{1000}{9}$ à celle de trois demi-diamètres, comme $\frac{1000}{16}$ à la distance de quatre demi-diamètres; et enfin, en arrivant à nous, qui sommes éloignés du soleil de trente-six millions de lieues, c'est-à-dire d'environ deux cent vingt-quatre de ses demi-diamètres, l'action de la lumière ne sera plus que comme $\frac{1000}{50325}$, c'est-à-dire plus de cinquante mille fois plus faible qu'au sortir du soleil; et la chaleur de chaque atome de lumière étant aussi supposée 1000 au sortir du soleil, ne sera plus que comme $\frac{1000}{15}$, $\frac{1000}{81}$, $\frac{1000}{256}$, à la distance successive de 1, 2, 3 demi-diamètres, et en arrivant à nous, comme $\frac{1000}{7302490625}$, c'est-à-dire plus de deux

» l'eau bouillante). Les fruits exposés à cette chaleur s'y cuisent et y rendent leur jus.

» Quand cet appareil est exposé au soleil dès le matin, on observe communément la plus grande chaleur vers les deux heures et demie après midi;

» et lorsqu'on le retire des rayons du soleil, il em-

» ploie plusieurs heures à son entier refroidissement.

» J'ai fait porter ce même appareil sur une mon-

» tagne élevée d'environ 500 toises au-dessus du lieu où se faisaient ordinairement les expériences, et

» j'ai trouvé que le refroidissement causé par l'élevation agissait beaucoup plus sur les thermomètres suspendus à l'air libre que sur ceux qui étaient

» enfermés dans les caisses de verre, quoique j'eusse

» eu soin de remplir les caisses de l'air même de la montagne, par égard pour la fausse hypothèse de

» ceux qui croient que le froid des montagnes tient de la pureté de l'air qu'on y respire. »

Il serait à désirer que M. de Saussure, de la sagacité duquel nous devons attendre d'excellentes choses, suivit encore plus loin ces expériences, et en voulût publier les résultats.

mille cinq cents millions de fois plus faible qu'au sortir du soleil.

Quand même on ne voudrait pas admettre cette diminution de la chaleur de la lumière en raison du carré-carré de la distance du soleil, quoique cette estimation me paraisse fondée sur un raisonnement assez clair, il sera toujours vrai que la chaleur, dans sa propagation, diminue beaucoup plus que la lumière, au moins quant à l'impression qu'elles font l'une et l'autre sur nos sens. Qu'on excite une très-forte chaleur, qu'on allume un grand feu dans un point de l'espace, on ne le sentira qu'à une distance médiocre, au lieu qu'on en voit la lumière à de grandes distances : qu'on approche peu à peu d'un corps excessivement chaud, on s'apercevra, par la seule sensation, que la chaleur augmente beaucoup plus que l'espace ne diminue; car on se chauffe souvent avec plaisir à une distance qui ne diffère que de quelques pouces de celle où l'on se brûlerait. Tout paraît donc nous indiquer que la chaleur diminue en plus grande raison que la lumière, à mesure que toutes deux s'éloignent du foyer dont elles partent.

Ainsi, l'on peut croire que les atomes de la lumière sont fort refroidis lorsqu'ils arrivent à la surface de notre atmosphère, mais qu'en traversant la grande épaisseur de cette masse transparente, ils y reprennent par le frottement une nouvelle chaleur. La vitesse infinie avec laquelle les particules de la lumière frôlent celles de l'air, doit produire une chaleur d'autant plus grande, que le frottement est plus multiplié; et c'est probablement par cette raison que la chaleur des rayons solaires se trouve, par l'expérience, beaucoup plus grande dans les couches inférieures de l'atmosphère, et que le froid de l'air paraît augmenter si considérablement à mesure qu'on s'élève. Peut-être aussi que, comme la lumière ne prend de la chaleur qu'en se réunissant, il faut un grand nombre d'atomes de lumière pour constituer un seul atome de chaleur, et que c'est par cette raison que la lumière faible de la lune, quoique frôlée dans l'atmosphère comme celle du soleil, ne prend aucun degré de chaleur sensible. Si, comme le dit M. Bouguer (1), l'intensité de la lumière du soleil à la surface de la terre est trois cent mille fois plus grande que celle de la lumière de la lune, celle-ci

ne peut qu'être presque absolument insensible, même en la réunissant au foyer des plus puissants miroirs ardents, qui ne peuvent la condenser qu'environ deux mille fois, dont ôtant la moitié pour la perte par la réflexion ou la réfraction, il ne reste qu'une trois centième partie d'intensité au foyer du miroir. Or, y a-t-il des thermomètres assez sensibles pour indiquer le degré de chaleur contenu dans une lumière trois cents fois plus faible que celle du soleil, et pourrions-nous faire des miroirs assez puissants pour la condenser davantage?

Ainsi, l'on ne doit pas inférer de tout ce que j'ai dit, que la lumière puisse exister sans aucune chaleur, mais seulement que les degrés de cette chaleur sont très-différents, selon les différentes circonstances, et toujours insensibles lorsque la lumière est faible (2). La chaleur au contraire paraît exister habituellement, et même se faire sentir vivement sans lumière; ce n'est ordinairement que quand elle devient excessive que la lumière l'accompagne. Mais ce qui mettrait encore une différence bien essentielle entre ces deux modifications de la matière, c'est que la chaleur qui pénètre tous les corps ne paraît se fixer dans aucun, et ne s'y arrêter que peu de temps, au lieu que la lumière

(2) On pourrait même présumer que la lumière en elle-même est composée de parties plus ou moins chaudes : le rayon rouge, dont les atomes sont bien plus massifs et probablement plus gros que ceux du rayon violet, doit, en toutes circonstances, conserver beaucoup plus de chaleur, et cette présomption me paraît assez fondée pour qu'on doive chercher à la constater par l'expérience; il ne faut pour cela que recevoir, au sortir du prisme, une égale quantité de rayons rouges et de rayons violets, sur deux petits miroirs concaves ou deux lentilles réfringentes, et voir au thermomètre le résultat de la chaleur des uns et des autres.

Je me rappelle une autre expérience, qui semble démontrer que les atomes bleus de la lumière sont plus petits que ceux des autres couleurs; c'est qu'en recevant sur une feuille très-mince d'or battu la lumière du soleil, elle se réfléchit toute, à l'exception des rayons bleus qui passent à travers la feuille d'or, et peignent d'un beau bleu le papier blanc qu'on met à quelque distance derrière la feuille d'or. Ces atomes bleus sont donc plus petits que les autres, puisqu'ils passent où les autres ne peuvent passer : mais je n'insiste pas sur les conséquences qu'on doit tirer de cette expérience, parce que cette couleur bleue, produite en apparence par la feuille d'or, peut tenir au phénomène des ombres bleues, dont je parlerai dans un des Mémoires suivants.

(1) Essai d'optique sur la gradation de la lumière.

s'incorpore, s'amortit et s'éteint dans tous ceux qui ne la réfléchissent pas, ou qui ne la laissent pas passer librement. Faites chauffer à tous degrés des corps de toute sorte, tous perdront en assez peu de temps la chaleur acquise, tous reviendront au degré de la température générale, et n'auront par conséquent que la même chaleur qu'ils avaient auparavant. Recevez de même la lumière en plus ou moins grande quantité sur des corps noirs ou blancs, bruts ou polis, vous reconnaîtrez aisément que les uns l'admettent, les autres la repoussent, et qu'au lieu d'être affectés d'une manière uniforme, comme ils le sont par la chaleur, ils ne le sont que d'une manière relative à leur nature, à leur couleur, à leur poli; les noirs absorberont plus la lumière que les blancs, les bruts plus que les polis. Cette lumière, une fois absorbée, reste fixe et demeure dans les corps qui l'ont admise; elle ne reparait plus, elle n'en sort pas comme le fait la chaleur; d'où l'on devrait conclure que les atomes de la lumière peuvent devenir parties constituantes des corps, en s'unissant à la matière qui les compose; au lieu que la chaleur ne se fixant pas, semble empêcher au contraire l'union de toutes les parties de la matière, et n'agir que pour les tenir séparées.

Cependant il y a des cas où la chaleur se fixe à demeure dans les corps, et d'autres cas où la lumière qu'ils ont absorbée reparait et en sort comme la chaleur. Les diamants, les autres pierres transparentes qui s'imbibent de la lumière du soleil; les pierres opaques, comme celles de Bologne, qui par la calcination, reçoivent les particules d'un feu brillant; tous les phosphores naturels rendent la lumière qu'ils ont absorbée, et cette restitution ou déperdition de lumière se fait successivement et avec le temps, à peu près comme se fait celle de la chaleur. Et peut-être la même chose arrive dans les corps opaques, en tout ou en partie. Quoi qu'il en soit, il paraît, d'après tout ce qui vient d'être dit, que l'on doit reconnaître deux sortes de chaleur: l'une lumineuse, dont le soleil est le foyer immense; et l'autre obscure, dont le grand réservoir est le globe terrestre. Notre corps, comme faisant partie du globe, participe à cette chaleur obscure; et c'est par cette raison qu'étant obscure par elle-même, c'est-à-dire sans lumière, elle est encore obscure pour nous, parce que nous ne nous en apercevons par aucun de nos sens. Il en est de cette chaleur du globe comme

de son mouvement: nous y sommes soumis, nous y participons sans le sentir et sans nous en douter. De là il est arrivé que les physiiciens ont porté d'abord toutes leurs vues, toutes leurs recherches sur la chaleur du soleil, sans soupçonner qu'elle ne faisait qu'une très-petite partie de celle que nous éprouvons réellement: mais, ayant fait des instruments pour reconnaître la différence de chaleur immédiate des rayons du soleil en été à celle de ces mêmes rayons en hiver, ils ont trouvé, avec étonnement, que cette chaleur solaire est en été soixante-six fois plus grande qu'en hiver dans notre climat, et que néanmoins la plus grande chaleur de notre été ne différerait que d'un septième du plus grand froid de notre hiver; d'où ils ont conclu, avec grande raison, qu'indépendamment de la chaleur que nous recevons du soleil, il en émane une autre du globe même de la terre bien plus considérable, et dont celle du soleil n'est que le complément; en sorte qu'il est aujourd'hui démontré que cette chaleur qui s'échappe de l'intérieur de la terre (1) est dans notre climat au moins vingt-neuf fois en été, et quatre cents fois en hiver, plus grande que la chaleur qui nous vient du soleil: je dis au moins, car, quelque exactitude que les physiiciens, et en particulier M. de Mairan, aient apportée dans ces recherches, quelque précision qu'ils aient pu mettre dans leurs observations et dans leur calcul, j'ai vu, en les examinant, que le résultat pouvait en être porté plus haut (2).

(1) Voyez l'Histoire de l'Académie des sciences, année 1702, page 7; et le Mémoire de M. Amontons, page 155. — Les Mémoires de M. de Mairan, année 1710, page 104; année 1721, page 8; année 1765, page 143.

(2) Les physiiciens ont pris, pour le degré de froid absolu, mille degrés au-dessous de la congélation: il fallait plutôt le supposer de dix mille que de mille; car, quoique je sois très-persuadé qu'il n'existe rien d'absolu dans la nature, et que peut-être un froid de dix mille degrés n'existe que dans les espaces les plus éloignés de tout soleil, cependant, comme il s'agit ici de prendre pour unité le plus grand froid possible, je l'aurais au moins supposé plus grand que celui dont nous pouvons produire la moitié ou les trois cinquièmes; car on a produit artificiellement cinq cent quatre-vingt-douze degrés de froid à Pétersbourg, le 6 janvier 1760, le froid naturel étant de trente-un degrés au-dessous de la congélation; et si l'on eût fait la même expérience en Sibérie, où le froid naturel est quelquefois de soixante-dix degrés, on eût produit un froid de plus

Cette grande chaleur qui réside dans l'intérieur du globe, qui sans cesse en émane à l'extérieur, doit entrer comme élément dans la combinaison de tous les autres éléments. Si le soleil est le père de la nature, cette chaleur de la terre en est la mère, et toutes deux se réunissent pour produire, entretenir, animer les êtres organisés, et pour travail-

de mille degrés; car on a observé que le froid artificiel suivait la même proportion que le froid naturel. Or, $31 : 592 :: 70 : 1336 \frac{2}{3}$ il serait donc possible de produire en Sibérie un froid de treize cent trente-six degrés au-dessous de la congélation : donc le plus grand degré de froid possible doit être supposé bien au-delà de mille ou même de treize cent trente-six, pour en faire l'unité, à laquelle on rapporte les degrés de la chaleur tant solaire que terrestre; ce qui ne laissera pas d'en rendre la différence encore plus grande. — Une autre remarque que j'ai faite, en examinant la construction de la table dans laquelle M. de Mairan donne les rapports de la chaleur des émanations du globe terrestre à ceux de la chaleur solaire pour tous les climats de la terre, c'est qu'il n'a pas pensé ou qu'il a négligé d'y faire entrer la considération de l'épaisseur du globe, plus grande sous l'équateur que sous les pôles. Cela néanmoins devrait être mis en compte, et aurait un peu changé les rapports qu'il donne pour chaque latitude. — Enfin une troisième remarque, et qui tient à la première, c'est qu'il dit (page 160) qu'ayant fait construire une machine qui était comme un extrait de mes miroirs brûlants, et ayant fait tomber la lumière réfléchie du soleil sur des thermomètres, il avait toujours trouvé que, si un miroir plan avait fait monter la liqueur, par exemple, de trois degrés, deux miroirs dont on réunissait la lumière la faisaient monter de six degrés, et trois miroirs de neuf degrés. Or il est aisé de sentir que ceci ne peut pas être généralement vrai; car la grandeur des degrés du thermomètre n'est fondée que sur la division en mille parties, et sur la supposition que mille degrés au-dessous de la congélation font le froid absolu : et comme il s'en faut bien que ce terme soit celui du plus grand froid possible, il est nécessaire qu'une augmentation de chaleur double ou triple par la réunion de deux ou trois miroirs élève la liqueur à des hauteurs différentes de celle des degrés du thermomètre, selon que l'expérience sera faite dans un temps plus ou moins chaud; que celui où ces hauteurs s'accorderont le mieux ou différeront le moins, sera celui des jours chauds de l'été, et que les expériences ayant été faites sur la fin de mai, ce n'est que par hasard qu'elles ont donné le résultat des augmentations de chaleur par les miroirs, proportionnelles aux degrés de l'échelle du thermomètre. Mais j'abrège cette critique, en renvoyant à ce que j'ai dit, près de vingt ans avant ce Mémoire de M. de Mairan, sur la construction d'un thermomètre réel, et sa graduation par le moyen de mes miroirs brûlants. (Voyez les Mémoires de l'Académie des sciences, année 1747.)

ler, assimiler, composer les substances inanimées. Cette chaleur intérieure du globe, qui tend toujours du centre à la circonférence, et qui s'éloigne perpendiculairement de la surface de la terre, est, à mon avis, un grand agent dans la nature; l'on ne peut guère douter qu'elle n'ait la principale influence sur la perpendicolarité de la tige des plantes, sur les phénomènes de l'électricité, dont la principale cause est le frottement ou mouvement en sens contraire, sur les effets du magnétisme, etc. Mais, comme je ne prétends pas faire ici un traité de physique, je me bornerai aux effets de cette chaleur sur les autres éléments. Elle suffit seule, elle est même bien plus grande qu'il ne faut pour maintenir la raréfaction de l'air au degré que nous respirons : elle est plus que suffisante pour entretenir l'eau dans son état de liquidité; car on a descendu des thermomètres jusqu'à 120 brasses de profondeur (1), et, les retirant promptement, on a vu que la température de l'eau y était à très-peu près la même que dans l'intérieur de la terre à pareille profondeur, c'est-à-dire de 10 degrés $\frac{2}{3}$. Et comme l'eau la plus chaude monte toujours à la surface, et que le sel l'empêche de geler, on ne doit pas être surpris de ce qu'en général la mer ne gèle pas, et que les eaux douces ne gèlent que d'une certaine épaisseur, l'eau du fond restant toujours liquide, lors même qu'il fait le plus grand froid, et que les couches supérieures sont en glace de dix pieds d'épaisseur.

Mais la terre est celui de tous les éléments sur lequel cette chaleur intérieure a dû produire et produit encore les plus grands effets. On ne peut pas douter, après les preuves que j'en ai données (2), que cette chaleur n'ait été originellement bien plus grande qu'elle ne l'est aujourd'hui : ainsi on doit lui rapporter, comme à la cause première, toutes les sublimations, précipitations, agrégations, séparations, en un mot, tous les mouvements qui se sont faits et se font chaque jour dans l'intérieur du globe, et surtout dans la couche extérieure où nous avons pénétré, et dont la matière a été remuée par les agents de la nature, ou par les mains de l'homme;

(1) Histoire physique de la mer, par M. le comte Marsigli, page 16.

(2) Voyez dans cet ouvrage l'article de la formation des planètes, et les articles des époques de la nature.

car, à une ou peut-être deux lieues de profondeur, on ne peut guère présumer qu'il y ait eu des conversions de matière, ni qu'il s'y fasse encore des changements réels : toute la masse du globe ayant été fondue, liquéfiée par le feu, l'intérieur n'est qu'un verre ou concret ou discret, dont la substance simple ne peut recevoir aucune altération par la chaleur seule ; il n'y a donc que la couche supérieure et superficielle qui, étant exposée à l'action des causes extérieures, aura subi toutes les modifications que ces causes réunies à celle de la chaleur intérieure auront pu produire par leur action combinée, c'est-à-dire toutes les modifications, toutes les différences, toutes les formes, en un mot, des substances minérales.

Le feu, qui ne paraît être, à la première vue, qu'un composé de chaleur et de lumière, ne serait-il pas encore une modification de la matière qu'on doit considérer à part, quoiqu'elle ne diffère pas essentiellement de l'une ou de l'autre, et encore moins des deux prises ensemble ? le feu n'existe jamais sans chaleur, mais il peut exister sans lumière. On verra, par mes expériences, que la chaleur seule, et dénuée de toute apparence de lumière, peut produire les mêmes effets que le feu le plus violent : on voit aussi que la lumière seule, lorsqu'elle est réunie, produit les mêmes effets ; elle semble porter en elle-même une substance qui n'a pas besoin d'aliment : le feu ne peut subsister au contraire qu'en absorbant de l'air, et il devient d'autant plus violent qu'il en absorbe davantage, tandis que la lumière concentrée et reçue dans un vase purgé d'air, agit comme le feu dans l'air, et que la chaleur resserrée, retenue dans un espace clos, subsiste et même augmente avec une très-petite quantité d'aliments. La différence la plus générale entre le feu, la chaleur et la lumière, me paraît donc consister dans la quantité, et peut-être dans la qualité de leurs aliments.

L'air est le premier aliment du feu, les matières combustibles ne sont que le second : j'entends par premier aliment celui qui est toujours nécessaire, et sans lequel le feu ne pourrait faire aucun usage des autres. Des expériences connues de tous les physiiciens nous démontrent qu'un petit point de feu, tel que celui d'une bougie placée dans un vase bien fermé, absorbe en peu de temps une grande quantité d'air, et qu'elle s'éteint aussitôt que la quantité ou la qualité de cet aliment lui manque. D'autres expériences

bien connues des chimistes prouvent que les matières les plus combustibles, telles que les charbons, ne se consomment pas dans des vaisseaux bien clos, quoique exposés à l'action du plus grand feu. L'air est donc le premier, le véritable aliment du feu, et les matières combustibles ne peuvent lui en fournir que par le secours et la médiation de cet élément, dont il est nécessaire, avant d'aller plus loin, que nous considérions ici quelques propriétés.

Nous avons dit que toute fluidité avait la chaleur pour cause ; et en comparant quelques fluides ensemble, nous voyons qu'il faut beaucoup plus de chaleur pour tenir le fer en fusion que l'or, beaucoup plus pour y tenir l'or que l'étain, beaucoup moins pour y tenir la cire, beaucoup moins pour y tenir l'eau, encore beaucoup moins pour y tenir l'esprit de vin, et enfin excessivement moins pour y tenir le mercure, puisqu'il ne perd sa fluidité qu'au 187^e degré au-dessous de celui où l'eau perd la sienne. Cette matière, le mercure, serait donc le plus fluide des corps, si l'air ne l'était encore plus. Or, que nous indique cette fluidité plus grande dans l'air que dans aucune matière ? Il me semble qu'elle suppose le moindre degré possible d'adhérence entre ses parties constituantes ; ce qu'on peut concevoir en les supposant de figure à ne pouvoir se toucher qu'en un point. On pourrait croire aussi qu'étant douées de si peu d'énergie apparente, et de si peu d'attraction mutuelle des unes vers les autres, elles sont, par cette raison, moins massives et plus légères que celles de tous les autres corps : mais cela me paraît démenti par la comparaison du mercure, le plus fluide des corps après l'air, et dont néanmoins les parties constituantes paraissent être plus massives et plus pesantes que celles de toutes les autres matières, à l'exception de l'or. La plus ou moins grande fluidité n'indique donc pas que les parties du fluide soient plus ou moins pesantes, mais seulement que leur adhérence est d'autant moindre, leur union d'autant moins intime, et leur séparation d'autant plus aisée. S'il faut mille degrés de chaleur pour entretenir la fluidité de l'eau, il n'en faudra peut-être qu'un pour maintenir celle de l'air.

L'air est donc de toutes les matières connues celle que la chaleur divise le plus facilement, celle dont les parties lui obéissent avec le moins de résistance, celle qu'elle met le plus aisément en mouvement expansif et contraire à celui de la force attractive. Ainsi

l'air est tout près de la nature du feu, dont la principale propriété consiste dans ce mouvement expansif; et, quoique l'air ne l'ait pas par lui-même, la plus petite particule de chaleur ou de feu suffisant pour le lui communiquer, on doit cesser d'être étonné de ce que l'air augmente si fort l'activité du feu, et de ce qu'il est nécessaire à sa subsistance. Car, étant de toutes les substances celle qui prend le plus aisément le mouvement expansif, ce sera celle aussi que le feu entrainera, enlèvera de préférence à toute autre; ce sera celle qui s'appropriera le plus intimement, comme étant de la nature la plus voisine de la sienne; et par conséquent l'air doit être du feu l'admicule le plus puissant, l'aliment le plus convenable, l'*ami* le plus intime et le plus nécessaire.

Les matières combustibles, que l'on regarde vulgairement comme les vrais aliments du feu, ne lui servent néanmoins, ne lui profitent en rien, dès qu'elles sont privées du secours de l'air: le feu le plus violent ne les consume pas, et même ne leur cause aucune altération sensible, au lieu qu'avec de l'air une seule étincelle de feu les embrase, et qu'à mesure qu'on fournit de l'air en plus ou moins grande quantité, le feu devient dans la même proportion plus vif, plus étendu, plus dévorant; de sorte qu'on peut mesurer la célérité ou la lenteur avec laquelle le feu consume les matières combustibles, par la quantité plus ou moins grande de l'air qu'on lui fournit. Ces matières ne sont donc pour le feu que des aliments secondaires qu'il ne peut s'approprier par lui-même, et dont il ne peut faire usage qu'autant que l'air s'y mêlant, les rapproche de la nature du feu en les modifiant, et leur sert d'intermède pour s'y réunir.

On pourra (ce me semble) concevoir clairement cette opération de la nature, en considérant que le feu ne réside pas dans les corps d'une manière fixe, qu'il n'y fait ordinairement qu'un séjour instantané; qu'étant toujours en mouvement expansif, il ne peut subsister dans cet état qu'avec les matières susceptibles de ce même mouvement; que l'air s'y prêtant avec toute facilité, la somme de ce mouvement devient plus grande, l'action du feu plus vive, et que dès lors les parties les plus volatiles des matières combustibles, telles que les molécules aériennes, huileuses, etc., obéissant sans effort à ce mouvement expansif qui leur est communiqué, elles s'élèvent en vapeurs; que ces va-

peurs se convertissent en flamme par le même secours de l'air extérieur; et qu'enfin, tant qu'il subsiste dans les corps combustibles quelques parties capables de recevoir par le secours de l'air ce mouvement d'expansion, elles ne cessent de s'en séparer pour suivre l'air et le feu dans leur route, et par conséquent se consumer en s'évaporant avec eux.

Il y a de certaines matières, telles que le phosphore artificiel, le pyrophore, la poudre à canon, qui paraissent à la première vue faire une exception à ce que je viens de dire; car elles n'ont pas besoin, pour s'enflammer et se consumer en entier, du secours d'un air renouvelé: leur combustion peut s'opérer dans les vaisseaux les mieux fermés; mais c'est par la raison que ces matières, qu'on doit regarder comme les plus combustibles de toutes, contiennent dans leur substance tout l'air nécessaire à leur combustion. Leur feu produit d'abord cet air et le consume à l'instant; et comme il est en très-grande quantité dans ces matières, il suffit à leur pleine combustion, qui dès-lors n'a pas besoin, comme toutes les autres, du secours d'un air étranger.

Cela semble nous indiquer que la différence la plus essentielle qu'il y ait entre les matières combustibles et celles qui ne le sont pas, c'est que celles-ci ne contiennent que peu ou point de ces matières légères, aériennes, huileuses, susceptibles du mouvement expansif; ou que, si elles en contiennent, elles s'y trouvent fixées et retenues, en sorte que, quoique volatiles en elles-mêmes, elles ne peuvent exercer leur volatilité toutes les fois que la force du feu n'est pas assez grande pour surmonter la force d'adhésion qui les retient unies aux parties fixes de la matière. On peut même dire que cette induction, qui se tire immédiatement de mes principes, se trouve confirmée par un grand nombre d'observations bien connues des chimistes et des physiciens: mais ce qui paraît l'être moins, et qui cependant en est une conséquence nécessaire, c'est que toute matière pourra devenir volatile dès que l'homme pourra augmenter assez la force expansive du feu pour la rendre supérieure à la force attractive qui tient unies les parties de la matière que nous appelons fixes; car, d'une part, il s'en faut bien que nous ayons un feu aussi fort que nous pourrions l'avoir par des miroirs mieux conçus que ceux dont on s'est servi jusqu'à ce jour; et, d'autre côté, nous sommes as-

surés que la fixité n'est qu'une qualité relative, et qu'aucune matière n'est d'une fixité absolue ou invincible, puisque la chaleur dilate les corps les plus fixes. Or, cette dilatation n'est-elle pas l'indice d'un commencement de séparation qu'on augmente avec le degré de chaleur jusqu'à la fusion, et qu'avec une chaleur encore plus grande on augmenterait jusqu'à la volatilisation ?

La combustion suppose quelque chose de plus que la volatilisation : il suffit pour celle-ci que les parties de la matière soient assez divisées, assez séparées les unes des autres pour pouvoir être enlevées par celles de la chaleur ; au lieu que, pour la combustion, il faut encore qu'elles soient d'une nature analogue à celle du feu ; sans cela le mercure, qui est le plus fluide après l'air, serait aussi le plus combustible, tandis que l'expérience nous démontre que, quoique très-volatil, il est incombustible. Or, quelle est donc l'analogie, ou plutôt le rapport de nature que peuvent avoir les matières combustibles avec le feu ? La matière en général est composée de quatre substances principales, qu'on appelle *éléments* : la terre, l'eau, l'air et le feu, entrent tous quatre en plus ou moins grande quantité dans la composition de toutes les matières particulières ; celles où la terre et l'eau dominant seront fixes, et ne pourront devenir que volatiles par l'action de la chaleur ; celles au contraire qui contiennent beaucoup d'air et de feu, seront les seules vraiment combustibles. La grande difficulté qu'il y ait ici, c'est de concevoir nettement comment l'air et le feu, tous deux si volatils, peuvent se fixer et devenir parties constituantes de tous les corps : je dis de tous les corps, car nous prouverons que, quoiqu'il y ait une plus grande quantité d'air et de feu fixes dans les matières combustibles, et qu'ils y soient combinés d'une manière différente que dans les autres matières, toutes néanmoins contiennent une quantité considérable de ces deux éléments, et que les matières les plus fixes et les moins combustibles sont celles qui retiennent ces éléments fugitifs avec le plus de force. Le fameux phlogistique des chimistes (être de leur méthode plutôt que de la nature) n'est pas un principe simple et identique, comme ils nous le présentent ; c'est un composé, un produit de l'alliage, un résultat de la combinaison des deux éléments, de l'air et du feu fixés dans les corps. Sans nous arrêter donc sur les idées obscures et incomplètes que pour-

rait nous fournir la considération de cet être précaire, tenons-nous-en à celle de nos quatre éléments réels, auxquels les chimistes, avec tous leurs nouveaux principes, seront toujours forcés de revenir ultérieurement.

Nous voyons clairement que le feu en absorbant de l'air en détruit le ressort. Or, il n'y a que deux manières de détruire un ressort : la première, en le comprimant assez pour le rompre ; la seconde, en l'étendant assez pour qu'il soit sans effet. Ce n'est pas de la première manière que le feu peut détruire le ressort de l'air, puisque le moindre degré de chaleur le raréfie, que cette raréfaction augmente avec elle, et que l'expérience nous apprend qu'à une très-forte chaleur la raréfaction de l'air est si grande, qu'il occupe alors un espace treize fois plus étendu que celui de son volume ordinaire : le ressort dès-lors en est d'autant plus faible, et c'est dans cet état qu'il peut devenir fixe et s'unir sans résistance sous cette nouvelle forme avec les autres corps. On entend bien que cet air transformé et fixé n'est point du tout le même que celui qui se trouve dispersé, disséminé dans la plupart des matières, et qui conserve dans leurs pores sa nature entière ; celui-ci ne leur est que mélangé et non pas uni ; il ne leur tient que par une très-faible adhérence, au lieu que l'autre leur est si étroitement attaché, si intimement incorporé, que souvent on ne peut l'en séparer.

Nous voyons de même que la lumière, en tombant sur les corps, n'est pas, à beaucoup près, entièrement réfléchie, qu'il en reste en grande quantité dans la petite épaisseur de la surface qu'elle frappe ; que par conséquent elle y perd son mouvement, s'y éteint, s'y fixe, et devient dès-lors partie constituante de tout ce qu'elle pénètre. Ajoutez à cet air, à cette lumière, transformés et fixés dans les corps, et qui peuvent être en quantité variable ; ajoutez-y, dis-je, la quantité constante du feu que toutes les matières, de quelque espèce que ce soit, possèdent également : cette quantité constante de feu ou de chaleur actuelle du globe de la terre, dont la somme est bien plus grande que celle de la chaleur qui nous vient du soleil, me paraît être non-seulement un des grands ressorts du mécanisme de la nature, mais en même temps un élément dont toute la matière du globe est pénétrée ; c'est le feu élémentaire, qui, quoique toujours en mouvement expansif, doit, par sa longue résidence dans la matière, et par son choc contre ses parties

fixes, s'unir, s'incorporer avec elles, et s'éteindre par parties comme le fait la lumière (1).

Si nous considérons plus particulièrement la nature des matières combustibles, nous verrons que toutes proviennent originairement des végétaux, des animaux, des êtres en un mot qui sont placés à la surface du globe que le soleil éclaire, chauffe et vivifie : les bois, les charbons, les tourbes, les bitumes, les résines, les huiles, les graisses, les suifs, qui sont les vraies matières combustibles, puisque toutes les autres ne le sont qu'autant qu'elles en contiennent, ne proviennent-ils pas tous des corps organisés ou de leurs dérivés ? Le bois, et même le charbon ordinaire, les graisses, les huiles par expression, la cire et le suif, ne sont que des substances extraites immédiatement des végétaux et des animaux; les tourbes, les charbons fossiles, les succins, les bitumes liquides ou concrets, sont des produits de leur mélange et de leur décomposition, dont les dérivés ultérieurs forment les sulfures et les parties combustibles du fer, du zinc, des pyrites et de tous les minéraux que l'on peut enflammer. Je sens que cette dernière assertion ne sera pas admise, et pourra même être rejetée, surtout par ceux qui n'ont étudié la nature que par la voie de la chimie; mais je les prie de considérer que leur méthode n'est pas celle de la nature, qu'elle ne pourra le devenir ou même s'en approcher qu'autant qu'elle s'accordera avec la saine physique, autant qu'on en bannira non-seulement les expressions obscures et techniques, mais surtout les principes précaires, les êtres fictifs auxquels on fait jouer le plus grand rôle, sans néanmoins les connaître. Le soufre, *en chimie*, n'est que le composé de l'acide vitriolique et du phlogistique : quelle apparence y a-t-il donc qu'il puisse, comme les autres matières combustibles, tirer son origine du dérivé des végétaux ou des animaux ? A cela je réponds, même en admettant cette définition chimique, que l'acide vitriolique, et

en général tous les acides, tous les alkalis, sont moins des substances de la nature que des produits de l'art. La nature forme des sels et du soufre; elle emploie à leur composition, comme à celle de toutes les autres substances, les quatre éléments : beaucoup de terre et d'eau, un peu d'air et de feu entrent en quantité variable dans chaque différente substance saline; moins de terre et d'eau, et beaucoup plus d'air et de feu, semblent entrer dans la composition du soufre. Les seifs et les sulfures doivent donc être regardés comme des êtres de la nature dont on extrait, par le secours de l'art de la chimie et par le moyen du feu, les différents acides qu'ils contiennent; et puisque nous avons employé le feu, et par conséquent de l'air et des matières combustibles, pour extraire ces acides, pouvons-nous douter qu'ils n'aient retenu et qu'ils ne contiennent réellement des parties de matière combustible qui y seront entrées pendant l'extraction ?

Le phlogistique est encore bien moins que l'acide un être naturel; ce ne serait même qu'un être de raison, si on ne le regardait pas comme un composé d'air et de feu devenu fixe et inhérent aux autres corps. Le soufre peut en effet contenir beaucoup de ce phlogistique, beaucoup aussi d'acide vitriolique; mais il a, comme toute autre matière, et sa terre et son eau; d'ailleurs, son origine indique qu'il faut une grande consommation de matières combustibles pour sa production; il se trouve dans les volcans, et il semble que la nature ne le produise que par effort et par le moyen du plus grand feu : tout concourt donc à nous prouver qu'il est de la même nature que les autres matières combustibles, et que par conséquent il tire, comme elles, sa première origine du dérivé des êtres organisés.

Mais je vais plus loin : les acides eux-mêmes viennent en grande partie de la décomposition des substances animales ou végétales, et contiennent en conséquence des principes de la combustion. Prenons pour exemple le salpêtre : ne doit-il pas son origine à ces matières ? n'est-il pas formé par la putréfaction des végétaux, ainsi que des urines et des excréments des animaux ? Il me semble que l'expérience le démontre, puisqu'on ne cherche, on ne trouve le salpêtre que dans les habitations où l'homme et les animaux ont long-temps résidé ; et, puisqu'il est immédiatement formé du dérivé des substances animales et végétales, ne doit-il pas

(1) Ceci même pourrait se prouver par une expérience qui mériterait d'être poussée plus loin. J'ai recueilli sur un miroir ardent par réflexion une assez forte chaleur sans aucune lumière, au moyen d'une plaque de tôle mise entre le brasier et le miroir, une partie de la chaleur s'est réfléchi au foyer du miroir, tandis que tout le reste de la chaleur l'a pénétré : mais je n'ai pu m'assurer si l'augmentation de chaleur dans la matière du miroir n'était pas aussi grande que s'il n'en eût pas réfléchi.

contenir une prodigieuse quantité d'air et de feu fixes? Aussi en contient-il beaucoup, et même beaucoup plus que le soufre, le charbon, l'huile, etc. Toutes ces matières combustibles ont besoin, comme nous l'avons dit, du secours de l'air pour brûler, et se consomment d'autant plus vite, qu'elles en reçoivent en plus grande quantité. Le salpêtre n'en a pas besoin, dès qu'il est mêlé avec quelques-unes de ces matières combustibles; il semble porter en lui-même le réservoir de tout l'air nécessaire à sa combustion: en le faisant détonner lentement, on le voit souffler son propre feu, comme le ferait un soufflet étranger; en le renfermant le plus étroitement, son feu, loin de s'éteindre, n'en prend que plus de force et produit les explosions terribles sur lesquelles sont fondés nos arts meurtriers. Cette combustion si prompte est en même temps si complète, qu'il ne reste presque rien après l'inflammation, tandis que toutes les autres matières enflammées laissent des cendres ou d'autres résidus qui démontrent que leur combustion n'est pas entière, ou, ce qui revient au même, qu'elles contiennent un assez grand nombre de parties fixes, qui ne peuvent ni se brûler ni même se volatiliser. On peut de même démontrer que l'acide vitriolique contient aussi beaucoup d'air et de feu fixes, quoiqu'en moindre quantité que l'acide nitreux; et dès-lors il tire, comme celui-ci, son origine de la même source, et le soufre, dans la composition duquel cet acide entre si abondamment, tire des animaux et des végétaux tous les principes de sa combustibilité.

Le phosphore artificiel, qui est le premier dans l'ordre des matières combustibles, et dont l'acide est différent de l'acide nitreux et de l'acide vitriolique, ne se tire aussi que du règne animal, ou, si l'on veut, en partie du règne végétal élaboré dans les animaux, c'est-à-dire des deux sources de toute matière combustible. Le phosphore s'enflamme de lui-même, c'est-à-dire sans communication de matière ignée, sans frottement, sans autre addition que celle du contact de l'air: autre preuve de la nécessité de cet élément pour la combustion même d'une matière qui ne paraît être composée que de feu. Nous démontrerons dans la suite que l'air est contenu dans l'eau sous une forme moyenne, entre l'état d'élasticité et celui de fixité: le feu paraît être dans le phosphore à peu près dans ce même état moyen; car de même

que l'air se dégage de l'eau dès que l'on diminue la pression de l'atmosphère, le feu se dégage du phosphore lorsqu'on fait cesser la pression de l'eau, où l'on est obligé de le tenir submergé pour pouvoir le garder et empêcher son feu de s'exalter. Le phosphore semble contenir cet élément sous une forme obscure et condensée, et il paraît être pour le feu obscur ce qu'est le miroir ardent pour le feu lumineux, c'est-à-dire un moyen de condensation.

Mais sans nous soutenir plus long-temps à la hauteur de ces considérations générales, auxquelles je pourrai revenir lorsqu'il sera nécessaire, suivons d'une manière plus directe et plus particulière l'examen du feu; tâchons de saisir ses effets, et de les présenter sous un point de vue plus fixe qu'on ne l'a fait jusqu'ici.

L'action du feu sur les différentes substances dépend beaucoup de la manière dont on l'applique; et le produit de son action sur une même substance paraît différent selon la façon dont il est administré. J'ai pensé qu'on devait considérer le feu dans trois états différents: le premier relatif à sa vitesse, le second à son volume, et le troisième à sa masse; sous chacun de ces points de vue, cet élément si simple, si uniforme en apparence, paraît pour ainsi dire un élément différent. On augmente la vitesse du feu sans en augmenter le volume apparent, toutes les fois que dans un espace donné et rempli de matières combustibles, on presse l'action et le développement du feu en augmentant la vitesse de l'air par des soufflets, des trompes, des ventilateurs, des tuyaux d'aspiration, etc., qui tous accélèrent plus ou moins la rapidité de l'air dirigé sur le feu; ce qui comprend, comme l'on voit, tous les instruments, tous les fourneaux à vent, depuis les grands fourneaux de forges jusqu'à la lampe des émailleurs.

On augmente l'action du feu par son volume toutes les fois qu'on accumule une grande quantité de matières combustibles, et qu'on en fait rouler la chaleur et la flamme dans des fourneaux de réverbère; ce qui comprend, comme l'on sait, les fourneaux de nos manufactures de glaces, de cristal, de verre, de porcelaine, de poterie, et aussi ceux où l'on fond tous les métaux et les minéraux, à l'exception du fer: le feu agit ici par son volume, et n'a que sa propre vitesse puisqu'on n'en augmente pas la rapidité par des soufflets ou d'autres instruments

qui portent l'air sur le feu. Il est vrai que la forme des *tisards*, c'est-à-dire des ouvertures principales par où ces fourneaux tirent l'air, contribue à l'attirer plus puissamment qu'il ne le serait en espace libre ; mais cette augmentation de vitesse est très-peu considérable en comparaison de la grande rapidité que lui donnent les soufflets : par ce dernier procédé on accélère l'action du feu qu'on aiguise par l'air autant qu'il est possible ; par l'autre procédé, on l'augmente en concentrant sa flamme en grand volume.

Il y a, comme l'on voit, plusieurs moyens d'augmenter l'action du feu, soit qu'on veuille le faire agir par sa vitesse ou par son volume ; mais il n'y en a qu'un seul par lequel on puisse augmenter sa masse, c'est de le réunir au foyer d'un miroir ardent. Lorsqu'on reçoit sur un miroir réfringent ou réfléchissant les rayons du soleil, ou même ceux d'un feu bien allumé, on les réunit dans un espace d'autant moindre que le miroir est plus grand et le foyer plus court. Par exemple, avec un miroir de quatre pieds de diamètre et d'un pouce de foyer, il est clair que la quantité de lumière ou de feu qui tombe sur le miroir de quatre pieds se trouvant réunie dans l'espace d'un pouce, serait deux mille trois cent quatre fois plus dense qu'elle ne l'était, si toute la matière incidente arrivait sans perte à ce foyer. Nous verrons ailleurs ce qui s'en perd effectivement ; mais il nous suffit ici de faire sentir que quand même cette perte serait des deux tiers ou des trois quarts, la masse du feu concentré au foyer de ce miroir sera toujours six ou sept cents fois plus dense qu'elle ne l'était à la surface du miroir. Ici, comme dans tous les autres cas, la masse accroît par la contraction du volume, et le feu dont on augmente ainsi la densité a toutes les propriétés d'une masse de matière ; car, indépendamment de l'action de la chaleur par laquelle il pénètre les corps, il les pousse et les déplace comme le ferait un corps solide en mouvement qui en choquerait un autre. On pourra donc augmenter par ce moyen la densité ou la masse du feu d'autant plus, qu'on perfectionnera davantage la construction des miroirs ardents.

Or, chacune de ces trois manières d'administrer le feu et d'en augmenter ou la vitesse, ou le volume, ou la masse, produit sur les mêmes substances des effets souvent très-différents : on calcine par l'un de ces moyens ce que l'on fond par l'autre ; on volatilise par ce dernier ce qui paraît réfractaire au pre-

mier ; en sorte que la même matière donne des résultats si peu semblables, qu'on ne peut compter sur rien, à moins qu'on ne la travaille en même temps ou successivement par ces trois moyens ou procédés que nous venons d'indiquer ; ce qui est une route plus longue, mais la seule qui puisse nous conduire à la connaissance exacte de tous les rapports que les diverses substances peuvent avoir avec l'élément du feu. Et de la même manière que je divise en trois procédés généraux l'administration de cet élément, je divise de même en trois classes toutes les matières que l'on peut soumettre à son action. Je mets à part, pour un moment, celles qui sont purement combustibles et qui proviennent immédiatement des animaux et des végétaux ; et je divise toutes les matières minérales en trois classes relativement à l'action du feu : la première est celle des matières que cette action, long-temps continuée, rend plus légères, comme le fer ; la seconde, celle des matières que cette même action du feu rend plus pesantes, comme le plomb ; et la troisième classe est celle des matières sur lesquelles, comme sur l'or, cette action du feu ne paraît produire aucun effet sensible, puisqu'elle n'altère point leur pesanteur. Toutes les matières existantes et possibles, c'est-à-dire toutes les substances simples et composées, seront nécessairement comprises dans l'une de ces trois classes. Ces expériences, par les trois procédés, qui ne sont pas difficiles à faire, et qui ne demandent que de l'exactitude et du temps, pourraient nous découvrir plusieurs choses utiles, et seraient très-nécessaires pour fonder sur des principes réels la théorie de la chimie : cette belle science, jusqu'à nos jours, n'a porté que sur une nomenclature précaire, et sur des mots d'autant plus vagues qu'ils sont plus généraux. Le feu étant, pour ainsi dire, le seul instrument de cet art, et sa nature n'étant point connue, non plus que ses rapports avec les autres corps, on ne sait ni ce qu'il y met ni ce qu'il en ôte ; on travaille donc à l'aveugle, et l'on ne peut arriver qu'à des résultats obscurs, que l'on peut encore plus obscurs en les érigeant en principes. Le phlogistique, le minéralisateur, l'acide, l'alkali, etc., ne sont que des termes créés par la méthode, dont les définitions sont adoptées par convention, et ne répondent à aucune idée claire et précise, ni même à aucun être réel. Tant que nous ne connaissons pas mieux la nature du feu, tant que nous ignorerons ce qu'il ôte

ou donne aux matières qu'on soumet à son action, il ne sera pas possible de prononcer sur la nature de ces mêmes matières d'après les opérations de la chimie, puisque chaque matière à laquelle le feu ôte ou donne quelque chose, n'est plus la substance simple que l'on voudrait connaître, mais une matière composée et mêlée, ou dénaturée et changée par l'addition ou la soustraction d'autres matières que le feu en enlève ou y fait entrer.

Prenons pour exemple de cette addition et de cette soustraction le plomb et le marbre : par la simple calcination l'on augmente le poids du plomb de près d'un quart, et l'on diminue celui du marbre de près de moitié ; il y a donc un quart de matière inconnue que le feu donne au premier, et une moitié d'autre matière également inconnue qu'il enlève au second. Tous les raisonnements de la chimie ne nous ont pas démontré jusqu'ici ce que c'est que cette matière donnée ou enlevée par le feu ; et il est évident que lorsqu'on travaille sur le plomb et sur le marbre après leur calcination, ce ne sont plus ces matières simples que l'on traite, mais d'autres matières dénaturées et composées par l'action du feu. Ne serait-il donc pas nécessaire, avant tout, de procéder d'après les vues que je viens d'indiquer, de voir d'abord sous un même coup d'œil toutes les matières que le feu ne change ni n'altère, ensuite celles que le feu détruit ou diminue, et enfin celles qu'il augmente et compose en s'incorporant avec elles ?

Mais examinons de plus près la nature du feu considéré en lui-même. Puisque c'est une substance matérielle, il doit être sujet à la loi générale, à laquelle toute matière est soumise : il est le moins pesant de tous les corps, mais cependant il pèse ; et quoique ce que nous avons dit précédemment suffise pour le prouver évidemment, nous le démontrerons encore par des expériences palpables, et que tout le monde sera en état de répéter aisément. On pourrait d'abord soupçonner, par la pesanteur réciproque des astres, que le feu en grande masse est pesant, ainsi que toute autre matière ; car les astres qui sont lumineux comme le soleil, dont toute la substance paraît être de feu, n'en exercent pas moins leur force d'attraction à l'égard des astres qui ne le sont pas : mais nous démontrerons que le feu même en très-petit volume est réellement pesant ; qu'il obéit, comme toute autre matière, à la loi générale de la pesanteur, et que par conséquent il doit

avoir de même des rapports d'affinité avec les autres corps ; en avoir plus ou moins avec telle ou telle substance, et n'en avoir que peu ou point du tout avec beaucoup d'autres. Toutes celles qu'il rendra plus pesantes, comme le plomb, seront celles avec lesquelles il aura le plus d'affinité ; et en le supposant appliqué au même degré et pendant un temps égal, celles de ces matières qui gagneront le plus en pesanteur seront aussi celles avec lesquelles cette affinité sera la plus grande. Un des effets de cette affinité dans chaque matière est de retenir la substance même du feu et de se l'incorporer ; et cette incorporation suppose que non-seulement le feu perd sa chaleur et son élasticité, mais même tout son mouvement, puisqu'il se fixe dans ces corps et en devient partie constituante. Il y a donc lieu de croire qu'il en est du feu comme de l'air, qui se trouve sous une forme fixe et concrète dans presque tous les corps ; et l'on peut espérer qu'à l'exemple du docteur Hales (1), qui a su dégager cet air fixé dans tous les corps et en évaluer la quantité, il viendra quelque jour un physicien habile qui trouvera les moyens de distraire le feu de toutes les matières où il se trouve sous une forme fixe : mais il faut auparavant faire la table de ces matières, en établissant par l'expérience les différents rapports dans lesquels le feu se combine avec toutes les substances qui lui sont analogues, et se fixe en plus ou moins grande quantité, selon que ces substances ont plus ou moins de force pour le retenir.

Car il est évident que toutes les matières dont la pesanteur augmente par l'action du feu, sont douées d'une force attractive, telle que son effet est supérieur à celui de la force expansive dont les particules du feu sont animées, puisque celle-ci s'amortit et s'éteint, que son mouvement cesse, et que d'élastiques et fugitives qu'étaient ces particules ignées, elles deviennent fixes, solides, et prennent une forme concrète. Ainsi les matières qui augmentent de poids par le feu, comme l'étain, le plomb, les fleurs de zinc, etc., et toutes les autres qu'on pourra découvrir, sont des substances qui, par leur affi-

(1) Le phosphore, qui n'est, pour ainsi dire, qu'une matière ignée, une substance qui conserve et condense le feu, serait le premier objet des expériences qu'il faudrait faire pour traiter le feu comme M. Hales a traité l'air, et le premier instrument qu'il faudrait employer pour ce nouvel art.

nité avec le feu, l'attirent et se l'incorporent. Toutes les matières au contraire qui, comme le fer, le cuivre, etc., deviennent plus légères à mesure qu'on les calcine, sont des substances dont la force attractive, relativement aux particules ignées, est moindre que la force expansive du feu; et c'est ce qui fait que le feu, au lieu de se fixer dans ces matières, en enlève au contraire et en chasse les parties les moins liées, qui ne peuvent résister à son impulsion. Enfin celles qui, comme l'or, le platine, l'argent, le grès, etc., ne perdent ni n'acquiescent pas l'application du feu, et qu'il ne fait, pour ainsi dire, que traverser sans en rien enlever et sans y rien laisser, sont des substances qui, n'ayant aucune affinité avec le feu, et ne pouvant se joindre avec lui, ne peuvent par conséquent ni le retenir ni l'accompagner en se laissant enlever. Il est évident que les matières des deux premières classes, ont avec le feu un certain degré d'affinité, puisque celles de la seconde classe se chargent du feu qu'elles retiennent, et que le feu se charge de celles de la première classe et qu'il les emporte; au lieu que les matières de la troisième classe auxquelles il ne donne ni n'ôte rien, n'ont aucun rapport d'affinité ou d'attraction avec lui, et sont, pour ainsi dire, indifférentes à son action, qui ne peut ni les dénaturer ni même les altérer.

Cette division de toutes les matières en trois classes relatives à l'action du feu, n'exclut pas la division plus particulière et moins absolue de toutes les matières en deux autres classes, qu'on a jusqu'ici regardées comme relatives à leur propre nature, qui, dit-on, est toujours vitrescible ou calcaire. Notre nouvelle division n'est qu'un point de vue plus élevé, sous lequel il faut les considérer pour tâcher d'en déduire la connaissance même de l'agent qu'on emploie par les différents rapports que le feu peut avoir avec toutes les substances auxquelles on l'applique : faute de comparer ou de combiner ces rapports, ainsi que les moyens qu'on emploie pour appliquer le feu, je vois qu'on tombe tous les jours dans des contradictions apparentes, et même dans des erreurs très-préjudiciables (1).

(1) Je vais en donner un exemple récent. Deux habiles chimistes (MM. Pott et d'Arcet) ont soumis un grand nombre de substances à l'action du feu : le premier s'est servi d'un fourneau que je suis étonné que le second n'ait point entendu, puisque rien ne

On pourrait donc dire, avec les naturalistes, que tout est vitrescible dans la nature, à l'exception de ce qui est calcaire; que les quartz, les cristaux, les pierres précieuses,

m'a paru si clair dans tout l'ouvrage de M. Pott, et qu'il ne faut qu'un coup d'œil sur la planche gravée de ce fourneau, pour reconnaître que, par sa construction, il peut, quoique sans soufflets; faire à peu près autant d'effet que s'il en était garni; car au moyen des longs tuyaux qui sont adaptés au fourneau par le haut et par le bas, l'air y arrive et circule avec une rapidité d'autant plus grande, que les tuyaux sont mieux proportionnés : ce sont des soufflets constants, et dont on peut augmenter l'effet à volonté. Cette construction est si bonne et si simple, que je ne puis concevoir que M. d'Arcet dise que ce fourneau est un problème pour lui..... qu'il est persuadé que M. Pott a dû se servir de soufflets, etc., tandis qu'il est évident que son fourneau équivalait, par sa construction, à l'action des soufflets, et que par conséquent il n'avait pas besoin d'y avoir recours; que d'ailleurs ce fourneau est encore exempt du vice que M. d'Arcet reproche aux soufflets, dont il a raison de dire que l'action alterne, sans cesse renaissante et expirante, jette du trouble et de l'inégalité sur celle du feu; ce qui ne peut arriver ici puisque, par la construction du fourneau, l'on voit évidemment que le renouvellement de l'air est constant, et que son action ne renaît ni n'expire, mais est continue et toujours uniforme. Ainsi M. Pott a employé l'un des moyens dont on se doit servir pour appliquer le feu, c'est-à-dire un moyen par lequel, comme par les soufflets, on augmente la vitesse du feu, en le pressant incessamment par un air toujours renouvelé; et toutes les fusions qu'il a faites par ce moyen, et dont j'ai répété quelques-unes, comme celle du grès, du quartz, etc., sont très-réelles, quoique M. d'Arcet les nie; car pourquoi les nie-t-il? c'est que de son côté, au lieu d'employer, comme M. Pott, le premier de nos procédés généraux, c'est-à-dire le feu par sa vitesse accélérée autant qu'il est possible par le mouvement rapide de l'air, moyen par lequel il eût obtenu les mêmes résultats, il s'est servi du second procédé, et n'a employé que le feu en grand volume dans un fourneau, sans soufflets ou sans équivalent, dans lequel par conséquent le feu ne devait pas produire les mêmes effets, mais devait en donner d'autres, que, par la même raison, le premier procédé ne pouvait pas produire. Ainsi les contradictions entre les résultats de ces deux habiles chimistes ne sont qu'apparentes et fondées sur deux erreurs évidentes : la première consiste à croire que le feu le plus violent est celui qui est en plus grand volume; et la seconde, que l'on doit obtenir du feu violent les mêmes résultats, de quelque manière qu'on l'applique : cependant ces deux idées sont fausses. La considération des vérités contraires est encore une des premières pierres qu'il faudrait poser aux fondements de la chimie; car ne serait-il pas très-nécessaire avant tout, et pour éviter de pareilles con-

les cailloux, les grès, les granites, porphyres, agates, ardoises, gypses, argiles, les pierres ponce, les laves, les amiantes, avec tous les métaux et autres minéraux, sont vitrifiables par le feu de nos fourneaux, ou par celui des miroirs ardents; tandis que les marnes, les albâtres, les pierres, les craies, les marnes, et les autres substances qui proviennent du détrimement des coquilles et des madrépores, ne peuvent se réduire en fusion par ces moyens. Cependant je suis persuadé

que si l'on vient à bout d'augmenter encore la force des fourneaux, et surtout la puissance des miroirs ardents, on arrivera au point de faire fondre ces matières calcaires qui paraissent être d'une nature différente de celle des autres; puisqu'il y a mille et mille raisons de croire qu'au fond leur substance est la même, et que le verre est la base commune de toutes les matières terrestres.

Par les expériences que j'ai pu faire moi-même pour comparer la force du feu selon

traditions à l'avenir, que les chimistes ne perdissent pas de vue qu'il y a trois moyens généraux, et très-différents l'un de l'autre, d'appliquer le feu violent? Le premier, comme je l'ai dit, par lequel on n'emploie qu'un petit volume de feu, mais que l'on agite, aiguise, exalte au plus haut degré par la vitesse de l'air, soit par des soufflets, soit par un fourneau semblable à celui de M. Pott, qui tire l'air avec rapidité. On voit par l'effet de la lampe d'émailleur, qu'avec une quantité de feu presque infiniment petite, on fait de plus grands effets en petit que le fourneau de verrerie ne peut en faire en grand. Le second moyen est d'appliquer le feu, non pas en petit, mais en très-grande quantité, comme on le fait dans les fourneaux de porcelaine et de verrerie, où le feu n'est fort que par son volume, où son action est tranquille, et n'est pas exaltée par un renouvellement très-rapide de l'air. Le troisième moyen est d'appliquer le feu en très-petit volume, mais en augmentant sa masse et son intensité au point de le rendre plus fort que par le second moyen, et plus violent que par le premier; et ce moyen de concentrer le feu et d'en augmenter la masse par les miroirs ardents, est encore le plus puissant de tous.

Or, chacun de ces trois moyens doit fournir un certain nombre de résultats différents: si, par le premier moyen on fond et vitrifie telles et telles matières, il est très-possible que par le second moyen on ne puisse vitrifier ces mêmes matières, et qu'au contraire on en puisse fondre d'autres qui n'ont pu l'être par le premier moyen; et enfin, il est tout aussi possible que par le troisième moyen on obtienne encore plusieurs résultats semblables ou différents de ceux qu'ont fournis les deux premiers moyens. Dès-lors un chimiste qui, comme M. Pott, n'emploie que le premier moyen, doit se borner à donner les résultats fournis par ce moyen, faire, comme il l'a fait, l'énumération des matières qu'il a fondues, mais ne pas prononcer sur la non-fusibilité des autres, parce qu'elles peuvent l'être par le second ou troisième moyen; enfin ne pas dire affirmativement et exclusivement, en parlant de son fourneau, *qu'en une heure de temps, ou deux au plus, il met en fonte tout ce qui est fusible dans la nature*. Et, par la même raison, un autre chimiste qui, comme M. d'Arcet, ne s'est servi que du second moyen, tombe dans l'erreur s'il se croit en contradiction avec celui qui ne s'est servi que du premier moyen,

et cela parce qu'il n'a pu fondre plusieurs matières que l'autre a fait couler, et qu'au contraire il a mis en fusion d'autres matières que le premier n'avait pu fondre; car si l'un ou l'autre se fût avisé d'employer successivement les deux moyens, il aurait bien senti qu'il n'était point en contradiction avec lui-même, et que la différence des résultats ne provenait que de la différence des moyens employés. Que résulte-t-il donc de réel de tout ceci, sinon qu'il faut ajouter à la liste des matières fondues par M. Pott celles de M. d'Arcet, et se souvenir seulement que pour fondre les premières il faut le premier moyen, et le second pour fondre les autres? Il n'y a par conséquent aucune contradiction entre les expériences de M. Pott et celles de M. d'Arcet, que je crois également bonnes: mais tous deux, après cette conciliation, auraient encore tort de conclure qu'ils ont fondu par ces deux moyens tout ce qui est fusible dans la nature, puisque l'on peut démontrer que par le troisième moyen, c'est-à-dire par les miroirs ardents, on fond et vitrifie, on volatilise et même on brûle quelques matières qui leur ont également paru fixes et réfractaires au feu de leurs fourneaux. Je ne m'arrêterai pas sur plusieurs choses de détail, qui cependant mériteraient animation, parce qu'il est toujours utile de ne pas laisser germer des idées erronées ou des faits mal vus, et dont on peut tirer de fausses conséquences. M. d'Arcet dit qu'il a remarqué constamment que la flamme fait plus d'effet que le feu de charbon. Oui sans doute, si ce feu n'est pas excité par le vent; mais toutes les fois que le charbon ardent sera vivifié par un air rapide, il y aura de la flamme qui sera plus active et produira de bien plus grands effets que la flamme tranquille. De même lorsqu'il dit que les fourneaux donnent de la chaleur en raison de leur épaisseur, cela ne peut être vrai que dans le seul cas où, les fourneaux étant supposés égaux, le feu qu'ils contiennent serait en même temps animé par des courants d'air égaux en volume et en rapidité; la violence du feu dépend presque en entier de cette rapidité du courant de l'air qui l'anime; je puis le démontrer par ma propre expérience: j'ai vu le grès, que M. d'Arcet croit infusible, couler et se couvrir d'émail par le moyen de deux bons soufflets, mais sans le secours d'aucun fourneau et à feu ouvert. L'effet des fourneaux épais n'est pas d'augmenter la chaleur, mais de la conserver; et ils la conservent d'autant plus long-temps qu'ils sont plus épais.

qu'on emploie ou sa vitesse, ou son volume, ou sa masse, j'ai trouvé que le feu des plus grands et des plus puissants fourneaux de verrerie n'est qu'un feu faible en comparaison de celui des fourneaux à soufflets, et que le feu produit au foyer d'un bon miroir ardent est encore plus fort que celui des plus grands fourneaux de forges. J'ai tenu pendant trente-six heures, dans l'endroit le plus chaud du fourneau de Rouelle en Bourgogne, où l'on fait des glaces aussi grandes et aussi belles qu'à Saint-Gobin en Picardie, et où le feu est aussi violent; j'ai tenu, dis-je, pendant trente-six heures à ce feu de la mine de fer, sans qu'elle se soit fondue, ni agglutinée, ni même altérée en aucune manière; tandis qu'en moins de douze heures cette mine coule en fonte dans les fourneaux de ma forge: ainsi ce dernier feu est bien supérieur à l'autre. De même j'ai fondu ou volatilisé au miroir ardent plusieurs matières que ni le feu des fourneaux de réverbère, ni celui des plus puissants soufflets n'avait pu faire fondre, et je me suis convaincu que ce dernier moyen est le plus puissant de tous: mais je renvoie à la partie expérimentale de mon ouvrage le détail de ces expériences importantes, dont je me contente d'indiquer ici le résultat général.

On croit vulgairement que la flamme est la partie la plus chaude du feu: cependant rien n'est plus mal fondé que cette opinion; car on peut démontrer le contraire par les expériences les plus aisées et les plus familières. Présentez à un feu de paille ou même à la flamme d'un fagot qu'on vient d'allumer, un linge pour le sécher ou le chauffer; il vous faudra le double et le triple du temps pour lui donner le degré de sécheresse ou de chaleur que vous lui donnerez en l'exposant à un brasier sans flamme, où même à un poêle bien chaud. La flamme a été très-bien caractérisée par Newton, lorsqu'il l'a définie une fumée brûlante (*flamma est fumus candens*), et cette fumée ou vapeur qui brûle n'a jamais la même quantité, la même intensité de chaleur que le corps combustible duquel elle s'échappe; seulement, en s'élevant et s'étendant au loin, elle a la propriété de communiquer le feu, et de le porter plus loin que ne s'étend la chaleur du brasier, qui seule ne suffirait pas pour le communiquer même de près.

Cette communication du feu mérite une attention particulière. J'ai vu, après y avoir réfléchi, que, pour la bien entendre, il fal-

lait s'aider, non-seulement des faits qui paraissent y avoir rapport, mais encore de quelques expériences nouvelles, dont le succès ne me paraît laisser aucun doute sur la manière dont se fait cette opération de la nature. Qu'on reçoive dans un moule deux ou trois milliers de fer au sortir du fourneau, ce métal perd en peu de temps son incandescence, et cesse d'être rouge après une heure ou deux, suivant l'épaisseur plus ou moins grande du lingot. Si, dans ce moment qu'il cesse de nous paraître rouge, on le tire du moule, les parties inférieures seront encore rouges, mais perdront cette couleur en peu de temps. Or, tant que le rouge subsiste, on pourra enflammer, allumer les matières combustibles qu'on appliquera sur ce lingot: mais, dès qu'il a perdu cet état d'incandescence, il y a des matières en grand nombre qu'il ne peut plus enflammer; et cependant la chaleur qu'il répand est peut-être cent fois plus grande que celle d'un feu de paille qui néanmoins communiquerait l'inflammation à toutes ces matières: cela m'a fait penser que la flamme étant nécessaire à la communication du feu, il y avait de la flamme dans toute incandescence; la couleur rouge semble en effet nous l'indiquer: mais par l'habitude où l'on est de ne regarder comme flamme que cette matière légère qu'agite et qu'emporte l'air, on n'a pas pensé qu'il pouvait y avoir de la flamme assez dense pour ne pas obéir, comme la flamme commune, à l'impulsion de l'air; et c'est ce que j'ai voulu vérifier par quelques expériences, en approchant par des grés de ligne et de demi-ligne, des matières combustibles, près de la surface du métal en incandescence et dans l'état qui suit l'incandescence (1).

Je suis donc convaincu que les matières combustibles et même les plus fixes, telles que l'or et l'argent, sont, dans l'état d'incandescence, environnés d'une flamme dense qui ne s'étend qu'à une très-petite distance, et qui, pour ainsi dire, est attachée à leur surface; et je conçois aisément que quand la flamme devient dense à un certain degré, elle cesse d'obéir à la fluctuation de l'air. Cette couleur blanche ou rouge qui sort de tous les corps en incandescence et vient frapper nos yeux, est l'évaporation de cette flamme dense qui environne le corps en se renouvelant incessamment à sa surface; et la lumière du

(1) Voyez le détail de ces expériences dans la partie expérimentale de cet ouvrage.

soleil même n'est-elle pas l'évaporation de cette flamme dense dont brille sa surface avec si grand éclat? cette lumière ne produit-elle pas, lorsqu'on la condense, les mêmes effets que la flamme la plus vive? ne communique-t-elle pas le feu avec autant de promptitude et d'énergie? ne résiste-t-elle pas comme notre flamme dense à l'impulsion de l'air? ne suit-elle pas toujours une route directe que le mouvement de l'air ne peut ni contrarier ni changer, puisqu'en soufflant, comme je l'ai éprouvé, avec un fort soufflet sur le cône lumineux d'un miroir ardent, on ne diminue point du tout l'action de la lumière dont il est composé, et qu'on doit la regarder comme une vraie flamme plus pure et plus dense que toutes les flammes de nos matières combustibles.

C'est donc par la lumière que le feu se communique, et la chaleur seule ne peut produire le même effet que quand elle devient assez forte pour être lumineuse. Les métaux, les cailloux, les grès, les briques, les pierres calcaires, quel que puisse être leur degré différent de chaleur, ne pourront enflammer d'autres corps que quand ils seront devenus lumineux. L'eau elle-même, cet élément destructeur du feu, et par lequel seul nous pouvons en empêcher la communication, le communique néanmoins, lorsque dans un vaisseau bien fermé, tel que celui de la marmite de *Papin* (1), on la pénètre d'une assez grande quantité de feu pour la rendre lumineuse, et capable de fondre le plomb et l'étain; tandis que, quand elle n'est que bouillante, loin de propager et de communiquer le feu, elle l'éteint sur-le-champ. Il est vrai que la chaleur seule suffit pour préparer et disposer les corps combustibles à l'inflammation, et les autres à l'incandescence. La chaleur chasse des corps toutes les parties humides, c'est-à-dire l'eau qui de toutes les matières est celle qui s'oppose le plus à l'action du feu; et ce qui est remarquable, c'est que cette même chaleur qui dilate tous les corps ne laisse pas de les durcir en les séchant. Je l'ai reconnu cent fois en examinant les pierres de mes grands fourneaux, surtout les pierres calcaires; elles prennent une aug-

mentation de dureté proportionnée au temps qu'elles ont éprouvé la chaleur: celles, par exemple, des parois extérieures du fourneau, et qui ont reçu sans interruption, pendant cinq ou six mois de suite, quatre-vingts ou quatre-vingt-cinq degrés de chaleur constante, deviennent si dures, qu'on a de la peine à les entamer avec les instruments ordinaires du tailleur de pierres; on dirait qu'elles ont changé de qualité, quoique néanmoins elles la conservent à tous autres égards; car ces mêmes pierres n'en font pas moins de la chaux comme les autres, lorsqu'on leur applique le degré de feu nécessaire à cette opération.

Ces pierres, devenues dures par la longue chaleur qu'elles ont éprouvée, deviennent en même temps spécifiquement plus pesantes (2); de là j'ai cru devoir tirer une induction qui prouve, et même confirme pleinement, que la chaleur, quoiqu'en apparence, toujours fugitive et jamais stable dans les corps qu'elle pénètre, et dont elle semble constamment s'efforcer de sortir, y dépose néanmoins d'une manière très-stable beaucoup de parties qui s'y fixent, et remplacent, en quantité même plus grande, les parties aqueuses et autres qu'elle en a chassées. Mais ce qui paraît contraire ou du moins très-difficile à concilier ici, c'est que cette même pierre calcaire qui devient spécifiquement plus pesante par l'action d'une chaleur modérée, long-temps continuée, devient tout à coup plus légère de près d'une moitié de son poids, dès qu'on la soumet au grand feu nécessaire à sa calcination; et qu'elle perd en même temps, non-seulement toute la dureté qu'elle avait acquise par l'action de la simple chaleur, mais même sa dureté naturelle, c'est-à-dire la cohérence de ses parties constituantes: effet singulier dont je renvoie l'explication à l'article suivant, où je traiterai de l'air, de l'eau et de la terre, parce qu'il me paraît tenir encore plus à la nature de ces trois éléments qu'à celle de l'élément du feu.

Mais c'est ici le lieu de parler de la calcination: prise généralement, elle est pour les corps fixes et incombustibles ce qu'est la combustion pour les matières volatiles et inflammables; la calcination a besoin, comme la combustion, du secours de l'air, elle s'opère d'autant plus vite qu'on lui fournit une

(1) Dans le *digesteur* de *Papin*, la chaleur de l'eau est portée au point de fondre le plomb et l'étain qu'on y a suspendus avec du fil de fer ou de laiton. (Musschenbroeck, *Essai de physique*, page 434, cité par M. de Mairan, *Dissertation sur la glace*, page 192.)

(2) Voyez sur cela les expériences dont je rends compte dans la partie expérimentale de cet ouvrage.

plus grande quantité d'air ; sans cela le feu le plus violent ne peut rien calciner, rien enflammer que les matières qui contiennent en elles-mêmes, et fournissent, à mesure qu'elles brûlent ou se calcinent, tout l'air nécessaire à la combustion ou à la calcination des substances avec lesquelles on les mêle. Cette nécessité du concours de l'air dans la calcination, comme dans la combustion, indique qu'il y a plus de choses communes entre elles qu'on ne l'a soupçonné. L'application du feu est le principe de toutes deux ; celle de l'air en est la cause seconde, et presque aussi nécessaire que la première : mais ces deux causes se combinent inégalement, selon qu'elles agissent en plus ou moins de temps, avec plus ou moins de force sur des substances différentes ; il faut, pour en raisonner juste, se rappeler les effets de la calcination, et les comparer entre eux et avec ceux de la combustion.

La combustion s'opère promptement et quelquefois se fait en un instant ; la calcination est toujours plus lente, et quelquefois si longue, qu'on la croit impossible. A mesure que les matières sont plus inflammables et qu'on leur fournit plus d'air, la combustion s'en fait avec plus de rapidité ; et, par la raison inverse, à mesure que les matières sont plus incombustibles la calcination s'en fait avec plus de lenteur. Et lorsque les parties constituantes d'une substance telle que l'or sont non-seulement incombustibles, mais paraissent si fixes qu'on ne peut les volatiliser, la calcination ne produit aucun effet, quelque violente qu'elle puisse être. On doit donc considérer la calcination et la combustion comme des effets du même ordre, dont les deux extrêmes nous sont désignés par le phosphore, qui est le plus inflammable de tous les corps, et par l'or, qui de tous est le plus fixe et le moins combustible ; toutes les substances comprises entre ces deux extrêmes seront plus ou moins sujettes aux effets de la combustion ou de la calcination, selon qu'elles s'approcheront plus ou moins de ces deux extrêmes : de sorte que, dans les points milieux, il se trouvera des substances qui éprouveront au feu combustion et calcination en degré presque égal ; d'où nous pouvons conclure, sans craindre de nous tromper, que toute calcination est toujours accompagnée d'un peu de combustion, et que de même toute combustion est accompagnée d'un peu de calcination. Les cendres et les autres résidus des matières les plus combus-

tibles ne démontrent-ils pas que le feu a calciné toutes les parties qu'il n'a pas brûlées, et que par conséquent un peu de calcination se trouve ici avec beaucoup de combustion ? La petite flamme qui s'élève de la plupart des matières qu'on calcine, ne démontre-t-elle pas de même qu'il s'y fait un peu de combustion ? Ainsi, nous ne devons pas séparer ces deux effets, si nous voulons bien saisir les résultats de l'action du feu sur les différentes substances auxquelles on l'applique.

Mais, dira-t-on, la combustion détruit les corps ou du moins en diminue toujours le volume ou la masse, en raison de la quantité de matière qu'elle enlève ou consume ; la calcination fait souvent le contraire, et augmente la pesanteur d'un grand nombre de matières : doit-on dès-lors considérer ces deux effets, dont les résultats sont si contraires, comme des effets du même ordre ? L'objection paraît fondée, et mérite réponse, d'autant que c'est ici le point le plus difficile de la question. Je crois néanmoins pouvoir y satisfaire pleinement. Considérons pour cela une matière dans laquelle nous supposons moitié de parties fixes et moitié de parties volatiles ou combustibles ; il arrivera, par l'application du feu, que toutes ces parties volatiles ou combustibles seront enlevées ou brûlées, et par conséquent séparées de la masse totale ; dès-lors cette masse ou quantité de matière se trouvera diminuée de moitié, comme nous le voyons dans les pierres calcaires qui perdent au feu près de la moitié de leur poids. Mais si l'on continue à appliquer le feu pendant un très-long temps à cette moitié toute composée de parties fixes, n'est-il pas facile de concevoir que toute combustion, toute volatilisation étant cessées, cette matière, au lieu de continuer à perdre de sa masse, doit au contraire en acquérir aux dépens de l'air et du feu dont on ne cesse de la pénétrer ; et celles qui, comme le plomb, ne perdent rien, mais gagnent par l'application du feu, sont des matières déjà calcinées, préparées par la nature au degré où la combustion a cessé, et susceptibles, par conséquent, d'augmenter de pesanteur dès les premiers instants de l'application du feu ? Nous avons vu que la lumière s'amortit et s'éteint à la surface de tous les corps qui ne la réfléchissent pas ; nous avons vu que la chaleur, par sa longue résidence, se fixe en partie dans les matières qu'elle pénètre ; nous savons que l'air, presque aussi nécessaire à la calcination qu'à la

combustion, et toujours d'autant plus nécessaire à la calcination que les matières ont plus de fixité, se fixe lui-même dans l'intérieur des corps, et en devient partie constituante : dès-lors n'est-il pas très-naturel de penser que cette augmentation de pesanteur ne vient que de l'addition des particules de lumière, de chaleur et d'air, qui se sont enfin fixées et unies à une matière contre laquelle elles ont fait tant d'efforts, sans pouvoir ni l'enlever ni la brûler? Cela est si vrai, que quand on leur présente ensuite une substance combustible avec laquelle elles ont bien plus d'analogie, ou plutôt de conformité de nature, elles s'en saisissent avidement, quittent la matière fixe à laquelle elles n'étaient, pour ainsi dire, attachées que par force, reprennent par conséquent leur mouvement naturel, leur élasticité, leur volatilité, et partent toutes avec la matière combustible, à laquelle elles viennent de se joindre. Dès-lors le métal ou la matière calcinée, à laquelle vous avez rendu ces parties volatiles qu'elle avait perdues par sa combustion, reprend sa première forme, et sa pesanteur se trouve diminuée de toute la quantité des particules de feu et d'air qui s'étaient fixées, et qui viennent d'être enlevées par cette nouvelle combustion. Tout cela s'opère par la seule loi des affinités; et, après ce qui vient d'être dit, il me semble qu'il n'y a pas plus de difficulté à concevoir comment la chaux d'un métal se réduit, que d'entendre comment il se précipite en dissolution: la cause est la même et les effets sont pareils. Un métal dissous par un acide se précipite lorsqu'on présente à cet acide une autre substance avec laquelle il a plus d'affinité qu'avec le métal; l'acide le quitte alors et le laisse tomber. De même ce métal calciné, c'est-à-dire chargé de parties d'air, de chaleur et de feu, qui s'étant fixées le tiennent sous la forme d'une chaux, se précipitera, ou, si l'on veut, se réduira, lorsqu'on présentera à ce feu et à cet air fixes, des matières combustibles, avec lesquelles ils ont plus d'affinité qu'avec le métal, qui reprendra sa première forme dès qu'il sera débarrassé de cet air et de ce feu superflus, et qu'il aura repris, aux dépens des matières combustibles qu'on lui présente, les parties volatiles qu'il avait perdues.

Cette explication me paraît si simple, et si claire, que je ne vois pas ce qu'on peut y opposer. L'obscurité de la chimie vient en grande partie de ce qu'on en a peu géné-

ralisé les principes, et qu'on ne les a pas réunis à ceux de la haute physique. Les chimistes ont adopté les affinités sans les comprendre, c'est-à-dire sans entendre le rapport de la cause à l'effet, qui néanmoins n'est autre que celui de l'attraction universelle; ils ont créé leur phlogistique sans savoir ce que c'est, et cependant c'est de l'air et du feu fixes; ils ont formé, à mesure qu'ils en ont eu besoin, des êtres idéaux, des *minéralisateurs*, des *terres mercurielles*, des noms, des termes d'autant plus vagues, que l'acception en est plus générale. J'ose dire que M. Macquer (1) et M. de Morveau (2) sont les premiers de nos chimistes qui aient commencé à parler français (3). Cette science va donc naître, puisqu'on commence à la parler; et on la parlera d'autant mieux, on l'entendra d'autant plus aisément, qu'on en bannira le plus de mots techniques, qu'on renoncera de meilleure foi à tous ces petits principes secondaires tirés de la méthode, qu'on s'occupera davantage de les déduire des principes généraux de la mécanique rationnelle, qu'on cherchera avec plus de soin à les ramener aux lois de la nature, et qu'on sacrifiera plus volontiers la commodité d'expliquer d'une manière précaire et selon l'art les phénomènes de la composition ou de la décomposition des substances à la difficulté de les présenter pour tels qu'ils sont, c'est-à-dire pour des effets particuliers dépendants d'effets plus généraux qui sont les seules vraies causes, les seuls principes réels auxquels on doive s'attacher, si l'on veut avancer la science de la philosophie naturelle.

Je crois avoir démontré (4) que toutes les petites lois des affinités chimiques, qui paraissent si variables, si différentes entre elles, ne sont cependant pas autres que la loi générale de l'attraction commune à toute la matière; que cette grande loi, toujours constante, toujours la même, ne paraît varier que par son expression, qui ne peut pas être

(1) Dictionnaire de chimie; Paris, 1766.

(2) Digressions académiques; Dijon, 1772.

(3) Dans le moment même qu'on imprime ces feuilles, paraît l'ouvrage de M. Baumé, qui a pour titre : *Chimie expérimentale et raisonnée*. L'auteur, non-seulement y parle une langue intelligible, mais s'y montre partout aussi bon physicien que grand chimiste, et j'ai eu la satisfaction de voir que quelques-unes de ses idées générales s'accordent avec les miennes.

(4) Voyez dans cet ouvrage l'article qui a pour titre : *De la nature, seconde vue*.

la même, lorsque la figure des corps entre comme élément dans leur distance. Avec cette nouvelle clef, on pourra scruter les secrets les plus profonds de la nature; on pourra parvenir à connaître la figure des parties primitives des différentes substances, assigner les lois et les degrés de leurs affinités, déterminer les formes qu'elles prendront en se réunissant, etc. Je crois de même avoir fait entendre comment l'impulsion dépend de l'attraction, et que, quoiqu'on puisse la considérer comme une force différente, elle n'est néanmoins qu'un effet particulier de cette force unique et générale. J'ai présenté la communication du mouvement comme impossible, autrement que par le ressort; d'où j'ai conclu que tous les corps de la nature sont plus ou moins élastiques, et qu'il n'y en a aucun qui soit parfaitement dur, c'est-à-dire entièrement privé de ressort, puisque tous sont susceptibles de recevoir du mouvement. J'ai tâché de faire connaître comment cette force unique pouvait changer de direction, et d'attractive devenir tout à coup répulsive. Et de ces grands principes, qui tous sont fondés sur la mécanique rationnelle, j'ai

essayé de déduire les principales opérations de la nature, telles que la production de la lumière, de la chaleur, du feu et de leur action sur les différentes substances; ce dernier objet, qui nous intéresse le plus est un champ vaste, dont le défrichement suppose plus d'un siècle, et dont je n'ai pu cultiver qu'un espace médiocre, en remettant à des mains plus habiles ou plus laborieuses les instruments dont je me suis servi. Ces instruments sont les trois moyens d'employer le feu par sa vitesse, par son volume et par sa masse, en l'appliquant concurremment aux trois classes des substances, qui toutes ou perdent, ou gagnent, ou ne perdent ni ne gagnent par l'application du feu. Les expériences que j'ai faites sur le refroidissement des corps, sur la pesanteur réelle du feu, sur la nature de la flamme, sur le progrès de la chaleur, sur sa communication, sa déperdition, sa concentration, sur sa violente action sans flamme, etc., sont encore autant d'instruments qui épargneront beaucoup de travail à ceux qui voudront s'en servir, et produiront une très-ample moisson de connaissances utiles.

DES ÉLÉMENTS.

SECONDE PARTIE.

DE L'AIR, DE L'EAU ET DE LA TERRE.

Nous avons vu que l'air est l'admicule nécessaire et le premier aliment du feu, qui ne peut ni subsister, ni se propager, ni s'augmenter, qu'autant qu'il se l'assimile, le consume ou l'emporte; tandis que de toutes les substances matérielles l'air est au contraire celle qui paraît exister le plus indépendamment, et subsister le plus aisément, le plus constamment, sans le secours ou la présence du feu. Car, quoiqu'il ait habituellement la même chaleur à peu près que les autres matières à la surface de la terre, il pourrait s'en passer, et il lui en faut infiniment moins qu'à tout autre pour entretenir sa fluidité, puisque les froids les plus excessifs, soit naturels, soit artificiels, ne lui font rien perdre de sa nature; que les condensations les plus fortes ne sont pas capables de rompre son ressort; que le feu actif, ou plutôt actuellement en exercice sur les matières combustibles, est le seul agent qui puisse altérer sa nature en le raréfiant, c'est-à-dire en affaiblissant, en étendant son ressort jusqu'au point de le rendre sans effet et de détruire ainsi son élasticité. Dans cet état de trop grande expansion et d'affaiblissement extrême de son ressort, et dans toutes les nuances qui précèdent cet état, l'air est capable de reprendre son élasticité à mesure que les vapeurs des matières combustibles qui l'avaient affaibli s'évaporèrent et s'en séparent. Mais si le ressort a été totalement affaibli, et si prodigieusement étendu, qu'il ne puisse plus se resserrer ni se restituer, ayant perdu toute sa puissance élastique, l'air, de volatil qu'il était auparavant, devient une substance fixe qui s'incorpore avec les autres substances, et fait dès-lors partie constituante de toutes celles auxquelles il s'unit par le contact, ou dans lesquelles il pénètre à l'aide de la chaleur. Sous cette nouvelle forme, il ne peut plus abandonner le feu que pour s'unir comme matière fixe à d'autres matières fixes; et s'il en reste quel-

ques parties inséparables du feu, elles font dès-lors portion de cet élément; elles lui servent de base et se déposent avec lui dans les substances qu'ils échauffent et pénètrent ensemble. Cet effet, qui se manifeste dans toutes les calcinations, est d'autant plus sûr et d'autant plus sensible que la chaleur est appliquée plus long-temps. La combustion ne demande que peu de temps pour se faire, même complètement, au lieu que toute calcination suppose beaucoup de temps. Il faut, pour l'accélérer, amener à la surface, c'est-à-dire présenter successivement à l'air, les matières que l'on veut calciner; il faut les fondre ou les diviser en parties impalpables, pour qu'elles offrent à cet air plus de superficie; il faut même se servir de soufflets, moins pour augmenter l'ardeur du feu, que pour établir un courant d'air sur la surface des matières, si l'on veut presser leur calcination; et, pour la compléter avec tous ces moyens, il faut souvent beaucoup de temps(1); d'où l'on doit conclure qu'il faut aussi une assez longue résidence de l'air devenu fixe dans les substances terrestres, pour qu'il s'établisse à demeure sous cette nouvelle forme.

Mais il n'est pas nécessaire que le feu soit violent pour faire perdre à l'air son élasticité; le plus petit feu, et même une chaleur très-médiocre, dès qu'elle est immédiatement et constamment appliquée sur une petite quantité d'air, suffisent pour en détruire le

(1) Je ne sais si l'on ne calcinerait pas l'or, non pas en le tenant, comme Boyle ou Kunkel, pendant un très-long temps, dans un fourneau de verrerie, où la vitesse de l'air n'est pas grande, mais en le mettant près de la tuyère d'un bon fourneau à vent, et le tenant en fusion dans un vaisseau ouvert, où l'on plongerait une petite spatule, qu'on ajusterait de manière qu'elle tournerait incessamment, et retournerait continuellement l'or en fusion: car il n'y a pas de comparaison entre la force de ces feux, parce que l'air est ici bien plus accéléré que dans les fourneaux de verrerie.

ressort : et pour que cet air sans ressort se fixe ensuite dans les corps, il ne faut qu'un peu plus ou un peu moins de temps, selon le plus ou moins d'affinité qu'il peut avoir sous cette nouvelle forme avec les matières auxquelles il s'unit. La chaleur du corps des animaux et même des végétaux est encore assez puissante pour produire cet effet : les degrés de chaleur sont différents dans les différents genres d'animaux ; et, à commencer par les oiseaux, qui sont les plus chauds de tous, on passe successivement aux quadrupèdes, à l'homme, aux cétacées, qui le sont moins ; aux reptiles, aux poissons, aux insectes, qui le sont beaucoup moins, et enfin aux végétaux, dont la chaleur est si petite, qu'elle a paru nulle aux observateurs (1), quoiqu'elle soit très-réelle et qu'elle surpasse en hiver celle de l'atmosphère. J'ai observé sur un grand nombre de gros arbres coupés dans un temps froid, que leur intérieur était très-sensiblement chaud, et que cette chaleur durait pendant plusieurs minutes après leur abattage : ce n'est pas le mouvement violent de la cognée, ou le frottement brusque et réitéré de la scie, qui produisent seuls cette chaleur ; car en fendant ensuite ce bois avec des coins, j'ai vu qu'il était chaud à deux ou trois pieds de distance de l'endroit où l'on avait placé les coins, et que par conséquent il avait un degré de chaleur assez sensible dans tout son intérieur. Cette chaleur n'est que très-médiocre tant que l'arbre est jeune et qu'il se porte bien, mais dès qu'il commence à vieillir, le cœur s'échauffe par la fermentation de la sève, qui n'y circule plus avec la même liberté ; cette partie du centre prend en s'échauffant une teinte rouge, qui est le premier indice du dépérissement de l'arbre et de la désorganisation du bois. J'en ai manié des morceaux dans cet état, qui étaient aussi chauds que si on les eût fait chauffer au feu. Si les observateurs n'ont pas

trouvé qu'il y eût aucune différence entre la température de l'air et la chaleur des végétaux, c'est qu'ils ont fait leurs observations en mauvaise saison, et qu'ils n'ont pas fait attention qu'en été la chaleur de l'air est aussi grande et plus grande que celle de l'intérieur d'un arbre, tandis qu'en hiver c'est tout le contraire ; ils ne se sont pas souvenus que les racines ont constamment au moins le degré de la chaleur de la terre qui les environne, et que cette chaleur de l'intérieur de la terre est, pendant tout l'hiver, considérablement plus grande que celle de l'air et de la surface de la terre refroidie par l'air : ils ne se sont pas rappelé que les rayons du soleil, tombant trop vivement sur les feuilles et sur les autres parties délicates des végétaux, non-seulement les échauffent, mais les brûlent ; qu'ils échauffent de même à un très-grand degré l'écorce et le bois dont ils pénètrent la surface, dans laquelle ils s'amortissent et se fixent : ils n'ont pas pensé que le mouvement seul de la sève, déjà chaude, est une cause nécessaire de chaleur, et que ce mouvement venant à augmenter par l'action du soleil ou d'une autre chaleur extérieure, celle des végétaux doit être d'autant plus grande que le mouvement de leur sève est plus accéléré, etc. Je n'insiste si long-temps sur ce point qu'à cause de son importance ; l'uniformité du plan de la nature serait violée, si, ayant accordé à tous les animaux un degré de chaleur supérieur à celui des matières brutes, elle l'avait refusé aux végétaux, qui, comme les animaux, ont leur espèce de vie.

Mais ici l'air contribue encore à la chaleur animale et vitale, comme nous avons vu plus haut qu'il contribuait à l'action du feu dans la combustion et la calcination des matières combustibles et calcinables. Les animaux qui ont des poumons, et qui par conséquent respirent l'air, ont toujours plus de chaleur que ceux qui en sont privés ; et plus la surface intérieure des poumons est étendue et ramifiée en un plus grand nombre de cellules ou de bronches, plus, en un mot, elle présente de superficie à l'air que l'animal tire par l'inspiration, plus aussi son sang devient chaud, et plus il communique de chaleur à toutes les parties du corps qu'il abreuve ou nourrit ; et cette proportion a lieu dans tous les animaux connus. Les oiseaux ont, relativement au volume de leur corps, les poumons considérablement plus étendus que l'homme ou les quadrupèdes ; les reptiles, même ceux qui ont de la voix,

(1) « Dans toutes les expériences que j'ai tentées » (dit le docteur Martine), je n'ai pu découvrir » qu'aucun des végétaux acquit en vertu du principe de vie un degré de chaleur supérieur à celui du milieu environnant, et qui pût être distingué ; » au contraire, tous les animaux, quelque peu que leur vie soit animée, ont un degré de chaleur plus considérable que celui de l'air ou de l'eau où ils vivent. » (*Essais sur les thermomètres*, article 37, édition in-12 ; Paris, 1751.) — « On ne découvre » au toucher aucun degré de chaleur dans les plantes, soit dans leurs larmes, soit dans le cœur de leur tige. » (Bacon, nov. Organ. 11, 12.)

comme les grenouilles, n'ont, au lieu de poumons, qu'une simple vessie; les insectes, qui n'ont que peu ou point de sang, ne pompent l'air que par quelques trachées, etc. Aussi, en prenant le degré de la température de la terre pour terme de comparaison, j'ai vu que cette chaleur étant supposée de 10 degrés, celle des oiseaux était de près de 33 degrés, celle de quelques quadrupèdes de plus de 31 $\frac{1}{2}$ degrés, celle de l'homme de 30 $\frac{1}{2}$ ou 31 (1), tandis que celle des grenouilles n'est que de 15 ou 16, celle des poissons et des

(1) « A mon thermomètre (dit le docteur Martine), où le terme de la congélation est marqué » 32, j'ai trouvé que ma peau, partout où elle était » bien couverte, élevait le mercure au degré 96 » ou 97. . . . que l'urine nouvellement rendue et » reçue dans un vase de la même température qu'elle, » est à peine d'un degré plus chaude que la peau, » et nous pouvons supposer qu'elle est à peu près » au degré des viscères voisins. . . Dans les quadru- » pèdes ordinaires, tels que les chiens, les chats, » les brebis, les bœufs, les cochons, etc., la cha- » leur de la peau élève le thermomètre 4 ou 5 de- » grés plus haut que dans l'homme, et le porte aux » degrés 100, 101, 102, et dans quelques-uns au » degré 103, ou même un peu plus haut. . . . La » chaleur des cétacées est égale à celle des quadru- » pèdes. . . . J'ai trouvé que la chaleur de la peau » du veau marin était proche du degré 102, et celle » de la cavité de l'abdomen environ un degré plus » haut. . . Les oiseaux sont les plus chauds de tous » les animaux, et surpassent de 3 ou 4 degrés les » quadrupèdes, suivant l'expérience que j'en ai faite » moi-même sur les canards, les oies, les poules, » les pigeons, les perdrix, les hirondelles; la boule » du thermomètre placée entre leurs cuisses, le mer- » cure s'élevait aux degrés 103, 104, 105, 106, » 107. » Le même observateur a reconnu que les chenilles n'avaient que très-peu de chaleur, environ 2 ou 3 degrés au-dessus de l'air dans lequel elles vivent. « Ainsi, dit-il, la classe des animaux froids » est formée par toute la famille des insectes, hor- » mis les abeilles qui font une exception singu- » lière (*). . . . J'ai trouvé, par des expériences

(*) *Nota.* Je ne sais pas s'il faut faire ici une exception pour les abeilles, comme l'ont fait la plupart de nos observateurs, qui prétendent que ces mouches ont autant de chaleur que les animaux qui respirent, parce que leur ruche est aussi chaude que le corps de ces animaux: il me semble que cette chaleur de l'intérieur de la ruche n'est point du tout la chaleur de chaque abeille, mais la somme totale de la chaleur qui s'évapore des corps de neuf ou dix mille individus réunis dans cet espace où leur mouvement continué doit l'augmenter encore; et en divisant cette somme générale de chaleur par la quantité particulière de chaleur qui s'évapore de chaque individu, on trouverait peut-être que l'abeille n'a pas plus de chaleur qu'une autre mouche.

insectes de 11 ou 12, c'est-à-dire la moindre de toutes, et à très-peu près la même que celle des végétaux. Ainsi le degré de chaleur dans l'homme et dans les animaux dépend de la force et de l'étendue des poumons: ce sont les soufflets de la machine animale; ils en entretiennent et augmentent le feu selon qu'ils sont plus ou moins puissants, et que leur mouvement est plus ou moins prompt. La seule difficulté est de concevoir comment ces espèces de soufflets (dont la construction est aussi supérieure à celle de nos soufflets d'usage que la nature est au-dessus de nos arts) peuvent porter l'air sur le feu qui nous anime; feu dont le foyer paraît assez indéterminé, feu qu'on n'a pas même voulu qualifier de ce nom, parce qu'il est sans flamme, sans fumée apparente, et que sa chaleur n'est que très-médiocre et assez uniforme. Cependant, si l'on considère que la chaleur et le feu sont des effets et même des éléments du même ordre, si l'on se rappelle que la chaleur raréfie l'air, et qu'en étendant son ressort elle peut l'affaiblir au point de le rendre sans effet, on pourra penser que cet air tiré par nos poumons, s'y raréfiant beaucoup, doit perdre son ressort dans les bronches et dans les petites vésicules où il ne peut pénétrer qu'en très-petit volume, et en bulles dont le ressort déjà très-étendu, sera bientôt détruit

» fréquentes, que la chaleur d'un essaim d'abeilles » élevait le thermomètre qui en était entouré au degré 97, chaleur qui ne cède point à la nôtre. » La chaleur des autres animaux d'une vie faible » excède peu la chaleur du milieu environnant; à » peine distingue-t-on quelques différences dans les » moules et dans les huîtres, très-peu dans les car- » relets, les merlans, les merlus et autres poissons à » ouïes, qui m'ont tous paru avoir à peine un degré » de plus que l'eau de mer dans laquelle ils vivent, » et qui était, lors de mon observation, au degré » 41. Enfin, il n'y en a guère plus dans les poissons » de rivière, et quelques truites que j'ai examinées » étaient au degré 62, pendant que l'eau de la rivière était au degré 61. . . . Suivant le résultat de plusieurs expériences, j'ai trouvé que les limaçons » étaient de 2 degrés plus chauds que l'air. Les gre- » nouilles et les tortues de terre m'ont paru avoir » quelque chose de plus, et environ 5 degrés de plus » que l'air qu'elles respiraient. . . . J'ai aussi examiné la chaleur d'une carpe et celle d'une anguille, » et j'ai trouvé qu'elles excédaient à peine la chaleur » de l'eau où ces poissons vivaient, et qui était au » degré 54. » (*Essais sur les thermomètres*, art. 38, 39, 40, 41, 44, 45, 46 et 47.)

par la chaleur du sang artériel et veineux ; car ces vaisseaux du sang ne sont séparés des vésicules pulmonaires qui reçoivent l'air que par des cloisons si minces , qu'elles laissent aisément passer cet air dans le sang où il ne peut manquer de produire le même effet que sur le feu commun ; parce que le degré de chaleur de ce sang est plus que suffisant pour détruire en entier l'élasticité des particules d'air , les fixer et les entraîner sous cette nouvelle forme dans toutes les voies de la circulation. Le feu du corps animal ne diffère du feu commun que du moins au plus ; le degré de chaleur est moindre : dès-lors il n'y a point de flamme , parce que les vapeurs qui s'élèvent , et qui représentent la fumée de ce feu , n'ont pas assez de chaleur pour s'enflammer ou devenir ardentes , et qu'étant d'ailleurs mêlées de beaucoup de parties humides qu'elles enlèvent avec elles , ces vapeurs ou cette fumée ne peuvent ni s'allumer ni brûler (1). Tous les autres effets

sont absolument les mêmes : la respiration d'un petit animal absorbe autant d'air que la lumière d'une chandelle ; dans des vaisseaux fermés , de capacités égales , l'animal meurt en même temps que la chandelle s'éteint. Rien ne peut démontrer plus évidemment que le feu de l'animal et celui de la chandelle , ou de toute autre matière combustible allumée , sont des feux non-seulement du même ordre , mais d'une seule et même nature , auxquels le secours de l'air est également nécessaire , et qui tous deux se l'approprient de la même manière , l'absorbent comme aliment , l'entraînent dans leur route , ou le déposent , sous une forme fixe , dans les substances qu'ils pénètrent.

Les végétaux et la plupart des insectes n'ont , au lieu de poumons , que des tuyaux aspiratoires , des espèces de trachées par lesquelles ils ne laissent pas de pomper tout l'air qui leur est nécessaire ; on le voit passer en bulles très-sensibles dans la sève de la

(1) J'ai fait une grande expérience au sujet de l'inflammation de la fumée. J'ai rempli de charbon sec et conservé à couvert depuis plus de six mois deux de mes fourneaux , qui ont également 14 pieds de hauteur , et qui ne diffèrent dans leur construction que par les proportions des dimensions en largeur , le premier contenant juste un tiers de plus que le second. J'ai rempli l'un avec 1200 livres de ce charbon , et l'autre avec 800 livres , et j'ai adapté au plus grand un tuyau d'aspiration construit avec un châssis de fer , garni de tôle , qui avait 13 pouces en carré sur 10 pieds de hauteur ; je lui avais donné 13 pouces sur les quatre côtés , pour qu'il remplît exactement l'ouverture supérieure du fourneau , qui était carrée , et qui avait 13 pouces $\frac{1}{2}$ de toutes faces. Avant de remplir ces fourneaux , on avait préparé dans le bas une petite cavité en forme de voûte , soutenue par des bois secs , sous lesquels on mit le feu au moment qu'on commença de charger de charbon ; ce feu , qui était d'abord vif , se ralentit à mesure qu'on chargeait , cependant il subsista toujours sans s'éteindre ; et lorsque les fourneaux furent remplis en entier , j'en examinai le progrès et le produit , sans le remuer et sans y rien ajouter. Pendant les six premières heures , la fumée , qui avait commencé de s'élever au moment qu'on avait commencé de charger , était très-humide ; ce que je reconnaissais aisément par les gouttes d'eau qui paraissaient sur les parties extérieures du tuyau d'aspiration ; et ce tuyau n'était encore au bout de six heures que médiocrement chaud , car je pouvais le toucher aisément. On laissa le feu , le tuyau et les fourneaux pendant toute la nuit dans cet état ; la fumée , continuant toujours , devint si abondante , si épaisse et si noire , que le lendemain , en arrivant à mes forges , je crus qu'il y avait un incendie. L'air était calme ;

et comme le vent ne dissipait pas la fumée , elle enveloppait les bâtiments et les dérobaît à ma vue : elle durait déjà depuis vingt-six heures. J'allai à mes fourneaux , je trouvai que le feu , qui n'était allumé qu'à la partie du bas , n'avait pas augmenté , qu'il se soutenait au même degré ; mais la fumée , qui avait donné de l'humidité dans les six premières heures était devenue plus sèche , et paraissait néanmoins tout aussi noire. Le tuyau d'aspiration ne pompait pas davantage ; il était seulement un peu plus chaud , et la fumée ne formait plus de gouttes sur la surface extérieure. La cavité des fourneaux , qui avait 14 pieds de hauteur , se trouva vide , au bout des vingt-six heures , d'environ trois pieds ; je les fis remplir , l'un avec 50 et l'autre avec 75 livres de charbon , et je fis remettre tout de suite le tuyau d'aspiration qu'on avait été obligé d'enlever pour charger. Cette augmentation d'aliment n'augmenta pas le feu ni même la fumée ; elle ne changea rien à l'état précédent. J'observai le tout pendant huit heures de suite , m'attendant à tout instant à voir paraître la flamme , et ne concevant pas pourquoi cette fumée d'un charbon si sec , et si sèche elle-même , qu'elle ne déposait pas la moindre humidité , ne s'enflammait pas d'elle-même après trente-quatre heures de feu toujours subsistant au bas des fourneaux ; je les abandonnai donc une seconde fois dans cet état , et donnai ordre de n'y pas toucher. Le jour suivant , douze heures après les trente-quatre , je trouvai le même brouillard épais , la même fumée noire couvrant mes bâtiments ; et ayant visité mes fourneaux , je vis que le feu d'en bas était toujours le même , la fumée la même et sans aucune humidité , et que la cavité des fourneaux était vide de 3 pieds 2 pouces dans le plus petit , et de 2 pieds 9 pouces seulement dans le plus grand , auquel était adapté le tuyau d'aspiration : je le remplis

vigne : il est non-seulement pompé par les racines, mais souvent même par les feuilles; il fait partie, et partie très-essentielle, de la nourriture du végétal, qui dès-lors se l'assimile, le fixe et le conserve. Le petit degré de la chaleur végétale, joint à celui de la chaleur du soleil, suffit pour détruire le ressort de l'air contenu dans la sève, surtout lorsque cet air, qui n'a pu être admis dans le corps de la plante et arriver à la sève qu'après avoir passé par des tuyaux très-serrés, se trouve divisé en particules presque infiniment petites, que le moindre degré de chaleur suffit pour rendre fixes. L'expérience confirme pleinement tout ce que je viens d'avancer : les matières animales et végétales contiennent toutes une très-grande quantité de cet air fixe; et c'est en quoi consiste l'un des principes de leur inflammabilité. Toutes les matières combus-

tibles contiennent beaucoup d'air; tous les animaux et les végétaux, toutes leurs parties, tous leurs détriments, toutes les matières qui en proviennent, toutes les substances où ces détriments se trouvent mélangés, contiennent plus ou moins d'air fixe, et la plupart renferment aussi une certaine quantité d'air élastique. On ne peut douter de ces faits, dont la certitude est acquise par les belles expériences du docteur Hales, et dont les chimistes ne me paraissent pas avoir senti toute la valeur; car ils auraient reconnu depuis long-temps que l'air fixe doit jouer en grande partie le rôle de leur phlogistique; ils n'auraient pas adopté ce terme nouveau, qui ne répond à aucune idée précise, et ils n'en auraient pas fait la base de toutes leurs explications des phénomènes chimiques; ils ne l'auraient pas donné pour un être identique et toujours le même, puisqu'il est composé d'air et de feu, tantôt dans un état fixe, et tantôt dans celui de la plus grande volatilité. Et ceux d'entre eux qui ont regardé le phlogistique comme le produit du feu élémentaire ou de la lumière, se sont moins éloignés de la vérité, parce que le feu ou la lumière produisent, par le secours de l'air, tous les effets du phlogistique.

avec 66 livres de charbon, et l'autre avec 54, et je résolus d'attendre aussi long-temps qu'il serait nécessaire pour savoir si cette fumée ne viendrait pas enfin à s'enflammer. Je passai neuf heures à l'examiner de temps à autre; elle était très-sèche, très-suffocante, très-sensiblement chaude, mais toujours noire et sans flamme au bout de cinquante-cinq heures. Dans cet état, je la laissai pour la troisième fois. Le jour suivant, treize heures après les cinquante-cinq, je la retrouvai encore de même, le charbon de mes fourneaux baissé de même; et, comme je réléchissais sur cette consommation de charbon sans flamme, qui était environ moitié de la consommation qui s'en fait dans le même temps et dans les mêmes fourneaux lorsqu'il y a de la flamme, je commençai à croire que je pourrais bien user beaucoup de charbon sans avoir de flamme, puisque depuis trois jours on avait chargé trois fois les fourneaux (car j'oubliais de dire que ce jour même on venait de remplir la cavité vide du grand fourneau avec les 80 livres de charbon, et celle du petit avec 60 livres); je les laissai néanmoins fumer encore plus de cinq heures. Après avoir perdu l'espérance de voir cette fumée s'enflammer d'elle-même, je la vis tout d'un coup prendre feu, et faire une espèce d'explosion dans l'instant même qu'on lui présenta la flamme légère d'une poignée de paille; le tourbillon entier de la fumée s'enflamma jusqu'à 8 à 10 pieds de distance et autant de hauteur; la flamme pénétra la masse du charbon, et descendit dans le même moment jusqu'au bas du fourneau, et continua à brûler de la manière ordinaire; le charbon se consumait une fois plus vite, quoique le feu d'en bas ne parût guère plus animé; mais je suis convaincu que mes fourneaux auraient éternellement fumé, si l'on n'eût pas allumé la fumée; et rien ne me prouva mieux que la flamme n'est que de la fumée qui brûle, et que la communication du feu ne peut se faire que par la flamme.

Les minéraux, qui, comme les soufres et les pyrites, contiennent dans leur substance une quantité plus ou moins grande des détriments ultérieurs des animaux et des végétaux, renferment dès-lors des parties combustibles qui, comme toutes les autres, contiennent plus ou moins d'air fixe, mais toujours beaucoup moins que les substances purement animales ou végétales. On peut également leur enlever cet air fixe par la combustion : on peut aussi le dégager par le moyen de l'effervescence; et, dans les matières animales et végétales, on le dégage par la simple fermentation qui, comme la combustion, a toujours besoin d'air pour s'opérer. Ceci s'accorde si parfaitement avec l'expérience, que je ne crois pas devoir insister sur la preuve des faits : je me contenterai d'observer que les soufres et les pyrites ne sont pas les seuls minéraux qu'on doive regarder comme combustibles, qu'il y en a beaucoup d'autres dont je ne finirai point ici l'énumération, parce qu'il suffit de dire que leur degré de combustibilité dépend ordinairement de la quantité de soufre qu'ils contiennent. Tous les minéraux combustibles tirent donc originairement cette propriété, ou du mélange des parties animales

et végétales qui sont incorporées avec eux, ou des particules de lumière, de chaleur et d'air, qui, par le laps de temps, se sont fixées dans leur intérieur. Rien, selon moi, n'est combustible que ce qui a été formé par une chaleur douce, c'est-à-dire par ces mêmes éléments combinés dans toutes les substances que le soleil éclaire et vivifie (1), ou dans celles que la chaleur intérieure de la terre fomenté et réunit.

C'est cette chaleur intérieure du globe de la terre que l'on doit regarder comme le vrai feu élémentaire; et il faut le distinguer de celui du soleil qui ne nous parvient qu'avec la lumière, tandis que l'autre, quoique bien plus considérable, n'est ordinairement que sous la forme d'une chaleur obscure, et que ce n'est que dans quelques circonstances, comme celles de l'électricité, qu'il prend de la lumière. Nous avons déjà dit que cette chaleur observée pendant grand nombre d'années de suite est trois ou quatre cents fois plus grande en hiver, et vingt-neuf fois plus grande en été dans notre climat que la

chaleur qui nous vient du soleil : c'est une vérité qui peut paraître singulière, mais qui n'en est pas moins évidemment démontrée (2). Comme nous en avons parlé disertement, nous nous contenterons de remarquer ici que cette chaleur constante et toujours subsistante, entre comme élément dans toutes les combinaisons des autres éléments, et qu'elle est plus que suffisante pour produire sur l'air les mêmes effets que le feu actuel ou la chaleur animale; que par conséquent cette chaleur intérieure de la terre détruira l'élasticité de l'air et le fixera toutes les fois qu'étant divisé en parties très-petites, il se trouvera saisi par cette chaleur dans le sein de la terre; que, sous cette nouvelle forme, il entrera comme partie fixe dans un grand nombre de substances, lesquelles contiendront dès-lors des particules d'air fixe et de chaleur fixe, qui sont les premiers principes de la combustibilité : mais ils se trouveront en plus ou moins grande quantité dans les différentes substances, selon le degré d'affinité qu'ils auront avec elles; et ce degré dépendra beaucoup de la quantité que ces substances contiendront de parties animales et végétales, qui paraissent être la base de toute matière combustible : si elles y sont abondamment répandues ou faiblement incorporées, on pourra toujours les dégager de ces substances par le moyen de la combustion. La plupart des minéraux métalliques, et même des métaux, contiennent une assez grande quantité de parties combustibles; le zinc, l'antimoine, le fer, le cuivre, etc., brûlent et produisent une flamme évidente et très-vive, tant que dure la combustion de ces parties inflammables qu'ils contiennent : après quoi, si on continue le feu, la combustion finie, commence la calcination pendant laquelle il rentre dans ces matières de nouvelles parties d'air et de chaleur qui s'y fixent, et qu'on ne peut en dégager qu'en leur présentant quelque matière combustible avec laquelle ces parties d'air et de chaleur fixes ont plus d'affinité qu'avec celles du minéral, auxquelles en effet elles ne sont unies que par force, c'est-à-dire par l'effort de la calcination. Il me semble que la conversion des substances métalliques en chaux, et leur réduction, pourront maintenant être très-clairement entendues, sans qu'il soit

(1) Voici une observation qui semble démontrer que la lumière a plus d'affinité avec les substances combustibles qu'avec toutes les autres matières. On sait que la puissance réfractive des corps transparents est proportionnelle à leur densité : le verre, plus dense que l'eau, a proportionnellement une plus grande force réfringente; et en augmentant la densité du verre et de l'eau, l'on augmente à mesure leur force de réfraction. Cette proportion s'observe dans toutes les matières transparentes, et qui sont en même temps incombustibles. Mais les matières inflammables, telles que l'esprit de vin, les huiles transparentes, l'ambre, etc., ont une puissance réfringente plus grande que les autres; en sorte que l'attraction que ces matières exercent sur la lumière, et qui provient de leur masse ou densité, est considérablement augmentée par l'affinité particulière qu'elles ont avec la lumière. Si cela n'était pas, leur force réfringente serait, comme celle de toutes les autres matières, proportionnelle à leur densité; mais les matières inflammables attirent plus puissamment la lumière, et ce n'est que par cette raison qu'elles ont plus de puissance réfractive que les autres. Le diamant même ne fait pas exception à cette loi; on doit le mettre au nombre des matières combustibles, on le brûle au miroir ardent : il a avec la lumière autant d'affinité que les matières inflammables; car sa puissance réfringente est plus grande qu'elle ne devrait l'être à proportion de sa densité. Il a en même temps la propriété de s'imbiber de la lumière et de la conserver assez long-temps; les phénomènes de sa réfraction doivent tenir en partie à ces propriétés.

(2) Voyez le Mémoire de M. de Mairan, dans ceux de l'Académie royale des sciences, année 1765, page 143.

besoin de recourir à des principes secondaires, ou à des hypothèses arbitraires, pour leur explication. La réduction, comme je l'ai déjà insinué, n'est, dans le réel, qu'une seconde combinaison, par laquelle on dégage les parties d'air et de chaleur fixes que la calcination avait forcé d'entrer dans le métal et de s'unir à sa substance fixe à laquelle on rend en même temps les parties volatiles et combustibles que la première action du feu lui avait enlevées.

Après avoir présenté le grand rôle que l'air fixe joue dans les opérations les plus secrètes de la nature, considérons-le pendant quelques instants, lorsque, sous la forme élastique, il réside dans les corps : ses effets sont alors aussi variables que les degrés de son élasticité ; son action, quoique toujours la même, semble donner des produits différents dans les substances différentes. Pour en ramener la considération à un point de vue général, nous le comparerons avec l'eau et la terre, comme nous l'avons déjà comparé avec le feu ; les résultats de cette comparaison entre les quatre éléments s'appliqueront ensuite aisément à toutes les substances, de quelque nature qu'elles puissent être, puisque toutes ne sont composées que de ces quatre principes réels.

Le plus grand froid connu ne peut détruire le ressort de l'air, et la moindre chaleur suffit pour cet effet, surtout lorsque ce fluide est divisé en parties très-petites. Mais il faut observer qu'entre son état de fixité et celui de sa pleine élasticité, il y a toutes les nuances des états moyens, et que c'est presque toujours dans quelques-uns de ces états moyens qu'il réside dans la terre et dans l'eau, ainsi que dans toutes les substances qui en sont composées. Par exemple, on ne pourra pas douter que l'eau, qui nous paraît une substance si simple, ne contienne une certaine quantité d'air qui n'est ni fixe ni élastique, mais entre la fixité et l'élasticité, si l'on fait attention aux différents phénomènes qu'elle nous présente dans sa congélation, dans son ébullition, dans sa résistance à toute compression, etc. : car la physique expérimentale nous démontre que l'eau est incompressible ; au lieu de s'affaisser et de rentrer en elle-même lorsqu'on la force par la presse ; elle passe à travers les vaisseaux les plus solides et les plus épais. Or, si l'air qu'elle contient en assez grande quantité y était dans son état de pleine élasticité, l'eau serait compressible en raison de cette quan-

tité d'air élastique qu'elle contiendrait et qui se comprimerait. Donc l'air contenu dans l'eau n'y est pas simplement mêlé et n'y conserve pas sa forme élastique, mais y est plus intimement uni dans un état où son ressort ne s'exerce plus d'une manière sensible ; et néanmoins ce ressort n'y est pas entièrement détruit ; car, si l'on expose l'eau à la congélation, on voit cet air sortir de son intérieur et se réunir à sa surface en bulles élastiques : ceci seul suffirait pour prouver que l'air n'est pas contenu dans l'eau sous sa forme ordinaire, puisqu'étant spécifiquement huit cent cinquante fois plus léger, il serait forcé d'en sortir par la seule nécessité de la prépondérance de l'eau ; il est donc évident que l'air contenu dans l'eau n'y est pas dans son état ordinaire, c'est-à-dire de pleine élasticité ; et en même temps il est démontré que cet état dans lequel il réside dans l'eau n'est pas celui de sa plus grande fixité, où son ressort, absolument détruit, ne peut se rétablir que par la combustion, puisque la chaleur ou le froid peuvent également le rétablir. Il suffit de faire chauffer ou geler de l'eau pour que l'air qu'elle contient reprenne son élasticité et s'élève en bulles sensibles à sa surface : il s'en dégage de même lorsque l'eau cesse d'être pressée par le poids de l'atmosphère sous le récipient de la machine pneumatique. Il n'est donc pas contenu dans l'eau sous une forme fixe, mais seulement dans un état moyen où il peut aisément reprendre son ressort : il n'est pas simplement mêlé dans l'eau, puisqu'il ne peut y résider sous sa forme élastique ; mais aussi il ne lui est pas intimement uni sous sa forme fixe, puisqu'il s'en sépare plus aisément que de toute autre matière.

On pourra m'objecter avec raison que le froid et le chaud n'ont jamais opéré de la même façon ; que si l'une de ces causes rend à l'air son élasticité, l'autre doit la détruire ; et j'avoue que, pour l'ordinaire, le froid et le chaud produisent des effets différents : mais dans la substance particulière que nous considérons, ces deux causes, quoique opposées, donnent le même effet ; on pourra le concevoir aisément en faisant attention à la chose même et au rapport de ses circonstances. L'on sait que l'eau, soit gelée, soit bouillie, reprend l'air qu'elle avait perdu dès qu'elle se liquéfie ou qu'elle se refroidit : le degré d'affinité de l'air avec l'eau dépend donc en grande partie de celui de sa température ; ce degré, dans son état de liquidité,

est à peu près le même que celui de la chaleur générale à la surface de la terre : l'air , avec lequel elle a beaucoup d'affinité, la pénétre aussitôt qu'il est divisé en parties très-ténues ; et le degré de la chaleur élémentaire et générale suffit pour affaiblir le ressort de ces petites parties , au point de le rendre sans effet, tant que l'eau conserve cette température ; mais , si le froid vient à la pénétrer , ou , pour parler plus précisément , si ce degré de chaleur nécessaire à cet état de l'air vient à diminuer , alors son ressort , qui n'est pas entièrement détruit , se rétablira par le froid , et l'on verra les bulles élastiques s'élever à la surface de l'eau prête à se congeler. Si au contraire l'on augmente le degré de la température de l'eau par une chaleur extérieure , on en divise trop les parties intégrantes , on les rend volatiles , et l'air , qui ne leur était que faiblement uni , s'élève et s'échappe avec elles : car il faut se rappeler que , quoique l'eau prise en masse soit incompressible et sans aucun ressort , elle est très-élastique dès qu'elle est divisée ou réduite en petites parties ; et en ceci elle paraît être d'une nature contraire à celle de l'air , qui n'est compressible qu'en masse , et qui perd son ressort dès qu'il est trop divisé. Néanmoins l'air et l'eau ont beaucoup plus de rapports entre eux que de propriétés opposées ; et comme je suis très-persuadé que toute la matière est convertible , et que les quatre éléments peuvent se transformer , je serais porté à croire que l'eau peut se changer en air lorsqu'elle est assez raréfiée pour s'élever en vapeurs ; car le ressort de la vapeur de l'eau est aussi et même plus puissant que le ressort de l'air : on voit le prodigieux effet de cette puissance dans les pompes à feu ; on voit la terrible explosion qu'elle produit lorsqu'on laisse tomber du métal fondu sur quelques gouttes d'eau ; et si l'on ne veut pas convenir avec moi que l'eau puisse , dans cet état de vapeurs , se transformer en air , on ne pourra du moins nier qu'elle n'en ait alors les principales propriétés.

L'expérience m'a même appris que la vapeur de l'eau peut entretenir et augmenter le feu comme le fait l'air ordinaire ; et cet air , que nous pourrions regarder comme pur , est toujours mêlé avec une très-grande quantité d'eau : mais il faut remarquer comme chose importante , que la proportion du mélange n'est pas à beaucoup près la même dans ces deux éléments. L'on peut dire en général qu'il y a beaucoup moins d'air dans

l'eau que d'eau dans l'air ; seulement il faut considérer qu'il y a deux unités très-différentes , auxquelles on pourrait rapporter les termes de cette proportion : ces deux unités sont le volume et la masse. Si on estime la quantité d'air contenue dans l'eau par le volume , elle paraîtra nulle , puisque le volume de l'eau n'en est point du tout augmenté ; et de même l'air plus ou moins humide ne nous paraît pas changer de volume ; cela n'arrive que quand il est plus ou moins chaud. Ainsi ce n'est point au volume qu'il faut rapporter cette proportion ; c'est à la masse seule , c'est-à-dire à la quantité réelle de matière dans l'un et l'autre de ces deux éléments , qu'on doit comparer celle de leur mélange ; et l'on verra que l'air est beaucoup plus *aqueux* que l'eau n'est *aérienne* , peut-être dans la proportion de la masse , c'est-à-dire huit cent cinquante fois davantage. Quoiqu'il en soit de cette estimation , qui est peut-être ou trop forte ou trop faible , nous pouvons en tirer l'induction que l'eau doit se changer plus aisément en air , que l'air ne peut se transformer en eau. Les parties de l'air , quoique susceptibles d'être extrêmement divisées , paraissent être plus grosses que celles de l'eau , puisque celle-ci passe à travers plusieurs filtres que l'air ne peut pénétrer ; puisque , quand elle est raréfiée par la chaleur , son volume , quoique fort augmenté , n'est qu'égal ou un peu plus grand que celui des parties de l'air à la surface de la terre , car les vapeurs de l'eau ne s'élèvent dans l'air qu'à une certaine hauteur ; enfin , puisque l'air semble s'imbiber d'eau comme une éponge , la contenir en grande quantité , et que le contenant est nécessairement plus grand que le contenu. Au reste , l'air , qui s'imbibe si volontiers de l'eau , semble la rendre de même lorsqu'on lui présente des sels ou d'autres substances avec lesquelles l'eau a encore plus d'affinité qu'avec lui. L'effet que les chimistes appellent *défaillance* , et même celui des *efflorescences* , démontrent non-seulement qu'il y a une très-grande quantité d'eau contenue dans l'air , mais encore que cette eau n'y est attachée que par une simple affinité , qui cède aisément à une affinité plus grande , et qui même cesse d'agir , sans être combattue ou balancée par aucune autre affinité , mais par la seule raréfaction de l'air , puisqu'il se dégage de l'eau dès qu'elle cesse d'être pressée par le poids de l'atmosphère sous le récipient de la machine pneumatique.

Dans l'ordre de la conversion des éléments, il me semble que l'eau est pour l'air ce que l'air est pour le feu, et que toutes les transformations de la nature dépendent de celle-ci. L'air, comme aliment du feu, s'assimile avec lui, et se transforme en ce premier élément ; l'eau, raréfiée par la chaleur, se transforme en une espèce d'air capable d'alimenter le feu comme l'air ordinaire. Ainsi le feu a un double fonds de subsistance assurée ; s'il consomme beaucoup d'air, il peut aussi en produire beaucoup par la raréfaction de l'eau, et réparer ainsi dans la masse de l'atmosphère toute la quantité qu'il en détruit, tandis qu'ultérieurement il se convertit lui-même avec l'air en matière fixe dans les substances terrestres qu'il pénètre par sa chaleur ou par sa lumière.

Et, de même que d'une part l'eau se convertit en air ou en vapeurs aussi volatiles que l'air par sa raréfaction, elle se convertit en une substance solide par une espèce de condensation différente des condensations ordinaires. Tout fluide se raréfie par la chaleur, et se condense par le froid ; l'eau suit elle-même cette loi commune, et se condense à mesure qu'elle refroidit : qu'on en remplisse un tube de verre jusqu'aux trois quarts, on la verra descendre à mesure que le froid augmente, et se condenser comme font tous les autres fluides ; mais quelque temps avant l'instant de la congélation, on la verra remonter au-dessus du point des trois quarts de la hauteur du tube, et s'y renfler encore considérablement en se convertissant en glace. Mais, si le tube est bien bouché, et parfaitement en repos, l'eau continuera de baisser, et ne se gèlera pas, quoique le degré de froid soit de 6, 8 ou 10 degrés au-dessous du terme de la glace, et l'eau ne gèlera que quand on ouvrira le tube, ou qu'on le remuera. Il semble donc que la congélation nous présente d'une manière inverse les mêmes phénomènes que l'inflammation. Quelque intense, quelque grande que soit une chaleur renfermée dans un vaisseau bien clos, elle ne produira l'inflammation que quand elle touchera quelque matière enflammée ; et de même, à quelque degré qu'un fluide soit refroidi, il ne gèlera pas sans toucher quelque substance déjà gelée ; et c'est ce qui arrive lorsqu'on remue ou débouche le tube. Les particules de l'eau qui sont gelées dans l'air extérieur ou dans l'air contenu dans le tube, viennent, lorsqu'on le débouche ou le remue, frapper la surface de l'eau,

et lui communiquent leur glace. Dans l'inflammation, l'air, d'abord très-raréfié par la chaleur, perd de son volume et se fixe tout à coup ; dans la congélation, l'eau, d'abord condensée par le froid, reprend plus de volume, et se fixe de même : car la glace est une substance solide, plus légère que l'eau, et qui conserverait sa solidité si le froid était toujours le même : et, je suis porté à croire qu'on viendrait à bout de fixer le mercure à un moindre degré de froid en le sublimant en vapeurs dans un air très-froid. Je suis de même très-porté à croire que l'eau qui ne doit sa liquidité qu'à la chaleur, et qui la perd avec elle, deviendrait une substance d'autant plus solide et d'autant moins fusible, qu'elle éprouverait plus fort et plus long-temps la rigueur du froid. On n'a pas fait assez d'expériences sur ce sujet important.

Mais, sans nous arrêter à cette idée, c'est-à-dire sans admettre ni sans exclure la possibilité de la conversion de la glace en matière infusible, ou terre fixe et solide, passons à des vues plus étendues sur les moyens que la nature emploie pour la transformation de l'eau. Le plus puissant de tous et le plus évident est le filtre animal ; le corps des animaux à coquilles, en se nourrissant des particules de l'eau, en travaille en même temps la substance au point de la dénaturer : la coquille est certainement une substance terrestre, une vraie pierre, dont toutes les pierres que les chimistes appellent *calcaires*, et plusieurs autres matières, tirent leur origine. Cette coquille paraît, à la vérité, faire partie constitutive de l'animal qu'elle couvre, puisqu'elle se perpétue par la génération, et qu'on la voit dans les petits coquillages qui viennent de naître, comme dans ceux qui ont pris tout leur accroissement ; mais ce n'en est pas moins une substance terrestre, formée par la sécrétion ou l'exsudation du corps de l'animal : on la voit s'agrandir, s'épaissir par anneaux et par couches à mesure qu'il prend de la croissance ; et souvent cette matière pierreuse excède cinquante ou soixante fois la masse ou matière réelle du corps de l'animal qui la produit. Qu'on se représente pour un instant le nombre des espèces de ces animaux à coquille, ou, pour les tous comprendre, de ces animaux à transudation pierreuse ; elles sont peut-être en plus grand nombre dans la mer que ne l'est sur la terre le nombre des espèces d'insectes. Qu'on se représente ensuite leur prompt ac-

croisement, leur prodigieuse multiplication, le peu de durée de leur vie, dont nous supposerons néanmoins le terme moyen à dix ans (1); qu'ensuite on considère qu'il faut multiplier par cinquante ou soixante le nombre presque immense de tous les individus de ce genre, pour se faire une idée de toute la matière pierreuse produite en dix ans; qu'enfin on considère que ce bloc, déjà si gros de matière pierreuse, doit être augmenté d'autant de pareils blocs qu'il y a de fois dix dans tous les siècles qui se sont écoulés depuis le commencement du monde, et l'on se familiarisera avec cette idée, ou plutôt cette vérité, d'abord repoussante, que toutes nos collines, tous nos rochers de pierre calcaire, de marbre, de craie, etc., ne viennent originairement que de la dépouille de ces petits animaux. On n'en pourra douter à l'inspection des matières mêmes, qui toutes contiennent encore des coquilles ou des débris de coquilles très-aisément reconnaissables.

Les pierres calcaires ne sont donc en très-grande partie que de l'eau et de l'air contenu dans l'eau, transformés par le filtre animal; les sels, les bitumes, les huiles, les graisses de la mer, n'entrent que pour peu ou pour rien dans la composition de la coquille; aussi la pierre calcaire ne contient-elle aucune de ces matières: cette pierre n'est que de l'eau transformée, jointe à quelques petites portions de terre vitrifiable et à une très-grande quantité d'air fixe qui s'en dégage par la calcination. Cette opération produit les mêmes effets sur les coquilles qu'on prend dans la mer que sur les pierres qu'on tire des carrières; elles forment également de la chaux, dans laquelle on ne remarque d'autre différence que celle d'un peu plus ou d'un peu moins de qualité. La chaux faite avec des écailles d'huître, ou d'autres coquilles, est plus faible que la chaux faite avec du marbre ou de la pierre dure; mais le procédé de la nature est le même, les résultats de son opération les mêmes: les coquilles et les pierres perdent également près

de moitié de leur poids par l'action du feu dans la calcination; l'eau qui a conservé sa nature en sort la première; après quoi l'air fixe se dégage, et ensuite l'eau fixe, dont ces substances pierreuses sont composées, reprend sa première nature et s'élève en vapeurs poussées et raréfiées par le feu; et il ne reste que les parties les plus fixes de cet air et de cette eau, qui peut-être sont si fort unies entre elles et à la petite quantité de terre fixe de la pierre que le feu ne peut les séparer. La masse se trouve donc réduite de près de moitié, et se réduirait peut-être encore plus si l'on donnait un feu plus violent. Et ce qui me semble prouver évidemment que cette matière chassée hors de la pierre par le feu n'est autre chose que de l'air et de l'eau, c'est la rapidité, l'avidité avec laquelle cette pierre calcinée reprend l'eau qu'on lui donne, et la force avec laquelle elle la tire de l'atmosphère lorsqu'on la lui refuse. La chaux, par son extinction ou dans l'air ou dans l'eau, reprend en grande partie la masse qu'elle avait perdue par la calcination; l'eau, avec l'air qu'elle contient, vient remplacer l'eau et l'air qu'elle contenait précédemment: la pierre reprend dès-lors sa première nature; car en mêlant sa chaux avec des débris d'autres pierres, on fait un mortier qui se durcit, et devient avec le temps une substance solide et pierreuse, comme celles dont on l'a composée.

Après cette exposition, je ne crois pas qu'on puisse douter de la transformation de l'eau en terre ou en pierre par l'intermédiaire des coquilles. Voilà donc, d'une part, toutes les matières calcaires dont on doit rapporter l'origine aux animaux, et, d'autre part, toutes les matières combustibles qui ne proviennent que des substances animales ou végétales: elles occupent ensemble un assez grand espace à la surface de la terre; et l'on peut juger par leur volume immense combien la nature vivante a travaillé pour la nature morte, car ici le brut n'est que le mort.

Mais les matières calcaires et les substances combustibles, quelque grand qu'en soit le nombre, quelque immense que nous en paraisse le volume, ne font qu'une très-petite portion du globe de la terre, dont le fond principal et la majeure et très-majeure quantité consiste en une matière de la nature du verre; matière qu'on doit regarder comme l'élément terrestre, à l'exclusion de toutes les autres substances auxquelles elle sert de base comme terre, lorsqu'elles se forment

(1) La plus longue vie des escargots, ou gros limaçons terrestres, s'étend jusqu'à quatorze ans: on peut présumer que les gros coquillages de mer vivent plus long-temps; mais aussi les petits et les très-petits, tels que ceux qui forment le corail, et tous les madrépores, vivent beaucoup moins de temps; et c'est par cette raison que j'ai pris le terme moyen à dix ans.

par le moyen ou par le détriment des animaux, des végétaux, et par la transformation des autres éléments. Non-seulement cette matière première, qui est la vraie terre élémentaire, sert de base à toutes les autres substances, et en constitue les parties fixes, mais elle est en même temps le terme ultérieur auquel on peut les ramener et les réduire toutes. Avant de présenter les moyens que la nature et l'art peuvent employer pour opérer cette espèce de réduction de toute substance en verre, c'est-à-dire en terre élémentaire, il est bon de rechercher si les moyens que nous avons indiqués sont les seuls par lesquels l'eau puisse se transformer en substance solide. Il me semble que le filtre animal la convertissant en pierre, le filtre végétal peut également la transformer, lorsque toutes les circonstances se trouvent être les mêmes. La chaleur propre des animaux à coquille étant un peu plus grande que celle des végétaux, et les organes de la vie plus puissants que ceux de la végétation, le végétal ne pourra produire qu'une petite quantité de pierres qu'on trouve assez souvent dans son fruit; mais il peut convertir et convertit réellement en sa substance une grande quantité d'air et une quantité encore plus grande d'eau. La terre fixe qu'il s'approprie, et qui sert de base à ces deux éléments, est en si petite quantité, qu'on peut assurer, sans craindre de se tromper, qu'elle ne fait pas la centième partie de sa masse; dès-lors le végétal n'est presque entièrement composé que d'air et d'eau transformés en bois; substance solide qui se réduit ensuite en terre par la combustion ou la putréfaction. On doit dire la même chose des animaux: ils fixent et transforment non-seulement l'air et l'eau, mais le feu, en plus grande quantité que les végétaux. Il me paraît donc que les fonctions des corps organisés sont l'un des plus puissants moyens que la nature emploie pour la conversion des éléments. On peut regarder chaque animal ou chaque végétal comme un petit centre particulier de chaleur ou de feu qui s'approprie l'air et l'eau qui l'environnent, se les assimile pour végéter, ou pour se nourrir et vivre des productions de la terre, qui ne sont elles-mêmes que de l'air et de l'eau précédemment fixés; il s'approprie en même temps une petite quantité de terre, et, recevant les impressions de la lumière et celles de la chaleur du soleil et du globe terrestre, il tourne en sa substance tous ces différents éléments, les travaille, les

combine, les réunit, les oppose jusqu'à ce qu'ils aient subi la forme nécessaire à son développement, c'est-à-dire à l'entretien de la vie et de l'accroissement de l'organisation, dont le moule une fois donné modèle toute la matière qu'il admet, et, de brute qu'elle était, la rend organisée.

L'eau, qui s'unit si volontiers avec l'air, et qui entre avec lui en si grande quantité dans les corps organisés, s'unit aussi de préférence avec quelques matières solides, telles que les sels; et c'est souvent par leur moyen qu'elle entre dans la composition des minéraux. Le sel, au premier coup d'œil, ne paraît être qu'une terre dissoluble dans l'eau, et d'une saveur piquante; mais les chimistes, en recherchant sa nature, ont très-bien reconnu qu'elle consiste principalement dans la réunion de ce qu'ils nomment le *principe terreux* et le *principe aqueux*. L'expérience de l'acide nitreux, qui ne laisse après sa combustion qu'un peu de terre et d'eau, leur a même fait penser que ce sel, et peut-être tous les autres sels, n'étaient absolument composés que de ces deux éléments: néanmoins il me paraît qu'on peut démontrer aisément que l'air et le feu entrent dans leur composition, puisque le nitre produit une grande quantité d'air dans la combustion, et que cet air fixe suppose du feu fixe qui s'en dégage en même temps; que d'ailleurs toutes les explications qu'on donne de la dissolution ne peuvent se soutenir, à moins qu'elles n'admettent deux forces opposées, l'une attractive, et l'autre expansive, et par conséquent la présence des éléments de l'air et du feu, qui sont seuls doués de cette seconde force; qu'enfin ce serait contre toute analogie que le sel ne se trouverait composé que des deux éléments de la terre et de l'eau, tandis que toutes les autres substances sont composées des quatre éléments. Ainsi, l'on ne doit pas prendre à la rigueur ce que les grands chimistes, MM. Stahl et Macquer, ont dit à ce sujet. Les expériences de M. Halles démontrent que le vitriol et le sel marin contiennent beaucoup d'air fixe; que le nitre en contient encore beaucoup plus et jusqu'à concurrence du huitième de son poids, et le sel de tartre encore plus. On peut donc assurer que l'air entre comme principe dans la composition de tous les sels, et que, comme il ne peut se fixer dans aucune substance qu'à l'aide de la chaleur ou du feu qui se fixent en même temps, ils doivent être comptés au nombre de leurs parties constitutives. Mais cela n'empêche

pas que le sel ne doive aussi être regardé comme la substance moyenne entre la terre et l'eau ; ces deux éléments entrent en proportion différente dans les différents sels ou substances salines dont la variété et le nombre sont si grands , qu'on ne peut en faire l'énumération , mais qui , présentées généralement sous les dénominations d'acides et d'alkalis , nous montrent qu'en général il y a plus de terre et moins d'eau dans ces derniers sels , et au contraire plus d'eau et moins de terre dans les premiers.

Néanmoins l'eau, quoique intimement mêlée dans les sels , n'y est ni fixée ni réunie par une force assez grande pour la transformer en matière solide , comme dans la pierre calcaire : elle réside dans le sel ou dans son acide sous sa forme primitive ; et l'acide le mieux concentré , le plus dépouillé d'eau , qu'on pourrait regarder ici comme de la terre liquide , ne doit cette liquidité qu'à la quantité de l'air et du feu qu'il contient : toute liquidité , et même toute fluidité , suppose la présence d'une certaine quantité de feu ; et quand on attribuerait celle des acides à un reste d'eau qu'on ne peut en séparer , quand même on pourrait les réduire tous sous une forme concrète , il n'en serait pas moins vrai que leurs saveurs , ainsi que les odeurs et les couleurs , ont toutes également pour principe celui de la force expansive , c'est-à-dire la lumière et les émanations de la chaleur et du feu : car il n'y a que ces principes actifs qui puissent agir sur nos sens et les affecter d'une manière différente et diversifiée , selon les vapeurs ou particules des différentes substances qu'ils nous apportent et nous présentent : c'est donc à ces principes qu'on doit rapporter non-seulement la liquidité des acides , mais aussi leur saveur. Une expérience que j'ai eu occasion de faire un grand nombre de fois , m'a pleinement convaincu que l'alkali est produit par le feu ; la chaux faite à la manière ordinaire , et mise sur la langue , même avant d'être éteinte par l'air ou par l'eau , a une saveur qui indique déjà la présence d'une certaine quantité d'alkali. Si l'on continue le feu , cette chaux , qui a subi une plus longue calcination , devient plus piquante sur la langue ; et celle que l'on tire des fourneaux de forges , où la calcination dure cinq ou six mois de suite , l'est encore davantage. Or ce sel n'était pas contenu dans la pierre avant sa calcination ; il augmente en force ou en quantité à mesure que le feu est appliqué plus

violemment et plus long-temps à la pierre ; il est donc le produit immédiat du feu et de l'air , qui se sont incorporés dans sa substance pendant la calcination , et qui , par ce moyen , sont devenus parties fixes de cette pierre , de laquelle ils ont chassé la plus grande partie des molécules d'eau , liquides et solides qu'elle contenait auparavant. Cela seul me paraît suffisant pour prononcer que le feu est le principe de la formation de l'alkali minéral , et l'on doit en conclure , par analogie , que les autres alkalis doivent également leur formation à la chaleur constante de l'animal et du végétal dont on les tire.

A l'égard des acides , la démonstration de leur formation par le feu et l'air fixes , quoique moins immédiate que celle des alkalis , ne m'en paraît pas moins certaine : nous avons prouvé que le nitre et le phosphore tirent leur origine des matières végétales et animales , que le vitriol tire la sienne des pyrites , des sulfures et des autres matières combustibles ; on sait d'ailleurs que ces acides , soit vitrioliques , ou nitreux , ou phosphoriques , contiennent toujours une certaine quantité d'alkali : on doit donc rapporter leur formation et leur saveur au même principe , et , réduisant tous les acides à un seul acide , et tous les alkalis à un seul alkali , ramener tous les sels à une origine commune , et ne regarder leurs différentes saveurs et leurs propriétés particulières et diverses , que comme le produit varié des différentes quantités de terre , d'eau , et surtout d'air et de feu fixes qui sont entrées dans leur composition. Ceux qui contiendront le plus de ces principes actifs d'air et de feu , seront ceux qui auront le plus de puissance et le plus de saveur. J'entends par puissance la force dont les sels nous paraissent animés pour dissoudre les autres substances : on sait que la dissolution suppose la fluidité , qu'elle ne s'opère jamais entre deux matières sèches ou solides , et que par conséquent elle suppose aussi dans le dissolvant le principe de la fluidité , c'est-à-dire le feu : la puissance du dissolvant sera donc d'autant plus grande , que , d'une part , il contiendra ce principe actif en plus grande quantité , et que , d'autre part , ses parties aqueuses et terreuses auront plus d'affinité avec les parties de même espèce contenues dans les substances à dissoudre ; et comme les degrés d'affinité dépendent absolument de la figure des parties intégrantes des corps , ils doivent , comme ces figures , varier à l'infini : on ne doit donc

pas être surpris de l'action plus ou moins grande ou nulle de certains sels sur certaines substances, ni des effets contraires d'autres sels sur d'autres substances. Leur principe actif est le même, leur puissance pour dissoudre la même; mais elle demeure sans exercice, lorsque la substance qu'on lui présente repousse celle du dissolvant, ou n'a aucun degré d'affinité avec lui; tandis qu'au contraire elle le saisit avidement toutes les fois qu'il se trouve assez de force d'affinité pour vaincre celle de la cohérence, c'est-à-dire toutes les fois que les principes actifs contenus dans le dissolvant, sous la forme de l'air et du feu, se trouvent plus puissamment attirés par la substance à dissoudre qu'ils ne le sont par la terre et l'eau qu'il contient; car, dès-lors ces principes actifs s'en séparent, se développent et pénètrent la substance qu'ils divisent et décomposent au point de la rendre susceptible, par cette division, d'obéir en liberté à toutes les forces attractives de la terre et de l'eau contenues dans le dissolvant, et de s'unir avec elles assez intimement pour ne pouvoir en être séparées que par d'autres substances qui auraient avec ce même dissolvant un degré encore plus grand d'affinité. Newton est le premier qui ait donné les affinités pour causes des précipitations chimiques; Stahl adoptant cette idée l'a transmise à tous les chimistes, et il me paraît qu'elle est aujourd'hui universellement reçue comme une vérité dont on ne peut douter. Mais ni Newton ni Stahl ne se sont élevés au point de voir que toutes ces affinités, en apparence si différentes entre elles, ne sont au fond que les effets particuliers de la force générale de l'attraction universelle; et, faute de cette vue, leur théorie ne pouvait être ni lumineuse ni complète, parce qu'ils étaient forcés de supposer autant de petites lois d'affinités différentes qu'il y avait de phénomènes différents; au lieu qu'il n'y a réellement qu'une seule loi d'affinité, loi qui est exactement la même que celle de l'attraction universelle, et que par conséquent l'explication de tous les phénomènes doit être déduite de cette seule et même cause.

Les sels concourent donc à plusieurs opérations de la nature par la puissance qu'ils ont de dissoudre les autres substances; car, quoiqu'on dise vulgairement que l'eau dissout le sel, il est aisé de sentir que c'est une erreur d'expression fondée sur ce qu'on appelle communément le liquide, le *dissolvant*;

et le solide, le *corps à dissoudre*. Mais dans le réel, lorsqu'il y a dissolution, les deux corps sont actifs et peuvent être également appelés *dissolvants*: seulement regardant le sel comme le dissolvant, le corps dissous peut être indifféremment ou liquide ou solide; et pourvu que les parties du sel soient assez divisées pour toucher immédiatement celles des autres substances, elles agiront et produiront tous les effets de la dissolution. On voit par là combien l'action propre des sels et l'action de l'élément de l'eau qui les contient, doivent influencer sur la composition des matières minérales. La nature peut produire par ce moyen tout ce que nos arts produisent par le moyen du feu: il ne faut que du temps pour que les sels et l'eau opèrent sur les substances les plus compactes et les plus dures, la division la plus complète et l'atténuation la plus grande de leurs parties; ce qui les rend alors susceptibles de toutes les combinaisons possibles et capables de s'unir avec toutes les substances analogues, et de se séparer de toutes les autres. Mais ce temps, qui n'est rien pour la nature, et qui ne lui manque pas, est de toutes les choses nécessaires celle qui nous manque le plus; c'est faute de temps que nous ne pouvons imiter ses procédés ni suivre sa marche: le plus grand de nos arts serait donc l'art d'abrégier le temps, c'est-à-dire de faire en un jour ce qu'elle fait en un siècle. Quelque vaine que paraisse cette prétention, il ne faut pas y renoncer: nous n'avons à la vérité ni les grandes forces ni le temps encore plus grand de la nature; mais nous avons au-dessus d'elle la liberté de les employer comme il nous plaît; notre volonté est une force qui commande à toutes les autres forces, lorsque nous la dirigeons avec intelligence. Ne sommes-nous pas venus à bout de créer à notre usage l'élément du feu qu'elle nous avait caché? ne l'avons-nous pas tiré des rayons qu'elle ne nous envoyait que pour nous éclairer? n'avons-nous pas, par ce même élément, trouvé le moyen d'abrégier le temps en divisant les corps par une fusion aussi prompte que leur division serait lente par tout autre moyen? etc.

Mais cela ne doit pas nous faire perdre de vue que la nature puisse faire et ne fasse réellement, par le moyen de l'eau, tout ce que nous faisons par celui du feu. Pour le voir clairement, il faut considérer que la décomposition de toute substance ne pouvant se faire que par la division, plus cette division

sera grande, et plus la décomposition sera complète. Le feu semble diviser, autant qu'il est possible, les matières qu'il met en fusion; cependant on peut douter si celles que l'eau et les acides tiennent en dissolution ne sont pas encore plus divisées : et les vapeurs que la chaleur élève ne contiennent-elles pas des matières encore plus atténuées ? Il se fait donc dans l'intérieur de la terre, au moyen de la chaleur qu'elle renferme et de l'eau qui s'y insinue, une infinité de sublimations, de distillations, de cristallisations, d'agréga-tions, de disjonctions de toute espèce. Toutes les substances peuvent être, avec le temps, composées et décomposées par ces moyens; l'eau peut les diviser et en atténuer les parties autant et plus que le feu lorsqu'il les fond : et ces parties atténuées, divisées à ce point, se joindront, se réuniront de la même manière que celles du métal fondu se réunissent en se refroidissant. Pour nous faire mieux entendre, arrêtons-nous un instant sur la cristallisation : cet effet, dont les sels nous ont donné l'idée, ne s'opère jamais que quand une substance, étant dégagée de toute autre substance, se trouve très-divisée et soutenue par un fluide qui, n'ayant avec elle que peu ou point d'affinité, lui permet de se réunir et de former, en vertu de sa force d'attraction, des masses d'une figure à peu près semblable à la figure de ses parties primitives. Cette opération, qui suppose toutes les circonstances que je viens d'énon-cer, peut se faire par l'intermède du feu aussi-bien que par celui de l'eau, et se fait très-souvent par le concours des deux, parce que tout cela ne suppose ou n'exige qu'une division assez grande de la matière pour que ses parties primitives puissent, pour ainsi dire, se tirer et former, en se réunissant, des corps figurés comme elles : or, le feu peut tout aussi-bien, et mieux qu'aucun autre dissolvant, amener plusieurs substances à cet état, et l'observation nous le démontre dans les régules, dans les amiantes, les basaltes, et autres productions du feu, dont les figures sont régulières, et qui toutes doivent être regardées comme de vraies cristallisations.

Et ce degré de grande division, nécessaire à la cristallisation, n'est pas encore celui de la plus grande division possible ni réelle, puis-que dans cet état les petites parties de la matière sont encore assez grosses pour consti-tuer une masse qui, comme toutes les autres masses, n'obéit qu'à la seule force attractive,

et dont les volumes ne se touchant que par des points, ne peuvent acquérir la force ré-pulsive, qu'une beaucoup plus grande divi-sion ne manquerait pas d'opérer par un con-tact plus immédiat, et c'est aussi ce que l'on voit arriver dans les effervescentes, où tout d'un coup la chaleur et la lumière sont pro-duites par le mélange de deux liqueurs froi-des. Ce degré de division de la matière est ici fort au-dessus du degré nécessaire à la cristallisation, et l'opération s'en fait aussi rapidement que l'autre s'exécute avec len-teur.

La lumière, la chaleur, le feu, l'air, l'eau, les sels, sont les degrés par lesquels nous venons de descendre du haut de l'échelle de la nature à sa base, qui est la terre fixe ; et ce sont en même temps les seuls principes que l'on doit admettre et combiner pour l'explication de tous les phénomènes. Ces principes sont réels, indépendants de toute hypothèse et de toute méthode ; leur con-version, leur transformation est tout aussi réelle, puisqu'elle est démontrée par l'expé-rience. Il en est de même de l'élément de la terre : il peut se convertir en volatilissant, et prendre la forme des autres éléments, comme ceux-ci prennent la sienne en se fixant. Mais de la même manière que les parties primitives du feu, de l'air, ou de l'eau, ne formeront jamais seules des corps ou des masses qu'on puisse regarder comme du feu, de l'air ou de l'eau purs ; de même, il me paraît très-inutile de chercher dans les matières terrestres une substance de terre pure : la fixité, l'homogénéité, l'éclat trans-parent du diamant a ébloui les yeux de nos chimistes lorsqu'ils ont donné cette pierre pour la terre élémentaire et pure ; on pour-rait dire avec autant et aussi peu de fonde-ment, que c'est au contraire de l'eau pure, dont toutes les parties se sont fixées pour composer une substance solide diaphane comme elles. Ces idées n'auraient pas été mises en avant, si l'on eût pensé que l'élé-ment terreux n'a pas plus le privilège de la simplicité absolue que les autres éléments ; que même, comme il est le plus fixe de tous, et par conséquent le plus constamment pas-sif, il reçoit comme base toutes les impres-sions des autres : il les attire, les admet dans son sein, s'unit, s'incorpore avec eux, les suit et se laisse entraîner par leur mouve-ment ; et par conséquent il n'est ni plus simple ni moins convertible que les autres. Ce ne sont jamais que les grandes masses

qu'il faut considérer lorsqu'on veut définir la nature : les quatre éléments ont été bien saisis par les philosophes, même les plus anciens ; le soleil, l'atmosphère, la mer et la terre sont les grandes masses sur lesquelles ils les ont établis : s'il existait un astre de phlogistique, une atmosphère d'alkali, un océan d'acide, et des montagnes de diamant, on pourrait alors les regarder comme les principes généraux et réels de tous les corps ; mais ce ne sont au contraire que des substances particulières, produites, comme toutes les autres, par la combinaison des véritables éléments.

Dans la grande masse de matière solide qui nous représente l'élément de la terre, la couche superficielle est la terre la moins pure : toutes les matières déposées par la mer en forme de sédiments, toutes les pierres produites par les animaux à coquilles, toutes les substances composées par la combinaison des détriments du règne animal et végétal, toutes celles qui ont été altérées par le feu des volcans, ou sublimées par la chaleur intérieure du globe, sont des substances mixtes et transformées ; et, quoiqu'elles composent de très-grandes masses, elles ne nous représentent pas assez purement l'élément de la terre : ce sont les matières vitrifiables, dont la masse est mille et cent mille fois plus considérable que celles de toutes ces autres substances, qui doivent être regardées comme le vrai fonds de cet élément ; ce sont en même temps celles qui sont composées de la terre la plus fixe, celles qui sont les plus anciennes, et cependant les moins altérées ; c'est de ce fonds commun, dont toutes les autres substances ont tiré la base de leur solidité ; car toute matière fixe, décomposée autant qu'elle peut l'être, se réduit ultérieurement en verre par la seule action du feu ; elle reprend sa première nature lorsqu'on la dégage des matières fluides ou volatiles qui s'y étaient unies ; et ce verre ou matière vitrée qui compose la masse de notre globe, représente d'autant mieux l'élément de la terre, qu'il n'a ni couleur, ni odeur, ni saveur, ni liquidité, ni fluidité ; qualités qui toutes proviennent des autres éléments ou leur appartiennent.

Si le verre n'est pas précisément l'élément de la terre, il en est au moins la substance la plus ancienne ; les métaux sont plus récents et moins nobles ; la plupart des autres minéraux se forment sous nos yeux : la nature ne produit plus de verre que dans les

foyers particuliers de ses volcans, tandis que tous les jours elle forme d'autres substances par la combinaison du verre avec les autres éléments. Si nous voulons nous former une idée juste de ses procédés dans la formation des minéraux, il faut d'abord remonter à l'origine de la formation du globe, qui nous démontre qu'il a été fondu, liquéfié par le feu ; considérer ensuite que de ce degré immense de chaleur il a passé successivement au degré de sa chaleur actuelle ; que, dans les premiers moments où sa surface a commencé de prendre de la consistance, il a dû s'y former des inégalités, telles que nous en voyons sur la surface des matières fondues et refroidies ; que les plus hautes montagnes, toutes composées de matières vitrifiables, existent et datent de ce moment, qui est aussi celui de la séparation des grandes masses de l'air, de l'eau et de la terre ; qu'ensuite, pendant le long espace de temps que suppose le refroidissement, ou, si l'on veut, la diminution de la chaleur du globe au point de la température actuelle, il s'est fait dans ces mêmes montagnes, qui étaient les parties les plus exposées à l'action des causes extérieures, une infinité de fusions, de sublimations, d'agréations et de transformations de toute espèce par le feu de la terre, combiné avec la chaleur du soleil, et toutes les autres causes que cette grande chaleur rendait plus actives qu'elles ne le sont aujourd'hui ; que par conséquent on doit rapporter à cette date la formation des métaux et des minéraux que nous trouvons en grandes masses et en filons épais et continus. Le feu violent de la terre embrasée, après avoir élevé et réduit en vapeurs tout ce qui était volatil, après avoir chassé de son intérieur les matières qui composent l'atmosphère et les mers, a dû sublimer en même temps toutes les parties les moins fixes de la terre, les élever et les déposer dans tous les espaces vides, dans toutes les fentes qui se formaient à la surface à mesure qu'elle se refroidissait. Voilà l'origine et la gradation du gisement et de la formation des matières vitrifiables, qui toutes forment le noyau des plus grandes montagnes et renferment dans leurs fentes toutes les mines des métaux et des autres matières que le feu a pu diviser, fondre et sublimer. Après ce premier établissement encore subsistant des matières vitrifiables et des minéraux en grande masse, qu'on ne peut attribuer qu'à l'action du feu ; l'eau, qui jusqu'alors ne

formait avec l'air qu'un vaste volume de vapeurs, commença de prendre son état actuel dès que la superficie du globe fut assez refroidie pour ne la plus repousser et dissiper en vapeurs : elle se rassembla donc et couvrit la plus grande partie de la surface terrestre, sur laquelle se trouvant agitée par un mouvement continuel de flux et de reflux, par l'action des vents, par celle de la chaleur, elle commença d'agir sur les ouvrages du feu ; elle vitra peu à peu la superficie des matières vitrifiables ; elle en transporta les débris, les déposa en forme de sédiments ; elle put nourrir les animaux à coquilles ; elle ramassa leurs dépouilles, produisit les pierres calcaires en forma des collines et des montagnes, qui, se desséchant ensuite, reçurent dans leurs fentes toutes les matières minérales qu'elle pouvait dissoudre ou charrier.

Pour établir une théorie générale sur la formation des minéraux, il faut donc commencer par distinguer avec la plus grande attention, 1^o ceux qui ont été produits par le feu primitif de la terre, lorsqu'elle était encore brûlante de chaleur ; 2^o ceux qui ont été formés du détriment des premiers par le moyen de l'eau ; et troisièmement ceux qui, dans les volcans ou dans d'autres incendies postérieurs au feu primitif, ont une seconde fois subi l'épreuve d'une violente chaleur. Ces trois objets sont très-distincts, et comprennent tout le règne minéral : en ne les perdant pas de vue, et y rapportant chaque substance minérale, on ne pourra guère se tromper sur

son origine et même sur les degrés de sa formation. Toutes les mines que l'on trouve en masse ou gros filons dans nos hautes montagnes, doivent se rapporter à la sublimation du feu primitif ; toutes celles au contraire que l'on trouve en petites ramifications, en filets, en végétations, n'ont été formées que du détriment des premières, entraîné par la stillation des eaux. On le voit évidemment en comparant, par exemple, la matière des mines de fer de Suède avec celle de nos mines de fer en grains : celles-ci sont l'ouvrage immédiat de l'eau, et nous les voyons se former sous nos yeux ; elles ne sont point attirables par l'aimant ; elles ne contiennent point de soufre, et ne se trouvent que dispersées dans les terres ; les autres sont toutes plus ou moins sulfureuses, toutes attirables par l'aimant, ce qui seul suppose qu'elles ont subi l'action du feu ; elles sont disposées en grandes masses dures et solides ; leur substance est mêlée d'une grande quantité d'asbeste, autre indice de l'action du feu. Il en est de même des autres métaux : leur ancien fonds vient du feu, et toutes leurs grandes masses ont été réunies par son action ; mais toutes leurs cristallisations, végétations, granulations, etc., sont dues à des causes secondaires où l'eau a la plus grande part. Je borne ici mes réflexions sur la conversion des éléments, parce que ce serait anticiper sur celles qu'exige en particulier chaque substance minérale, et qu'elles seront mieux placées dans les articles de l'histoire naturelle des minéraux.

RÉFLEXIONS

SUR LA LOI DE L'ATTRACTION.

LE mouvement des planètes dans leurs orbites est un mouvement composé de deux forces : la première est une force de projection, dont l'effet s'exercerait dans la tangente de l'orbite, si l'effet continu de la seconde cessait un instant ; cette seconde force tend vers le soleil, et par son effet précipiterait les planètes vers le soleil, si la première force venait à son tour à cesser un seul instant.

La première de ces forces peut être regardée comme une impulsion, dont l'effet est uniforme et constant, et qui a été communiqué aux planètes dès la formation du système planétaire ; la seconde peut être considérée comme une attraction vers le soleil, et se doit mesurer comme toutes les qualités qui partent d'un centre, par la raison inverse du carré de la distance, comme en effet on mesure les quantités de lumière, d'odeur, etc., et toutes les autres quantités ou qualités qui se propagent en ligne droite et se rapportent à un centre. Or, il est certain que l'attraction se propage en ligne droite, puisqu'il n'y a rien de plus droit qu'un fil à plomb, et que tombant perpendiculairement à la surface de la terre, il tend directement au centre de la force, et ne s'éloigne que très-peu de la direction du rayon au centre. Donc on peut dire que la loi de l'attraction doit être la raison inverse du carré de la distance, uniquement parce qu'elle part d'un centre ou qu'elle y tend, ce qui revient au même.

Mais comme ce raisonnement préliminaire, quelque bien fondé que je le croie, pourrait être contredit par les gens qui font peu de cas de la force des analogies, et qui ne sont accoutumés à se rendre qu'à des démonstrations mathématiques, Newton a cru qu'il valait beaucoup mieux établir la loi de l'attraction par les phénomènes mêmes, que par toute autre voie ; et il a en effet démontré géométriquement que, si plusieurs corps se meuvent dans des cercles concentriques, et que les carrés des temps de leurs révolutions soient comme les cubes de leurs distances à leur centre commun, les forces centri-

pètes de ces corps sont réciproquement comme les carrés des distances ; et que, si les corps se meuvent dans des orbites peu différentes d'un cercle, ces forces sont aussi réciproquement comme les carrés des distances, pourvu que les apsides de ces orbites soient immobiles. Ainsi les forces par lesquelles les planètes tendent aux centres ou aux foyers de leurs orbites, suivent en effet la loi du carré de la distance ; et la gravitation étant générale et universelle, la loi de cette gravitation est constamment celle de la raison inverse du carré de la distance, et je ne crois pas que personne doute de la loi de Képler, et qu'on puisse nier que celà ne soit ainsi pour Mercure, pour Vénus, pour la Terre, pour Mars, pour Jupiter et pour Saturne, surtout en les considérant à part et comme ne pouvant se troubler les uns les autres, et en ne faisant attention qu'à leur mouvement autour du soleil.

Toutes les fois donc qu'on ne considèrera qu'une planète ou qu'un satellite se mouvant dans son orbite autour du soleil ou d'une autre planète, ou qu'on n'aura que deux corps tous deux en mouvement, ou dont l'un est en repos et l'autre en mouvement, on pourra assurer que la loi de l'attraction suit exactement la raison inverse du carré de la distance, puisque par toutes les observations la loi de Képler se trouve vraie, tant pour les planètes principales, que pour les satellites de Jupiter et de Saturne. Cependant on pourrait dès ici faire une objection tirée des mouvements de la lune, qui sont irréguliers, au point que M. Halley l'appelle *sidus contumax*, et principalement du mouvement de ses apsides, qui ne sont pas immobiles comme le demande la supposition géométrique, sur laquelle est fondé le résultat qu'on a trouvé de la raison inverse du carré de la distance pour la mesure de la force d'attraction dans les planètes.

A cela il y a plusieurs manières de répondre ; d'abord on pourrait dire que la loi s'observant généralement dans toutes les autres planètes avec exactitude, un seul phénomène

où cette même exactitude ne se trouve pas ne doit pas détruire cette loi : on peut le regarder comme une exception dont on doit chercher la raison particulière. En second lieu, on pourrait répondre, comme l'a fait M. Cotes, que quand même on accorderait que la loi d'attraction n'est pas exactement dans ce cas en raison inverse du carré de la distance, et que cette raison est un peu plus grande, cette différence peut s'estimer par le calcul, et qu'on trouvera qu'elle est presque insensible, puisque la raison de la force centripète de la lune, qui de toutes est celle qui doit être la plus troublée, approche soixante fois plus près de la raison du carré que de la raison du cube de la distance : *Responderi potest, etiamsi concedamus hunc motum tardissimum exinde profectum quòd vis centripetæ proportio aberrat aliquantulum à duplicatâ, aberrationem illam per computum mathematicum inveniri posse, et planè insensibilem esse; ista enim ratio vis centripetæ lunaris, quæ omnium maximè turbari debet, paululum quidem duplicatam superabit; ad hanc verò sexaginta ferè vicibus propius accedet quàm ad tripliatam. Sed verior erit responsio, etc.* (Editoris præf. in edit. 2^a Newton. Auctore Roger Cotes.)

Et en troisième lieu, on doit répondre plus positivement que ce mouvement des apsides ne vient point de ce que la loi d'attraction est un peu plus grande que dans la raison inverse du carré de la distance, mais de ce qu'en effet le soleil agit sur la lune par une force d'attraction qui doit troubler son mouvement et produire celui des apsides, et que par conséquent cela seul pourrait bien être la cause qui empêche la lune de suivre exactement la règle de Képler. Newton a calculé dans cette vue, les effets de cette force perturbatrice, et il a tiré de sa théorie les équations et les autres mouvements de la lune avec une telle précision, qu'ils répondent très-exactement, et à quelques secondes près, aux observations faites par les meilleurs astronomes. Mais, pour ne parler que du mouvement des apsides, il fait sentir, dès la 45^e proposition du premier livre, que la progression de l'apogée de la lune vient de l'action du soleil; en sorte que jusqu'ici tous s'accorde, et sa théorie se trouve aussi vraie et aussi exacte dans tous les cas les plus compliqués, comme dans ceux qui le sont le moins.

Cependant un de nos grands géomètres a

prétendu (1) que la quantité absolue du mouvement de l'apogée ne pouvait pas se tirer de la théorie de la gravitation, telle qu'elle est établie par Newton, parce qu'en employant les lois de cette théorie, on trouve que ce mouvement ne devrait s'achever qu'en dix-huit ans, au lieu qu'il s'achève en neuf ans. Malgré l'autorité de cet habile mathématicien, et les raisons qu'il a données pour soutenir son opinion, j'ai toujours été convaincu, comme je le suis encore aujourd'hui, que la théorie de Newton s'accorde avec les observations : je n'entreprendrai pas ici de faire l'examen qui serait nécessaire pour prouver qu'il n'est pas tombé dans l'erreur qu'on lui reproche; je trouve qu'il est plus court d'assurer la loi de l'attraction telle qu'elle est, et de faire voir que la loi que M. Clairaut a voulu substituer à celle de Newton, n'est qu'une supposition qui implique contradiction.

Car admettons pour un instant ce que M. Clairaut prétend avoir démontré, que, par la théorie de l'attraction mutuelle, le mouvement des apsides devrait se faire en dix-huit ans, au lieu de se faire en neuf ans, et souvenons-nous en même temps qu'à l'exception de ce phénomène, tous les autres, quelque compliqués qu'ils soient, s'accordent dans cette même théorie très-exactement avec les observations : à en juger d'abord par les probabilités, cette théorie doit subsister, puisqu'il y a un nombre très-considérable de choses où elle s'accorde parfaitement avec la nature; qu'il n'y a qu'un seul cas où elle en diffère, et qu'il est fort aisé de se tromper dans l'énumération des causes d'un seul phénomène particulier. Il me paraît donc que la première idée qui doit se présenter est qu'il faut chercher la raison particulière de ce phénomène singulier; et il me semble qu'on pourrait en imaginer quelqu'une : par exemple, si la force magnétique de la terre pouvait, comme le dit Newton, entrer dans le calcul, on trouverait peut-être qu'elle influe sur le mouvement de la lune, et qu'elle pourrait produire cette accélération dans le mouvement de l'apogée; et c'est dans ce cas où en effet il faudrait employer deux termes pour exprimer la mesure des forces qui produisent le mouvement de la lune. Le premier terme de l'expression serait toujours celui de la loi de l'attraction universelle, c'est-à-dire la raison inverse et

(1) M. Clairaut. (Voyez les Mémoires de l'Académie des sciences, année 1745.)

exacte du carré de la distance, et le second terme représenterait la mesure de la force magnétique.

Cette supposition est sans doute mieux fondée que celle de M. Clairaut, qui me paraît beaucoup plus hypothétique, et sujette d'ailleurs à des difficultés invincibles : exprimer la loi d'attraction par deux ou plusieurs termes, ajouter à la raison inverse du carré de la distance une fraction du carré-carré,

au lieu de $\frac{1}{xx}$ mettre $\frac{1}{xx} + \frac{1}{mxx^4}$ me paraît

n'être autre chose que d'ajuster une expression de telle façon qu'elle corresponde à tous les cas : ce n'est plus une loi physique que cette expression représente : car, en se permettant une fois de mettre un second, un troisième, un quatrième terme, etc., on pourrait trouver une expression qui, dans toutes les lois d'attraction, représenterait les cas dont il s'agit, en l'ajustant en même temps aux mouvements de l'apogée de la lune et aux autres phénomènes ; et par conséquent cette supposition, si elle était admise, non-seulement anéantirait la loi de l'attraction en raison inverse du carré de la distance, mais même donnerait entrée à toutes les lois possibles et imaginables. Une loi en physique n'est loi que parce que sa mesure est simple, et que l'échelle qui la représente est non-seulement toujours la même, mais encore qu'elle est unique, et qu'elle ne peut être représentée par une autre échelle. Or, toutes les fois que l'échelle d'une loi ne sera pas représentée par un seul terme, cette simplicité et cette unité d'échelle, qui fait l'essence de la loi, ne subsiste plus, et par conséquent il n'y a plus aucune loi physique.

Comme ce dernier raisonnement pourrait paraître n'être que de la métaphysique, et qu'il y a peu de gens qui la sachent apprécier, je vais tâcher de le rendre sensible en m'expliquant davantage. Je dis donc que toutes les fois qu'on voudra établir une loi sur l'augmentation ou la diminution d'une qualité ou d'une quantité physique, on est strictement assujéti à n'employer qu'un terme pour exprimer cette loi. Ce terme est la représentation de la mesure qui doit varier, comme en effet la quantité à mesurer varie ; en sorte que si la quantité, n'étant d'abord qu'un ponce, devient ensuite un pied, une aune, une toise, une lieue, etc., le terme qui l'exprime devient successivement toutes ces choses, ou plutôt les repré-

sente dans le même ordre de grandeur ; et il en est de même de toutes les autres raisons dans lesquelles une quantité peut varier.

De quelque façon que nous puissions donc supposer qu'une qualité physique puisse varier, comme cette qualité est une, sa variation sera simple et toujours exprimable par un seul terme, qui en sera la mesure ; et, dès qu'on voudra employer deux termes, on détruira l'unité de la qualité physique, parce que ces deux termes représenteront deux variations différentes dans la même qualité, c'est-à-dire deux qualités au lieu d'une. Deux termes sont en effet deux mesures, toutes deux variables et inégalement variables ; et dès-lors elles ne peuvent être appliquées à un sujet simple, à une seule qualité ; et si on admet deux termes pour représenter l'effet de la force centrale d'un astre, il est nécessaire d'avouer qu'au lieu d'une force il y en a deux, dont l'une sera relative au premier terme, et l'autre relative au second terme : d'où l'on voit évidemment qu'il faut, dans le cas présent, que M. Clairaut admette nécessairement une autre force différente de l'attraction, s'il emploie deux termes pour représenter l'effet total de la force centrale d'une planète.

Je ne sais pas comment on peut imaginer qu'une loi physique, telle qu'est celle de l'attraction, puisse être exprimée par deux termes par rapport aux distances ; car s'il y avait, par exemple, une masse M dont la vertu attractive fût exprimée par $\frac{a}{xx} + \frac{b}{x^4}$, n'en résulterait-il pas le même effet que si cette masse était composée de deux matières différentes, comme, par exemple, de $\frac{1}{2}M$, dont la loi d'attraction fût exprimée par $\frac{2aa}{xx}$ et de

$\frac{1}{2}M$, dont l'attraction fût $\frac{2b}{x^4}$? cela me paraît absurde.

Mais, indépendamment de ces impossibilités qu'implique la supposition de M. Clairaut, qui détruit aussi l'unité de loi sur laquelle est fondée la vérité et la belle simplicité du système du monde, cette supposition souffre bien d'autres difficultés que M. Clairaut devait, ce me semble, se proposer avant que de l'admettre, et commencer au moins par examiner d'abord toutes les causes particulières qui pourraient produire le même effet. Je sens que si j'eusse résolu, comme M. Clairaut, le problème des trois corps, et que j'eusse trouvé que la théorie de la gravitation

ne donne en effet que la moitié du mouvement de l'apogée, je n'en aurais pas tiré la conclusion qu'il en tire contre la loi de l'attraction : aussi est-ce cette conclusion que je contredis, et à laquelle je ne crois pas qu'on soit obligé de souscrire, quand même M. Clairaut aurait pu démontrer l'insuffisance de toutes les autres causes particulières.

Newton dit, page 547, tome 3 : *In his computationibus attractionem magneticam terræ non consideravi, cujus itaque quantitas per parva est et ignoratur; si quando verò hæc attractio investigari poterit, et mensura graduum in meridiano, ac longitudines pendulorum isochronorum in diversis parallelis, legesque motuum maris et parallaxis lunæ cum diametris apparentibus solis et lunæ ex phænomenis accuratiùs determinatæ fuerint, licebit calculum hunc omnem accuratiùs repetere.* Ce passage ne prouve-t-il pas bien clairement que Newton n'a pas prétendu avoir fait l'énumération de toutes les causes particulières, et n'indique-t-il pas en effet que, si on trouve quelques différences avec sa théorie et les observations, cela peut venir de la force magnétique de la terre, ou de quelque autre cause secondaire? et par conséquent, si le mouvement des apsides ne s'accorde pas aussi exactement avec sa théorie que le reste, faudra-t-il pour cela ruiner sa théorie par le fondement, en changeant la loi générale de la gravitation? ou plutôt ne faudra-t-il pas attribuer à d'autres causes cette différence, qui ne se trouve que dans ce seul phénomène? M. Clairaut a proposé une difficulté contre le système de Newton; mais ce n'est tout au plus qu'une difficulté qui ne doit ni ne peut devenir un principe : il faut chercher à la résoudre, et non pas en faire une théorie dont toutes les conséquences ne sont appuyées que sur un calcul; car, comme je l'ai dit, on peut tout représenter avec un calcul, et on ne réalise rien; et si on se permet de mettre un ou plusieurs termes à la suite de l'expression d'une loi physique, comme l'est celle de l'attraction, on ne nous donne plus que de l'arbitraire, au lieu de nous représenter la réalité.

Au reste, il me suffit d'avoir établi les raisons qui me font rejeter la supposition de M. Clairaut, celles que j'ai de croire que, bien loin qu'il ait pu donner atteinte à la loi de l'attraction, et renverser l'astronomie physique, elle me paraît au contraire demeurer dans toute sa vigueur, et avoir des

forces pour aller encore bien loin; et cela sans que je prétende avoir dit, à beaucoup près, tout ce qu'on peut dire sur cette matière, à laquelle je désirerais qu'on donnât, sans prévention, toute l'attention qu'il faut pour la bien juger.

ADDITION.

Je me suis borné à démontrer que la loi de l'attraction, par rapport à la distance, ne peut être exprimée que par un terme, et non par deux ou plusieurs termes; que par conséquent l'expression que M. Clairaut a voulu substituer à la loi du carré des distances, n'est qu'une supposition qui renferme une contradiction; c'est là le seul point auquel je me suis attaché : mais comme il paraît par sa réponse qu'il ne m'a pas assez entendu (1), je vais tâcher de rendre mes raisons plus intelligibles en les traduisant en calcul; ce sera la seule réplique que je ferai à sa réponse.

La loi de l'attraction, par rapport à la distance, ne peut pas être exprimée par deux termes.

PREMIÈRE DÉMONSTRATION.

Supposons que $\frac{1}{x^2} \pm \frac{1}{x^4}$ représente l'effet de cette force, par rapport à la distance x , ou, ce qui revient au même, supposons que $\frac{1}{x^2} \pm \frac{1}{x^4}$, qui représente la force accélératrice, soit égale à une quantité donnée A pour une certaine distance : en résolvant cette équation, la racine x sera ou imaginaire, ou bien elle aura deux valeurs différentes : donc à différentes distances, l'attraction serait la même, ce qui est absurde; donc la loi de l'attraction, par rapport à la distance, ne peut pas être exprimée par deux termes. *Ce qu'il fallait démontrer.*

DEUXIÈME DÉMONSTRATION.

La même expression $\frac{1}{x^2} \pm \frac{1}{x^4}$, si x devient très-grand, pourra se réduire à $\frac{1}{x^2}$, et si x devient très-petit, elle se réduira à $\pm \frac{1}{x^4}$, de sorte que si $\frac{1}{x^2} \pm \frac{1}{x^4} = \frac{1}{x^4}$, l'exposant n doit être un nombre compris entre 2 et 4; cependant ce même exposant n doit nécessairement renfermer x , puisque la quantité d'attraction doit, de façon ou

(1) Voyez les Mémoires de l'Académie des sciences, année 1745, pages 493, 529, 551, 577 et 580.

d'autre, être mesurée par la distance; cette expression prendra donc alors une forme comme $\frac{1}{x^4} \pm \frac{1}{x^4} = \frac{1}{x^4}$, ou $= \frac{1}{x+r}$; donc une quantité qui doit être nécessairement un nombre compris entre 2 et 4, pourrait cependant devenir infinie, ce qui est absurde; donc l'attraction ne peut pas être exprimée par deux termes. *Ce qu'il fallait démontrer.*

On voit que les démonstrations seraient les mêmes contre toutes les expressions possibles qui seraient composées de plusieurs termes: donc la loi d'attraction ne peut être exprimée que par un seul terme.

SECONDE ADDITION.

Je ne voulais rien ajouter à ce que j'ai dit au sujet de la loi de l'attraction, ni faire aucune réponse au nouvel écrit de M. Clairaut (1): mais, comme je crois qu'il est utile pour les sciences d'établir d'une manière certaine la proposition que j'ai avancée, savoir, que la loi de l'attraction, et même toute autre loi physique, ne peut jamais être exprimée que par un seul terme, et qu'une nouvelle vérité de cette espèce peut prévenir un grand nombre d'erreurs et de fausses applications dans les sciences physico-mathématiques, j'ai cherché plusieurs moyens de la démontrer.

On a vu, dans mon Mémoire, les raisons métaphysiques par lesquelles j'établis que la mesure d'une qualité physique et générale dans la nature est toujours simple; que la loi qui représente cette mesure ne peut donc jamais être composée; qu'elle n'est réellement que l'expression de l'effet simple d'une qualité simple; que l'on ne peut donc exprimer cette loi par deux termes, parce qu'une qualité qui est une ne peut jamais avoir deux mesures. Ensuite, dans l'*Addition à ce Mémoire*, j'ai prouvé démonstrativement cette même vérité par la réduction à l'absurde et par le calcul: ma démonstration est vraie, car il est certain en général que si l'on exprime la loi de l'attraction par une fonction de la distance, et que cette fonction soit composée de deux ou plusieurs termes, comme $\frac{1}{x^m} \pm \frac{1}{x^n} \pm \frac{1}{x^r}$, etc., et que l'on égale cette fonction à une quantité constante A pour une certaine distance; il est

certain, dis-je, qu'en résolvant cette équation, la racine x aura des valeurs imaginaires dans tous les cas, et aussi des valeurs réelles, différentes dans presque tous les cas, et que ce n'est que dans quelques cas,

comme dans celui de $\frac{1}{x^2} + \frac{1}{x^4} A$, où il y aura deux racines réelles égales, dont l'une sera positive et l'autre négative: cette exception particulière ne détruit donc pas la vérité de ma démonstration, qui est pour une fonction quelconque; car, si en général l'expression de la loi d'attraction est $\frac{1}{xx}$

+ $m x^n$, l'exposant n ne peut pas être négatif et plus grand que 2, puisqu'alors la pesanteur deviendrait infinie dans le point de contact; l'exposant n est donc nécessairement positif, et le coefficient m doit être négatif pour faire avancer l'apogée de la lune; par conséquent le cas particulier

$\frac{1}{xx} + \frac{1}{x^4}$ ne peut jamais représenter la loi de la pesanteur: et si on se permet une fois d'exprimer cette loi par une fonction de deux termes, pourquoi le second de ces termes serait-il nécessairement positif? Il y a comme l'on voit beaucoup de raisons pour que cela ne soit pas, et aucune raison pour que cela soit.

Dès les temps que M. Clairaut proposa, pour la première fois, de changer la loi de l'attraction et d'y ajouter un terme, j'avais senti l'absurdité qui résultait de cette supposition, et j'avais fait mes efforts pour la faire sentir aux autres; mais j'ai depuis trouvé une nouvelle manière de la démontrer, qui ne laissera, à ce que j'espère, aucun doute sur ce sujet important: voici mon raisonnement, que j'ai abrégé autant qu'il m'a été possible.

Si la loi de l'attraction, ou telle autre loi physique que l'on voudra, pouvait être exprimée par deux ou plusieurs termes, le premier terme étant, par exemple, $\frac{1}{xx}$, il serait nécessaire que le second terme eût un coefficient indéterminé, et qu'il fût, par exemple, $\frac{1}{mx^4}$; et de même, si cette loi était exprimée par trois termes, il y aurait deux coefficients indéterminés, l'un au second, et l'autre au troisième terme, etc.; dès-lors cette loi d'attraction, qui serait exprimée par deux termes $\frac{1}{xx} + \frac{1}{mx^4}$, renfermerait donc une quantité m qui en-

(1) Voyez les Mémoires de l'Académie des sciences, année 1745, pages 577 et 578.

trerait nécessairement dans la mesure de la force.

Or, je demande ce que c'est que ce coefficient m : il est clair qu'il ne dépend ni de la masse, ni de la distance; que ni l'une ni l'autre ne peuvent jamais donner sa valeur; comment peut-on donc supposer qu'il y ait en effet une telle quantité physique? existe-t-il dans la nature un coefficient comme un 4, un 5, un 6, etc.? et n'y a-t-il pas de l'absurdité à supposer qu'un nombre puisse exister réellement, ou qu'un coefficient puisse être une qualité essentielle à la matière? Il faudrait pour cela qu'il y eût dans la nature des phénomènes purement numériques et du même genre que ce coefficient m ; sans cela, il est impossible d'en déterminer la valeur, puisqu'une quantité quelconque ne peut jamais être mesurée que par une autre quantité de même genre: il faut donc que M. Clairaut commence par nous prouver que les nombres sont des êtres réels actuellement existants dans la nature, ou que les coefficients sont des qualités physiques, s'il veut que nous convenions avec lui que la loi d'attraction, ou toute autre loi physique, puisse être exprimée par deux ou plusieurs termes.

Si l'on veut une démonstration plus particulière, je crois qu'on peut en donner une qui sera à la portée de tout le monde; c'est que la loi de la raison inverse du carré de la distance convient également à une sphère et à toutes les particules de matière dont cette sphère est composée. Le globe de la terre exerce son attraction dans la raison inverse du carré de la distance, et toutes les particules de matière dont ce globe est composé exercent aussi leur attraction dans cette même raison, comme Newton l'a démontré: mais si l'on exprime cette loi de l'attraction d'une sphère par deux termes, la loi de l'attraction des particules qui composent cette sphère, ne sera point la même que celle de la sphère; par conséquent cette loi composée de deux termes ne sera pas générale, ou plutôt ne sera jamais la loi de la nature.

Les raisons métaphysiques, mathématiques et physiques, s'accordent donc toutes à prouver que la loi de l'attraction ne peut être exprimée que par un seul terme, et jamais par deux ou plusieurs termes; c'est la proposition que j'ai avancée et que j'avais à démontrer.

INTRODUCTION A L'HISTOIRE DES MINÉRAUX.

PARTIE EXPÉRIMENTALE.

DEPUIS vingt-cinq ans que j'ai jeté sur le papier mes idées sur la théorie de la terre, et sur la nature des matières minérales dont le globe est principalement composé, j'ai eu la satisfaction de voir cette théorie confirmée par le témoignage unanime des navigateurs, et par de nouvelles observations que j'ai eu soin de recueillir. Il m'est aussi venu dans ce long espace de temps, quelques pensées neuves, dont j'ai cherché à constater la valeur et la réalité par des expériences : de nouveaux faits acquis par ces expériences, des rapports plus ou moins éloignés, tirés de ces mêmes faits ; des réflexions en conséquence, le tout lié à mon système général, et dirigé par une vue constante vers les grands objets de la nature ; voilà ce que je crois devoir présenter aujourd'hui à mes lecteurs, surtout à ceux qui, m'ayant honoré de leur suffrage, aiment assez l'histoire naturelle pour chercher avec moi les moyens de l'étendre et de l'approfondir.

Je commencerai par la partie expérimentale de mon travail, parce que c'est sur les résultats de mes expériences que j'ai fondé tous mes raisonnements, et que les idées même les plus conjecturales, et qui pourraient paraître trop hasardées, ne laissent pas d'y tenir par des rapports qui seront plus ou moins sensibles à des yeux plus ou moins attentifs, plus ou moins exercés, mais qui n'échapperont pas à l'esprit de ceux qui sa-

vent évaluer la force des inductions, et apprécier la valeur des analogies.

Et comme il s'est écoulé bien des années depuis que j'ai commencé de publier mon ouvrage sur l'histoire naturelle, et que le nombre des volumes s'est beaucoup augmenté, j'ai cru que, pour ne pas rendre mon livre trop à charge au public, je devais m'interdire la liberté d'en donner une nouvelle édition corrigée et augmentée : aussi dans le grand nombre de réimpressions qui se sont faites de cet ouvrage, il n'y a pas un seul mot de changé. Pour ne pas rendre aujourd'hui toutes ces éditions superflues, j'ai pris le parti de mettre en deux ou trois volumes de supplément les corrections, additions, développements et explications que j'ai jugées nécessaires à l'intelligence des sujets que j'ai traités. Ces suppléments contiendront beaucoup de choses nouvelles et d'autres plus anciennes, dont quelques-unes ont été imprimées, soit dans les Mémoires de l'Académie des sciences, soit ailleurs : je les ai divisés par parties relatives aux différents objets de l'histoire de la nature, et j'en ai formé plusieurs Mémoires qui peuvent être lus indépendamment les uns des autres, mais que j'ai seulement rapprochés selon l'ordre des matières (1).

(1) *Nota.* Ce dernier paragraphe, comme on le voit, a rapport aux premières éditions données par Buffon.

PREMIER MÉMOIRE.

EXPÉRIENCES SUR LE PROGRÈS DE LA CHALEUR DANS LES CORPS.

J'ai fait faire dix boulets de fer forgé et battu :

	pouces.
Le premier d'un demi-pouce de diamètre.	$0\frac{1}{2}$
Le second d'un pouce.	1
Le troisième d'un pouce et demi.	$1\frac{1}{2}$
Le quatrième de deux pouces.	2
Le cinquième de deux pouces et demi.	$2\frac{1}{2}$
Le sixième de trois pouces.	3
Le septième de trois pouces et demi.	$3\frac{1}{2}$
Le huitième de quatre pouces.	4
Le neuvième de quatre pouces et demi.	$4\frac{1}{2}$
Le dixième de cinq pouces.	5

Ce fer venait de la forge de Chameçon, près Châtillon-sur-Seine, et comme tous les boulets ont été faits du fer de cette même forge, leurs poids se sont trouvés à très-peu près proportionnels aux volumes.

Le boulet d'un demi-pouce pesait 190 grains, ou 2 gros 46 grains.

Le boulet d'un pouce pesait 1522 grains, ou 2 onces 5 gros 10 grains.

Le boulet d'un pouce et demi pesait 5136 grains, ou 8 onces 7 gros 24 grains.

Le boulet de deux pouces pesait 12173 grains, ou 1 livre 5 onces 1 gros 5 grains.

Le boulet de deux pouces et demi pesait 23781 grains, ou 2 livres 9 onces 2 gros 21 grains.

Le boulet de trois pouces pesait 41085 grains, ou 4 livres 7 onces 2 gros 45 grains.

Le boulet de trois pouces et demi pesait 65254 grains, ou 7 livres 1 once 2 gros 22 grains.

Le boulet de quatre pouces pesait 97388 grains, ou 10 livres 9 onces 44 grains.

Le boulet de quatre pouces et demi pesait 138179 grains, ou 14 livres 15 onces 7 gros 11 grains.

Le boulet de cinq pouces pesait 190211 grains, ou 20 livres 10 onces 1 gros 59 grains.

Tous ces poids ont été pris juste avec de très-bonnes balances, en faisant limer peu à peu ceux des boulets qui se sont trouvés un peu trop forts.

Avant de rapporter les expériences, j'observerai :

1°. Que pendant tout le temps qu'on les a faites, le thermomètre, exposé à l'air libre, était à la congélation ou à quelques degrés au-dessous (1); mais qu'on a laissé refroidir les boulets dans une cave où le thermomètre était à peu près à dix degrés au-dessus de la congélation, c'est-à-dire au degré de la température des caves de l'Observatoire, et c'est ce degré que je prends ici pour celui de la température actuelle de la terre.

2°. J'ai cherché à saisir deux instants dans le refroidissement : le premier où les boulets cessaient de brûler, c'est-à-dire le moment où on pouvait les toucher et les tenir avec la main, pendant une seconde, sans se brûler; le second temps de ce refroidissement est celui où les boulets se sont trouvés refroidis jusqu'au point de la température actuelle, c'est-à-dire à dix degrés au-dessus de la congélation. Et pour connaître le moment de ce refroidissement jusqu'à la température actuelle, on s'est servi d'autres boulets de comparaison de même matière et de mêmes diamètres qui n'avaient pas été chauffés, et que l'on touchait en même temps que ceux qui avaient été chauffés. Par cet attouchement immédiat et simultané de la main ou des deux mains sur les deux boulets, on pouvait juger assez bien du moment où ces boulets étaient également froids : cette manière simple est non-seulement plus aisée que le thermomètre, qu'il eût été difficile d'appliquer ici, mais elle est encore plus précise, parce qu'il ne s'agit que de juger de l'égalité et non pas de la proportion de la chaleur, et que nos sens sont meilleurs juges que les instruments de tout ce qui est absolument égal ou parfaitement semblable. Au reste, il est plus aisé de reconnaître l'instant où les boulets cessent de brûler que celui où ils se sont refroidis à la température actuelle, parce qu'une sensation vive est toujours plus précise qu'une sensation tempérée, attendu que

(1) Division de Réaumur.

la première nous affecte d'une manière plus forte.

3°. Comme le plus ou le moins de poli ou de brut sur le même corps fait beaucoup à la sensation du toucher, et qu'un corps poli semble être plus froid s'il est froid, et plus chaud s'il est chaud, qu'un corps brut de même matière, quoiqu'ils le soient tous deux également, j'ai eu soin que les boulets froids fussent bruts et semblables à ceux qui avaient été chauffés, dont la surface était semée de petites éminences produites par l'action du feu.

EXPÉRIENCES.

1.

Le boulet d'un demi-pouce a été chauffé à blanc en 2 minutes. Il s'est refroidi au point de le tenir dans la main en 12 minutes. Refroidi au point de la température actuelle en 39 minutes.

2.

Le boulet d'un pouce a été chauffé à blanc en 5 minutes $\frac{1}{2}$. Il s'est refroidi au point de le tenir dans la main en 35 minutes $\frac{1}{2}$. Refroidi au point de la température actuelle en 1 heure 33 minutes.

3.

Le boulet d'un pouce et demi a été chauffé à blanc en 9 minutes. Il s'est refroidi au point de le tenir dans la main en 58 minutes. Refroidi au point de la température actuelle en 2 heures 25 minutes.

4.

Le boulet de 2 pouces a été chauffé à blanc en 13 minutes. Il s'est refroidi au point de le tenir dans la main en 1 heure 20 minutes. Refroidi au point de la température actuelle en 3 heures 16 minutes.

5.

Le boulet de 2 pouces et demi a été chauffé à blanc en 16 minutes. Il s'est refroidi au point de le tenir dans la main en 1 heure 42 minutes. Refroidi au point de la température actuelle en 4 heures 30 minutes.

6.

Le boulet de 3 pouces a été chauffé à blanc en 19 minutes $\frac{1}{2}$. Il s'est refroidi au point de le tenir dans la main en 2 heures 7 minutes. Refroidi au point de la température actuelle en 5 heures 8 minutes.

7.

Le boulet de 3 pouces $\frac{1}{2}$ a été chauffé à blanc en 23 minutes $\frac{1}{2}$. Il s'est refroidi au point de le tenir dans la main en 2 heures

36 minutes. Refroidi au point de la température actuelle en 5 heures 56 minutes.

8.

Le boulet de 4 pouces a été chauffé à blanc en 27 minutes $\frac{1}{2}$. Il s'est refroidi au point de le tenir dans la main en 3 heures 2 minutes. Refroidi au point de la température actuelle en 6 heures 55 minutes.

9.

Le boulet de 4 pouces $\frac{1}{2}$ a été chauffé à blanc en 31 minutes. Il s'est refroidi au point de le tenir dans la main en 3 heures 25 minutes. Refroidi au point de la température actuelle en 7 heures 46 minutes.

10.

Le boulet de 5 pouces a été chauffé à blanc en 34 minutes. Il s'est refroidi au point de le tenir dans la main en 3 heures 52 minutes. Refroidi au point de la température actuelle en 8 heures 42 minutes.

La différence la plus constante que l'on puisse prendre entre chacun des termes qui expriment le temps du refroidissement, depuis l'instant où l'on tire les boulets du feu jusqu'à celui où on peut les toucher sans se brûler, se trouve être de vingt-quatre minutes; car, en supposant chaque terme augmenté de vingt-quatre, on aura 12', 36', 60', 84', 108', 132', 156', 180', 204', 228'.

Et la suite des temps réels de ces refroidissements, trouvés par les expériences précédentes, est 12', 35' $\frac{1}{2}$, 58', 80', 102', 127', 156', 182', 205', 232';

Ce qui approche de la première autant que l'expérience peut approcher du calcul.

De même la différence la plus constante que l'on puisse prendre entre chacun des termes du refroidissement jusqu'à la température actuelle, se trouve être de 54 minutes; car, en supposant chaque terme augmenté de 54, on aura 39', 93', 147', 201', 255', 309', 363', 417', 471', 525'.

Et la suite des temps réels de ce refroidissement, trouvés par les expériences précédentes, est 39', 93', 145', 196', 248', 308', 356', 415', 466', 522';

Ce qui approche aussi beaucoup de la première suite supposée.

J'ai fait une seconde et une troisième fois les mêmes expériences sur les mêmes boulets; mais j'ai vu que je ne pouvais compter que sur les premières, parce que je me suis aperçu qu'à chaque fois qu'on chauffait les boulets, ils perdraient considérablement de leur poids; car

Le boulet d'un demi-pouce, après avoir été chauffé trois fois, avait perdu environ la dix-huitième partie de son poids.

Le boulet d'un pouce, après avoir été chauffé trois fois, avait perdu environ la seizième partie de son poids.

Le boulet d'un pouce et demi, après avoir été chauffé trois fois, avait perdu la quinzième partie de son poids.

Le boulet de deux pouces, après avoir été chauffé trois fois, avait perdu à peu près la quatorzième partie de son poids.

Le boulet de deux pouces et demi, après avoir été chauffé trois fois, avait perdu à peu près la treizième partie de son poids.

Le boulet de trois pouces, après avoir été chauffé trois fois, avait perdu à peu près la douzième partie de son poids.

Le boulet de trois pouces et demi, après avoir été chauffé trois fois, avait perdu encore un peu plus de la treizième partie de son poids.

Le boulet de quatre pouces, après avoir été chauffé trois fois, avait perdu la douzième partie et demie de son poids.

Le boulet de quatre pouces et demi, après avoir été chauffé trois fois, avait perdu un peu plus de la douzième partie et demie de son poids.

Le boulet de cinq pouces, après avoir été chauffé trois fois, avait perdu à très-peu près la douzième partie de son poids, car il pesait, avant d'avoir été chauffé, vingt livres dix onces un gros cinquante-neuf grains (1).

On voit que cette perte sur chacun des boulets est extrêmement considérable, et qu'elle paraît aller en augmentant, à mesure que les boulets sont plus gros; ce qui vient, à ce que je présume, de ce que l'on est obligé d'appliquer le feu violent d'autant plus longtemps que les corps sont plus grands: mais,

(1) Je n'ai pas eu occasion de faire les mêmes expériences sur des boulets de fonte de fer; mais M. de Montbeillard, lieutenant-colonel du régiment Royal-Artillerie, m'a communiqué la note suivante qui y supplée parfaitement. On a pesé plusieurs boulets avant de les chauffer, qui se sont trouvés du poids de vingt-sept livres et plus. Après l'opération, ils ont été réduits à vingt-quatre livres et un quart et vingt-quatre livres et denie. On a vérifié, sur une grande quantité de boulets, que plus on les a chauffés et plus ils ont augmenté de volume et diminué de poids; enfin, sur quarante mille boulets chauffés et râpés pour les réduire au calibre des canons, on a perdu dix mille, c'est-à-dire un quart; en sorte qu'à tous égards cette pratique est mauvaise.

en tout, cette perte de poids, non-seulement est occasionnée par le détachement des parties de la surface qui se réduisent en scories, et qui tombent dans le feu, mais encore par une espèce de dessèchement ou de calcination intérieure qui diminue la pesanteur des parties constituantes du fer; en sorte qu'il paraît que le feu violent rend le fer spécifiquement plus léger à chaque fois qu'on le chauffe. Au reste, j'ai trouvé par des expériences ultérieures, que cette diminution de pesanteur varie beaucoup selon la différente qualité du fer.

Ayant donc fait faire six nouveaux boulets, depuis un demi-pouce jusqu'à trois pouces de diamètre, et du même poids que les premiers, j'ai trouvé les mêmes progressions tant pour l'entrée que pour la sortie de la chaleur, et je me suis assuré que le fer s'échauffe et se refroidit en effet comme je viens de l'exposer.

Un passage de Newton (2) a donné naissance à ces expériences.

Globus ferri candentis, digitum unum latus, calorem suum omnem spatio horæ unius in aere consistens vix amitteret. Globus autem major calorem diutius conservaret in ratione diametri, propterea quòd superficies (ad cujus mensuram per contactum aeris ambièntis refrigeratur) in illà ratione minor est pro quantitate materiæ suæ calidæ inclusæ. Ideòque globus ferri candentis huic terræ æqualis, id est, pedes plùs minùs 40000000 latus, diebus totidem et idcirco annis 50000 vix refrigeresceret. Suspicio tamen quòd duratio caloris ob causas latentes augetur in minori ratione quàm eà diametri; et optàrim rationem veram per experimenta investigari.

Newton désirait donc qu'on fit les expériences que je viens d'exposer; et je me suis déterminé à les tenter, non-seulement parce que j'en avais besoin pour des vues semblables aux siennes, mais encore parce que j'ai cru m'apercevoir que ce grand homme pouvait s'être trompé en disant que la durée de la chaleur devait n'augmenter, par l'effet des causes cachées, qu'en moindre raison que celle du diamètre: il m'a paru au contraire, en y réfléchissant, que ces causes cachées ne pouvaient que rendre cette raison plus grande au lieu de la faire plus petite.

Il est certain, comme le dit Newton, qu'un

(2) Princip. mathém.; Lond., 1726, pag. 509.

globe plus grand conserverait sa chaleur plus long-temps qu'un plus petit, en raison du diamètre, si on supposait ces globes composés d'une matière parfaitement perméable à la chaleur; en sorte que la sortie de la chaleur fût absolument libre, et que les particules ignées ne trouvaient aucun obstacle qui pût les arrêter ni changer le cours de leur direction: ce n'est que dans cette supposition mathématique, que la durée de la chaleur serait en effet en raison du diamètre; mais les causes cachées dont parle Newton, et dont les principales sont les obstacles qui résultent de la perméabilité non absolue, imparfaite et inégale de toute matière solide, au lieu de diminuer le temps de la durée de la chaleur, doivent au contraire l'augmenter: cela m'a paru si clair, même avant d'avoir tenté mes expériences, que je serais porté à croire que Newton, qui voyait clair aussi jusque dans les choses mêmes qu'il ne faisait que soupçonner, n'est pas tombé dans cette erreur, et que le mot *minori ratione*, au lieu de *majori*, n'est qu'une faute de sa main ou de celle d'un copiste, qui s'est glissée dans toutes les éditions de son ouvrage, du moins dans toutes celles que j'ai pu consulter: ma conjecture est d'autant mieux fondée, que Newton paraît dire ailleurs précisément le contraire de ce qu'il dit ici; c'est dans la onzième question de son *Traité d'Optique* (1): « Les corps d'un grand » volume, dit-il, ne conservent-ils pas plus » long-temps (NOTA. Ce mot PLUS LONG- » TEMPS ne peut signifier ici qu'en raison plus » grande que celle du diamètre) leur cha- » leur, parce que leurs parties s'échauffent » réciproquement? et un corps vaste, dense » et fixe, étant une fois échauffé au-delà » d'un certain degré, ne peut-il pas jeter » de la lumière en telle abondance, que par » l'émission et la réaction de sa lumière, » par les réflexions et les réfractions de ses » rayons au-dedans de ses pores, il devienne » toujours plus chaud, jusqu'à ce qu'il par- » vienne à un certain degré de chaleur qui » égale la chaleur du soleil? et le soleil et » les étoiles fixes, ne sont-ce pas de vastes » terres violemment échauffées, dont la cha- » leur se conserve par la grosseur de ces » corps, et par l'action et la réaction ré- » ciproques entre eux et la lumière qu'ils » jettent, leurs parties étant d'ailleurs em- » pêchées de s'évaporer en fumée, non-seu-

» lement par leur fixité, mais encore par le » vaste poids et la grande densité des atmo- » sphères, qui, pesant de tous côtés, les » compriment très-fortement, et condensent » les vapeurs et les exhalaisons qui s'élèvent » de ces corps-là. »

Par ce passage, on voit que Newton, non-seulement est ici de mon avis sur la durée de la chaleur, qu'il suppose en raison plus grande que celle du diamètre, mais encore qu'il renchérit beaucoup sur cette augmentation, en disant qu'un grand corps, par cela même qu'il est grand, peut augmenter sa chaleur.

Quoi qu'il en soit, l'expérience a pleinement confirmé ma pensée. La durée de la chaleur, ou, si l'on veut, le temps employé au refroidissement du fer n'est point en plus petite, mais en plus grande raison que celle du diamètre; il n'y a, pour s'en assurer, qu'à comparer les progressions suivantes.

DIAMÈTRES.

1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 demi-pouces.

Temps du premier refroidissement, supposés en raison du diamètre: 12', 24', 36', 48', 60', 72', 84', 96', 108', 120'.

Temps réels de ce refroidissement, trouvés par l'expérience: 12', 35' $\frac{1}{2}$, 58', 80', 102', 127', 156', 182', 205', 232'.

Temps du second refroidissement, supposés en raison du diamètre: 39', 78', 117', 156', 195', 234', 273', 312', 351', 390'.

Temps réels de ce second refroidissement, trouvés par l'expérience: 39', 93', 145', 196', 248', 308', 356', 415', 466', 522'.

On voit, en comparant ces progressions terme à terme, que dans tous les cas la durée de la chaleur, non-seulement n'est pas en raison plus petite que celle du diamètre (comme il est écrit dans Newton), mais qu'au contraire cette durée est en raison considérablement plus grande.

Le docteur Martine, qui a fait un bon ouvrage sur les thermomètres, rapporte ce passage de Newton, et il dit qu'il avait commencé de faire quelques expériences qu'il se proposait de pousser plus loin; qu'il croit que l'opinion de Newton est conforme à la vérité, et que les corps semblables conservent en effet la chaleur dans la proportion de leurs diamètres; mais que, quant au doute que Newton forme, si, dans les grands corps, cette proportion n'est pas moindre que celle des diamètres, il ne le croit pas suffisamment fondé. Le docteur Martine

(1) Traduction de Coste.

avait raison à cet égard ; mais en même temps il avait tort de croire, d'après Newton, que tous les corps semblables, solides ou fluides, conservent leur chaleur en raison de leurs diamètres. Il rapporte à la vérité des expériences faites avec de l'eau dans des vases de porcelaine, par lesquelles il trouve que les temps du refroidissement de l'eau sont presque proportionnels aux diamètres des vases qui la contiennent : mais nous venons de voir que c'est par cette raison même que, dans les corps solides, la chose se passe différemment ; car l'eau doit être regardée comme une matière presque entièrement perméable à la chaleur, puisque c'est un fluide homogène, et qu'aucunes de ses parties ne peuvent faire obstacle à la circulation de la chaleur. Ainsi, quoique les expériences du docteur Martine donnent à peu près la raison du diamètre pour le refroidissement de l'eau, on ne doit en rien conclure pour le refroidissement des corps solides.

Maintenant, si l'on voulait chercher avec Newton combien il faudrait de temps à un globe gros comme la terre pour se refroidir, on trouverait, d'après les expériences précédentes, qu'au lieu de cinquante mille ans qu'il assigne pour le temps du refroidissement de la terre jusqu'à la température actuelle, il faudrait déjà quarante-deux mille neuf cent soixante-quatre ans et deux cent vingt et un jours pour la refroidir, seulement jusqu'au point où elle cesserait de brûler, et quatre-vingt-seize mille six cent soixante-dix ans et cent trente-deux jours pour la refroidir à la température actuelle.

Car la suite des diamètres des globes étant 1, 2, 3, 4, 5, N demi-pouces, celle des temps du refroidissement jusqu'à pouvoir toucher les globes sans se brûler, sera 12, 36, 60, 84, 108, $24 N - 12$ minutes : et le diamètre de la terre étant de 2865 lieues, de 25 au degré, ou de 6537930 toises de 6 pieds.

En faisant la lieue de 2282-toises, ou de 39227580 pieds, ou de 941461920 demi-pouces, nous avons $N = 941461920$ demi-pouces ; et $24 N - 12 = 22595086068$ minutes, c'est-à-dire quarante-deux mille neuf cent soixante-quatre ans et deux cent vingt et un jours pour le temps nécessaire au refroidissement d'un globe gros comme la terre, seulement jusqu'au point de pouvoir le toucher sans se brûler.

Et de même la suite des temps du refroidissement jusqu'à la température actuelle,

THÉORIE DE LA TERRE. *Tome II.*

sera 39', 93', 147', 201', 255', 54 $N - 15$ '.

Et comme N est toujours $= 941461920$ demi-pouces, nous aurons 54 $N - 15 = 50838943662$ minutes, c'est-à-dire quatre-vingt-seize mille six cent soixante-dix ans et cent trente-deux jours pour le temps nécessaire au refroidissement d'un globe gros comme la terre au point de la température actuelle.

Seulement on pourrait croire que celui du refroidissement de la terre devrait encore être considérablement augmenté, parce que l'on imagine que le refroidissement ne s'opère que par le contact de l'air, et qu'il y a une grande différence entre le temps du refroidissement dans l'air et le temps du refroidissement dans le vide ; et comme l'on doit supposer que la terre et l'air se seraient en même temps refroidis dans le vide, on dira qu'il faut faire état de ce surplus de temps : mais il est aisé de faire voir que cette différence est très-peu considérable ; car, quoique la densité du milieu dans lequel un corps se refroidit fasse quelque chose sur la durée du refroidissement, cet effet est bien moindre qu'on ne pourrait l'imaginer, puisque dans le mercure, qui est onze mille fois plus dense que l'air, il ne faut, pour refroidir les corps qu'on y plonge, qu'environ neuf fois autant de temps qu'il en faut pour produire le même refroidissement dans l'air.

La principale cause du refroidissement n'est donc pas le contact du milieu ambiant, mais la force expansive qui anime les parties de la chaleur et du feu, qui les chasse hors des corps où elles résident, et les pousse directement du centre à la circonférence.

En comparant, dans les expériences précédentes, les temps employés à chauffer les globes de fer avec les temps nécessaires pour les refroidir, on verra qu'il faut environ la sixième partie et demie du temps pour les chauffer à blanc de ce qu'il en faut pour les refroidir au point de pouvoir les tenir à la main, et environ la quinzième partie et demie du temps qu'il faut pour les refroidir au point de la température actuelle (1) ; en

(1) Le boulet d'un pouce et celui d'un demi-pouce surtout ont été chauffés en bien moins de temps, et ne suivent point cette proportion de quinze et demi à un, et c'est par la raison qu'étant très-petits et placés dans un grand feu, la chaleur les pénétrait pour ainsi dire tout à coup ; mais, à commencer par les boulets d'un pouce et demi de diamètre, la proportion que j'établis ici se trouve assez exacte pour qu'on puisse y compter.

sorte qu'il y a encore une très-grande correction à faire dans le texte de Newton, sur l'estime qu'il fait de la chaleur que le soleil a communiquée à la comète de 1680 ; car cette comète n'ayant été exposée à la violente chaleur du soleil que pendant un petit temps, elle n'a pu la recevoir qu'en proportion de ce temps, et non pas en entier, comme Newton paraît le supposer dans le passage que je vais rapporter :

Est calor solis ut radiorum densitas, hoc est reciprocè ut quadratum distantiae locorum à sole. Ideòque cùm distantia cometæ à centro solis decemb. 8, ubi in perihelio versabatur, esset ad distantiam terræ à centro solis ut 6 ad 1000 circiter, calor solis apud cometam eo tempore erat ad calorem solis æstivi apud nos ut 1000000 ad 36, seu 28000 ad 1. Sed calor aquæ ebullientis est quasi triplè major quàm calor quem terra arida concipit ad æstivum solem, et expertus sum, etc. Calor ferri candentis (si rectè convector) quasi triplè vel quadruplè major quàm calor aquæ ebullientis ; ideòque calor quem terra arida apud cometam in perihelio versantem ex radiis solaribus concipere posset, quasi 2000 vicibus major quàm calor ferri candentis. Tanto autem calore vapores et exhalationes, omnisque materia volatilis, statim consumi ac dissipari debuissent.

Cometa igitur in perihelio suo calorem immensum ad solem concepit, et calorem illum diutissimè conservare potest.

Je remarquerai d'abord que Newton fait ici la chaleur du fer rougi beaucoup moindre qu'elle n'est en effet, et qu'il le dit lui-même dans un Mémoire qui a pour titre : *Échelle de la chaleur*, et qu'il a publié dans les *Transactions philosophiques* de 1701, c'est-à-dire plusieurs années après la publication de son *Livre des Principes*. On voit dans ce Mémoire, qui est excellent, et qui renferme le genre de toutes les idées sur lesquelles on a depuis construit les thermomètres ; on y voit, dis-je, que Newton, après des expériences très-exactes, fait la chaleur de l'eau bouillante trois fois plus grande que celle du soleil d'été ; celle de l'étain fondant, six fois plus grande ; celle du plomb fondant, huit fois plus grande ; celle du régule fondant, douze fois plus grande ; et celle d'un feu de cheminée ordinaire, seize ou dix-sept fois plus grande que celle du soleil d'été ; et de là on ne peut s'empêcher de conclure que la chaleur du fer rougi à blanc ne soit encore bien plus grande, puisqu'il faut un feu constam-

ment animé par le soufflet pour chauffer le fer à ce point. Newton paraît lui-même le sentir, et donner à entendre que cette chaleur du fer rougi paraît être sept ou huit fois plus grande que celle de l'eau bouillante. Ainsi, il faut, suivant Newton lui-même, changer trois mots au passage précédent, et lire : *Calor ferri candentis est quasi triplè (septuplè) vel quadruplè (octuplè) major quàm calor aquæ ebullientis ; ideòque calor apud cometam in perihelio versantem quasi 2000 (1000) vicibus major quàm calor ferri candentis*. Cela diminue de moitié la chaleur de cette comète comparée à celle du fer rouge à blanc.

Mais cette diminution, qui n'est que relative, n'est rien en elle-même, ni rien en comparaison de la diminution réelle et très-grande qui résulte de notre première considération ; il faudrait, pour que la comète eût reçu cette chaleur mille fois plus grande que celle du fer rougi, qu'elle eût séjourné pendant un temps très-long dans le voisinage du soleil, au lieu qu'elle n'a fait que passer très-rapidement, surtout à la plus petite distance, sur laquelle seule néanmoins Newton établit son calcul de comparaison. Elle était, le 8 décembre 1680, à $\frac{6}{1000}$ de la distance de la terre au centre du soleil ; mais la veille ou le lendemain, c'est-à-dire vingt-quatre heures avant et vingt-quatre heures après, elle était déjà à une distance six fois plus grande, et où la chaleur était, par conséquent, trente-six fois moindre.

Si l'on voulait donc connaître la quantité de cette chaleur communiquée à la comète par le soleil, voici comment on pourrait faire cette estimation assez juste, et en faire en même temps la comparaison avec celle du fer ardent, au moyen de mes expériences.

Nous supposerons comme un fait que cette comète a employé six cent soixante-six heures à descendre du point où elle était encore éloignée du soleil d'une distance égale à celle de la terre à cet astre, auquel point la comète recevait par conséquent une chaleur égale à celle que la terre reçoit du soleil, et que je prends ici pour l'unité. Nous supposerons de même que la comète a employé six cent soixante-six autres heures à remonter du point le plus bas de son périhélie à cette même distance ; et, supposant aussi son mouvement uniforme, on verra que la comète étant au point le plus bas de son périhélie, c'est-à-dire à $\frac{6}{1000}$ de distance de la terre au

soleil, la chaleur qu'elle a reçue dans ce moment était vingt-sept mille sept cent soixante-seize fois plus grande que celle que reçoit la terre : en donnant à ce moment une durée de 80 minutes ; savoir, 40 minutes en descendant, et 40 minutes en montant, on aura :

A 6 de distance, 27776 de chaleur pendant 80 minutes.

A 7 de distance, 20408 de chaleur aussi pendant 80 minutes.

A 8 de distance, 15625 de chaleur toujours pendant 80' ; et ainsi de suite jusqu'à la distance 1000, où la chaleur est 1. En sommant toutes les chaleurs à chaque distance, on trouvera 363410 pour le total de la chaleur que la comète a reçue du soleil, tant en descendant qu'en remontant, qu'il faut multiplier par le temps, c'est-à-dire par $\frac{4}{3}$ d'heure ; on aura donc 484547, qu'on divisera par 2000, qui représente la chaleur totale que la terre a reçue dans ce même temps de 1332 heures, puisque la distance est toujours 1000, et la chaleur toujours = 1 : ainsi l'on aura $242 \frac{547}{2000}$ pour la chaleur que la comète a reçue de plus que la terre pendant tout le temps de son périhélie, au lieu de 28000, comme Newton le suppose, parce qu'il ne prend que le point extrême, et ne fait nulle attention à la très-petite durée du temps.

Et encore faudrait-il diminuer cette chaleur $242 \frac{547}{2000}$, parce que la comète parcourrait, par son accélération, d'autant plus de chemin dans le même temps qu'elle était plus près du soleil.

Mais, en négligeant cette diminution, et en admettant que la comète a en effet reçu une chaleur à peu près deux cent quarante-deux fois plus grande que celle de notre soleil d'été, et par conséquent $17 \frac{2}{7}$ fois plus grande que celle du fer ardent, suivant l'estime de Newton ; ou seulement dix fois plus grande, suivant la correction qu'il faut faire à cette estime, on doit supposer que, pour donner une chaleur dix fois plus grande que celle du fer rougi, il faudrait dix fois plus de temps, c'est-à-dire 13320 heures au lieu de 1332. Par conséquent on peut comparer à la comète un globe de fer qu'on aurait chauffé à un feu de forge pendant 13320 heures, pour pouvoir le rougir à blanc.

Or, on voit, par mes expériences, que la suite des temps nécessaires pour chauffer des globes dont les diamètres croissent, comme 1, 2, 3, 4, 5, n demi-pouces, est à très-peu

près 2', 5' $\frac{1}{2}$, 9', 12' $\frac{1}{2}$, 16', $\frac{7n-3}{2}$ minutes.

On aura donc $\frac{7n-3}{2} 769200$ — minutes.

D'où l'on tirera $n = 228342$ demi-pouces.

Ainsi, avec le feu de forge, on ne pourrait chauffer à blanc, en 799200 minutes ou 13320 heures, qu'un globe dont le diamètre serait de 228342 demi-pouces ; et par conséquent il faudrait, pour que toute la masse de la comète soit échauffée au point du fer rougi à blanc, pendant le peu de temps qu'elle a été exposée aux ardeurs du soleil, qu'elle n'eût eu que 228342 demi-pouces de diamètre, et supposer encore qu'elle eût été frappée de tous côtés et en même temps par la lumière du soleil. D'où il résulte que si on la suppose plus grande, il faut nécessairement supposer plus de temps dans la même raison de n à $\frac{7n-3}{2}$; en sorte, par exemple, que si l'on veut supposer la comète égale à la terre, on aura $n = 941461920$ demi-pouces, et $\frac{7n-3}{2} = 3295116718$ minutes, c'est-à-dire qu'au lieu de 13320 heures, il en faudrait 54918612, ou, si l'on veut, au lieu d'un an 190 jours, il faudrait 6269 ans pour chauffer à blanc un globe grand comme la terre ; et, par la même raison, il faudrait que la comète, au lieu de n'avoir séjourné que 1332 heures ou 55 jours 12 heures dans tout son périhélie, y eût demeuré pendant 392 ans. Ainsi, les comètes, lorsqu'elles approchent du soleil, ne reçoivent pas une chaleur immense, ni très-long-temps durable, comme le dit Newton, et comme on serait porté à le croire à la première vue : leur séjour est si court dans le voisinage de cet astre, que leur masse n'a pas le temps de s'échauffer, et qu'il n'y a guère que la partie de la surface exposée au soleil qui soit brûlée par ces instants de chaleur extrême, laquelle en calcinant et volatilissant la matière de cette surface, la chasse au dehors en vapeurs et en poussière du côté opposé au soleil ; et ce qu'on appelle *la queue d'une comète*, n'est autre chose que la lumière même du soleil rendue sensible, comme dans une chambre obscure, par ces atomes que la chaleur pousse d'autant plus loin qu'elle est plus violente.

Mais une autre considération bien différente de celle-ci, et encore plus importante, c'est que, pour appliquer le résultat de nos expériences et de notre calcul à la comète et

à la terre, il faut les supposer composées de matières qui demanderaient autant de temps que le fer pour se refroidir; tandis que, dans le réel, les matières principales dont le globe terrestre est composé, telles que les glaises, les grès, les pierres, etc., doivent se refroidir en bien moins de temps que le fer.

Pour me satisfaire sur cet objet, j'ai fait faire des globes de glaise et de grès; et les ayant fait chauffer à la même forge jusqu'à les faire rougir à blanc, j'ai trouvé que les boulets de glaise de deux pouces se sont refroidis au point de pouvoir les tenir dans la main en trente-huit minutes, ceux de deux pouces et demi en quarante-huit minutes, et ceux de trois pouces en soixante minutes, ce qui, étant comparé avec le temps du refroidissement des boulets de fer de ces mêmes diamètres de deux pouces, deux pouces et demi, et trois pouces, donne les rapports de 38 à 80 pour deux pouces, 48 à 102 pour deux pouces et demi, et 60 à 127 pour trois pouces, ce qui fait un peu moins de 1 à 2; en sorte que, pour le refroidissement de la glaise, il ne faut pas la moitié du temps qu'il faut pour celui du fer.

J'ai trouvé de même que les globes de grès de deux pouces se sont refroidis au point de les tenir dans la main en quarante-cinq minutes, ceux de deux pouces et demi en cinquante-huit minutes, et ceux de trois pouces en soixante-quinze minutes; ce qui, étant comparé avec le temps du refroidissement des boulets de fer de ces mêmes diamètres, donne les rapports de 46 à 80 pour deux pouces, de 58 à 102 pour deux pouces et demi, et de 75 à 127 pour trois pouces, ce qui fait à très-peu près la raison de 9 à 5; en sorte que, pour le refroidissement du grès, il faut plus de la moitié du temps qu'il faut pour celui du fer.

J'observerai, au sujet de ces expériences, que les globes de glaise chauffés à feu blanc ont perdu de leur pesanteur encore plus que les boulets de fer, et jusqu'à la neuvième ou dixième partie de leur poids; au lieu que le grès chauffé au même feu ne perd presque rien du tout de son poids, quoique toute la surface se couvre d'émail et se réduise en verre. Comme ce petit fait m'a paru singulier, j'ai répété l'expérience plusieurs fois, en faisant même pousser le feu et le continuer plus long-temps que pour le fer; et, quoiqu'il ne fallût guère que le tiers du temps pour rougir le grès de ce qu'il en fallait pour rougir le fer, je l'ai tenu à ce feu le double

et le triple du temps, pour voir s'il perdrait davantage, et je n'ai trouvé que de très-légères diminutions; car le globe de deux pouces, chauffé pendant huit minutes, qui pesait sept onces deux gros trente grains avant d'être mis au feu, n'a perdu que quarante-un grains, ce qui ne fait pas la centième partie de son poids; celui de deux pouces et demi, qui pesait quatorze onces deux gros huit grains, ayant été chauffé pendant douze minutes, n'a perdu que la cent cinquante-quatrième partie de son poids; et celui de trois pouces, qui pesait vingt-quatre onces cinq gros treize grains, ayant été chauffé pendant dix-huit minutes, c'est-à-dire à peu près autant que le fer, n'a perdu que soixante-dix-huit grains, ce qui ne fait que la cent quatre-vingt-unième partie de son poids. Ces pertes sont si petites, qu'on pourrait les regarder comme nulles, et assurer, en général, que le grès pur ne perd rien de sa pesanteur au feu; car il m'a paru que ces petites diminutions que je viens de rapporter, ont été occasionnées par les parties ferrugineuses qui se sont trouvées dans ces grès, et qui ont été en partie détruites par le feu.

Une chose plus générale et qui mérite bien d'être remarquée, c'est que les durées de la chaleur dans différentes matières exposées au même feu pendant un temps égal, sont toujours dans la même proportion, soit que le degré de chaleur soit plus grand ou plus petit; en sorte, par exemple, que, si on chauffe le fer, le grès et la glaise à un feu violent, et tel qu'il faille quatre-vingts minutes pour refroidir le fer au point de pouvoir le toucher, quarante-six minutes pour refroidir le grès au même point, et trente-huit pour refroidir la glaise; et qu'à une chaleur moindre il ne faille, par exemple, que dix-huit minutes pour refroidir le fer à ce même point de pouvoir le toucher avec la main, il ne faudra proportionnellement qu'un peu plus de dix minutes pour refroidir le grès, et environ huit minutes et demie pour refroidir la glaise à ce même point.

J'ai fait de semblables expériences sur des globes de marbre, de pierre, de plomb et d'étain, à une chaleur telle seulement, que l'étain commençait à fondre, et j'ai trouvé que le fer se refroidissant en dix-huit minutes au point de pouvoir le tenir à la main, le marbre se refroidit au même point en douze minutes, la pierre en onze, le plomb en neuf, et l'étain en huit minutes.

Ce n'est donc pas proportionnellement à

leur densité, comme on le croit vulgairement (1), que les corps reçoivent et perdent plus ou moins vite la chaleur, mais dans un rapport bien différent et qui est en raison inverse de leur solidité, c'est-à-dire de leur plus ou moins grande *non-fluidité*; en sorte qu'avec la même chaleur il faut moins de temps pour échauffer ou refroidir le fluide le plus dense qu'il n'en faut pour échauffer ou refroidir au même degré le solide le moins dense. Je donnerai, dans les Mémoires suivants, le développement entier de ce principe, duquel dépend toute la théorie du progrès de la chaleur : mais, pour que mon assertion ne paraisse pas vaine, voici en peu de mots le fondement de cette théorie.

J'ai trouvé, par la vue de l'esprit, que les corps qui s'échaufferaient en raison de leurs diamètres, ne pourraient être que ceux qui seraient parfaitement perméables à la chaleur, et que ce seraient en même temps ceux qui s'échaufferaient ou se refroidiraient en moins de temps. Dès-lors j'ai pensé que les fluides dont toutes les parties ne se tiennent que par un faible lien, approchaient plus de cette perméabilité parfaite que les solides dont les parties ont beaucoup plus de cohésion que celles des fluides.

En conséquence j'ai fait des expériences par lesquelles j'ai trouvé qu'avec la même chaleur tous les fluides, quelque denses qu'ils soient, s'échauffent et se refroidissent plus promptement qu'un corps solide, quelque léger qu'il soit : en sorte, par exemple, que le mercure, comparé avec le bois, s'échauffe beaucoup plus promptement que le bois, quoiqu'il soit quinze ou seize fois plus dense.

Cela m'a fait reconnaître que le progrès de la chaleur dans les corps ne devait en aucun cas se faire relativement à leur densité : et en effet j'ai trouvé par l'expérience que, tant dans les solides que dans les fluides, ce progrès se fait plutôt en raison de leur fluidité, ou si l'on veut, en raison inverse de leur solidité.

Comme ce mot *solidité* a plusieurs acceptions, il faut voir nettement le sens dans lequel je l'emploie ici : *solide* et *solidité* se disent en géométrie relativement à la grandeur, et se prennent pour le volume du corps; *solidité* se dit souvent en physique re-

lativement à la densité, c'est-à-dire à la masse contenue sous un volume donné; *solidité* se dit quelquefois encore relativement à la dureté, c'est-à-dire à la résistance que font les corps lorsque nous voulons les entamer; or, ce n'est dans aucun de ces sens que j'emploie ici ce mot, mais dans une acception qui devrait être la première, parce qu'elle est la plus propre. J'entends uniquement par *solidité* la qualité opposée à la fluidité, et je dis que c'est en raison inverse de cette qualité que se fait le progrès de la chaleur dans la plupart des corps, et qu'ils s'échauffent ou se refroidissent d'autant plus vite qu'ils sont plus fluides, et d'autant plus lentement qu'ils sont plus solides, toutes les autres circonstances étant égales d'ailleurs.

Et, pour prouver que la solidité prise dans ce sens est tout-à-fait indépendante de la densité, j'ai trouvé, par expérience, que des matières plus denses ou moins denses s'échauffent et se refroidissent plus promptement que d'autres matières plus ou moins denses; que, par exemple, l'or et le plomb, qui sont beaucoup plus denses que le fer et le cuivre, néanmoins s'échauffent et se refroidissent beaucoup plus vite, et que l'étain et le marbre, qui sont au contraire moins denses s'échauffent et se refroidissent aussi beaucoup plus vite que le fer et le cuivre, et qu'il en est de même de plusieurs autres matières qui, quoique plus ou moins denses, s'échauffent et se refroidissent plus promptement que d'autres qui sont beaucoup moins denses ou plus denses; en sorte que la densité n'est nullement relative à l'échelle du progrès de la chaleur dans les corps solides.

Et, pour le prouver de même dans les fluides, j'ai vu que le mercure, qui est treize ou quatorze fois plus dense que l'eau, néanmoins s'échauffe et se refroidit en moins de temps que l'eau; et que l'esprit de vin, qui est moins dense que l'eau, s'échauffe et se refroidit aussi plus vite que l'eau; en sorte que, généralement, le progrès de la chaleur dans les corps, tant pour l'entrée que pour la sortie, n'a aucun rapport à leur densité, et se fait principalement en raison de leur fluidité, en étendant la fluidité jusqu'au solide, c'est-à-dire en regardant la solidité comme une *non-fluidité* plus ou moins grande. De là, j'ai cru devoir conclure que l'on connaîtrait en effet le degré réel de fluidité dans les corps, en les faisant chauffer à la même chaleur; car leur fluidité sera dans la même raison que celle du temps pendant lequel

(1) Voyez la Chimie de Boerhaave, part. I, pag. 266 et 276, et aussi 160, 264 et 267. — Musschenbroek, *Essais de Physique*, pages 94 et 969, etc.

ils recevront et perdront cette chaleur : et il en sera de même des corps solides ; ils seront d'autant plus solides, c'est-à-dire d'autant plus *non-fluïdes*, qu'il leur faudra plus de temps pour recevoir cette même chaleur et la perdre : et cela presque généralement,

à ce que je présume ; car j'ai déjà tenté ces expériences sur un grand nombre de matières différentes, et j'en ai fait une table que j'ai tâché de rendre aussi complète et aussi exacte qu'il m'a été possible, et qu'on trouvera dans le Mémoire suivant.

SECOND MÉMOIRE.

SUITE DES EXPÉRIENCES SUR LE PROGRÈS DE LA CHALEUR DANS LES DIFFÉRENTES SUBSTANCES MINÉRALES.

J'AI fait faire un grand nombre de globes, tous d'un pouce de diamètre, le plus précisément qu'il a été possible, des matières suivantes, qui peuvent représenter ici à peu près le règne minéral.

	onc.	gros.	gr.
Or le plus pur, affiné par les soins de M. Tillet, de l'Académie des sciences, qui a fait travailler ce globe à ma prière, pèse.	6	2	17
Plomb, pèse.	3	6	28
Argent le plus pur, travaillé de même, pèse.	3	3	22
Bismuth, pèse.	3	0	3
Cuivre rouge, pèse.	2	7	56
Fer, pèse.	2	5	10
Étain, pèse.	2	3	48
Antimoine fondu, et qui avait des petites cavités à sa surface, pèse.	2	1	34
Zinc, pèse.	2	1	2
Éménil, pèse.	1	2	24½
Marbre blanc, pèse.	1	0	25
Grès pur, pèse.	0	7	24
Marbre commun de Montbard, pèse.	0	7	20
Pierre calcaire dure et grise de Montbard, pèse.	0	7	20
Gypse blanc, improprement appelé <i>albâtre</i> , pèse.	0	6	36
Pierre calcaire blanche, statuaire, de la carrière d'Anières, près de Dijon, pèse. . .	0	6	36
Cristal de roche : il était un peu trop petit, et il y avait plusieurs défauts et quelques petites fêlures à sa surface ; je			

	onc.	gros.	gr.
présume que sans cela, il aurait pesé plus d'un gros de plus ; il pèse.	0	6	22
Verre commun, pèse.	0	6	21
Terre glaise pure non cuite, mais très-sèche, pèse.	0	6	16
Ocre, pèse.	0	5	9
Porcelaine de M. le comte de Lauraguais, pèse.	0	5	2½
Craie blanche, pèse.	0	4	49
Pierre ponce avec plusieurs petites cavités à sa surface, pèse.	0	1	69
Bois de cerisier, qui, quoique plus léger que le chêne et la plupart des autres bois, est celui de tous qui s'altère le moins au feu, pèse.	0	1	55

Je dois avertir qu'il ne faut pas compter assez sur les poids rapportés dans cette table, pour en conclure la pesanteur spécifique exacte de chaque matière, car, quelque précaution que j'aie prise pour rendre les globes égaux, comme il a fallu employer des ouvriers de différents métiers, les uns me les ont rendus trop gros et les autres trop petits. On a diminué ceux qui avaient plus d'un pouce de diamètre ; mais quelques-uns qui étaient un tant soit peu trop petits, comme ceux de cristal de roche, de verre et de porcelaine, sont demeurés tels qu'ils étaient ; j'ai seulement rejeté ceux d'agate, de jaspe, de porphyre et de jade, qui étaient sensiblement trop petits. Néanmoins ce degré de précision de grosseur, très-difficile à saisir, n'était pas absolument nécessaire, car il ne pouvait changer que très-peu le résultat de mes expériences.

Avant d'avoir commandé tous ces globes d'un pouce de diamètre, j'avais exposé à un même degré de feu une masse quarrée de fer, et une autre de plomb de deux pouces dans toutes leurs dimensions, et j'avais trouvé, par des essais réitérés, que le plomb s'échauffait plus vite et se refroidissait en beaucoup moins de temps que le fer. Je fis la même épreuve sur le cuivre rouge; il faut aussi plus de temps pour l'échauffer et pour le refroidir, qu'il n'en faut pour le plomb, et moins que pour le fer. En sorte que, de ces trois matières, le fer me parut celle qui est la moins accessible à la chaleur, et en même temps celle qui la retient le plus longtemps. Ceci me fit connaître que la loi du progrès de la chaleur, c'est-à-dire de son entrée et de sa sortie dans les corps, n'était point du tout proportionnelle à leur densité, puisque le plomb, qui est plus dense que le fer et le cuivre, s'échauffe néanmoins et se refroidit en moins de temps que ces deux autres métaux. Comme cet objet me parut important, je fis faire mes petits globes, pour m'assurer plus exactement, sur un grand nombre de différentes matières, du progrès de la chaleur dans chacune. J'ai toujours placé les globes à un pouce de distance les uns des autres devant le même feu ou dans le même four, deux ou trois, ou quatre, ou cinq, etc., ensemble pendant le même temps, avec un globe d'étain au milieu des autres. Dans la plupart des expériences, je les laissais exposés à la même action du feu, jusqu'à ce que le globe d'étain commençait à fondre, et, dans ce moment, on les enlevait tous ensemble, et on les posait sur une table, dans de petites cases préparées pour les recevoir; je les y laissais refroidir sans les bouger, en essayant assez souvent de les toucher, et au moment qu'ils commençaient à ne plus brûler les doigts, et que je pouvais les tenir dans ma main pendant une demi-seconde, je marquais le nombre des minutes qui s'étaient écoulées depuis qu'ils étaient retirés du feu; ensuite je les laissais tous refroidir au point de la température actuelle, dont je tâchais de juger par le moyen d'autres petits globes de même matière qui n'avaient pas été chauffés, et que je touchais en même temps que ceux qui se refroidissaient. De toutes les matières que j'ai mises à l'épreuve, il n'y a que le soufre qui fond à un moindre degré de chaleur que l'étain; et malgré la mauvaise odeur de sa vapeur, je l'aurais pris pour terme de comparaison :

mais, comme c'est une matière friable et qui se diminue par le frottement, j'ai préféré l'étain, quoiqu'il exige près du double de chaleur pour se fondre de celle qu'il faut pour fondre le soufre.

1.

Par une première expérience, le boulet de plomb et le boulet de cuivre, chauffés pendant le même temps, se sont refroidis dans l'ordre suivant :

<i>Refroidis à les tenir dans la main pendant une demi-seconde.</i>	<i>Refroidis à la température actuelle.</i>
minutes.	minutes.
Plomb, en..... 8	En..... 23
Cuivre, en..... 12	En..... 35

2.

Ayant fait chauffer ensemble, au même feu, des boulets de fer, de cuivre, de plomb, d'étain, de grès et de marbre de Montbard, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

<i>Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.</i>	<i>Refroidis à la température actuelle.</i>
min.	min.
Étain, en..... 6 $\frac{1}{2}$	En..... 16
Plomb, en..... 8	En..... 17
Grès, en..... 9	En..... 19
Marbre commun, en. 10	En..... 21
Cuivre, en..... 11 $\frac{1}{2}$	En..... 30
Fer, en..... 13	En..... 38

3.

Par une seconde expérience, à un feu plus ardent et au point d'avoir fondu le boulet d'étain, les cinq autres boulets se sont refroidis dans les proportions suivantes :

<i>Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.</i>	<i>Refroidis à la température.</i>
min.	min.
Plomb, en..... 10 $\frac{1}{2}$	En..... 42
Grès, en..... 12 $\frac{1}{2}$	En..... 46
Marbre commun, en. 13 $\frac{1}{2}$	En..... 50
Cuivre, en..... 19 $\frac{1}{2}$	En..... 51
Fer, en..... 23 $\frac{1}{2}$	En..... 54

4.

Par une troisième expérience, à un degré de feu moindre que le précédent, les mêmes boulets, avec un nouveau boulet d'étain, se sont refroidis dans l'ordre suivant :

<i>Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.</i>	<i>Refroidis à la température.</i>
min.	min.
Étain, en..... 7 $\frac{1}{2}$	En..... 25
Plomb, en..... 9 $\frac{1}{2}$	En..... 35
Grès, en..... 10 $\frac{1}{2}$	En..... 37
Marbre commun, en. 12	En..... 39
Cuivre, en..... 14	En..... 44
Fer, en..... 17	En..... 50

De ces expériences que j'ai faites avec autant de précision qu'il m'a été possible, on peut conclure :

1^o. Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement du cuivre, au point de les tenir :: $53 \frac{1}{2}$: 45, et au point de la température :: 142 : 125.

2^o. Que le temps du refroidissement du fer est à celui du premier refroidissement du marbre commun :: $53 \frac{1}{2}$: $35 \frac{1}{2}$, et au point de leur refroidissement entier :: 142 : 110.

3^o. Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement du grès, au point de pouvoir les tenir :: $53 \frac{1}{2}$: 32, et :: 142 : $102 \frac{1}{2}$ pour leur entier refroidissement.

4^o. Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement du plomb, au point de les tenir :: $53 \frac{1}{2}$: 27, et :: 142 : $94 \frac{1}{2}$ pour leur entier refroidissement.

5.

Comme il n'y avait que deux expériences pour la comparaison du fer à l'étain, j'ai voulu en faire une troisième, dans laquelle l'étain s'est refroidi à le tenir dans la main en 8 minutes ; et en entier, c'est-à-dire à la température, en 32 minutes ; et le fer s'est refroidi à le tenir sur la main en 18 minutes, et refroidi en entier en 48 minutes ; au moyen de quoi la proportion trouvée par trois expériences est :

1^o. Pour le premier refroidissement du fer comparé à celui de l'étain :: 48 : 22, et :: 136 : 73 pour leur entier refroidissement.

2^o. Que les temps du refroidissement du cuivre sont à ceux du refroidissement du marbre commun :: 45 : $35 \frac{1}{2}$ pour le premier refroidissement, et :: 125 : 110 pour le refroidissement à la température.

3^o. Que les temps du refroidissement du cuivre sont à ceux du refroidissement du grès :: 45 : 33 pour le premier refroidissement, et :: 125 : 102 pour le refroidissement à la température actuelle.

4^o. Que les temps du refroidissement du cuivre sont à ceux du refroidissement du plomb :: 45 : 27 pour le premier refroidissement, et :: 125 : $94 \frac{1}{2}$ pour le refroidissement entier.

6.

Comme il n'y avait, pour la comparaison du cuivre et de l'étain, que deux expériences, j'en ai fait une troisième, dans laquelle le cuivre s'est refroidi, à le tenir dans la main, en 18 minutes, et en entier en 49 minutes ; et l'étain s'est refroidi au premier

point en $8 \frac{1}{2}$ minutes, et au dernier en 30 minutes ; d'où l'on peut conclure :

1^o. Que le temps du refroidissement du cuivre est à celui du refroidissement de l'étain, au point de pouvoir les tenir :: $43 \frac{1}{2}$: $22 \frac{1}{2}$, et :: 123 : 71 pour leur entier refroidissement.

2^o. On peut de même conclure des expériences précédentes, que le temps du refroidissement du marbre commun est à celui du refroidissement du grès, au point de pouvoir les tenir :: $36 \frac{1}{2}$: 32, et :: 110 : 102 pour leur entier refroidissement.

3^o. Que le temps du refroidissement du marbre commun est à celui du refroidissement du plomb, au point de pouvoir les tenir :: $36 \frac{1}{2}$: 28, et :: 110 : $94 \frac{1}{2}$ pour le refroidissement entier.

7.

Comme il n'y avait, pour la comparaison du marbre commun et de l'étain, que deux expériences, j'en ai fait une troisième, dans laquelle l'étain s'est refroidi, à le tenir dans la main, en 9 minutes, et le marbre en 11 minutes ; et l'étain s'est refroidi en entier en $22 \frac{1}{2}$ minutes, et le marbre en 33 minutes. Ainsi les temps du refroidissement du marbre sont à ceux du refroidissement de l'étain :: 33 : $24 \frac{1}{2}$ pour le premier refroidissement, et :: 93 : 64 pour le second refroidissement.

8.

Comme il n'y avait que deux expériences pour la comparaison du grès et du plomb avec l'étain, j'en ai fait une troisième en faisant chauffer ensemble ces trois boulets de grès, de plomb et d'étain, qui se sont refroidis dans l'ordre suivant :

<i>Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.</i>	min.	<i>Refroidis à la température.</i>	min.
Étain, en.....	$7 \frac{1}{2}$	En.....	23
Plomb, en.....	$8 \frac{1}{2}$	En.....	27
Grès, en.....	$10 \frac{1}{2}$	En.....	28

Ainsi on peut en conclure :

1^o. Que le temps du refroidissement du plomb est à celui du refroidissement de l'étain, au point de pouvoir les tenir :: $25 \frac{1}{2}$: $21 \frac{1}{2}$, et :: $79 \frac{1}{2}$: 64 pour le refroidissement entier.

2^o. Que le temps du refroidissement du grès est à celui du refroidissement de l'étain, au point de pouvoir les tenir :: 30 : $21 \frac{1}{2}$, et :: 84 : 64 pour leur entier refroidissement.

3°. De même on peut conclure, par les quatre expériences précédentes, que le temps du refroidissement du grès est à celui du refroidissement du plomb, au point de pouvoir les tenir :: $42 \frac{1}{2} : 35 \frac{1}{2}$, et :: $130 : 121 \frac{1}{2}$ pour leur entier refroidissement.

9.

Dans un four chauffé au point de fondre l'étain, quoique toute la braise et les cendres en eussent été tirées, j'ai fait placer sur un support de fer-blanc, traversé de fil de fer, cinq boulets éloignés les uns des autres d'environ 9 lignes, après quoi on a fermé le four; et les ayant retirés au bout de 15 minutes, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

<i>Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.</i>	<i>Refroidis à la température.</i>		
min.	min.		min.
Étain fondu par sa partie d'en bas, en.	8	En.	24
Argent, en.	14	En.	40
Or, en.	15	En.	46
Cuivre, en.	$16 \frac{1}{2}$	En.	50
Fer, en.	18	En.	56

10.

Dans le même four, mais à un moindre degré de chaleur, les mêmes boulets, avec un autre boulet d'étain, se sont refroidis dans l'ordre suivant :

<i>Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.</i>	<i>Refroidis à la température.</i>		
min.	min.		min.
Étain, en.	7	En.	20
Argent, en.	11	En.	31
Or, en.	$12 \frac{1}{2}$	En.	40
Cuivre, en.	14	En.	43
Fer, en.	$16 \frac{1}{2}$	En.	47

11.

Dans le même four, et à un degré de chaleur encore moindre, les mêmes boulets se sont refroidis dans les proportions suivantes :

<i>Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.</i>	<i>Refroidis à la température.</i>		
min.	min.		min.
Étain, en.	6	En.	17
Argent, en.	9	En.	26
Or, en.	$9 \frac{1}{2}$	En.	28
Cuivre, en.	10	En.	31
Fer, en.	11	En.	35

On doit conclure de ces expériences :

1°. Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement du cuivre, au point de les tenir :: $11 + 16 \frac{1}{2} + 18 : 10 + 14 + 16 \frac{1}{2}$, ou :: $45 \frac{1}{2} : 40 \frac{1}{2}$ par les trois

expériences présentes; et comme ce rapport a été trouvé par les expériences précédentes (*art. 4*) :: $53 \frac{1}{2} : 45$, on aura, en ajoutant ces temps, 99 à $85 \frac{1}{2}$ pour le rapport encore plus précis du premier refroidissement du fer et du cuivre; et pour le second, c'est-à-dire pour le refroidissement entier, le rapport donné par les présentes expériences étant :: $35 + 47 + 56 : 31 + 43 + 50$, ou :: $138 : 124$, et :: $142 : 125$ par les expériences précédentes (*art. 4*), on aura, en ajoutant ces temps, 280 à 249 pour le rapport encore plus précis du refroidissement entier du fer et du cuivre.

2°. Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement de l'or, au point de pouvoir les tenir :: $45 \frac{1}{2} : 37$, et au point de la température :: $138 : 114$.

3°. Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement de l'argent, au point de pouvoir les tenir :: $45 \frac{1}{2} : 34$, et au point de la température :: $138 : 97$.

4°. Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement de l'étain, au point de pouvoir les tenir :: $45 \frac{1}{2} : 21$ par les présentes expériences, et :: $24 : 11$ par les expériences précédentes (*art. 5*); ainsi, l'on aura, en ajoutant ces temps, $69 \frac{1}{2}$ à 32 pour le rapport encore plus précis de leur refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les expériences présentes étant :: $138 : 61$, et par les expériences précédentes (*art. 5*) :: $136 : 73$, on aura, en ajoutant ces temps, 274 à 134 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du fer et de l'étain.

5°. Que le temps du refroidissement du cuivre est à celui de l'or, au point de pouvoir les tenir :: $40 \frac{1}{2} : 37$, et :: $124 : 114$ pour leur entier refroidissement.

6°. Que le temps du refroidissement du cuivre est à celui du refroidissement de l'argent, au point de pouvoir les tenir :: $40 \frac{1}{2} : 34$, et :: $124 : 97$ pour leur entier refroidissement.

7°. Que le temps du refroidissement du cuivre est à celui du refroidissement de l'étain, au point de pouvoir les tenir :: $40 \frac{1}{2} : 21$ par les présentes expériences, et :: $43 \frac{1}{2} : 22 \frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (*art. 6*); ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 84 à $43 \frac{1}{2}$ pour le rapport encore plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: $124 : 61$, et :: $123 : 71$ par les expériences précédentes (*art. 6*); on

aura, en ajoutant ces temps, 247 à 132 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du cuivre et de l'étain.

8°. Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement de l'argent, au point de pouvoir les tenir : : 37 : 34, et : : 114 : 97 pour leur entier refroidissement.

9°. Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement de l'étain, au point de pouvoir les tenir : : 37 : 21, et : : 114 : 61 pour leur entier refroidissement.

10°. Que le temps du refroidissement de l'argent est à celui du refroidissement de l'étain, au point de pouvoir les tenir : : 34 : 21, et : : 97 : 61 pour leur entier refroidissement.

12.

Ayant mis dans le même four cinq boulets, placés de même, et séparés les uns des autres, leur refroidissement s'est fait dans les proportions suivantes :

<i>Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.</i>		<i>Refroidis à la température.</i>	
	min.		min.
Antimoine, en.....	6 1/2	En.....	25
Bismuth, en.....	7	En.....	26
Plomb, en.....	8	En.....	27
Zinc, en.....	10 1/2	En.....	30
Éméril, en.....	11 1/2	En.....	28

13.

Ayant répété cette expérience avec un degré de chaleur plus fort, et auquel l'étain et le bismuth se sont fondus, les autres boulets se sont refroidis dans la progression suivante :

<i>Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.</i>		<i>Refroidis à la température.</i>	
	min.		min.
Antimoine, en.....	7 1/2	En.....	28
Plomb, en.....	9 1/2	En.....	39
Zinc, en.....	14	En.....	44
Éméril, en.....	16	En.....	50

14.

On a placé dans le même four et de la même manière un autre boulet de bismuth, avec six autres boulets, qui se sont refroidis dans la progression suivante :

<i>Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.</i>		<i>Refroidis à la température.</i>	
	min.		min.
Antimoine, en.....	6	En.....	23
Bismuth, en.....	6	En.....	25
Plomb, en.....	7 1/2	En.....	28
Argent en.....	9 1/2	En.....	30
Zinc, en.....	10 1/2	En.....	32
Or, en.....	11	En.....	32
Éméril, en.....	13 1/2	En.....	39

15.

Ayant répété cette expérience avec les sept mêmes boulets, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

<i>Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.</i>		<i>Refroidis à la température.</i>	
	min.		min.
Antimoine, en.....	6 1/2	En.....	23
Bismuth, en.....	7 1/2	En.....	31
Plomb, en.....	7 1/2	En.....	29
Argent, en.....	11 1/2	En.....	32
Zinc, en.....	13 1/2	En.....	38
Or, en.....	14	En.....	42
Éméril, en.....	15	En.....	44

Toutes ces expériences ont été faites avec soin, et en présence de deux ou trois personnes, qui ont jugé comme moi par le tact, et en serrant dans la main pendant une demi-seconde les différents boulets ; ainsi l'on doit en conclure :

1°. Que le temps du refroidissement de l'éméril est à celui du refroidissement de l'or, au point de pouvoir les tenir : : 28 1/2 : 25, et : : 83 : 73 pour leur entier refroidissement.

2°. Que le temps du refroidissement de l'éméril est à celui du refroidissement du zinc, au point de pouvoir les toucher : : 56 : 48 1/2, et : : 171 : 144 pour leur entier refroidissement.

3°. Que le temps du refroidissement de l'éméril est à celui du refroidissement de l'argent, au point de pouvoir les tenir : : 28 1/2 : 21, et : : 83 : 62 pour leur entier refroidissement.

4°. Que le temps du refroidissement de l'éméril est à celui du refroidissement du plomb, au point de les tenir : : 56 : 32 1/2, et : : 171 : 123 pour leur entier refroidissement.

5°. Que le temps du refroidissement de l'éméril est à celui du refroidissement du bismuth, au point de les tenir : : 40 : 20 1/2 et : : 121 : 80 pour leur entier refroidissement.

6°. Que le temps du refroidissement de l'éméril est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de pouvoir les tenir : : 56 : 26 1/2, et à la température : : 171 : 99.

7°. Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement du zinc, au point de les tenir : : 25 : 24, et : : 73 : 70 pour leur entier refroidissement.

8°. Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement de l'argent, au point de pouvoir les tenir : : 25 : 21 par les présentes expériences, et : : 37 : 34 par les expériences précédentes (*art. 11*) ; ainsi

l'on aura, en ajoutant ces temps, 62 à 55 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 73 : 62, et :: 114 : 97 par les expériences précédentes (*art.* 11), on aura, en ajoutant ces temps, 187 à 159 pour le rapport plus précis de leur entier refroidissement.

9°. Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement du plomb, au point de pouvoir les tenir :: 25 : 15, et :: 73 : 57 pour leur entier refroidissement.

10°. Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement du bismuth, au point de pouvoir les tenir :: 25 : 13 $\frac{1}{2}$, et :: 73 : 56 pour leur entier refroidissement.

11°. Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de les tenir :: 25 : 12 $\frac{1}{2}$, et :: 73 : 46 pour leur entier refroidissement.

12°. Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement de l'argent, au point de pouvoir les tenir :: 24 : 21, et :: 70 : 62 pour leur entier refroidissement.

13°. Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement du plomb, au point de pouvoir les tenir :: 48 $\frac{1}{2}$: 32 $\frac{1}{2}$, et :: 144 : 123 pour leur entier refroidissement.

14°. Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement du bismuth, au point de pouvoir les tenir :: 34 $\frac{1}{2}$: 20 $\frac{1}{2}$, et :: 100 : 80 pour leur entier refroidissement.

15°. Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de les tenir :: 48 $\frac{1}{2}$: 26 $\frac{1}{2}$, et à la température :: 144 : 99.

16°. Que le temps du refroidissement de l'argent est à celui du refroidissement du bismuth, au point de pouvoir les tenir :: 21 : 13 $\frac{1}{2}$, et :: 62 : 56 pour leur entier refroidissement.

17°. Que le temps du refroidissement de l'argent est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de les tenir :: 21 : 12 $\frac{1}{2}$, et :: 62 : 46 pour leur entier refroidissement.

18°. Que le temps du refroidissement du plomb est à celui du refroidissement du bismuth, au point de les tenir :: 23 : 20 $\frac{1}{2}$, et :: 84 : 80 pour leur entier refroidissement.

19°. Que le temps du refroidissement du plomb est à celui du refroidissement de l'an-

timoine, au point de les toucher :: 32 $\frac{1}{2}$: 26 $\frac{1}{2}$, et à la température :: 123 : 99.

20°. Que le temps du refroidissement du bismuth est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de pouvoir les tenir :: 20 $\frac{1}{2}$: 19, et :: 80 : 71 pour leur entier refroidissement.

Je dois observer qu'en général, dans toutes ces expériences, les premiers rapports sont bien plus justes que les derniers, parce qu'il est difficile de juger du refroidissement jusqu'à la température actuelle, et que cette température étant variable, les résultats doivent varier aussi; au lieu que le point du premier refroidissement peut être saisi assez juste par la sensation que produit sur la même main la chaleur du boulet, lorsqu'on peut le tenir ou le toucher pendant une demi-seconde.

16.

Comme il n'y avait que deux expériences pour la comparaison de l'or avec l'émeril, le zinc, le plomb, le bismuth et l'antimoine; que le bismuth s'était fondu en entier, et que le plomb et l'antimoine étaient fort endommagés, je me suis servi d'autres boulets de bismuth, d'antimoine et de plomb, et j'ai fait une troisième expérience, en mettant ensemble dans le même four bien chauffé ces six boulets; ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

<i>Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.</i>	<i>Refroidis à la température.</i>
min.	min.
Antimoine, en..... 7	En..... 27
Bismuth, en..... 8	En..... 29
Plomb, en..... 9	En..... 33
Zinc, en..... 12	En..... 37
Or, en..... 13	En..... 42
Émeril, en..... 15 $\frac{1}{2}$	En..... 48

D'où l'on doit conclure, ainsi que des expériences 14 et 15, 1° que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement de l'or, au point de pouvoir les tenir :: 44 : 38, et au point de la température :: 131 : 115.

2°. Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement du zinc, au point de pouvoir les tenir :: 15 $\frac{1}{2}$: 12; mais le rapport trouvé par les expériences précédentes (*art.* 15) étant :: 56 : 48 $\frac{1}{2}$, on aura, en ajoutant ces temps, 71 $\frac{1}{2}$ à 60 $\frac{1}{2}$ pour leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport trouvé par l'expérience présente étant :: 48 : 37, et par les expériences précédentes (*art.* 15) :: 171 : 144, on aura, en ajoutant ces temps, 239 à 181

pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'émeril et du zinc.

3°. Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement du plomb, au point de pouvoir les tenir :: $15 \frac{1}{2}$: 9; mais le rapport trouvé par les expériences précédentes (*art.* 15) étant :: 56 : $32 \frac{1}{2}$, on aura, en ajoutant ces temps, $71 \frac{1}{2}$ à $41 \frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par l'expérience présente étant :: 48 : 33, et par les expériences précédentes (*art.* 15) :: 171 : 123, on aura, en ajoutant ces temps, 239 à 156 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'émeril et du plomb.

4°. Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement du bismuth, au point de pouvoir les tenir :: $15 \frac{1}{2}$: 8, et par les expériences précédentes (*art.* 15), :: 40 : $20 \frac{1}{2}$; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, $55 \frac{1}{2}$ à $28 \frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par l'expérience présente, étant :: 48 : 29, et :: 121 : 80 par les expériences précédentes (*art.* 15), on aura, en ajoutant ces temps, 169 à 109 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'émeril et du bismuth.

5°. Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de pouvoir les tenir :: $15 \frac{1}{2}$: 7; mais le rapport trouvé par les expériences précédentes (*art.* 15) étant :: 56 : $26 \frac{1}{2}$, on aura, en ajoutant ces temps, $71 \frac{1}{2}$ à $33 \frac{1}{2}$ pour le rapport encore plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par l'expérience présente étant :: 48 : 27, et :: 171 : 99 par les expériences précédentes (*art.* 15), on aura, en ajoutant ces temps, 219 à 126 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'émeril et de l'antimoine.

6°. Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement du zinc, au point de pouvoir les tenir :: 38 : 36, et :: 115 : 107 pour leur entier refroidissement.

7°. Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement du plomb, au point de les toucher :: 38 : 24, et à la température :: 115 : 90.

8°. Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement du bismuth, au point de pouvoir les tenir :: 38 : $21 \frac{1}{2}$, et à la température :: 115 : 85.

9°. Que le temps du refroidissement de l'or

est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de les toucher :: 38 : $19 \frac{1}{2}$, et à la température :: 115 : 69.

10°. Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement du plomb, au point de pouvoir les tenir :: 12 : 9. Mais le rapport trouvé par les expériences précédentes (*art.* 15) étant :: $48 \frac{1}{2}$: $32 \frac{1}{2}$, on aura, en ajoutant ces temps, $60 \frac{1}{2}$ à $41 \frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par l'expérience présente étant :: 37 : 33, et par les expériences précédentes (*art.* 15) :: 144 : 123, on aura, en ajoutant ces temps, 181 à 156 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du zinc et du plomb.

11°. Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement du bismuth, au point de les toucher :: 12 : 8 par la présente expérience; mais le rapport trouvé par les expériences précédentes (*art.* 15) étant :: $34 \frac{1}{2}$: $20 \frac{1}{2}$, en ajoutant ces temps on aura $46 \frac{1}{2}$ à $28 \frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par l'expérience présente étant :: 37 : 29, et par les expériences précédentes (*art.* 15) :: 100 : 80, on aura, en ajoutant ces temps, 137 à 109 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du zinc et du bismuth.

12°. Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement de l'antimoine, pour pouvoir les tenir :: 12 : 7 par la présente expérience; mais, comme le rapport trouvé par les expériences précédentes (*art.* 15) est :: $48 \frac{1}{2}$: $26 \frac{1}{2}$, on aura, en ajoutant ces temps, $60 \frac{1}{2}$ à $33 \frac{1}{2}$ pour le rapport encore plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par l'expérience présente étant :: 37 : 27, et :: 144 : 99 par les expériences précédentes (*art.* 15), on aura, en ajoutant ces temps, 181 à 126 pour le rapport plus précis de l'entier refroidissement du zinc et de l'antimoine.

13°. Que le temps du refroidissement du plomb est à celui du refroidissement du bismuth, au point de pouvoir les tenir :: 9 : 8 par l'expérience présente, et :: $23 : 20 \frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (*art.* 15); ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 32 à $28 \frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par la présente expérience étant :: 33 : 29 et :: 84 : 80 par les expériences pré-

cédentes (*art.* 15), on aura, en ajoutant ces temps, 117 à 109 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du plomb et du bismuth.

14°. Que le temps du refroidissement du plomb est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de les tenir :: 9 : 7 par la présente expérience, et :: $32 \frac{1}{2}$: $26 \frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (*art.* 15); ainsi on aura, en ajoutant ces temps, $41 \frac{1}{2}$ à $33 \frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par l'expérience présente étant :: 33 : 27, et :: 123 : 99 par les expériences précédentes (*art.* 15), on aura, en ajoutant ces temps, 156 à 126 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du plomb et de l'antimoine.

15°. Que le temps du refroidissement du bismuth est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de pouvoir les tenir :: 8 : 7 par l'expérience présente, et :: $20 \frac{1}{2}$: 19 par les expériences précédentes (*art.* 15); ainsi on aura, en ajoutant ces temps, $28 \frac{1}{2}$ à 26 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par l'expérience présente étant :: 39 : 27, et :: 80 : 71 par les expériences précédentes (*art.* 15), on aura, en ajoutant ces temps, 109 à 98 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du bismuth et de l'antimoine.

17.

Comme il n'y avait de même que deux expériences pour la comparaison de l'argent avec l'émeril, le zinc, le plomb, le bismuth et l'antimoine, j'en ai fait une troisième, en mettant dans le même four, qui s'était un peu refroidi, les six boulets ensemble; et, après les en avoir tirés tous en même temps, comme on l'a toujours fait, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

<i>Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.</i>	<i>Refroidis à la température.</i>
min.	min.
Antimoine, en..... 6	En..... 29
Bismuth, en..... 7	En..... 31
Plomb, en..... $8 \frac{1}{4}$	En..... 34
Argent, en..... $11 \frac{1}{2}$	En..... 36
Zinc, en..... $12 \frac{1}{2}$	En..... 39
Émeril, en..... $15 \frac{1}{2}$	En..... 47

On doit conclure de cette expérience et de celles des *articles* 14 et 15 :

1°. Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement du zinc,

au point de les tenir, par l'expérience présente :: $15 \frac{1}{2}$: $12 \frac{1}{2}$, et :: $71 \frac{1}{2}$: $60 \frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (*art.* 16); ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 87 à 73 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par l'expérience présente étant :: 47 : 39, et par les expériences précédentes (*art.* 16) :: 239 : 181, on aura, en ajoutant ces temps, 286 à 220 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'émeril et du zinc.

2°. Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement de l'argent :: 44 : $32 \frac{1}{2}$ au point de les tenir, et :: 130 : 98 pour leur entier refroidissement.

3°. Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement du plomb, au point de les tenir :: $15 \frac{1}{2}$: $8 \frac{1}{2}$ par l'expérience présente, et :: $71 \frac{1}{2}$: $41 \frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (*art.* 16); ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 87 à $49 \frac{3}{4}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par l'expérience présente étant :: 47 : 34, et :: 239 : 156 par les expériences précédentes (*art.* 16), on aura, en ajoutant ces temps, 286 à 190 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'émeril et du plomb.

4°. Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement du bismuth, au point de pouvoir les tenir :: $15 \frac{1}{2}$: 7, par l'expérience présente, et :: $55 \frac{1}{2}$: $28 \frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (*art.* 16); ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 71 à $35 \frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par l'expérience présente étant :: 47 : 31, et :: 169 : 109 par les expériences précédentes (*art.* 16), on aura, en ajoutant ces temps, 216 à 140 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'émeril et du bismuth.

5°. Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de les tenir :: $15 \frac{1}{2}$: 6 par l'expérience présente, et :: $71 \frac{1}{2}$: $33 \frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (*art.* 16); ainsi, en ajoutant ces temps, on aura 87 à $39 \frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par l'expérience présente étant :: 47 : 29, et par les expériences précédentes (*art.* 16) :: 219 : 126, on aura, en ajoutant ces temps, 286 à 155 pour le rap-

port encore plus précis de l'entier refroidissement de l'émérid et de l'antimoine.

6°. Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement de l'argent, au point de pouvoir les tenir : : $36\frac{1}{2}$: $32\frac{1}{2}$, et : : 109 : 98 pour leur entier refroidissement.

7°. Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement du plomb, au point de pouvoir les tenir : : $12\frac{1}{2}$: $8\frac{1}{4}$ par l'expérience présente, et : : $60\frac{1}{2}$: $41\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (*art. 16*) ; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 73 à $43\frac{3}{4}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; et pour le second, le rapport donné par l'expérience présente étant : : 39 : 33, et par les expériences précédentes (*art. 16*) : : 181 : 156, on aura, en ajoutant ces temps, 220 à 189 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du zinc et du plomb.

8°. Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement du bismuth, au point de pouvoir les tenir : : $12\frac{1}{2}$: 7 par la présente expérience, et : : $46\frac{1}{2}$: $28\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (*art. 16*) ; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 59 à $35\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; et pour le second, le rapport donné par l'expérience présente étant : : 39 : 31, et : : 137 : 109 par les expériences précédentes (*art. 16*), on aura, en ajoutant ces temps, 176 à 140 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du zinc et du bismuth.

9°. Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de les tenir : : $12\frac{1}{2}$: 6 par la présente expérience, et : : $60\frac{1}{2}$: $33\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (*art. 16*) ; ainsi, on aura, en ajoutant ces temps, 73 à $39\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; et pour le second, le rapport trouvé par l'expérience présente étant : : 39 : 29, et : : 181 : 126 par les expériences précédentes (*art. 16*), on aura, en ajoutant ces temps, 220 à 155 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du zinc et de l'antimoine.

10°. Que le temps du refroidissement de l'argent est à celui du refroidissement du plomb, au point de pouvoir les tenir : : $32\frac{1}{2}$: $23\frac{1}{2}$, et : : 98 : 90 pour leur entier refroidissement.

11°. Que le temps du refroidissement de

l'argent est à celui du refroidissement du bismuth, au point de les tenir : : $32\frac{1}{2}$: $20\frac{1}{2}$, et : : 98 : 87 pour leur entier refroidissement.

12°. Que le temps du refroidissement de l'argent est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de pouvoir les tenir : : $32\frac{1}{2}$: $18\frac{1}{2}$, et : : 98 : 75 pour leur entier refroidissement.

13°. Que le temps du refroidissement du plomb est à celui du refroidissement du bismuth, au point de les tenir : : $8\frac{1}{4}$: 7 par la présente expérience, et : : 32 : $28\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (*art. 16*) ; on aura, en ajoutant ces temps, $40\frac{1}{4}$ à $35\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; et pour le second, le rapport donné par l'expérience présente étant : : 34 : 31, et : : 117 : 109 par les expériences précédentes (*art. 16*), on aura, en ajoutant ces temps, 141 à 140 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du plomb et du bismuth.

14°. Que le temps du refroidissement du plomb est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de pouvoir les tenir : : $8\frac{1}{4}$: 6 par l'expérience présente, et par les expériences précédentes (*art. 16*) : : $41\frac{1}{2}$: $33\frac{1}{2}$; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, $49\frac{3}{4}$ à $39\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; et pour le second, le rapport donné par la présente expérience étant : : 34 : 29, et : : 156 : 126 par les expériences précédentes (*art. 16*), on aura, en ajoutant ces temps, 190 à 155 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du plomb et de l'antimoine.

15°. Que le temps du refroidissement du bismuth est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de pouvoir les tenir : : 7 : 6 par la présente expérience, et : : $28\frac{1}{2}$: 26 par les expériences précédentes (*art. 16*) ; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, $35\frac{1}{2}$ à 32 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; et pour le second, le rapport donné par la présente expérience étant : : 31 : 29, et : : 109 : 98 par les expériences précédentes (*art. 16*), on aura, en ajoutant ces temps, 140 à 127 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du bismuth et de l'antimoine.

18.

On a mis dans le même four un boulet de verre, un nouveau boulet d'étain, un de cuivre et un de fer pour en faire une pre-

mière comparaison ; ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

<i>Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.</i>	<i>Refroidis à la température.</i>
min.	min.
Étain, en..... 8	En..... 27
Verre, en..... 8 $\frac{1}{3}$	En..... 22
Cuivre, en..... 14	En..... 42
Fer, en..... 16	En..... 50

19.

La même expérience répétée, les boulets se sont refroidis dans l'ordre suivant :

<i>Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.</i>	<i>Refroidis à la température.</i>
min.	min.
Étain, en..... 7 $\frac{1}{3}$	En..... 21
Verre, en..... 8	En..... 23
Cuivre, en..... 12	En..... 36
Fer, en..... 15	En..... 47

20.

Par une troisième expérience, les boulets chauffés pendant un plus long temps, mais à une chaleur un peu moindre, se sont refroidis dans l'ordre suivant :

<i>Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.</i>	<i>Refroidis à la température.</i>
min.	min.
Étain, en..... 8 $\frac{1}{3}$	En..... 22
Verre, en..... 9	En..... 24
Cuivre, en..... 15	En..... 43
Fer, en..... 17	En..... 46

21.

Par une quatrième expérience répétée, les mêmes boulets chauffés à un feu plus ardent, se sont refroidis dans l'ordre suivant :

<i>Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.</i>	<i>Refroidis à la température.</i>
min.	min.
Étain, en..... 8 $\frac{1}{3}$	En..... 25
Verre, en..... 9	En..... 25
Cuivre, en..... 11 $\frac{1}{3}$	En..... 35
Fer, en..... 14	En..... 43

Il résulte de ces expériences répétées quatre fois :

1^o. Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement du cuivre, au point de les tenir : : 62 : 52 $\frac{1}{2}$ par les présentes expériences, et : : 99 : 85 $\frac{1}{2}$ par des expériences précédentes (*art. 11*) ; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 161 à 138 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant : : 186 : 156, et par les expériences précédentes (*art. 11*) : : 280 : 249, on aura, en ajoutant ces

temps, 466 à 405 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du fer et du cuivre.

2^o. Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement du verre, au point de les tenir : : 62 : 34 $\frac{1}{2}$, et : : 186 : 97 pour leur entier refroidissement.

3^o. Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement de l'étain, au point de pouvoir les tenir : : 62 : 32 $\frac{1}{2}$ par les présentes expériences, et : : 69 $\frac{1}{2}$: 32 par les expériences précédentes (*art. 11*) ; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 131 $\frac{1}{2}$ à 64 $\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; et pour le second, le rapport donné par les expériences présentes étant : : 186 : 92, et : : 274 : 134 par les expériences précédentes (*art. 11*), on aura, en ajoutant ces temps, 460 à 226 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du fer et de l'étain.

4^o. Que le temps du refroidissement du cuivre est à celui du refroidissement du verre, au point de les tenir : : 51 $\frac{1}{2}$: 34 $\frac{1}{2}$, et : : 157 : 97 pour leur entier refroidissement.

5^o. Que le temps du refroidissement du cuivre est à celui du refroidissement de l'étain, au point de pouvoir les tenir : : 52 $\frac{1}{2}$: 32 $\frac{1}{2}$ par les expériences présentes, et : : 84 : 43 $\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (*art. 11*) ; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 136 $\frac{1}{2}$ à 76 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; et pour le second, le rapport donné par les expériences présentes étant : : 157 : 92, et par les expériences précédentes (*art. 11*) : : 247 : 132, on aura, en ajoutant ces temps, 304 à 224 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du cuivre et de l'étain.

6^o. Que le temps du refroidissement du verre est à celui du refroidissement de l'étain, au point de les tenir : : 24 $\frac{1}{2}$: 32 $\frac{1}{2}$, et : : 97 : 192 pour leur entier refroidissement.

22.

On a fait chauffer ensemble les boulets d'or, de verre, de porcelaine, de gypse et de grès ; ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

<i>Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.</i>	<i>Refroidis à la température.</i>
min.	min.
Gypse, en..... 5	En..... 14
Porcelaine, en..... 8 $\frac{1}{3}$	En..... 25
Verre, en..... 9	En..... 26
Grès, en..... 10	En..... 32
Or, en..... 14 $\frac{1}{3}$	En..... 45

23.

La même expérience répétée sur les mêmes boulets, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

<i>Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.</i>		<i>Refroidis à la température.</i>	
	min.		min.
Gypse, en.....	4	En.....	13
Porcelaine, en.....	7	En.....	22
Verre, en.....	9 1/2	En.....	24
Grès, en.....	9 1/2	En.....	33
Or, en.....	13 1/2	En.....	41

24.

La même expérience répétée, les boulets se sont refroidis dans l'ordre suivant :

<i>Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.</i>		<i>Refroidis à la température.</i>	
	min.		min.
Gypse, en.....	2 1/2	En.....	12
Porcelaine, en.....	5 1/2	En.....	19
Verre, en.....	8 1/2	En.....	20
Grès, en.....	8 1/2	En.....	25
Or, en.....	10	En.....	32

Il résulte de ces trois expériences :

1°. Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement du grès, au point de les tenir :: 38 : 28, et :: 118 : 90 pour leur entier refroidissement.

2°. Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement du verre, au point de les tenir :: 38 : 27, et :: 118 : 70 pour leur entier refroidissement.

3°. Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement de la porcelaine, au point de les tenir :: 38 : 21, et :: 118 : 66 pour leur entier refroidissement.

4°. Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement du gypse, au point de les tenir :: 38 : 12 1/2, et :: 118 : 39 pour leur entier refroidissement.

5°. Que le temps du refroidissement du grès est à celui du refroidissement du verre, au point de les tenir :: 28 1/2 : 27, et :: 90 : 70 pour leur entier refroidissement.

6°. Que le temps du refroidissement du grès est à celui du refroidissement de la porcelaine, au point de pouvoir les tenir :: 28 1/2 : 21, et :: 90 : 66 pour leur entier refroidissement.

7°. Que le temps du refroidissement du grès est à celui du refroidissement du gypse, au point de les tenir :: 28 1/2 : 12 1/2, et :: 90 : 39 pour leur entier refroidissement.

8°. Que le temps du refroidissement du verre est à celui du refroidissement de la

porcelaine, au point de les tenir :: 27 : 21, et :: 70 : 66 pour leur entier refroidissement.

9°. Que le temps du refroidissement du verre est à celui du refroidissement du gypse, au point de les tenir :: 27 : 12 1/2, et :: 70 : 39 pour leur entier refroidissement.

10°. Que le temps du refroidissement de la porcelaine est à celui du refroidissement du gypse, au point de les tenir :: 21 : 12 1/2, et :: 66 : 39 pour leur entier refroidissement.

25.

On a fait chauffer de même les boulets d'argent, de marbre commun, de pierre dure, de marbre blanc et de pierre calcaire tendre d'Anières, près de Dijon.

<i>Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.</i>		<i>Refroidis à la température.</i>	
	min.		min.
Pierre calc. tend., en.	8	En.....	25
Pierre calc. dure, en.	10	En.....	34
Marbre commun, en.	11	En.....	35
Marbre blanc, en...	12	En.....	36
Argent, en.....	13 1/2	En.....	40

26.

La même expérience répétée, les boulets se sont refroidis dans l'ordre suivant :

<i>Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.</i>		<i>Refroidis à la température.</i>	
	min.		min.
Pierre calc. tend., en.	9	En.....	27
Pierre calc. dure, en.	11	En.....	37
Marbre commun, en.	13	En.....	40
Marbre blanc, en...	14	En.....	40
Argent, en.....	16	En.....	43

27.

La même expérience répétée, les boulets se sont refroidis dans l'ordre suivant :

<i>Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.</i>		<i>Refroidis à la température.</i>	
	min.		min.
Pierre calc. tend., en.	9	En.....	26
Pierre calc. dure, en.	10 1/2	En.....	36
Marbre commun, en.	12 1/2	En.....	38
Marbre blanc, en...	13 1/2	En.....	39
Argent, en.....	16	En.....	42

Il résulte de ces trois expériences :

1°. Que le temps du refroidissement de l'argent est à celui du refroidissement du marbre blanc, au point de les tenir :: 45 1/2 : 39 1/2, et :: 125 : 115 pour leur entier refroidissement.

2°. Que le temps du refroidissement de l'argent est à celui du refroidissement du marbre commun, au point de les tenir

:: 45 $\frac{1}{2}$: 36, et :: 125 : 113 pour leur entier refroidissement.

3°. Que le temps du refroidissement de l'argent est à celui du refroidissement de la pierre dure, au point de les tenir :: 45 $\frac{1}{2}$: 31 $\frac{1}{2}$, et :: 125 : 107 pour leur entier refroidissement.

4°. Que le temps du refroidissement de l'argent est à celui du refroidissement de la pierre tendre, au point de les tenir :: 45 $\frac{1}{2}$: 26, et :: 125 : 78 pour leur entier refroidissement.

5°. Que le temps du refroidissement du marbre blanc est à celui du refroidissement du marbre commun, au point de les tenir :: 39 $\frac{1}{2}$: 36, et :: 115 : 113 pour leur entier refroidissement.

6°. Que le temps du refroidissement du marbre blanc est à celui du refroidissement de la pierre dure, au point de les tenir :: 39 $\frac{1}{2}$: 31 $\frac{1}{2}$, et :: 115 : 107 pour leur entier refroidissement.

7°. Que le temps du refroidissement du marbre blanc est à celui du refroidissement de la pierre tendre, au point de les tenir :: 39 $\frac{1}{2}$: 26, et :: 115 : 78 pour leur entier refroidissement.

8°. Que le temps du refroidissement du marbre commun est à celui du refroidissement de la pierre dure, au point de les tenir :: 36 : 31 $\frac{1}{2}$, et :: 113 : 109 pour leur entier refroidissement.

9°. Que le temps du refroidissement du marbre commun est à celui du refroidissement de la pierre tendre, au point de les tenir :: 36 : 26, et :: 113 : 78 pour leur entier refroidissement.

10°. Que le temps du refroidissement de la pierre dure est à celui du refroidissement de la pierre tendre, au point de les tenir :: 31 $\frac{1}{2}$: 26, et :: 107 : 78 pour leur entier refroidissement.

28.

On a mis dans le même four bien chauffé des boulets d'or, de marbre blanc, de marbre commun, de pierre dure et de pierre tendre, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

<i>Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.</i>	min.	<i>Refroidis à la température.</i>	min.
Pierre calc. tend., en. 9		En.....	29
Marbre commun, en. 11 $\frac{1}{2}$		En.....	35
Pierre dure, en..... 11 $\frac{1}{2}$		En.....	35
Marbre blanc, en.... 13		En.....	35
Or, en..... 15 $\frac{1}{2}$		En.....	45

THÉORIE DE LA TERRE. *Tome II.*

29.

La même expérience répétée à une moindre chaleur, les boulets se sont refroidis dans l'ordre suivant :

<i>Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.</i>	min.	<i>Refroidis à la température.</i>	min.
Pierre calc. tend., en. 6		En.....	19
Pierre dure, en..... 8		En.....	25
Marbre commun, en. 9 $\frac{1}{2}$		En.....	26
Marbre blanc, en.... 10		En.....	29
Or, en..... 12		En.....	37

30.

La même expérience répétée une troisième fois, les boulets chauffés à un feu plus ardent, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

<i>Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.</i>	min.	<i>Refroidis à la température.</i>	min.
Pierre tendre, en.... 7		En.....	20
Pierre dure, en..... 8		En.....	24
Marbre commun, en. 8 $\frac{1}{2}$		En.....	20
Marbre blanc, en... 9		En.....	28
Or, en..... 12		En.....	35

Il résulte de ces trois expériences :

1°. Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement du marbre blanc, au point de les tenir :: 39 $\frac{1}{2}$: 32, et :: 117 : 92 pour leur entier refroidissement.

2°. Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement du marbre commun, au point de les tenir :: 39 $\frac{1}{2}$: 29 $\frac{1}{2}$, et :: 117 : 87 pour leur entier refroidissement.

3°. Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement de la pierre dure, au point de les tenir :: 39 $\frac{1}{2}$: 27 $\frac{1}{2}$, et :: 117 : 86 pour leur entier refroidissement.

4°. Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement de la pierre tendre, au point de les tenir :: 39 $\frac{1}{2}$: 22, et :: 117 : 68 pour leur entier refroidissement.

5°. Que le temps du refroidissement du marbre blanc est à celui du refroidissement du marbre commun, au point de les tenir :: 32 : 29, et :: 92 : 87 pour leur entier refroidissement.

6°. Que le temps du refroidissement du marbre blanc est à celui du refroidissement de la pierre dure, au point de les tenir :: 32 : 27 $\frac{1}{2}$, et :: 92 : 84 pour leur entier refroidissement.

7°. Que le temps du refroidissement du marbre blanc est à celui du refroidissement de la pierre tendre, au point de les tenir

19

:: 32 : 22, et :: 92 : 68 pour leur entier refroidissement.

8°. Que le temps du refroidissement du marbre commun est à celui du refroidissement de la pierre dure, au point de les tenir :: 29 : 27 $\frac{1}{2}$, et :: 87 : 84 pour leur entier refroidissement.

9°. Que le temps du refroidissement du marbre commun est à celui du refroidissement de la pierre tendre, au point de les tenir :: 29 : 22, et :: 87 : 68 pour leur entier refroidissement.

10°. Que le temps du refroidissement de la pierre dure est à celui du refroidissement de la pierre tendre, au point de les tenir :: 27 $\frac{1}{2}$: 22, et :: 84 : 68 pour leur entier refroidissement.

31.

On a mis dans le même four les boulets d'argent, de grès, de verre, de porcelaine et de gypse; ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

<i>Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.</i>	<i>Refroidis à la température.</i>
min.	min.
Gypse, en..... 3	En..... 14
Porcelaine, en..... 6 $\frac{1}{2}$	En..... 17
Verre, en..... 8 $\frac{3}{4}$	En..... 20
Grès, en..... 9	En..... 27
Argent, en..... 12 $\frac{1}{2}$	En..... 35

32.

La même expérience répétée, et les boulets chauffés à une chaleur moindre, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

<i>Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.</i>	<i>Refroidis à la température.</i>
min.	min.
Gypse, en..... 3	En..... 13
Porcelaine, en..... 7	En..... 19
Verre, en..... 8 $\frac{1}{2}$	En..... 22
Grès, en..... 9 $\frac{1}{2}$	En..... 26
Argent, en..... 12	En..... 34

33.

La même expérience répétée une troisième fois, les boulets se sont refroidis dans l'ordre suivant :

<i>Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.</i>	<i>Refroidis à la température.</i>
min.	min.
Gypse, en..... 3	En..... 12
Porcelaine, en..... 6	En..... 17
Verre, en..... 7 $\frac{3}{4}$	En..... 20
Grès, en..... 8	En..... 27
Argent, en..... 11 $\frac{1}{2}$	En..... 34

Il résulte de ces trois expériences :

1°. Que le temps du refroidissement de

l'argent est à celui du refroidissement du grès, au point de les tenir :: 36 : 26 $\frac{1}{2}$, et :: 103 : 80 pour leur entier refroidissement.

2°. Que le temps du refroidissement de l'argent est à celui du refroidissement du verre, au point de les tenir :: 36 : 25, et :: 103 : 62 pour leur entier refroidissement.

3°. Que le temps du refroidissement de l'argent est à celui du refroidissement de la porcelaine, au point de les tenir :: 36 : 20, et :: 103 : 54 pour leur entier refroidissement.

4°. Que le temps du refroidissement de l'argent est à celui du refroidissement du gypse, au point de les tenir :: 36 : 9, et :: 103 : 39 pour leur entier refroidissement.

5°. Que le temps du refroidissement du grès est à celui du refroidissement du verre, au point de les tenir :: 26 $\frac{1}{3}$: 25 par les expériences présentes, et :: 28 $\frac{1}{2}$: 27 par les expériences précédentes (*art. 24*) ; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 55 à 52 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 80 : 62, et :: 90 : 70 par les expériences précédentes (*art. 24*), on aura, en ajoutant ces temps, 170 à 132 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du grès et du verre.

6°. Que le temps du refroidissement du grès est à celui du refroidissement de la porcelaine, au point de pouvoir les tenir :: 26 $\frac{1}{2}$: 19 $\frac{1}{2}$ par les présentes expériences, et :: 28 $\frac{1}{2}$: 21 par les expériences précédentes (*art. 24*) ; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 55 à 40 $\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 80 : 54, et :: 90 : 66 par les précédentes expériences (*art. 24*), on aura, en ajoutant ces temps, 170 à 120 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du grès et de la porcelaine.

7°. Que le temps du refroidissement du grès est à celui du refroidissement du gypse, au point de les tenir :: 26 $\frac{1}{2}$: 9 par les expériences présentes, et :: 28 $\frac{1}{2}$: 12 $\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (*art. 24*) ; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 55 à 21 $\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; et pour le second, le rapport donné par la présente expérience étant :: 80 : 39, et :: 90 : 39 par les expériences précédentes (*art. 24*), on aura, en ajoutant ces temps, 170 à 78 pour le rapport encore plus

précis de l'entier refroidissement du grès et du gypse.

8°. Que le temps du refroidissement du verre est à celui du refroidissement de la porcelaine, au point de les tenir :: 25 : 19 par les présentes expériences, et :: 27 : 21 par les expériences précédentes (*art. 24*); ainsi, en ajoutant ces temps, on aura 52 à 40 $\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les expériences présentes étant :: 62 : 51, et :: 70 : 66 par les expériences précédentes (*art. 24*), on aura, en ajoutant ces temps, 132 à 117 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du verre et de la porcelaine.

9°. Que le temps du refroidissement du verre est à celui du refroidissement du gypse, au point de les tenir :: 25 : 9 par les présentes expériences, et :: 27 : 12 $\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (*art. 24*); ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 52 à 21 $\frac{1}{2}$ pour le rapport encore plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 62 : 39, et :: 70 : 39 par les expériences précédentes (*art. 24*), on aura, en ajoutant ces temps, 132 à 78 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du verre et du gypse.

10°. Que le temps du refroidissement de la porcelaine est à celui du refroidissement du gypse, au point de les tenir :: 19 $\frac{1}{2}$: 9 par les présentes expériences, et :: 21 : 12 $\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (*art. 24*); ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 40 $\frac{1}{2}$ à 21 $\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par l'expérience présente étant :: 54 : 39, et par les expériences précédentes (*art. 24*) :: 66 : 39, on aura, en ajoutant ces temps, 120 à 78 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de la porcelaine et du gypse.

34.

On a mis dans le même four les boulets d'or, de craie blanche, d'ocre et de glaise; ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

<i>Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.</i>	<i>Refroidis à la température.</i>
min.	min.
Craie, en..... 6	En..... 15
Ocre, en..... 6 $\frac{1}{4}$	En..... 16
Glaise, en..... 7	En..... 18
Or, en..... 12	En..... 36

35.

La même expérience répétée avec les mêmes boulets et un boulet de plomb, leur refroidissement s'est fait dans l'ordre suivant :

<i>Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.</i>	<i>Refroidis à la température.</i>
min.	min.
Craie, en..... 4	En..... 14
Ocre, en..... 5	En..... 13
Glaise, en..... 5 $\frac{1}{2}$	En..... 15
Plomb, en..... 7	En..... 18
Or, en..... 9 $\frac{1}{2}$	En..... 29

Il résulte de ces deux expériences :

1°. Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement du plomb, au point de pouvoir les tenir :: 9 $\frac{1}{2}$: 7 par l'expérience présente, et :: 38 : 24 par les expériences précédentes (*art. 16*); ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 47 $\frac{1}{2}$ à 31 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par l'expérience présente étant :: 29 : 18, et :: 115 : 90 par les expériences précédentes (*art. 16*), on aura, en ajoutant ces temps, 144 à 108 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'or et du plomb.

2°. Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement de la glaise, au point de les tenir :: 21 $\frac{1}{2}$: 12 $\frac{1}{2}$, et :: 65 : 33 pour leur entier refroidissement.

3°. Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement de l'ocre, au point de les tenir :: 21 $\frac{1}{2}$: 11 $\frac{1}{2}$, et :: 65 : 29 pour leur entier refroidissement.

4°. Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement de la craie, au point de pouvoir les tenir :: 21 $\frac{1}{2}$: 10, et :: 65 : 26 pour leur entier refroidissement.

5°. Que le temps du refroidissement du plomb est à celui du refroidissement de la glaise, au point de pouvoir les tenir :: 7 : 5 $\frac{1}{2}$, et :: 18 : 15 pour leur entier refroidissement.

6°. Que le temps du refroidissement du plomb est à celui du refroidissement de l'ocre, au point de les tenir :: 7 : 5, et :: 18 : 13 pour leur entier refroidissement.

7°. Que le temps du refroidissement du plomb est à celui du refroidissement de la craie, au point de les tenir :: 7 : 4, et :: 18 : 11 pour leur entier refroidissement.

8°. Que le temps du refroidissement de la glaise est à celui du refroidissement de l'ocre, au point de pouvoir les tenir :: 12 $\frac{1}{2}$: 11 $\frac{1}{2}$, et :: 33 : 29 pour leur entier refroidissement.

9^o. Que le temps du refroidissement de la glaise est à celui du refroidissement de la craie, au point de pouvoir les tenir :: $12\frac{1}{2}$: 10, et :: 33 : 26 pour leur entier refroidissement.

10^o. Que le temps du refroidissement de l'ocre est à celui du refroidissement de la craie, au point de pouvoir les tenir :: $11\frac{1}{2}$: 10, et :: 29 : 26 pour leur entier refroidissement.

36.

On a mis dans le même four les boulets de fer, d'argent, de gypse, de pierre ponce et de bois, mais à un degré de chaleur moindre, pour ne point faire brûler le bois, et ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

<i>Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.</i>	<i>Refroidis à la température.</i>
min.	min.
Pierre ponce, en.... 2	En..... 5
Bois, en..... 2	En..... 6
Gypse, en..... $2\frac{1}{3}$	En..... 11
Argent, en..... 10	En..... 35
Fer, en..... 13	En..... 40

37.

La même expérience répétée à une moindre chaleur, les boulets se sont refroidis dans l'ordre suivant :

<i>Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.</i>	<i>Refroidis à la température.</i>
min.	min.
Pierre ponce, en.... $1\frac{1}{2}$	En..... 4
Bois, en..... 2	En..... 5
Gypse, en..... $2\frac{1}{3}$	En..... 9
Argent, en..... 7	En..... 24
Fer, en..... $8\frac{1}{2}$	En..... 31

Il résulte de ces expériences :

1^o. Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement de l'argent, au point de pouvoir les tenir :: $21\frac{1}{2}$: 17 par les présentes expériences, et :: $45\frac{1}{2}$: 34 par les expériences précédentes (*art. 11*) ; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 67 à 51 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; et pour le second, le rapport donné par les expériences présentes étant :: 71 : 59, et :: 138 : 97 par les expériences précédentes (*art. 11*), on aura, en ajoutant ces temps, 209 à 156 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du fer et de l'argent.

2^o. Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement du gypse, au point de pouvoir les tenir :: $21\frac{1}{2}$: 5, et :: 71 : 20 pour leur entier refroidissement.

3^o. Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement du bois, au point de pouvoir les tenir :: $21\frac{1}{2}$: 4, et :: 71 : 11 pour leur entier refroidissement.

4^o. Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement de la pierre ponce, au point de les tenir :: $21\frac{1}{2}$: $3\frac{1}{2}$, et :: 71 : 9 pour leur entier refroidissement.

5^o. Que le temps du refroidissement de l'argent est à celui du refroidissement du gypse, au point de les tenir :: 17 : 5, et :: 59 : 30 pour leur entier refroidissement.

6^o. Que le temps du refroidissement de l'argent est à celui du refroidissement du bois, au point de pouvoir les tenir :: 17 : 4, et :: 59 : 11 pour leur entier refroidissement.

7^o. Que le temps du refroidissement de l'argent est à celui du refroidissement de la pierre ponce, au point de pouvoir les tenir :: 17 : $3\frac{1}{2}$, et :: 59 : 9 pour leur entier refroidissement.

8^o. Que le temps du refroidissement du gypse est à celui du refroidissement du bois, au point de pouvoir les tenir :: 5 : 4, et :: 20 : 11 pour leur entier refroidissement.

9^o. Que le temps du refroidissement du gypse est à celui du refroidissement de la pierre ponce, au point de pouvoir les tenir :: 5 : $3\frac{1}{2}$, et :: 20 : 9 pour leur entier refroidissement.

10^o. Que le temps du refroidissement du bois est à celui du refroidissement de la pierre ponce, au point de les tenir :: 4 : $3\frac{1}{2}$, et :: 11 : 9 pour leur entier refroidissement.

38.

Ayant fait chauffer ensemble les boulets d'or, d'argent, de pierre tendre et de gypse, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

<i>Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.</i>	<i>Refroidis à la température.</i>
min.	min.
Gypse, en..... $4\frac{1}{3}$	En..... 14
Pierre tendre, en... 12	En..... 27
Argent, en..... 16	En..... 42
Or, en..... 18	En..... 47

Il résulte de cette expérience :

1^o. Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement de l'argent, au point de pouvoir les tenir :: 18 : 16 par l'expérience présente, et :: 62 : 55 par les expériences précédentes (*art. 15*) ; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 98 à 71 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; et pour le second, le rapport donné par l'expérience présente étant :: 35

: 42, et :: 187 : 159 par les expériences précédentes (art. 15), on aura, en ajoutant ces temps, 234 à 201 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'or et de l'argent.

2°. Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement de la pierre tendre, au point de les tenir :: 18 : 12, et :: 39 $\frac{1}{2}$: 23 par les expériences précédentes (art. 30); ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 57 $\frac{1}{2}$ à 35 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par l'expérience présente étant :: 47 : 27, et par les expériences précédentes (art. 30) :: 117 : 68, on aura, en ajoutant ces temps, 164 à 95 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'or et de la pierre tendre.

3°. Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement du gypse, au point de les tenir :: 18 : 4 $\frac{1}{2}$, et :: 38 : 12 $\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (art. 24); ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 56 à 17 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par la présente expérience :: 47 : 14, et :: 118 : 39 par les expériences précédentes (art. 24), on aura, en ajoutant ces temps, 165 à 53 pour le rapport encore plus précis de leur entier refroidissement.

4°. Que le temps du refroidissement de l'argent est à celui du refroidissement de la pierre tendre, au point de les tenir :: 16 : 12 par la présente expérience, et :: 45 $\frac{1}{2}$: 26 par les expériences précédentes (art. 27); ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 61 $\frac{1}{2}$ à 38 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par la présente expérience étant :: 42 : 27, et :: 125 : 78 par les expériences précédentes (art. 27), on aura, en ajoutant ces temps, 167 à 105 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'argent et de la pierre tendre.

5°. Que le temps du refroidissement de l'argent est à celui du refroidissement du gypse, au point de les tenir :: 16 : 4 $\frac{1}{2}$ par la présente expérience, et :: 17 : 5 par les expériences précédentes (art. 36); ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 33 à 9 $\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par l'expérience présente étant :: 42 : 14, et :: 59 : 20 par les expériences précédentes (art. 36), on aura, en ajoutant ces

temps, 101 à 34 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'argent et du gypse.

6°. Que le temps du refroidissement de la pierre tendre est à celui du refroidissement du gypse, au point de les tenir :: 12 : 4 $\frac{1}{2}$, et :: 72 : 14 pour leur entier refroidissement.

39.

Ayant fait chauffer pendant vingt minutes, c'est-à-dire pendant un temps à peu près double de celui qu'on tenait ordinairement les boulets au feu, qui était communément de dix minutes, les boulets de fer, de cuivre, de verre, de plomb et d'étain, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	min.	Refroidis à la température.	min.
Étain, en.....	10	En.....	25
Plomb, en.....	11	En.....	30
Verre, en.....	12	En.....	35
Cuivre, en.....	16 $\frac{1}{2}$	En.....	44
Fer, en.....	20 $\frac{1}{3}$	En.....	50

Il résulte de cette expérience, qui a été faite avec la plus grande précaution :

1°. Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement du cuivre, au point de les tenir :: 20 $\frac{1}{2}$: 16 $\frac{1}{2}$ par la présente expérience, et :: 161 : 138 par les expériences précédentes (art. 21); ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 181 $\frac{1}{2}$ à 154 $\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par l'expérience présente étant :: 50 : 44, et :: 466 : 405 par les expériences précédentes (art. 21), on aura, en ajoutant ces temps, 516 à 449 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du fer et du cuivre.

2°. Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement du verre, au point de pouvoir les tenir :: 20 $\frac{1}{2}$: 12 par l'expérience présente, et :: 62 : 35 $\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (art. 21); ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 82 $\frac{1}{2}$ à 46 pour le rapport encore plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par l'expérience présente étant :: 50 : 35, et :: 186 : 97 par les expériences précédentes (art. 21), on aura, en ajoutant ces temps, 236 à 132 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du fer et du verre.

3°. Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement du plomb,

au point de pouvoir les tenir : $20\frac{1}{2} : 11$ par la présente expérience, et : $53\frac{1}{2} : 27$ par les expériences précédentes (*art. 4*); ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 74 à 38 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par la présente expérience étant : $50 : 30$, et : $142 : 94\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (*art. 4*), on aura, en ajoutant ces temps, 192 à $124\frac{1}{2}$ pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du fer et du plomb.

4°. Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement de l'étain, au point de pouvoir les tenir : $20\frac{1}{2} : 10$, et : $131 : 64\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (*art. 21*); ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 152 à $74\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par l'expérience présente étant : $50 : 25$, et : $460 : 226$ par les expériences précédentes (*art. 21*), on aura, en ajoutant ces temps, 510 à 251 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du fer et de l'étain.

5°. Que le temps du refroidissement du cuivre est à celui du refroidissement du verre, au point de pouvoir les tenir : $16\frac{1}{2} : 12$ par la présente expérience, et : $52\frac{1}{2} : 34\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (*art. 21*); ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 69 à 46 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par la présente expérience étant : $44 : 35$, et : $157 : 97$ par les expériences précédentes (*art. 21*), on aura, en ajoutant ces temps, 201 à 132 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du cuivre et du verre.

6°. Que le temps du refroidissement du cuivre est à celui du refroidissement du plomb, au point de les tenir : $16\frac{1}{2} : 11$ par la présente expérience, et : $45 : 27$ par les expériences précédentes (*art. 5*); ainsi on aura, en ajoutant ces temps, $61\frac{1}{2}$ à 38 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par la présente expérience étant : $44 : 30$, et : $125 : 94\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (*art. 5*), on aura, en ajoutant ces temps, 169 à $124\frac{1}{2}$ pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du cuivre et du plomb.

7°. Que le temps du refroidissement du cuivre est à celui du refroidissement de l'étain, au point de les tenir : $16\frac{1}{2} : 10$ par l'ex-

périence présente, et : $136\frac{1}{2} : 76$ par les expériences précédentes (*art. 21*); ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 153 à 86 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par la présente expérience étant : $44 : 25$, et : $304 : 224$ par les expériences précédentes (*art. 21*), on aura, en ajoutant ces temps, 348 à 249 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du cuivre et de l'étain.

8°. Que le temps du refroidissement du verre est à celui du refroidissement du plomb, au point de pouvoir les tenir : $12 : 11$, et : $35 : 30$ pour leur entier refroidissement.

9°. Que le temps du refroidissement du verre est à celui du refroidissement de l'étain, au point de les tenir : $12 : 10$ par la présente expérience, et : $34\frac{1}{2} : 32\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (*art. 21*); ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 46 à $42\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par l'expérience étant : $35 : 25$, et : $97 : 92$ par les expériences précédentes (*art. 21*), on aura, en ajoutant ces temps, 132 à 117 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du verre et de l'étain.

10°. Que le temps du refroidissement du plomb est à celui du refroidissement de l'étain, au point de les tenir : $11 : 10$ par la présente expérience, et : $25\frac{1}{2} : 21\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (*art. 8*); ainsi on aura, en ajoutant ces temps, $36\frac{1}{2}$ à $31\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par la présente expérience étant : $30 : 25$, et : $79\frac{1}{2} : 64$ par les expériences précédentes (*art. 8*), on aura, en ajoutant ces temps, $109\frac{1}{2}$ à 89 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du plomb et de l'étain.

40.

Ayant mis chauffer ensemble les boulets de cuivre, de zinc, de bismuth, d'étain et d'antimoine, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

<i>Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.</i>	<i>Refroidis à la température.</i>
	min. min.
Antimoine, en.....	8 En..... 24
Bismuth, en.....	8 En..... 23
Étain, en.....	$8\frac{1}{2}$ En..... 25
Zinc, en.....	12 En..... 30
Cuivre, en.....	14 En..... 40

41.

La même expérience répétée, les boulets se sont refroidis dans l'ordre suivant :

<i>Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.</i>	<i>Refroidis à la température.</i>
min.	min.
Antimoine, en..... 8	En..... 23
Bismuth, en..... 8	En..... 24
Étain, en..... 9 1/2	En..... 25
Zinc, en..... 12	En..... 28
Cuivre, en..... 14	En..... 40

Il résulte de ces deux expériences :

1^o. Que le temps du refroidissement du cuivre est celui du refroidissement du zinc, au point de les tenir : : 28 : 24, et : : 80 : 68 pour leur entier refroidissement.

2^o. Que le temps du refroidissement du cuivre est à celui du refroidissement de l'étain, au point de les tenir : : 28 : 18 par les présentes expériences, et : : 153 : 86 par les expériences précédentes (*art. 39*) ; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 181 à 104 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; et pour le second, le rapport donné par la présente expérience étant : : 80 : 47, et par les expériences précédentes (*art. 39*) : : 348 : 249, on aura, en ajoutant ces temps, 428 à 296 pour le rapport plus précis de l'entier refroidissement du cuivre et de l'étain.

3^o. Que le temps du refroidissement du cuivre est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de pouvoir les tenir : : 28 : 16, et : : 80 : 47 pour leur entier refroidissement.

4^o. Que le temps du refroidissement du cuivre est à celui du refroidissement du bismuth, au point de les tenir : : 28 : 16, et : : 80 : 48 pour leur entier refroidissement.

5^o. Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement de l'étain, au point de les tenir : : 24 : 18, et : : 68 : 47 pour leur entier refroidissement.

6^o. Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de les tenir : : 24 : 16 par les présentes expériences, et : : 73 : 39 1/2 par les expériences précédentes (*art. 17*) ; ainsi, en ajoutant ces temps, on aura 97 à 55 1/2 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; et pour le second, le rapport donné par les expériences présentes étant : : 68 : 47, et : : 220 : 155 par les expériences précédentes (*art. 17*), on aura, ajoutant ces temps, 288 à 292 pour le rapport

encore plus précis de l'entier refroidissement du zinc et de l'antimoine.

7^o. Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement du bismuth, au point de pouvoir les tenir : : 24 : 16, et : : 59 : 35 1/2 par les expériences précédentes (*art. 17*) ; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 83 à 51 1/2 pour le rapport encore plus précis de leur premier refroidissement ; et pour le second, le rapport donné par la présente expérience étant : : 68 : 47, et : : 176 : 140 par les expériences précédentes (*art. 17*), on aura, en ajoutant ces temps, 244 à 187 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du zinc et du bismuth.

8^o. Que le temps du refroidissement de l'étain est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de les tenir : : 18 : 16, et : : 50 : 47 pour leur entier refroidissement.

9^o. Que le temps du refroidissement de l'étain est à celui du refroidissement du bismuth, au point de les tenir : : 18 : 16, et : : 50 : 47 pour leur entier refroidissement.

10^o. Que le temps du refroidissement du bismuth est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de pouvoir les tenir : : 16 : 16 par la présente expérience, et : : 35 1/2 : 32 par les expériences précédentes (*art. 17*) ; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 51 1/2 à 48 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; et pour le second, le rapport donné par l'expérience présente étant : : 47 : 47, et par les expériences précédentes (*art. 17*) : : 140 : 127, on aura, en ajoutant ces temps, 187 à 174 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du bismuth et de l'antimoine.

42.

Ayant fait chauffer ensemble les boulets d'or, d'argent, de fer, d'éménil et de pierre dure, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

<i>Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.</i>	<i>Refroidis à la température.</i>
min.	min.
Pierre calc. dure, en. 11 1/4	En..... 32
Argent, en..... 13	En..... 37
Or, en..... 14	En..... 40
Éménil, en..... 15 1/2	En..... 46
Fer, en..... 17	En..... 51

Il résulte de cette expérience :

1^o. Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement de l'éménil, au point de pouvoir les tenir : : 17 : 15 1/2, et : : 51 : 46 pour leur entier refroidissement.

2^o. Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement de l'or, au point de pouvoir les tenir : : 17 : 14 par la présente expérience, et : : 45 $\frac{1}{2}$: 37 par les expériences précédentes (*art. 11*); ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 62 $\frac{1}{2}$ à 51 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par la présente expérience étant : : 51 : 40, et : : 138 : 114 par les expériences précédentes (*art. 11*), on aura, en ajoutant ces temps, 189 à 154 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du fer et de l'or.

3^o. Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement de l'argent, au point de les tenir : : 17 : 13 par la présente expérience, et : : 67 : 51 par les expériences précédentes (*art. 37*); ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 84 $\frac{1}{2}$ à 64 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par la présente expérience étant : : 51 : 37, et : : 209 : 156 par les expériences précédentes (*art. 37*), on aura, en ajoutant ces temps, 260 à 193 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du fer et de l'argent.

4^o. Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement de la pierre dure, au point de les tenir : : 17 : 11 $\frac{1}{4}$, et : : 51 : 52 pour leur entier refroidissement.

5^o. Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement de l'or, au point de les tenir : : 15 $\frac{1}{2}$: 14 par la présente expérience, et : : 44 : 38 par les expériences précédentes (*art. 16*); ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 59 $\frac{1}{2}$ à 52 pour le rapport encore plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par la présente expérience étant : : 46 : 40, et : : 131 : 115 par les expériences précédentes (*art. 16*), on aura, en ajoutant ces temps, 177 à 115 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'émeril et de l'or.

6^o. Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement de l'argent, au point de pouvoir les tenir : : 15 $\frac{1}{2}$: 13 par la présente expérience, et : : 43 : 32 $\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (*art. 17*); ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 58 $\frac{1}{2}$ à 45 $\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis du premier refroidissement de l'émeril et de l'argent; et pour le second, le rapport donné par la présente expérience étant : : 46 : 37, et : : 125

: 98 par les expériences précédentes (*art. 17*), on aura, en ajoutant ces temps, 171 à 135 pour le rapport encore plus précis de leur entier refroidissement.

7^o. Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement de la pierre dure, au point de les tenir : : 15 $\frac{1}{2}$: 12, et : : 46 : 32 pour leur entier refroidissement.

8^o. Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement de l'argent, au point de les tenir : : 14 : 13 par la présente expérience, et : : 80 : 71 par les expériences précédentes (*art. 38*); ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 94 à 84 pour le rapport encore plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par la présente expérience étant : : 40 : 37, et : : 234 : 201 par les expériences précédentes (*art. 38*), on aura, en ajoutant ces temps, 274 à 238 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'or et de l'argent.

9^o. Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement de la pierre dure, au point de les tenir : : 14 : 12 par la présente expérience, et : : 39 $\frac{1}{2}$: 27 $\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (*art. 30*); ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 53 $\frac{1}{2}$ à 39 $\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par la présente expérience étant : : 40 : 32, et : : 117 : 86 par les expériences précédentes (*art. 30*), on aura, en ajoutant ces temps, 157 à 118 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'or et de la pierre dure.

10^o. Que le temps du refroidissement de l'argent est à celui du refroidissement de la pierre dure, au point de pouvoir les tenir : : 13 : 12 par la présente expérience, et : : 45 $\frac{1}{2}$: 31 $\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (*art. 27*); ainsi, en ajoutant ces temps, on aura 58 $\frac{1}{2}$ à 43 $\frac{1}{2}$ pour leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par l'expérience précédente étant : : 37 : 32, et : : 125 : 107 par les expériences précédentes (*art. 28*), on aura, en ajoutant ces temps, 162 à 139 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'argent et de la pierre dure.

43.

Ayant fait chauffer ensemble les boulets de plomb, de fer, de marbre blanc, de grès, de pierre tendre, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.

	min.	En.....	min.
Pierre calc. tend., en.	6 1/2	En.....	20
Plomb, en.....	8	En.....	29
Grès, en.....	8 1/2	En.....	29
Marbre blanc, en...	10 1/2	En.....	29
Fer, en.....	15	En.....	43

44.

La même expérience répétée, les boulets se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.

	min.	En.....	min.
Pierre calc. tend., en.	7	En.....	21
Plomb, en.....	8	En.....	28
Grès, en.....	8 1/2	En.....	28
Marbre blanc, en...	10 1/2	En.....	30
Fer, en.....	16	En.....	45

Il résulte de ces deux expériences :

1°. Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement du marbre blanc, au point de les tenir :: 31 : 21, et :: 88 : 59 pour leur entier refroidissement.

2°. Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement du grès, au point de les tenir : : 31 : 17 par la présente expérience, et : : 53 1/2 : 32 par les expériences précédentes (art. 4) ; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 84 1/2 à 49 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; et pour le second, le rapport donné par la présente expérience étant :: 88 : 57, et :: 142 : 102 1/2 par les expériences précédentes (art. 4), on aura, en ajoutant ces temps, 230 à 159 1/2 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du fer et du grès.

3°. Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement du plomb, au point de pouvoir les tenir : : 31 : 16 par les expériences présentes, et : : 74 : 38 par les expériences précédentes (art. 39) ; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 105 à 54 pour le rapport encore plus précis de leur premier refroidissement ; et pour le second, le rapport donné par les expériences présentes étant :: 88 : 57 et :: 192 : 124 1/2 par les expériences précédentes (art. 39), on aura, en ajoutant ces temps, 280 à 181 1/2 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du fer et du plomb.

4°. Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement de la pierre tendre, au point de pouvoir les tenir : : 31 : 13, et :: 88 : 41 pour leur entier refroidissement.

5°. Que le temps du refroidissement du marbre blanc est à celui du refroidissement

du grès, au point de les tenir : : 21 : 17, et :: 59 : 57 pour leur entier refroidissement.

6°. Que le temps du refroidissement du marbre blanc est à celui du refroidissement du plomb, au point de les tenir : : 21 : 16, et :: 59 : 57 pour leur entier refroidissement

7°. Que le temps du refroidissement du marbre blanc est à celui du refroidissement de la pierre calcaire tendre, au point de les tenir : : 21 : 13 1/2, par les présentes expériences, et : : 32 : 23 par les expériences précédentes (art. 30) ; ainsi, en ajoutant ces temps, on aura 53 à 36 1/2 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; et pour le second, le rapport donné par les expériences présentes étant : : 59 : 41, et : : 92 : 68 par les expériences précédentes (art. 30), on aura, en ajoutant ces temps, 151 à 159 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du marbre blanc et de la pierre calcaire tendre.

8°. Que le temps du refroidissement du grès est à celui du refroidissement du plomb, au point de les tenir : : 17 : 16 par les expériences présentes, et : : 42 1/2 : 35 1/2 par les expériences précédentes (art. 7) ; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 59 1/2 à 51 1/2 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant : : 57 : 57, et : : 130 : 121 1/2 par les expériences précédentes (art. 8), on aura, en ajoutant ces temps, 187 à 178 1/2 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du grès et du plomb.

9°. Que le temps du refroidissement du grès est à celui du refroidissement de la pierre tendre, au point de pouvoir les tenir : : 17 : 13 1/2, et : : 57 : 41 pour leur entier refroidissement.

10°. Que le temps du refroidissement du plomb est à celui du refroidissement de la pierre tendre, au point de les tenir : : 16 : 13 1/2, et : : 57 : 41 pour leur entier refroidissement.

45.

On a fait chauffer ensemble les boulets de gypse, d'ocre, de craie, de glaise et de verre, et voici l'ordre dans lequel ils se sont refroidis :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.

	min.	En.....	min.
Gypse, en.....	3 1/2	En.....	15
Ocre, en.....	5 1/2	En.....	16
Craie, en.....	5 1/2	En.....	16
Glaise, en.....	7	En.....	18
Verre, en.....	8 1/2	En.....	24

46.

La même expérience répétée, les boulets se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.		Refroidis à la température.	
	min.		min.
Gypse, en.....	3 1/2	En.....	14
Ocre, en.....	5 1/2	En.....	15
Craie, en.....	5 1/2	En.....	16
Glaise, en.....	6 1/2	En.....	18
Verre, en.....	8	En.....	22

Il résulte de ces deux expériences :

1^o. Que le temps du refroidissement du verre est à celui du refroidissement de la glaise, au point de les tenir :: $16 \frac{1}{2} : 13 \frac{1}{2}$, et :: 46 : 36 pour leur entier refroidissement.

2^o. Que le temps du refroidissement du verre est à celui du refroidissement de la craie, au point de les tenir :: $16 \frac{1}{2} : 11$, et :: 46 : 32 pour leur entier refroidissement.

3^o. Que le temps du refroidissement du verre est à celui du refroidissement de l'ocre, au point de les tenir :: $16 \frac{1}{2} : 11$, et :: 46 : 32 pour leur entier refroidissement.

4^o. Que le temps du refroidissement du verre est à celui du refroidissement du gypse, au point de pouvoir les tenir : : $16 \frac{1}{2} : 7$ par la présente expérience, et : : 52 : $21 \frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (art. 33) ; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, $68 \frac{1}{2} : 28 \frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; et pour le second, le rapport donné par les expériences présentes étant :: 46 : 29, et : : 32 : 78 par les expériences précédentes (art. 33), on aura, en ajoutant ces temps, 178 à 107 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du verre et du gypse.

5^o. Que le temps du refroidissement de la glaise est à celui du refroidissement de la craie, au point de les tenir : : $13 \frac{1}{2} : 11$ par la présente expérience, et : : $12 \frac{1}{2} : 10$ par les expériences précédentes (art. 35) ; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 26 à 21 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 36 : 32, et : : 33 : 26 par les expériences précédentes (art. 35), on aura, en ajoutant ces temps, 69 à 58 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de la glaise et de la craie.

6^o. Que le temps du refroidissement de la glaise est à celui du refroidissement de l'ocre,

au point de les tenir : : $13 \frac{1}{2} : 11$ par les présentes expériences, et : : $12 \frac{1}{2} : 11 \frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (art. 35) ; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 26 à $22 \frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 36 : 32, et : : 33 : 29 par les expériences précédentes (art. 35), on aura, en ajoutant ces temps, 69 à 61 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de la glaise et de l'ocre.

7^o. Que le temps du refroidissement de la glaise est à celui du refroidissement du gypse, au point de les tenir : : $13 \frac{1}{2} : 17$, et : : 36 : 29 pour leur entier refroidissement.

8^o. Que le temps du refroidissement de la craie est à celui du refroidissement de l'ocre, au point de les tenir : : 11 : 11 par les présentes expériences, et : : 10 : $11 \frac{1}{2}$ par les précédentes expériences (art. 35) ; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 21 à $22 \frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; et pour le second, le rapport donné par les expériences présentes étant :: 32 : 32, et : : 26 : 29 par les expériences précédentes (art. 35), on aura, en ajoutant ces temps, 58 à 61 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de la craie et de l'ocre.

9^o. Que le temps du refroidissement de la craie est à celui du refroidissement du gypse, au point de les tenir : : 11 : 7, et : : 32 : 29 pour leur entier refroidissement.

10^o. Que le temps du refroidissement de l'ocre est à celui du refroidissement du gypse, au point de les tenir : : 11 : 7, et : : 32 : 29 pour leur entier refroidissement.

47.

Ayant fait chauffer ensemble les boulets de zinc, d'étain, d'antimoine, de grès et de marbre blanc, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.		Refroidis à la température.	
	min.		min.
Antimoine, en.....	6	En.....	16
Étain, en.....	6 1/2	En.....	20
Grès, en.....	8	En.....	26
Marbre blanc, en...	9 1/2	En.....	29
Zinc, en.....	11 1/2	En.....	35

48.

La même expérience répétée, les boulets se sont refroidis dans l'ordre suivant :

<i>Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.</i>	min.	<i>Refroidis à la température.</i>	min.
Antimoine, en.....	5	En.....	13
Étain, en.....	6	En.....	16
Grès, en.....	7	En.....	21
Marbre blanc, en...	8	En.....	24
Zinc, en.....	9 1/2	En.....	30

Il résulte de ces deux expériences :

1^o. Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement du marbre blanc, au point de les tenir :: 21 : 17 1/2, et :: 65 : 53 pour leur entier refroidissement.

2^o. Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement du grès, au point de les tenir :: 21 : 15, et :: 65 : 47 pour leur entier refroidissement.

3^o. Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement de l'étain, au point de les tenir :: 21 : 12 1/2 par les présentes expériences, et :: 24 : 18 par les expériences précédentes (*art. 41*) ; ainsi, en ajoutant ces temps, on aura 45 à 30 1/2 pour le rapport encore plus précis de leur premier refroidissement ; et pour le second, le rapport donné par les expériences présentes étant :: 65 : 36, et par les expériences précédentes (*art. 41*) :: 68 : 47, on aura, en ajoutant ces temps, 133 à 83 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du zinc et de l'étain.

4^o. Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de les tenir :: 21 : 11 par les présentes expériences, et :: 73 : 39 1/2 par les expériences précédentes (*art. 17*) ; ainsi, en ajoutant ces temps, on aura 94 à 50 1/2 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 65 : 29, et :: 220 : 155 par les expériences précédentes (*art. 17*), on aura, en ajoutant ces temps, 285 à 184 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du zinc et de l'antimoine.

5^o. Que le temps du refroidissement du marbre blanc est à celui du refroidissement du grès, au point de pouvoir les tenir :: 17 1/2 : 15 par les présentes expériences, et :: 21 : 17 par les expériences précédentes (*art. 44*) ; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 38 1/2 à 32 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 53 : 47, et :: 59 : 57 par les expériences précédentes (*art. 44*), on aura, en ajoutant

ces temps, 112 à 104 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du marbre blanc et du grès.

6^o. Que le temps du refroidissement du marbre blanc est à celui du refroidissement de l'étain, au point de les tenir :: 17 1/2 : 12 1/2, et :: 53 : 36 pour leur entier refroidissement.

7^o. Que le temps du refroidissement du marbre blanc est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de les tenir :: 17 1/2 : 11, et :: 53 : 36 pour leur entier refroidissement.

8^o. Que le temps du refroidissement du grès est à celui du refroidissement de l'étain, au point de les tenir :: 15 : 12 1/2 par les présentes expériences, et :: 30 : 21 1/2 par les expériences précédentes (*art. 8*) ; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 45 à 34 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 47 : 36, et :: 84 : 64 par les expériences précédentes (*art. 8*), on aura, en ajoutant ces temps, 131 à 100 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du grès et de l'étain.

9^o. Que le temps du refroidissement du grès est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de les tenir :: 15 : 11, et :: 47 : 29 pour leur entier refroidissement.

10^o. Que le temps du refroidissement de l'étain est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de pouvoir les tenir :: 12 1/2 : 11 par les présentes expériences, et :: 18 : 16 par les expériences précédentes (*art. 40*) ; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 30 1/2 à 27 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; et pour le second, le rapport donné par les expériences présentes étant :: 36 : 29, et :: 47 : 47 par les expériences précédentes (*art. 40*), on aura, en ajoutant ces temps, 83 à 76 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'étain et de l'antimoine.

49.

On a fait chauffer ensemble les boulets de cuivre, d'émeril, de bismuth, de glaise et d'ocre, et ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

<i>Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.</i>	min.	<i>Refroidis à la température.</i>	min.
Ocre, en.....	6	En.....	18
Bismuth, en.....	7	En.....	23
Glaise, en.....	7	En.....	23
Cuivre, en.....	13	En.....	36
Émeril, en.....	15 1/2	En.....	43

50.

La même expérience répétée, les boulets se sont refroidis dans l'ordre suivant :

<i>Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.</i>	<i>Refroidis à la température.</i>
min.	min.
Ocre, en..... 5 1/2	En..... 13
Bismuth, en..... 6	En..... 18
Glaise, en..... 6	En..... 19
Cuivre, en..... 10	En..... 30
Éméril, en..... 11 1/2	En..... 38

Il résulte de ces deux expériences :

1°. Que le temps du refroidissement de l'éméril est à celui du refroidissement du cuivre, au point de les tenir : : 27 : 23, et : : 81 : 66 pour leur entier refroidissement.

2°. Que le temps du refroidissement de l'éméril est à celui du refroidissement de la glaise, au point de les tenir : : 27 : 13, et : : 81 : 42 pour leur entier refroidissement.

3°. Que le temps du refroidissement de l'éméril est à celui du refroidissement du bismuth, au point de les tenir : : 27 : 13 par les présentes expériences, et : : 71 : 35 1/2 par les expériences précédentes (*art. 17*) ; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 98 à 48 1/2 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; et pour le second, le rapport donné par les expériences présentes étant : : 81 : 40, et par les expériences précédentes (*art. 17*) : : 216 : 140, on aura, en ajoutant ces temps, 297 à 180 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'éméril et du bismuth.

4°. Que le temps du refroidissement de l'éméril est à celui du refroidissement de l'ocre, au point de les tenir : : 27 : 11 1/2, et : : 81 : 31 pour leur entier refroidissement.

5°. Que le temps du refroidissement du cuivre est à celui du refroidissement de la glaise, au point de les tenir : : 23 : 13, et : : 66 : 42 pour leur entier refroidissement.

6°. Que le temps du refroidissement du cuivre est à celui du refroidissement du bismuth, au point de pouvoir les tenir : : 23 : 13 par les présentes expériences, et : : 28 : 16 par les expériences précédentes (*art. 41*) ; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 51 à 39 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant : : 66 : 40, et : : 80 : 47 par les expériences précédentes (*art. 41*), on aura, en ajoutant ces temps, 146 à 87 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du cuivre et du bismuth.

7°. Que le temps du refroidissement du cuivre est à celui du refroidissement de l'ocre, au point de les tenir : : 33 : 11 1/2, et : : 66 : 31 pour leur entier refroidissement.

8°. Que le temps du refroidissement de la glaise est à celui du refroidissement du bismuth, au point de pouvoir les tenir : : 13 : 13, et : : 42 : 41 pour leur entier refroidissement.

9°. Que le temps du refroidissement de la glaise est à celui du refroidissement de l'ocre, au point de les tenir : : 13 : 11 1/2 par les expériences présentes, et : : 26 : 22 1/2 par les expériences précédentes (*art. 46*) ; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 39 à 34 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; et pour le second, le rapport donné par les expériences présentes étant : : 42 : 31, et : : 69 : 61 par les expériences précédentes (*art. 46*), on aura, en ajoutant ces temps, 111 à 92 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de la glaise et de l'ocre.

10°. Que le temps du refroidissement du bismuth est à celui du refroidissement de l'ocre, pour pouvoir les tenir : : 13 : 11 1/2, et : : 42 : 31 pour leur entier refroidissement.

51.

Ayant fait chauffer ensemble les boulets de fer, de zinc, de bismuth, de glaise et de craie, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

<i>Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.</i>	<i>Refroidis à la température.</i>
min.	min.
Craie, en..... 6 1/2	En..... 18
Bismuth, en..... 7	En..... 19
Glaise, en..... 8	En..... 20
Zinc, en..... 15	En..... 25
Fer, en..... 19	En..... 45

52.

La même expérience répétée, les boulets se sont refroidis dans l'ordre suivant :

<i>Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.</i>	<i>Refroidis à la température.</i>
min.	min.
Craie, en..... 7	En..... 20
Bismuth, en..... 7 1/2	En..... 21
Glaise, en..... 9	En..... 24
Zinc, en..... 16	En..... 33
Fer, en..... 21 1/2	En..... 54

On peut conclure de ces deux expériences :

1°. Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement du zinc,

au point de les tenir : : $40 \frac{1}{2}$: 31, et : : 98 : 59 pour leur entier refroidissement.

2°. Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement du bismuth, au point de les tenir : : $40 \frac{1}{2}$: $14 \frac{1}{2}$, et : : 98 : 40 pour leur entier refroidissement.

3°. Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement de la glaise, au point de les tenir : : $40 \frac{1}{2}$: 17, et : : 98 : 44 pour leur entier refroidissement.

4°. Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement de la craie, au point de les tenir : : $40 \frac{1}{2}$: $12 \frac{1}{2}$, et : : 98 : 38 pour leur entier refroidissement.

5°. Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement du bismuth, au point de les tenir : : $31 : 14 \frac{1}{2}$ par les présentes expériences, et : : $34 \frac{1}{2} : 20 \frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (*art. 15*) ; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, $65 \frac{1}{2}$ à 35 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant : : 65 : 40, et : : 100 : 80 par les expériences précédentes (*art. 15*), on aura, en ajoutant ces temps, 159 à 120 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du zinc et du bismuth.

6°. Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement de la glaise, au point de les tenir : : 31 : 17, et : : 59 : 44 pour leur entier refroidissement.

7°. Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement de la craie, au point de les tenir : : 31 : $12 \frac{1}{2}$, et : : 59 : 38 pour leur entier refroidissement.

8°. Que le temps du refroidissement du bismuth est à celui du refroidissement de la glaise, au point de les tenir : : $14 \frac{1}{2}$: 17 par les présentes expériences, et : : 13 : 13 par les expériences précédentes (*art. 50*) ; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, $27 \frac{1}{2}$ à 30 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; et pour le second, le rapport donné par les expériences présentes étant : : 40 : 44, et : : 41 : 42 par les expériences précédentes (*art. 50*), on aura, en ajoutant ces temps, 81 à 86 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du bismuth et de la glaise.

9°. Que le temps du refroidissement du bismuth est à celui du refroidissement de la craie, au point de les tenir : : $14 \frac{1}{2}$: $13 \frac{1}{2}$,

et : : 40 : 38 pour leur entier refroidissement.

10°. Que le temps du refroidissement de la glaise est à celui du refroidissement de la craie, au point de les tenir : : 17 : $13 \frac{1}{2}$ par les expériences présentes, et : : 26 : 21 par les expériences précédentes (*art. 46*) ; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 43 à $34 \frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant : : 44 : 38, et : : 69 : 58 par les expériences précédentes (*art. 46*), on aura, en ajoutant ces temps, 113 à 96 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de la glaise et de la craie.

53.

Ayant fait chauffer ensemble les boulets d'éménil, de verre, de pierre calcaire dure et de bois, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

<i>Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.</i>	<i>Refroidis à la température.</i>
min.	min.
Bois, en..... $2 \frac{1}{2}$	En..... 15
Verre, en..... $9 \frac{1}{3}$	En..... 28
Grès, en..... 11	En..... 34
Pierre calc. dure, en. 12	En..... 36
Éménil, en..... 15	En..... 47

54.

La même expérience répétée, les boulets se sont refroidis dans l'ordre suivant :

<i>Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.</i>	<i>Refroidis à la température.</i>
min.	min.
Bois, en..... 2	En..... 13
Verre, en..... $7 \frac{1}{3}$	En..... 21
Grès, en..... 8	En..... $24 \frac{1}{2}$
Pierre dure, en..... $8 \frac{1}{3}$	En..... 26
Éménil, en..... 14	En..... 42

Il résulte de ces deux expériences :

1°. Que le temps du refroidissement de l'éménil est à celui du refroidissement de la pierre dure, au point de les tenir : : 29 : $20 \frac{1}{2}$ par les présentes expériences, et : : $15 \frac{1}{2}$: 12 par les expériences précédentes (*art. 42*) ; ainsi, en ajoutant ces temps, on aura $44 \frac{1}{2}$ à $32 \frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant : : 89 : 62, et : : 46 : 32 par les expériences précédentes (*art. 42*), on aura, en ajoutant ces temps, 135 à 94 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'éménil et de la pierre dure.

2°. Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement du grès, au point de les tenir :: 29 : 19, et :: 89 : 58 pour leur entier refroidissement.

3°. Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement du verre, au point de les tenir :: 29 : 17, et :: 89 : 49 pour leur entier refroidissement.

4°. Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement du bois, au point de les tenir :: 29 : 4 $\frac{1}{2}$, et :: 89 : 28 pour leur entier refroidissement.

5°. Que le temps du refroidissement de la pierre dure est à celui du refroidissement du grès, au point de les tenir :: 20 $\frac{1}{2}$: 19, et :: 62 : 58 pour leur entier refroidissement.

6°. Que le temps du refroidissement de la pierre dure est à celui du refroidissement du verre, au point de les tenir :: 20 $\frac{1}{2}$: 17, et :: 62 : 49 pour leur entier refroidissement.

7°. Que le temps du refroidissement de la pierre dure est à celui du refroidissement du bois, au point de les tenir :: 20 $\frac{1}{2}$: 4 $\frac{1}{2}$, et :: 62 : 28 pour leur entier refroidissement.

8°. Que le temps du refroidissement du grès est à celui du refroidissement du verre, au point de les tenir :: 19 : 17 par les présentes expériences, et :: 55 : 52 par les expériences précédentes (*art. 33*); ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 74 à 69 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 58 : 49, et :: 170 : 132 par les expériences précédentes (*art. 33*), on aura, en ajoutant ces temps, 228 à 181 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du grès et du verre.

9°. Que le temps du refroidissement du grès est à celui du refroidissement du bois, au point de pouvoir les tenir :: 15 : 4 $\frac{1}{2}$, et :: 58 : 28 pour leur entier refroidissement.

10°. Que le temps du refroidissement du verre est à celui du refroidissement du bois, au point de les tenir :: 17 : 4 $\frac{1}{2}$, et :: 49 : 28 pour leur entier refroidissement.

55.

Ayant fait chauffer ensemble les boulets d'or, d'étain, d'émeril, de gypse et de craie, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

<i>Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.</i>	<i>Refroidis à la température.</i>
	min.
Gypse, en.....	5
Craie, en.....	7 $\frac{1}{3}$
Étain, en.....	11 $\frac{1}{3}$
Or, en.....	16
Émeril, en.....	20

56.

La même expérience répétée, les boulets se sont refroidis dans l'ordre suivant :

<i>Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.</i>	<i>Refroidis à la température.</i>
	min.
Gypse, en.....	4
Craie, en.....	6 $\frac{1}{3}$
Étain, en.....	10
Or, en.....	15
Émeril, en.....	18

On peut conclure de ces expériences :

1°. Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement de l'or, au point de les tenir :: 38 : 31 par les expériences présentes, et :: 59 $\frac{1}{2}$: 52 par les expériences précédentes (*art. 42*); ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 97 $\frac{1}{2}$ à 83 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 95 : 81, et :: 166 : 155 par les expériences précédentes (*art. 42*), on aura, en ajoutant les temps, 261 à 236 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'émeril et de l'or.

2°. Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement de l'étain, au point de les tenir :: 38 : 21 $\frac{1}{2}$, et :: 95 : 57 pour leur entier refroidissement.

3°. Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement de la craie, au point de les tenir :: 38 : 14, et :: 95 : 39 pour leur entier refroidissement.

4°. Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement du gypse, au point de les tenir :: 38 : 9, et :: 95 : 28 pour leur entier refroidissement.

5°. Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement de l'étain, au point de les tenir :: 31 : 22 par les présentes expériences, et :: 37 : 21 par les expériences précédentes (*art. 11*); ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 68 à 43 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 81 : 57, et :: 114 : 61 par les expériences

précédentes (*art. 11*), on aura, en ajoutant ces temps, 195 à 118 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'or et de l'étain.

6°. Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement de la craie, au point de les tenir :: 31 : 14 par les présentes expériences et :: 21 $\frac{1}{2}$: 10 par les expériences précédentes (*art. 35*); ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 52 $\frac{1}{2}$ à 24 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 81 : 39, et :: 65 : 26 par les expériences précédentes (*art. 35*), on aura, en ajoutant ces temps, 146 à 65 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'or et de la craie.

7°. Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement du gypse, au point de pouvoir les tenir :: 31 : 9 par les présentes expériences, et :: 56 : 17 par les expériences précédentes (*art. 38*); ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 87 à 26 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 81 : 28, et :: 165 : 53 par les expériences précédentes (*art. 38*), on aura, en ajoutant ces temps, 246 à 81 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'or et du gypse.

8°. Que le temps du refroidissement de l'étain est à celui du refroidissement de la craie, au point de les tenir :: 22 : 14, et :: 57 : 39 pour leur entier refroidissement.

9°. Que le temps du refroidissement de l'étain est à celui du refroidissement du gypse, au point de les tenir :: 22 : 9, et :: 57 : 28 pour leur entier refroidissement.

10°. Que le temps du refroidissement de la craie est à celui du refroidissement du gypse, au point de les tenir :: 14 : 9 par les présentes expériences, et :: 11 : 7 par les expériences précédentes (*art. 46*); ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 25 à 16 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 39 : 28, et :: 32 : 29 par les expériences précédentes (*art. 46*), on aura, en ajoutant ces temps, 71 à 57 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de la craie et du gypse.

57.

Ayant fait chauffer ensemble les boulets

de marbre blanc, de marbre commun, de glaise, d'ocre et de bois, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

<i>Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.</i>	min.	<i>Refroidis à la température.</i>	min.
Bois, en.....	2 $\frac{1}{2}$	En.....	9
Ocre, en.....	6 $\frac{1}{2}$	En.....	19
Glaise, en.....	7 $\frac{1}{2}$	En.....	21
Marbre commun, en. 10 $\frac{1}{2}$		En.....	29
Marbre blanc, en... 12		En.....	34

58.

La même expérience répétée, les boulets se sont refroidis dans l'ordre suivant :

<i>Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.</i>	min.	<i>Refroidis à la température.</i>	min.
Bois, en.....	3	En.....	11
Ocre, en.....	7	En.....	20
Glaise, en.....	8 $\frac{1}{2}$	En.....	23
Marbre commun, en. 12 $\frac{1}{2}$		En.....	32
Marbre blanc, en... 13		En.....	36

On peut conclure de ces deux expériences:

1°. Que le temps du refroidissement du marbre blanc est à celui du refroidissement du marbre commun, au point de pouvoir les tenir :: 25 : 22 par les présentes expériences, et :: 39 $\frac{1}{2}$: 36 par les expériences précédentes (*art. 27*); ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 64 $\frac{1}{2}$ à 58 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 70 : 61, et :: 115 : 113 par les expériences précédentes (*art. 27*), on aura, en ajoutant ces temps, 185 à 174 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du marbre blanc et du marbre commun.

2°. Que le temps du refroidissement du marbre blanc est à celui du refroidissement de la glaise, au point de pouvoir les tenir :: 25 : 16, et :: 70 : 44 pour leur entier refroidissement.

3°. Que le temps du refroidissement du marbre blanc est à celui du refroidissement de l'ocre, au point de les tenir :: 25 : 13 $\frac{1}{2}$, et :: 70 : 39 pour leur entier refroidissement.

4°. Que le temps du refroidissement du marbre blanc est à celui du refroidissement du bois, au point de les tenir :: 25 : 5 $\frac{1}{2}$, et :: 70 : 20 pour leur entier refroidissement.

5°. Que le temps du refroidissement du marbre commun est à celui du refroidissement de la glaise, au point de les tenir

:: 22 : 16, et :: 61 : 44 pour leur entier refroidissement.

6o. Que le temps du refroidissement du marbre commun est à celui du refroidissement de l'ocre, au point de les tenir :: 22 : 13 $\frac{1}{2}$, et :: 61 : 39 pour leur entier refroidissement.

7o. Que le temps du refroidissement du marbre commun est à celui du refroidissement du bois, au point de les tenir :: 22 : 5 $\frac{1}{2}$, et :: 61 : 20 pour leur entier refroidissement.

8o. Que le temps du refroidissement de la glaise est à celui du refroidissement de l'ocre, au point de les tenir :: 16 : 13 $\frac{1}{2}$ par les présentes expériences, et :: 12 $\frac{1}{2}$: 11 $\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (art. 35) ; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 28 $\frac{1}{2}$ à 20 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 44 : 39, et :: 33 : 29 par les expériences précédentes (art. 35) , on aura, en ajoutant ces temps, 77 à 68 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de la glaise et de l'ocre.

9o. Que le temps du refroidissement de la glaise est à celui du refroidissement du bois, au point de les tenir :: 16 : 5 $\frac{1}{2}$, et :: 44 : 20 pour leur entier refroidissement.

10o. Que le temps du refroidissement de l'ocre est à celui du refroidissement du bois, au point de les tenir :: 13 $\frac{1}{2}$: 5 $\frac{1}{2}$, et :: 39 : 20 pour leur entier refroidissement.

59.

Ayant mis chauffer ensemble les boulets d'argent, de verre, de glaise, d'ocre et de craie, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

<i>Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.</i>	min.	<i>Refroidis à la température.</i>	min.
Craie, en.....	5 $\frac{1}{2}$	En.....	16
Ocre, en.....	6	En.....	18
Glaise, en.....	8	En.....	22
Verre, en.....	9 $\frac{1}{2}$	En.....	29
Argent, en.....	12 $\frac{1}{2}$	En.....	35

60.

La même expérience répétée, les boulets, chauffés plus long-temps, se sont refroidis dans l'ordre suivant :

<i>Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.</i>	min.	<i>Refroidis à la température.</i>	min.
Craie, en.....	7	En.....	22

	min.	En.....	min.
Ocre, en.....	8 $\frac{1}{2}$	En.....	25
Glaise, en.....	9 $\frac{1}{2}$	En.....	29
Verre, en.....	12 $\frac{1}{2}$	En.....	38
Argent, en.....	16 $\frac{1}{2}$	En.....	41

On peut conclure de ces deux expériences :

1o. Que le temps du refroidissement de l'argent est à celui du refroidissement du verre, au point de les tenir :: 29 : 22 par les présentes expériences, et :: 36 : 25 par les expériences précédentes (art. 33) ; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 65 à 47 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 76 : 67, et :: 103 : 62 par les expériences précédentes (art. 33), on aura, en ajoutant ces temps, 179 à 129 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'argent et du verre.

2o. Que le temps du refroidissement de l'argent est à celui du refroidissement de la glaise, au point de pouvoir les tenir :: 29 : 17 $\frac{1}{2}$, et :: 76 : 51 pour leur entier refroidissement.

3o. Que le temps du refroidissement de l'argent est à celui du refroidissement de l'ocre, au point de les tenir :: 29 : 14 $\frac{1}{2}$, et :: 76 : 43 pour leur entier refroidissement.

4o. Que le temps du refroidissement de l'argent est à celui du refroidissement de la craie, au point de pouvoir les tenir :: 29 : 12 $\frac{1}{2}$, et :: 76 : 38 pour leur entier refroidissement.

5o. Que le temps du refroidissement du verre est à celui du refroidissement de la glaise, au point de les tenir :: 22 : 17 $\frac{1}{2}$ par les expériences présentes, et :: 16 $\frac{1}{2}$: 13 $\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (art. 46) ; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 38 $\frac{1}{2}$ à 31 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 67 : 51, et :: 46 : 36 par les expériences précédentes (art. 46), on aura, en ajoutant ces temps, 113 à 87 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du verre et de la glaise.

6o. Que le temps du refroidissement du verre est à celui du refroidissement de l'ocre, au point de pouvoir les tenir : 22 : 14 $\frac{1}{2}$ par les présentes expériences, et : 16 $\frac{1}{2}$: 11 par les expériences précédentes (art. 46) ; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 38 $\frac{1}{2}$ à 25 $\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; et pour second, le

rapport donné par les présentes expériences étant :: 67 : 43, et :: 46 : 32 par les expériences précédentes (art. 46), on aura, en ajoutant ces temps, 113 à 75 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du verre et de l'ocre.

7°. Que le temps du refroidissement du verre est à celui du refroidissement de la craie, au point de pouvoir les tenir :: 22 : 12 $\frac{1}{2}$ par les présentes expériences, et :: 16 $\frac{1}{2}$: 11 par les expériences précédentes (art. 46); ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 38 $\frac{1}{2}$ à 23 $\frac{1}{2}$ pour le rapport encore plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 67 : 38, et :: 46 : 32 par les expériences précédentes (art. 46), on aura, en ajoutant ces temps, 113 à 70 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du verre et de la craie.

8°. Que le temps du refroidissement de la glaise est à celui du refroidissement de l'ocre, au point de les tenir :: 17 $\frac{1}{2}$: 14 $\frac{1}{2}$ par les présentes expériences, et :: 26 : 22 $\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (art. 46); ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 43 $\frac{1}{2}$ à 37 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par l'expérience présente étant :: 51 : 43, et :: 69 : 63 par les expériences précédentes (art. 46), on aura, en ajoutant ces temps, 120 à 104 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de la glaise et de l'ocre.

9°. Que le temps du refroidissement de la glaise est à celui du refroidissement de la craie, au point de pouvoir les tenir :: 17 $\frac{1}{2}$: 12 $\frac{1}{2}$ par les présentes expériences, et :: 26 : 21 par les expériences précédentes (art. 46); ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 43 $\frac{1}{2}$ à 33 $\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 51 : 38, et :: 69 : 58 par les expériences précédentes (art. 46), on aura, en ajoutant ces temps, 120 à 96 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de la glaise et de la craie.

10°. Que le temps du refroidissement de l'ocre est à celui du refroidissement de la craie, au point de pouvoir les tenir :: 14 $\frac{1}{2}$: 12 $\frac{1}{2}$ par les présentes expériences, et :: 11 $\frac{1}{2}$: 10 par les expériences précédentes (art. 35); ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 26 à 22 $\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le

rapport donné par les présentes expériences étant :: 43 : 38, et :: 29 : 26 par les précédentes expériences (art. 35), on aura, en ajoutant ces temps, 72 à 64 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'ocre et de la craie.

61.

Ayant mis chauffer ensemble à un grand degré de chaleur les boulets de zinc, de bismuth, de marbre blanc, de grès et de gypse, le bismuth s'est fondu tout à coup, et il n'est resté que les quatre autres, qui se sont refroidis dans l'ordre suivant :

<i>Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.</i>	min.	<i>Refroidis à la température.</i>	min.
Gypse, en.....	11	En.....	28
Grès, en.....	16	En.....	42
Marbre blanc, en...	19	En.....	50
Zinc, en.....	23	En.....	57

62.

La même expérience répétée avec les quatre boulets ci-dessus et un boulet de plomb, à un feu moins ardent, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

<i>Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.</i>	min.	<i>Refroidis à la température.</i>	min.
Gypse, en.....	4 $\frac{1}{3}$	En.....	16
Plomb, en.....	9 $\frac{1}{3}$	En.....	28
Grès, en.....	10	En.....	32
Marbre blanc, en...	12 $\frac{1}{3}$	En.....	36
Zinc, en.....	15	En.....	43

On peut conclure de ces deux expériences :

1°. Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement du marbre blanc, au point de pouvoir les tenir :: 38 : 34 $\frac{1}{2}$ par les présentes expériences, et :: 21 : 17 $\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (art. 48); ainsi, en ajoutant ces temps, on aura 59 à 49 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par l'expérience présente étant :: 100 : 86, et :: 65 : 53 par les expériences précédentes (art. 48), on aura, en ajoutant ces temps, 165 à 139 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du zinc et du marbre blanc.

2°. Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement du grès, au point de les tenir :: 38 : 26 par les présentes expériences, et :: 21 : 115 par les expériences précédentes (art. 48); ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 59 à 41 pour le rapport plus précis de leur premier re-

froidissement; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 100 : 74, et :: 65 : 47 par les expériences précédentes (*art. 48*), on aura, en ajoutant ces temps, 165 à 121 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du zinc et du grès.

3°. Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement du plomb, au point de pouvoir les tenir :: 15 : 9 $\frac{1}{2}$ par la présente expérience, et :: 73 : 43 $\frac{2}{3}$ par les expériences précédentes (*art. 17*); ainsi on aura, en ajoutant ce temps, 89 à 53 $\frac{2}{3}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par l'expérience présente étant :: 43 : 20, et :: 220 : 189 par les expériences précédentes (*art. 16*), on aura, en ajoutant ces temps, 263 à 209 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du zinc et du plomb.

4°. Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement du gypse, au point de les tenir :: 38 : 15 $\frac{1}{2}$, et :: 100 : 44 pour leur entier refroidissement.

5°. Que le temps du refroidissement du marbre blanc est à celui du refroidissement du grès, au point de les tenir :: 31 $\frac{1}{2}$: 26 par les présentes expériences, et :: 38 $\frac{1}{2}$: 32 par les expériences précédentes (*art. 48*); ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 70 à 58 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 86 : 74, et :: 112 : 104 par les expériences précédentes (*art. 48*), on aura, en ajoutant ces temps, 198 à 178 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du marbre blanc et du grès.

6°. Que le temps du refroidissement du marbre blanc est à celui du refroidissement du plomb, au point de les tenir :: 12 $\frac{1}{2}$: 9 $\frac{1}{2}$, et :: 36 : 20 pour leur entier refroidissement.

7°. Que le temps du refroidissement du marbre blanc est à celui du refroidissement du gypse, au point de pouvoir les tenir :: 31 : 15 $\frac{1}{2}$, et :: 86 : 44 pour leur entier refroidissement.

8°. Que le temps du refroidissement du grès est à celui du refroidissement du plomb, au point de pouvoir les tenir :: 10 : 9 $\frac{1}{2}$ par la présente expérience, et :: 59 : 51 $\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (*art. 44*); ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 69 $\frac{1}{2}$ à 61 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rap-

port donné par les présentes expériences étant :: 32 : 20, et :: 187 : 178 par les expériences précédentes (*art. 44*), on aura, en ajoutant ces temps, 211 à 96 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du grès et du plomb.

9°. Que le temps du refroidissement du grès est à celui du refroidissement du gypse, au point de pouvoir les tenir :: 26 : 15 $\frac{1}{2}$ par les présentes expériences, et :: 55 : 21 $\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (*art. 33*); ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 81 à 37 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 74 : 44, et :: 170 : 78 par les expériences précédentes (*art. 33*), on aura, en ajoutant ces temps, 244 à 122 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du grès et du gypse.

10°. Que le temps du refroidissement du plomb est à celui du refroidissement du gypse, au point de pouvoir les tenir :: 9 $\frac{1}{2}$: 4 $\frac{1}{2}$, et :: 28 : 16 pour leur entier refroidissement.

63.

Ayant fait chauffer ensemble les boulets de cuivre, d'antimoine, de marbre commun, de pierre calcaire tendre et de craie, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

<i>Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.</i>	<i>Refroidis à la température.</i>
min.	min.
Craie, en..... 6 $\frac{1}{2}$	En..... 20
Antimoine, en..... 7 $\frac{1}{2}$	En..... 26
Pierre tendre, en.... 7 $\frac{1}{2}$	En..... 26
Marbre commun, en. 11 $\frac{1}{2}$	En..... 31
Cuivre, en..... 16	En..... 49

64.

La même expérience répétée, les boulets se sont refroidis dans l'ordre suivant :

<i>Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.</i>	<i>Refroidis à la température.</i>
min.	min.
Craie, en..... 5 $\frac{1}{2}$	En..... 18
Antimoine, en..... 6	En..... 24
Pierre tendre, en.... 8	En..... 23
Marbre commun, en. 10	En..... 29
Cuivre, en..... 13 $\frac{1}{2}$	En..... 38

On peut conclure de ces deux expériences :

1°. Que le temps du refroidissement du cuivre est à celui du refroidissement du marbre commun, au point de pouvoir les tenir :: 29 $\frac{1}{2}$: 21 $\frac{1}{2}$ par les présentes expériences, et :: 45 : 35 $\frac{1}{2}$ par les expériences précéden-

tes (art. 5); ainsi on aura, en ajoutant ces temps, $74 \frac{1}{2}$ à 57 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant : : $87 : 60$, et : : $125 : 111$ par les expériences précédentes (art. 5), on aura, en ajoutant ces temps, 212 à 170 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du cuivre et du marbre commun.

2°. Que le temps du refroidissement du cuivre est à celui du refroidissement de la pierre tendre, au point de pouvoir les tenir : : $29 \frac{1}{2} : 15 \frac{1}{2}$, et : : $87 : 49$ pour leur entier refroidissement.

3°. Que le temps du refroidissement du cuivre est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de pouvoir les tenir : : $29 \frac{1}{2} : 13 \frac{1}{2}$ par les présentes expériences, et : : $28 : 16$ par les expériences précédentes (art. 41); ainsi on aura, en ajoutant ces temps, $57 \frac{1}{2}$ à $29 \frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les expériences présentes étant : : $87 : 50$, et : : $80 : 47$ par les expériences précédentes (art. 41), on aura, en ajoutant ces temps, 167 à 97 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du cuivre et de l'antimoine.

4°. Que le temps du refroidissement du cuivre est à celui du refroidissement de la craie, au point de pouvoir les tenir : : $29 \frac{1}{2} : 12$, et : : $87 : 38$ pour leur entier refroidissement.

5°. Que le temps du refroidissement du marbre commun est à celui du refroidissement de la pierre tendre, au point de pouvoir les tenir : : $21 \frac{1}{2} : 14$ par les expériences présentes, et : : $29 : 23$ par les expériences précédentes (art. 30); ainsi on aura, en ajoutant ces temps, $50 \frac{1}{2}$ à 37 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant : : $60 : 49$, et : : $87 : 68$ par les expériences précédentes (art. 20), on aura, en ajoutant ces temps, 147 à 117 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du marbre commun et de la pierre tendre.

6°. Que le temps du refroidissement du marbre commun est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de les tenir : : $21 \frac{1}{2} : 13 \frac{1}{2}$, et : : $60 : 50$ pour leur entier refroidissement.

7°. Que le temps du refroidissement du marbre commun est à celui du refroidisse-

ment de la craie, au point de pouvoir les tenir : : $21 \frac{1}{2} : 12$, et : : $60 : 38$ pour leur entier refroidissement.

8°. Que le temps du refroidissement de la pierre tendre est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de pouvoir les tenir : : $14 : 13 \frac{1}{2}$, et : : $49 : 50$ pour leur entier refroidissement.

9°. Que le temps du refroidissement de la pierre tendre est à celui du refroidissement de la craie, au point de pouvoir les tenir : : $14 : 12$, et : : $49 : 38$ pour leur entier refroidissement.

10°. Que le temps du refroidissement de l'antimoine est à celui du refroidissement de la craie, au point de pouvoir les tenir : : $13 \frac{1}{2} : 12$, et : : $50 : 38$ pour leur entier refroidissement.

65.

Ayant fait chauffer ensemble les boulets de plomb, d'étain, de verre, de pierre calcaire dure, d'ocre et de glaise, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

<i>Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.</i>	<i>Refroidis à la température.</i>
min.	min.
Ocre, en..... 5	En..... 16
Glaise, en..... $7 \frac{1}{3}$	En..... 20
Étain, en..... $8 \frac{1}{3}$	En..... 21
Plomb, en..... $9 \frac{1}{3}$	En..... 23
Verre, en..... 10	En..... 27
Pierre dure, en..... $10 \frac{1}{3}$	En..... 29

Il résulte de cette expérience :

1°. Que le temps du refroidissement de la pierre dure est à celui du refroidissement du verre, au point de les tenir : : $10 \frac{1}{2} : 10$ par la présente expérience, et : : $20 \frac{1}{2} : 17$ par les expériences précédentes (art. 54); ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 31 à 27 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par la présente expérience étant : : $29 : 27$, et : : $62 : 49$ par les expériences précédentes (art. 54), on aura, en ajoutant ces temps, 91 à 76 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de la pierre dure et du verre.

2°. Que le temps du refroidissement du verre est à celui du plomb, au point de pouvoir les tenir : : $10 : 9 \frac{1}{2}$ par la présente expérience, et : : $12 : 11$ par les expériences précédentes (art. 39); ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 22 à $20 \frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par l'expérience présente étant : : $27 : 23$,

et :: 35 : 30 par les expériences précédentes (*art.* 39), on aura, en ajoutant ces temps, 62 à 53 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du verre et du plomb.

3°. Que le temps du refroidissement du verre est à celui du refroidissement de l'étain, au point de pouvoir les tenir :: 10 : 8 $\frac{1}{2}$ par la présente expérience, et :: 46 : 42 $\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (*art.* 39); ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 56 à 51 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les expériences présentes étant :: 27 : 21, et par les expériences précédentes (*art.* 39) :: 132 : 117, on aura, en ajoutant ces temps, 159 à 138 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du verre et de l'étain.

4°. Que le temps du refroidissement du verre est à celui du refroidissement de la glaise, au point de pouvoir les tenir :: 10 : 7 $\frac{1}{2}$, et :: 38 $\frac{1}{2}$: 31 par les expériences précédentes (*art.* 60); ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 48 $\frac{1}{2}$ à 38 $\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par la présente expérience étant :: 27 : 20, et :: 113 : 87 par les expériences précédentes (*art.* 60), on aura, en ajoutant ces temps, 140 à 107 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du verre et de la glaise.

5°. Que le temps du refroidissement du verre est à celui du refroidissement de l'ocre, au point de pouvoir les tenir :: 10 : 5 par les présentes expériences, et :: 38 $\frac{1}{2}$: 25 $\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (*art.* 60); ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 48 $\frac{1}{2}$ à 30 $\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par la présente expérience étant :: 27 : 16, et par les expériences précédentes (*art.* 60) :: 113 : 75, on aura, en ajoutant ces temps, 140 à 91 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du verre et de l'ocre.

6°. Que le temps du refroidissement de la pierre dure est à celui du refroidissement du plomb, au point de pouvoir les tenir :: 10 $\frac{1}{2}$: 9 $\frac{1}{2}$, et :: 29 : 23 pour leur entier refroidissement.

7°. Que le temps du refroidissement de la pierre dure est à celui du refroidissement de l'étain, au point de les tenir :: 10 $\frac{1}{2}$: 8 $\frac{1}{2}$, et :: 29 : 21 pour leur entier refroidissement.

8°. Que le temps du refroidissement de la pierre dure est à celui du refroidissement de

la glaise, au point de les tenir :: 10 $\frac{1}{2}$: 7 $\frac{1}{2}$, et :: 29 : 20 pour leur entier refroidissement.

9°. Que le temps du refroidissement de la pierre dure est à celui du refroidissement de l'ocre, au point de les tenir :: 10 $\frac{1}{2}$: 5, et :: 29 : 16 pour leur entier refroidissement.

10°. Que le temps du refroidissement du plomb est à celui du refroidissement de l'étain, au point de les tenir :: 9 $\frac{1}{2}$: 8 $\frac{1}{2}$ par la présente expérience, et :: 36 $\frac{1}{2}$: 31 $\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (*art.* 39); ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 46 à 40 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par la présente expérience étant :: 23 : 21, et :: 109 : 89 par les expériences précédentes (*art.* 39), on aura, en ajoutant ces temps, 132 à 110 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du plomb et de l'étain.

11°. Que le temps du refroidissement du plomb est à celui du refroidissement de la glaise, au point de pouvoir les tenir :: 9 $\frac{1}{2}$: 7 $\frac{1}{2}$ par la présente expérience, et :: 7 : 5 $\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (*art.* 35); ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 16 $\frac{1}{2}$ à 13 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par la présente expérience étant :: 23 : 20, et :: 18 : 15 par les expériences précédentes (*art.* 35), on aura, en ajoutant ces temps, 41 à 35 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du plomb et de la glaise.

12°. Que le temps du refroidissement du plomb est à celui du refroidissement de l'ocre, au point de pouvoir les tenir :: 9 $\frac{1}{2}$: 5 par la présente expérience, et :: 7 : 5 par les expériences précédentes (*art.* 35); ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 16 $\frac{1}{2}$ à 10 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par la présente expérience étant :: 23 : 16, et :: 18 : 13 par les expériences précédentes (*art.* 35), on aura, en ajoutant ces temps, 41 à 29 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du plomb et de l'ocre.

13°. Que le temps du refroidissement de l'étain est à celui du refroidissement de la glaise, au point de les tenir :: 8 $\frac{1}{2}$: 7 $\frac{1}{2}$, et :: 21 : 20 pour leur entier refroidissement.

14°. Que le temps du refroidissement de l'étain est à celui du refroidissement de l'ocre, au point de les tenir :: 8 $\frac{1}{2}$: 5, et :: 21 : 16 pour leur entier refroidissement.

15°. Que le temps du refroidissement de la glaise est à celui du refroidissement de l'ocre, au point de pouvoir les tenir :: $7\frac{1}{2}$: 5 par la présente expérience, et :: $43\frac{1}{2}$: 37 par les expériences précédentes (art. 60); ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 50 à 42 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par la présente expérience étant :: 20 : 16, et :: 120 : 104 par les expériences précédentes (art. 60), on aura, en ajoutant ces temps, 140 à 120 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de la glaise et de l'ocre.

66.

Ayant fait chauffer ensemble les boulets de zinc, d'antimoine, de pierre calcaire tendre, de craie et de gypse, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

<i>Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.</i>	min.	<i>Refroidis à la température.</i>	min.
Gypse, en.....	3 $\frac{1}{3}$	En.....	11
Craie, en.....	5	En.....	16
Antimoine, en.....	6	En.....	22
Pierre tendre, en.....	7 $\frac{1}{3}$	En.....	23
Zinc, en.....	14 $\frac{1}{3}$	En.....	29

67.

La même expérience répétée, les boulets se sont refroidis dans l'ordre suivant :

<i>Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.</i>	min.	<i>Refroidis à la température.</i>	min.
Gypse, en.....	3 $\frac{1}{3}$	En.....	12
Craie, en.....	4 $\frac{5}{4}$	En.....	14
Antimoine en.....	6	En.....	20
Pierre tendre, en.....	8	En.....	21
Zinc, en.....	13 $\frac{1}{3}$	En.....	28

On peut conclure de ces deux expériences :

1°. Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement de la pierre tendre, au point de pouvoir les tenir :: 28 : 15 $\frac{1}{2}$, et :: 57 : 44 pour leur entier refroidissement.

2°. Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de pouvoir les tenir :: 28 : 12 par les présentes expériences, et :: 94 : 52 par les expériences précédentes (art. 48); ainsi, en ajoutant ces temps, on aura 122 à 64 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 57 : 42; et :: 285 : 184 par les expériences précédentes (art. 48), on aura, en

ajoutant ces temps, 342 à 226 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du zinc et de l'antimoine.

3°. Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement de la craie, au point de pouvoir les tenir :: 28 : 9 $\frac{1}{2}$ par les présentes expériences, et :: 31 : 12 $\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (art. 52); ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 59 à 22 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 57 : 30, et :: 59 : 38 par les expériences précédentes (art. 52), on aura, en ajoutant ces temps, 116 à 68 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du zinc et de la craie.

4°. Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement du gypse, au point de pouvoir les tenir :: 28 : 7 par les présentes expériences, et :: 38 : 15 $\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (art. 62); ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 66 à 22 $\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 57 : 23, et :: 100 : 44 par les expériences précédentes (art. 62), on aura, en ajoutant ces temps, 157 à 67 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du zinc et du gypse.

5°. Que le temps du refroidissement de l'antimoine est à celui du refroidissement de la pierre calcaire tendre, au point de les tenir :: 12 : 15 $\frac{1}{2}$, et :: 42 : 44 pour leur entier refroidissement.

6°. Que le temps du refroidissement de l'antimoine est à celui du refroidissement de la craie, au point de pouvoir les tenir :: 12 : 9 $\frac{1}{2}$ par les présentes expériences, et :: 13 $\frac{1}{2}$: 12 par les expériences précédentes (art. 64); ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 25 $\frac{1}{2}$ à 21 $\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 42 : 30, et :: 50 : 38 par les expériences précédentes (art. 64), on aura, en ajoutant ces temps, 92 à 68 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'antimoine et de la craie.

7°. Que le temps du refroidissement de l'antimoine est à celui du refroidissement du gypse, au point de pouvoir les tenir :: 12 : 7, et :: 42 : 23 pour leur entier refroidissement.

8°. Que le temps du refroidissement de a

Pierre tendre est à celui du refroidissement de la craie, au point de pouvoir les tenir :: $15\frac{1}{2} : 9\frac{1}{2}$ par les présentes expériences, et :: $14 : 12$ par les expériences précédentes (*art.* 64); ainsi on aura, en ajoutant ces temps, $29\frac{1}{2}$ à 21 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: $44 : 30$, et :: $49 : 38$ par les expériences précédentes (*art.* 64), on aura, en ajoutant ces temps, 93 à 68 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de la pierre tendre et de la craie.

9°. Que le temps du refroidissement de la pierre calcaire tendre est à celui du refroidissement du gypse, au point de les tenir :: $15\frac{1}{2} : 7$ par les présentes expériences, et :: $12 : 4\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (*art.* 38); ainsi on aura, en ajoutant ces temps, $27\frac{1}{2}$ à $11\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les expériences présentes étant :: $44 : 23$, et :: $27 : 14$ par les expériences précédentes (*art.* 38), on aura, en ajoutant ces temps, 71 à 37 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de la pierre tendre et du gypse.

10°. Que le temps du refroidissement de la

craie est à celui du refroidissement du gypse, au point de pouvoir les tenir :: $9\frac{1}{2} : 7$ par les présentes expériences, et :: $25 : 16$ par les expériences précédentes (*art.* 56); ainsi on aura, en ajoutant ces temps, $34\frac{1}{2}$ à 23 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: $30 : 23$, et :: $71 : 57$ par les expériences précédentes (*art.* 56), on aura, en ajoutant ces temps, 101 à 80 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de la craie et du gypse.

Je borne ici cette suite d'expériences assez longues à faire et fort ennuyeuses à lire; j'ai cru devoir les donner telles que je les ai faites à plusieurs reprises dans l'espace de six ans: si je m'étais contenté d'en additionner les résultats, j'aurais à la vérité fort abrégé ce Mémoire, mais on n'aurait pas été en état de les répéter, et c'est cette considération qui m'a fait préférer de donner l'énumération et le détail des expériences mêmes, au lieu d'une table abrégée que j'aurais pu faire de leurs résultats accumulés. Je vais néanmoins donner, par forme de récapitulation, la table générale de ces rapports tous comparés à 10000, afin que, d'un coup d'œil, on puisse en saisir les différences.

TABLE

DES RAPPORTS DU REFROIDISSEMENT DES DIFFÉRENTES SUBSTANCES MINÉRALES.

FER.

	Premier refroidissem.	Entier refroidissem.
Émérit.....	10000 à 9117	—9020
Cuivre.....	10000 à 8512	—8702
Or.....	10000 à 8160	—8148
Zinc.....	10000 à 7654	—6020
		6804
Argent.....	10000 à 7619	—7423
Marbre blanc.....	10000 à 6774	—6704
Marbre commun.....	10000 à 6636	—6746
Pierre calcaire dure...	10000 à 6617	—6274
Grès.....	10000 à 5796	—6926
Verre.....	10000 à 5576	—5805
Plomb.....	10000 à 5143	—6482
Étain.....	10000 à 4898	—4921
Pierre calcaire tendre.	10000 à 4194	—4659
Glaise.....	10000 à 4198	—4490
Bismuth.....	10000 à 3580	—4081
Craie.....	10000 à 5086	—3878
Gypse.....	10000 à 2525	—2817
Bois.....	10000 à 1860	—1549
Pierre ponce.....	10000 à 1627	—1268

ÉMÉRIL.

Cuivre.....	10000 à 8519	—8148
Or.....	10000 à 8513	8560
Zinc.....	10000 à 8390	—7692
		7458
Argent.....	10000 à 7778	—7895
Pierre calcaire dure...	10000 à 7504	—6963
Grès.....	10000 à 6552	—6517
Verre.....	10000 à 5862	—5506
Plomb.....	10000 à 5718	—6643
Étain.....	10000 à 5658	—6000
Glaise.....	10000 à 5185	—5185
Bismuth.....	10000 à 4949	—6060
Antimoine.....	10000 à 4540	—5827
Ocre.....	10000 à 4259	—5827
Craie.....	10000 à 3684	—4105
Gypse.....	10000 à 2368	—2947
Bois.....	10000 à 1552	—3146

CUIVRE.

Or.....	10000 à 9136	—9194
Zinc.....	10000 à 8571	—9250
		7619
Argent.....	10000 à 8395	—7823
Marbre commun.....	10000 à 7638	—8019
Grès.....	10000 à 7333	—8160

Premier
refroidissem.Entier
refroidissem.

Verre.....	10000 à 6667	—6567
Plomb.....	10000 à 6179	—7367
Étain.....	10000 à 5746	—6916
Pierre calcaire tendre.	10000 à 5168	—5633
Glaise.....	10000 à 5652	—6363
Bismuth.....	10000 à 5686	—5959
Antimoine.....	10000 à 5130	—5808
Ocre.....	10000 à 5000	—4697
Craie.....	10000 à 4068	—4368

OR.

Zinc.....	10000 à 9474	—9304
		8422
Argent.....	10000 à 8936	—8686
Marbre blanc.....	10000 à 8101	—7863
Marbre commun.....	10000 à 7542	—7435
Pierre calcaire dure...	10000 à 7383	—7516
Grès.....	10000 à 7368	—7627
Verre.....	10000 à 7103	—5932
Plomb.....	10000 à 6526	—7500
Étain.....	10000 à 6324	—6051
Pierre calcaire tendre.	10000 à 6087	—5811
Glaise.....	10000 à 5814	—5077
Bismuth.....	10000 à 5658	—7043
Porcelaine.....	10000 à 5526	—5593
Antimoine.....	10000 à 5395	—6348
Ocre.....	10000 à 5349	—4462
Craie.....	10000 à 4571	—4452
Gypse.....	10000 à 2989	—3293

ZINC.

Argent.....	10000 à 8904	—8990
		10015
Marbre blanc.....	10000 à 8505	—8424
		7194
Grès.....	10000 à 6949	—7333
		5838
Plomb.....	10000 à 6051	—7947
		4940
Étain.....	10000 à 6777	—6240
		5666
Pierre calcaire tendre.	10000 à 5536	—7719
		4425
Glaise.....	10000 à 5484	—7458
		4373
Bismuth.....	10000 à 5343	—7547
		4232
Antimoine.....	10000 à 5246	—6608
		4135

	Premier refroidissem.	Entier refroidissem.
Zinc et Craie.....	10000 à 3729	5862 2618
Gypse.....	10000 à 3409	4268 2298

ARGENT.

Argent et	Marbre blanc.....	10000 à 8681	9200
	Marbre commun.....	10000 à 7912	9040
	Pierre calcaire dure...	10000 à 7436	8580
	Grès.....	10000 à 7361	7767
	Verre.....	10000 à 7230	7212
	Plomb.....	10000 à 7154	9184
	Étain.....	10000 à 6176	6289
	Pierre calcaire tendre.	10000 à 6178	6287
	Glaise.....	10000 à 6034	6710
	Bismuth.....	10000 à 6038	8877
Argent et	Porcelaine.....	10000 à 5556	5242
	Antimoine.....	10000 à 5692	7653
	Ocre.....	10000 à 5000	5658
	Craie.....	10000 à 4510	5000
	Gypse.....	10000 à 2879	3366
	Bois.....	10000 à 2553	1864
	Pierre ponce.....	10000 à 2059	1525

MARBRE BLANC.

Marbre blanc et	Marbre commun.....	10000 à 8992	9405
	Pierre dure.....	10000 à 8594	9130
	Grès.....	10000 à 8286	8990
	Plomb.....	10000 à 7604	5555
	Étain.....	10000 à 7143	6792
	Pierre calcaire tendre.	10000 à 6792	7218
	Glaise.....	10000 à 6400	6286
	Antimoine.....	10000 à 6286	6792
	Ocre.....	10000 à 5400	5571
	Gypse.....	10000 à 4920	5116
Bois.....	10000 à 2200	2857	

MARBRE COMMUN.

Marbre commun et	Pierre dure.....	10000 à 9483	9655
	Grès.....	10000 à 8767	9273
	Plomb.....	10000 à 7671	8590
	Étain.....	10000 à 7424	6666
	Pierre tendre.....	10000 à 7327	7959
	Glaise.....	10000 à 7272	7213
	Antimoine.....	10000 à 6279	8333
	Ocre.....	10000 à 6136	6393
	Craie.....	10000 à 5581	6333
	Bois.....	10000 à 2500	3279

PIERRE CALCAIRE DURE.

Pierre dure et	Grès.....	10000 à 9268	9355
	Verre.....	10000 à 8710	8352
	Plomb.....	10000 à 8571	7931
	Étain.....	10000 à 8095	7931
	Pierre tendre.....	10000 à 8000	8095
	Glaise.....	10000 à 6190	6897
	Ocre.....	10000 à 4762	5517
	Bois.....	10000 à 2195	4516

GRÈS.

	Premier refroidissem.	Entier, refroidisse.	
Grès et	Verre.....	10000 à 9324	7959
	Plomb.....	10000 à 8561	8950
	Étain.....	10000 à 7667	7633
	Pierre tendre.....	10000 à 7647	7193
	Porcelaine.....	10000 à 7364	7059
	Antimoine.....	10000 à 7353	6170
	Gypse.....	10000 à 4568	5000
Bois.....	10000 à 2368	4828	

VERRE.

Verre et	Plomb.....	10000 à 9318	8548
	Étain.....	10000 à 9107	8679
	Glaise.....	10000 à 7938	7643
	Porcelaine.....	10000 à 7692	8863
	Ocre.....	10000 à 6289	6500
	Craie.....	10000 à 6104	6195
	Gypse.....	10000 à 4160	6011
Bois.....	10000 à 2647	5514	

PLOMB.

Plomb et	Étain.....	10000 à 8695	8333
	Pierre tendre.....	10000 à 8437	7192
	Glaise.....	10000 à 7878	8536
	Bismuth.....	10000 à 8698	8750
	Antimoine.....	10000 à 8241	8201
	Ocre.....	10000 à 6060	7073
	Craie.....	10000 à 5714	6111
Gypse.....	10000 à 4736	5714	

ÉTAIN.

Étain et	Glaise.....	10000 à 8823	9524
	Bismuth.....	10000 à 8888	9400
	Antimoine.....	10000 à 8710	9156
	Ocre.....	10000 à 5882	7619
	Craie.....	10000 à 6364	6842
	Gypse.....	10000 à 4090	4912

PIERRE CALCAIRE TENDRE.

Pierre tend. et	Antimoine.....	10000 à 7742	9545
	Craie.....	10000 à 7288	7312
	Gypse.....	10000 à 4182	5211

GLAISE.

Glaise et	Bismuth.....	10000 à 8870	9419
	Ocre.....	10000 à 8400	8571
	Craie.....	10000 à 7701	8000
	Gypse.....	10000 à 5185	8055
	Bois.....	10000 à 3437	4545

BISMUTH.

Bismuth et	Antimoine.....	10000 à 9349	9572
	Ocre.....	10000 à 8846	7380
	Craie.....	10000 à 8620	9500

PORCELAINES.

	Premier refroidissem.	Entier refroidissem.
Porcelaine et gypse.....	10000 à 5308	—6500

ANTIMOINE.

Antim. et	}	Craie.....	10000 à 8431	—7391
		Gypse.....	10000 à 5833	—5476

OCRE.

Ocre et	}	Craie.....	10000 à 8654	—8889
		Gypse.....	10000 à 6364	—9062
		Bois.....	10000 à 4074	—5128

CRAIE.

Craie et gypse.....	10000 à 6667	—7920
---------------------	--------------	-------

GYPSE.

Gypse et	}	Bois.....	10000 à 8000	—5250
		Pierre ponce.....	10000 à 7000	—4500

BOIS.

Bois et pierre ponce.....	10000 à 8750	—8182
---------------------------	--------------	-------

Quelle attention que j'aie donnée à mes expériences, quelque soin que j'aie pris pour en rendre les rapports plus exacts, j'avoue qu'il y a encore quelques imperfections dans cette table qui les contient tous; mais ces défauts sont légers et n'influent pas beaucoup sur les résultats généraux: par exemple, on s'apercevra aisément que le rapport du zinc au plomb, étant de 10000 à 6051, celui du zinc à l'étain devrait être moindre de 6000, tandis qu'il se trouve dans la table de 6777. Il en est de même de celui de l'argent au bismuth, qui devrait être moindre que 6308; et encore de celui du plomb à la glaise, qui devrait être de plus de 8000, et qui ne se trouve être dans la table que de 7878; mais cela provient de ce que les boulets de plomb et de bismuth n'ont pas toujours été les mêmes: ils se sont fondus aussi-bien que ceux d'étain et d'antimoine; ce qui n'a pu manquer de produire des variations, dont les plus grandes sont les trois que je viens de remarquer. Il ne m'a pas été possible de faire mieux: les différents boulets de plomb, d'étain, de bismuth et d'antimoine, dont je me suis successivement servi, étaient faits, à la vérité, sur le même calibre; mais la matière de chacun pouvait être un peu différente, selon la quantité d'alliage du plomb et de l'étain; car je n'ai

eu de l'étain pur que pour les deux premiers boulets: d'ailleurs, il reste assez souvent une petite cavité dans ces boulets fondus, et ces petites causes suffisent pour produire les petites différences qu'on pourra remarquer dans ma table.

Il en est de même du rapport de l'étain à l'ocre, qui devrait être de plus de 6000, et qui ne se trouve dans la table que de 5882, parce que l'ocre étant une matière friable qui diminue par le frottement, j'ai été obligé de changer trois ou quatre fois les boulets d'ocre. J'avoue qu'en donnant à ces expériences le double du très-long temps que j'y ai employé, j'aurais pu parvenir à un plus grand degré de précision; mais je me flatte qu'il y en a suffisamment pour qu'on soit convaincu de la vérité des résultats que l'on peut en tirer. Il n'y a guère que les personnes accoutumées à faire des expériences qui sachent combien il est difficile de constater un seul fait de la nature par tous les moyens que l'art peut nous fournir: il faut joindre la patience au génie, et souvent cela ne suffit pas encore; il faut quelquefois renoncer, malgré soi, au degré de précision que l'on désirerait, parce que cette précision en exigerait un tout aussi grande dans toutes les mains dont on se sert, et demanderait eu même temps une parfaite égalité dans toutes les matières que l'on emploie: aussi, tout ce que l'on peut faire en physique expérimentale ne peut pas nous donner des résultats rigoureusement exacts, et ne peut aboutir qu'à des approximations plus ou moins grandes; et quand l'ordre général de ces approximations ne se dément que par de légères variations, on doit être satisfait.

Au reste, pour tirer de ces nombreuses expériences tout le fruit que l'on doit en attendre, il faut diviser les matières qui en font l'objet en quatre classes ou genres différents: 1^o les métaux; 2^o les demi-métaux et minéraux métalliques; 3^o les substances vitrées et vitrescibles; 4^o les substances calcaires et calcinables: comparer ensuite les matières de chaque genre entre elles, pour tâcher de reconnaître la cause ou les causes de l'ordre que suit le progrès de la chaleur dans chacune; et enfin comparer les genres même entre eux, pour essayer d'en déduire quelques résultats généraux.

I.

L'ordre des six métaux, suivant leur densité, est: étain, fer, cuivre, argent, plomb,

or ; tandis que l'ordre dans lequel ces métaux reçoivent et perdent la chaleur, est : étain , plomb , argent , or , cuivre , fer , dans lequel il n'y a que l'étain qui conserve sa place.

Le progrès et la durée de la chaleur dans les métaux ne suit donc pas l'ordre de leur densité , si ce n'est pour l'étain , qui , étant le moins dense de tous , est en même temps celui qui perd le plus tôt sa chaleur : mais l'ordre des cinq autres métaux nous démontre que c'est dans le rapport de leur fusibilité que tous reçoivent et perdent la chaleur ; car le fer est plus difficile à fondre que le cuivre , le cuivre l'est plus que l'or , l'or plus que l'argent , l'argent plus que le plomb , et le plomb plus que l'étain : on doit donc en conclure que ce n'est qu'un hasard si la densité et la fusibilité de l'étain se trouvent ici réunies pour le placer au dernier rang.

Cependant ce serait trop s'avancer que de prétendre qu'on doit tout attribuer à la fusibilité , et rien du tout à la densité ; la nature ne se dépoille jamais d'une de ses propriétés en faveur d'une autre , d'une manière absolue , c'est-à-dire de façon que la première n'influe en rien sur la seconde : ainsi , la densité peut bien entrer pour quelque chose dans le progrès de la chaleur ; mais au moins nous pouvons prononcer affirmativement que , dans les six métaux , elle n'y fait que très-peu , au lieu que la fusibilité y fait presque le tout.

Cette première vérité n'était connue ni des chimistes ni des physiciens : on n'aurait pas même imaginé que l'or , qui est plus de deux fois et demie plus dense que le fer , perd néanmoins sa chaleur un demi-tiers plus vite. Il en est de même du plomb , de l'argent et du cuivre , qui tous sont plus denses que le fer , et qui , comme l'or , s'échauffent et se refroidissent plus promptement ; car , quoiqu'il ne soit question que du refroidissement dans ce second Mémoire , les expériences du Mémoire qui précède celui-ci démontrent , à n'en pouvoir douter , qu'il en est de l'entrée de la chaleur dans les corps comme de sa sortie , et que ceux qui la reçoivent le plus vite sont en même temps ceux qui la perdent le plus tôt.

Si l'on réfléchit sur les principes réels de la densité et sur la cause de la fusibilité , on sentira que la densité dépend absolument de la quantité de matière que la nature place dans un espace donné ; que plus elle peut y en faire entrer , plus il y a de densité ; et que l'or est , à cet égard , la substance qui

de toutes contient le plus de matière relativement à son volume. C'est pour cette raison que l'on avait cru jusqu'ici qu'il fallait plus de temps pour échauffer ou refroidir l'or que les autres métaux : il est en effet assez naturel de penser que , contenant sous le même volume le double ou le triple de matière , il faudrait le double ou le triple du temps pour la pénétrer de chaleur ; et cela serait vrai si , dans toutes les substances , les parties constituantes étaient de la même figure , et , en conséquence , toutes arrangées de même. Mais , dans les unes comme dans les plus denses , les molécules de la matière sont probablement de figure assez régulière pour ne pas laisser entre elles de très-grands espaces vides ; dans d'autres moins denses , leurs figures plus irrégulières laissent des vides plus nombreux et plus grands ; et dans les plus légères , les molécules étant en petit nombre et probablement de figure très-irrégulière , il se trouve mille et mille fois plus de vide que de plein : car on peut démontrer , par d'autres expériences , que le volume de la substance même la plus dense contient encore beaucoup plus d'espace vide que de matière pleine.

Or , la principale cause de la fusibilité est la facilité que les particules de la chaleur trouvent à séparer les unes des autres ces molécules de la matière pleine : que la somme des vides en soit plus ou moins grande , ce qui fait la densité ou la légèreté , cela est indifférent à la séparation des molécules qui constituent le plein , et la plus ou moins grande fusibilité dépend en entier de la force de cohérence qui tient unies ces parties massives et s'oppose plus ou moins à leur séparation. La dilatation du volume total est le premier degré de l'action de la chaleur ; et , dans les différents métaux , elle se fait dans le même ordre que la fusion de la masse , qui s'opère par un plus grand degré de chaleur ou de feu. L'étain , qui de tous se fond le plus promptement , est aussi celui qui se dilate le plus vite ; et le fer , qui est de tous le plus difficile à fondre , est de même celui dont la dilatation est la plus lente.

D'après ces notions générales , qui paraissent claires , précises et fondées sur des expériences que rien ne peut démentir , on serait porté à croire que la ductilité doit suivre l'ordre de la fusibilité , parce que la plus ou moins grande ductilité semble dépendre de la plus ou moins grande adhésion des parties dans chaque métal ; cependant , cet or-

dre de la ductilité des métaux paraît avoir autant de rapport à l'ordre de la densité qu'à celui de leur fusibilité. Je dirais volontiers qu'il est en raison composée des deux autres, mais ce n'est que par estime et par une présomption qui n'est peut-être pas assez fondée; car il n'est pas aussi facile de déterminer au juste les différents degrés de la fusibilité que ceux de la densité; et, comme la ductilité participe des deux, et qu'elle varie suivant les circonstances, nous n'avons pas encore acquis les connaissances nécessaires pour prononcer affirmativement sur ce sujet, qui est d'une assez grande importance pour mériter des recherches particulières. Le même métal traité à froid ou à chaud donne des résultats tout différents: la malléabilité est le premier indice de la ductilité; mais elle ne nous donne néanmoins qu'une notion assez imparfaite du point auquel la ductilité peut s'étendre. Le plomb, le plus souple, le plus malléable des métaux, ne peut se tirer à la filière en fils aussi fins que l'or, ou même que le fer qui, de tous, est le moins malléable. D'ailleurs il faut aider la ductilité des métaux par l'addition du feu, sans quoi ils s'écroutissent et deviennent cassants; le fer même, quoique le plus robuste de tous, s'écroutit comme les autres. Ainsi la ductilité d'un métal et l'étendue de continuité qu'il peut supporter dépendent non-seulement de sa densité et de sa fusibilité, mais encore de la manière dont on le traite, de la percussion plus lente ou plus prompte, et de l'addition de chaleur ou de feu qu'on lui donne à propos.

2.

Maintenant si nous comparons les substances qu'on appelle *demi-métaux* et *minéraux métalliques* qui manquent de ductilité, nous verrons que l'ordre de leur densité est: émeril, zinc, antimoine, bismuth, et que celui dans lequel ils reçoivent et perdent la chaleur est: antimoine, bismuth, zinc, émeril; ce qui ne suit en aucune façon l'ordre de leur densité, mais plutôt celui de leur fusibilité. L'émeril, qui est un minéral ferrugineux, quoiqu'une fois moins dense que le bismuth, conserve la chaleur une fois plus long-temps; le zinc, plus léger que l'antimoine et le bismuth, conserve aussi la chaleur beaucoup plus long-temps; l'antimoine et le bismuth la reçoivent et la gardent à peu près également. Il en est donc des demi-métaux et des minéraux métalliques comme

des métaux: le rapport dans lequel ils reçoivent et perdent la chaleur, est à peu près le même que celui de leur fusibilité, et ne tient que très-peu ou point du tout à celui de leur densité.

Mais en joignant ensemble les six métaux et les quatre demi-métaux ou minéraux métalliques que j'ai soumis à l'épreuve, on verra que l'ordre des densités de ces dix substances minérales est:

Émeril, zinc, antimoine, étain, fer, cuivre, bismuth, argent, plomb, or;

Et que l'ordre dans lequel ces substances s'échauffent et se refroidissent est:

Antimoine, bismuth, étain, plomb, argent, zinc, or, cuivre, émeril, fer;

Dans lequel il y a deux choses qui ne paraissent pas bien d'accord avec l'ordre de la fusibilité:

1°. L'antimoine qui devrait s'échauffer et se refroidir plus lentement que le plomb, puisqu'on a vu par les expériences de Newton, citées dans le Mémoire précédent, que l'antimoine demande pour se fondre dix degrés de la même chaleur, dont il n'en faut que huit pour fondre le plomb; au lieu que, par mes expériences, il se trouve que l'antimoine s'échauffe et se refroidit plus vite que le plomb. Mais on observera que Newton s'est servi de régule d'antimoine, et que je n'ai employé dans mes expériences que de l'antimoine fondu: or le régule d'antimoine ou l'antimoine naturel est bien plus difficile à fondre que l'antimoine qui a déjà subi une première fusion; ainsi, cela ne fait point une exception à la règle. Au reste, j'ignore quel rapport il y aurait entre l'antimoine naturel ou régule d'antimoine et les autres matières que j'ai fait chauffer et refroidir; mais je présume, d'après l'expérience de Newton, qu'il s'échaufferait et se refroidirait plus lentement que le plomb.

2°. L'on prétend que le zinc se fond bien plus aisément que l'argent: par conséquent il devrait se trouver avant l'argent dans l'ordre indiqué par mes expériences, si cet ordre était, dans tous les cas, relatif à celui de la fusibilité; et j'avoue que ce demi-métal semble, au premier coup d'œil, faire une exception à cette loi que suivent tous les autres. Mais il faut observer: 1° que la différence donnée par mes expériences entre le zinc et l'argent est fort petite; 2° que le petit globe d'argent dont je me suis servi était de l'argent le plus pur, sans la moindre partie de cuivre ni d'autre alliage, et l'argent

pur doit se fondre plus aisément et s'échauffer plus vite que l'argent mêlé de cuivre; 3^o quoique le petit globe de zinc m'ait été donné par un de nos plus habiles chimistes (1), ce n'est peut-être pas du zinc absolument pur et sans mélange de cuivre, ou de quelqu'autre matière encore moins fusible. Comme ce soupçon m'était resté après toutes mes expériences faites, j'ai remis le globe de zinc à M. Rouelle, qui me l'avait donné, en le priant de s'assurer s'il ne contenait pas du fer ou du cuivre, ou quelque autre matière qui s'opposerait à sa fusibilité. Les épreuves en ayant été faites, M. Rouelle a trouvé dans ce zinc une quantité assez considérable de fer ou safran de mars : j'ai donc eu la satisfaction de voir que non-seulement mon soupçon était bien fondé, mais encore que mes expériences ont été faites avec assez de précision pour faire reconnaître un mélange dont il n'était pas aisé de se douter : ainsi le zinc suit aussi exactement que les autres métaux et demi-métaux, dans le progrès de la chaleur, l'ordre de la fusibilité, et ne fait point une exception à la règle. On peut donc dire, en général, que le progrès de la chaleur dans les métaux, demi-métaux et minéraux métalliques, est en même raison, ou du moins en raison très-voisine de celle de leur fusibilité (2).

3.

Les matières vitrescibles et vitrées que j'ai mises à l'épreuve étant rangées suivant l'ordre de leur densité, sont :

Pierre ponce, porcelaine, ocre, glaise, verre, cristal de roche et grès; car je dois observer que, quoique le cristal ne soit porté dans la table des poids de chaque matière que pour 6 gros 22 grains, il doit être supposé plus pesant d'environ 1 gros, parce qu'il

était sensiblement trop petit; et c'est par cette raison que je l'ai exclu de la table générale des rapports, ayant rejeté toutes les expériences que j'ai faites avec ce globe trop petit. Néanmoins le résultat général s'accorde assez avec les autres, pour que je puisse le présenter. Voici donc l'ordre dans lequel ces différentes substances se sont refroidies :

Pierre ponce, ocre, porcelaine, glaise, verre, cristal et grès, qui, comme l'on voit, est le même que celui de la densité; car l'ocre ne se trouve ici avant la porcelaine que parce qu'étant une matière friable, il s'est diminué par le frottement qu'il a subi dans les expériences; et d'ailleurs sa densité diffère si peu de celle de la porcelaine, qu'on peut les regarder comme égales.

Ainsi, la loi du progrès de la chaleur dans les matières vitrescibles et vitrées est relative à l'ordre de la densité, et n'a que peu ou point de rapport avec leur fusibilité, par la raison qu'il faut, pour fondre toutes ces substances, un degré presque égal du feu le plus violent, et que les degrés particuliers de leur différente fusibilité sont si près les uns des autres, qu'on ne peut pas en faire un ordre composé de termes distincts. Ainsi, leur fusibilité presque égale ne faisant qu'un terme, qui est l'extrême de cet ordre de fusibilité, on ne doit pas être étonné de ce que le progrès de la chaleur suit ici l'ordre de la densité, et que ces différentes substances, qui toutes sont également difficiles à fondre, s'échauffent et se refroidissent plus lentement et plus vite, à proportion de la quantité de matières qu'elles contiennent.

On pourra m'objecter que le verre se fond plus aisément que la glaise, la porcelaine, l'ocre et la pierre ponce, qui néanmoins s'échauffent et se refroidissent en moins de temps que le verre; mais l'objection tombera lorsqu'on réfléchira qu'il faut, pour fondre le verre, un feu très-violent dont le degré est si éloigné des degrés de chaleur que reçoit le verre dans nos expériences sur le refroidissement, qu'il ne peut influer sur ceux-ci. D'ailleurs, en pulvérisant la glaise, la porcelaine, l'ocre et la pierre ponce, et leur donnant des fondants analogues, comme l'on en donne au sable pour le convertir en verre, il est plus que probable qu'on ferait fondre toutes ces matières au même degré de feu, et que par conséquent on doit regarder comme égale ou presque égale leur résistance à la fusion; et c'est par cette raison

(1) M. Rouelle, démonstrateur de chimie aux écoles du Jardin du Roi.

(2) *Nota.* Le globe de zinc sur lequel ont été faites toutes les expériences s'étant trouvé mêlé d'une portion de fer, j'ai été obligé de substituer, dans la table générale, aux premiers rapports de nouveaux rapports, que j'ai placés sous les autres; par exemple, le rapport du fer au zinc de 10000 à 7654 n'est pas le vrai rapport, et c'est celui de 10000 à 6804, écrit au-dessous, qu'il faut adopter. Il en est de même de toutes les autres corrections que j'ai faites d'un neuvième sur chaque nombre, parce que j'ai reconnu que la portion de fer contenue dans ce zinc avait diminué, au moins d'un neuvième, le progrès de la chaleur.

que la loi du progrès de la chaleur dans ces matières se trouve proportionnelle à l'ordre de leur densité.

4.

Les matières calcaires, rangées suivant l'ordre de leur densité, sont :

Craie, pierre tendre, pierre dure, marbre commun, marbre blanc.

L'ordre dans lequel elles s'échauffent et se refroidissent est : craie, pierre tendre, pierre dure, marbre commun et marbre blanc, qui, comme l'on voit, est le même que celui de leur densité. La fusibilité n'y entre pour rien, parce qu'il faut d'abord un très-grand degré de feu pour les calciner, et que, quoique la calcination en divise les parties, on ne doit en regarder l'effet que comme un premier degré de fusion, et non pas comme une fusion complète; toute la puissance des meilleurs miroirs ardents suffit à peine pour l'opérer. J'ai fondu et réduit en une espèce de verre quelques-unes de ces matières calcaires au foyer d'un de mes miroirs, et je me suis convaincu que ces matières peuvent, comme toutes les autres, se réduire ultérieurement en verre, sans y employer aucun fondant, et seulement par la force d'un feu bien supérieur à celui de nos fourneaux. Par conséquent, le terme commun de leur fusibilité est encore plus éloigné et plus extrême que celui des matières vitrées; et c'est par cette raison qu'elles suivent aussi plus exactement, dans le progrès de la chaleur, l'ordre de la densité.

Le gypse blanc, qu'on appelle impropre-

ment albâtre, est une matière qui se calcine, comme tous les autres piâtres, à un degré de feu plus médiocre que celui qui est nécessaire pour la calcination des matières calcaires : aussi ne suit-il pas l'ordre de la densité dans le progrès de la chaleur qu'il reçoit ou qu'il perd; car, quoique beaucoup plus dense que la craie, et un peu plus dense que la pierre calcaire blanche, il s'échauffe et se refroidit néanmoins bien plus promptement que l'une et l'autre de ces matières. Ceci nous démontre que la calcination et la fusion, plus ou moins faciles, produisent le même effet, relativement au progrès de la chaleur. Les matières gypseuses ne demandent pas, pour se calciner, autant de feu que les matières calcaires; et c'est par cette raison que, quoique plus denses, elles s'échauffent et se refroidissent plus vite.

Ainsi, on peut assurer, en général, que le progrès de la chaleur, dans toutes les substances minérales, est toujours à très-peu près en raison de leur plus ou moins grande facilité à se calciner ou à se fondre; mais que, quand leur calcination ou leur fusion sont également difficiles, et qu'elles exigent un degré de chaleur extrême, alors le progrès de la chaleur se fait suivant l'ordre de leur densité.

Au reste, j'ai déposé au Cabinet du Roi les globes d'or, d'argent et de toutes les autres substances métalliques et minérales qui ont servi aux expériences précédentes, afin de les rendre plus authentiques, en mettant à portée de les vérifier ceux qui voudraient douter de la vérité de leurs résultats, et de la conséquence générale que je viens d'en tirer.

TROISIÈME MÉMOIRE.

OBSERVATIONS SUR LA NATURE DE LA PLATINE (1).

On vient de voir que de toutes les substances minérales que j'ai mises à l'épreuve, ce ne sont pas les plus denses, mais les moins fusibles, auxquelles il faut le plus de temps pour recevoir et perdre la chaleur : le fer et l'émérid, qui sont les matières métalliques les plus difficiles à fondre, sont en même temps celles qui s'échauffent et se refroidissent le plus lentement. Il n'y a dans la nature que la platine qui pourrait être encore moins accessible à la chaleur, et qui la conserverait plus long-temps que le fer. Ce minéral, dont on ne parle que depuis peu, paraît-être encore plus difficile à fondre; le feu des meilleurs fourneaux n'est pas assez violent pour cet effet, ni même pour en agglutiner les petits grains, qui sont tous anguleux, émoussés, durs, et assez semblables pour la forme à de la grosse limaille de fer, mais d'une couleur un peu jaunâtre : et quoiqu'on puisse les faire couler sans addition de fondants, et les réduire en masse au foyer d'un bon fourneau brûlant, la platine semble exiger plus de chaleur que la mine et la limaille de fer, que nous faisons aisément fondre à nos fourneaux de forges. D'ailleurs la densité de la platine étant beaucoup plus grande que celle du fer, les deux qualités de densité et de non-fusibilité se réunissent ici pour rendre cette matière la moins accessible de toutes au progrès de la chaleur. Je présume donc que la platine serait à la tête de ma table, et avant le fer, si je l'avais mise en expérience; mais il ne m'a pas été possible de m'en procurer un globe d'un pouce de diamètre : on ne la trouve qu'en grains (2); et celle qui est en masse n'est pas pure, parce qu'on y a mêlé, pour la fondre, d'autres matières qui

en ont altéré la nature. Un de mes amis (3), homme de beaucoup d'esprit, qui a la bonté de partager souvent mes vues, m'a mis à portée d'examiner cette substance métallique encore rare, et qu'on ne connaît pas assez. Les chimistes qui ont travaillé sur la platine l'ont regardée comme un métal nouveau, parfait, propre, particulier et différent de tous les autres métaux : ils ont assuré que sa pesanteur spécifique était à très-peu près égale à celle de l'or; que néanmoins ce huitième métal différait d'ailleurs essentiellement de l'or, n'en ayant ni la ductilité ni la fusibilité. J'avoue que je suis dans une opinion différente et même tout opposée. Une matière qui n'a ni ductilité ni fusibilité ne doit pas être mise au nombre des métaux, dont les propriétés essentielles et communes sont d'être fusibles et ductiles. Et la platine, d'après l'examen que j'en ai pu faire, ne me paraît pas être un nouveau métal différent de tous les autres, mais un mélange, un alliage de fer et d'or formé par la nature, dans lequel la quantité d'or semble dominer sur la quantité de fer; et voici les faits sur lesquels je crois pouvoir fonder cette opinion.

De huit onces trente-cinq grains de platine que m'a fournis M. d'Angivillers, et que j'ai présentés à une forte pierre d'aimant, il ne m'en est resté qu'une once un gros vingt-neuf grains; tout le reste a été enlevé par l'aimant à deux gros près, qui ont été réduits en poudre qui s'est attachée aux feuilles de papier, et qui les a profondément noircies, comme je le dirai tout-à-l'heure : cela fait donc à très-peu près six septièmes du total qui ont été attirés par l'aimant; ce qui est une quantité si considérable, relativement au tout, qu'il est impossible de se refuser à croire que le fer ne soit contenu dans la substance intime de la platine, et qu'il n'y soit même en assez grande quantité. Il y a plus : c'est que si je ne m'étais pas lassé de ces ex-

(1) Buffon fait partout le mot *platine* féminin : quoiqu'il soit masculin, nous avons cru devoir conserver le texte du Plin français.

(2) Un homme digne de foi m'a néanmoins assuré qu'on trouve quelquefois de la platine en masse, et qu'il en avait vu un morceau de vingt livres pesant, qui n'avait point été fondu, mais tiré de la mine même.

(3) M. le comte de la Billarderie d'Angivillers, de l'Académie des sciences, intendant en survivance du Jardin et du Cabinet du Roi.

périences, qui ont duré plusieurs jours, j'aurais encore tiré par l'aimant une grande partie du restant de mes huit onces de platine; car l'aimant en attirait encore quelques grains un à un, et quelquefois deux quand on a cessé de le présenter. Il y a donc beaucoup de fer dans la platine; et il n'y est pas simplement mêlé comme matière étrangère, mais intimement uni, et faisant partie de sa substance; ou, si l'on veut le nier, il faudra supposer qu'il existe dans la nature une seconde matière qui, comme le fer, est attirable par l'aimant; mais cette supposition gratuite tombera par les autres faits que je vais rapporter.

Toute la platine que j'ai eu occasion d'examiner m'a paru mélangée de deux matières différentes: l'une noire, et très-attirable par l'aimant; l'autre en plus gros grains, d'un blanc livide un peu jaunâtre, et beaucoup moins magnétique que la première: entre ces deux matières, qui sont les deux extrêmes de cette espèce de mélange, se trouvent toutes les nuances intermédiaires, soit pour le magnétisme, soit pour la couleur et la grosseur des grains. Les plus magnétiques, qui sont en même temps les plus noirs et les plus petits, se réduisent aisément en poudre par un frottement assez léger, et laissent sur le papier blanc la même couleur que le plomb frotté. Sept feuilles de papier dont on s'est servi successivement pour exposer la platine à l'action de l'aimant, ont été noircies sur toute l'étendue qu'occupait la platine, les dernières feuilles moins que les premières, à mesure qu'elle se triait, et que les grains qui restaient étaient moins noirs et moins magnétiques. Les plus gros grains, qui sont les plus colorés et les moins magnétiques, au lieu de se réduire en poussière comme les petits grains noirs, sont au contraire très-durs et résistent à toute trituration: néanmoins ils sont susceptibles d'extension dans un mortier d'agate (1), sous les coups réitérés d'un pilon de même matière, et j'en ai aplati et étendu plusieurs grains au double et au triple de l'étendue de leur surface: cette partie de la platine a donc un certain degré de malléabilité et de ductilité, tandis que la partie noire ne paraît être ni malléable ni ductile. Les grains intermédiaires participent des qualités des deux extrêmes; ils

sont aigres et durs, ils se cassent ou s'étendent plus difficilement sous les coups du pilon, et donnent un peu de poudre noire, mais moins noire que la première.

Ayant recueilli cette poudre noire et les grains les plus magnétiques que l'aimant avait attirés les premiers, j'ai reconnu que le tout était du vrai fer, mais dans un état différent du fer ordinaire. Celui-ci, réduit en poudre et en limaille, se charge de l'humidité et se rouille aisément: à mesure que la rouille le gagne, il devient moins magnétique et finit absolument par perdre cette qualité magnétique, lorsqu'il est entièrement et intimement rouillé; au lieu que cette poudre de fer, ou si l'on veut, ce sablon ferrugineux qui se trouve dans la platine, est au contraire inaccessible à la rouille, quelque long-temps qu'il soit exposé à l'humidité: il est aussi plus infusible et beaucoup moins dissoluble que le fer ordinaire; mais ce n'en est pas moins du fer, qui ne m'a paru différer du fer connu que par une plus grande pureté. Ce sablon est en effet du fer absolument dépouillé de toutes les parties combustibles, salines et terreuses, qui se trouvent dans le fer ordinaire et même dans l'acier: il paraît enduit et recouvert d'un vernis vitreux qui le défend de toute altération. Et ce qu'il y a de très-remarquable, c'est que ce sablon de fer pur n'appartient pas exclusivement, à beaucoup près, à la mine de platine; j'en ai trouvé, quoique toujours en petite quantité, dans plusieurs endroits où l'on a fouillé les mines de fer qui se consomment à mes forges. Comme je suis dans l'usage de soumettre à plusieurs épreuves toutes les mines que je fais exploiter, avant de me déterminer à les faire travailler en grand pour l'usage de mes fourneaux, je fus assez surpris de voir que dans quelques-unes de ces mines, qui toutes sont en grains, et dont aucune n'est attirable par l'aimant, il se trouvait néanmoins des particules de fer un peu arrondies et luisantes comme de la limaille de fer, et tout-à-fait semblables au sablon ferrugineux de la platine; elles sont tout aussi magnétiques, tout aussi peu fusibles, tout aussi difficilement dissolubles: tel fut le résultat de la comparaison que je fis du sablon de la platine, et de ce sablon trouvé dans deux de mes mines de fer, à trois pieds de profondeur, dans des terrains où l'eau pénètre assez facilement. J'avais peine à concevoir d'où pouvait provenir ces particules de fer; comment elles avaient pu se dé-

(1) *Nota.* Je n'ai pas voulu les étendre sur le tas d'acier, dans la crainte de leur communiquer plus de magnétisme qu'ils n'en ont naturellement.

fendre de la rouille depuis des siècles qu'elles sont exposées à l'humidité de la terre; enfin, comment ce fer très-magnétique pouvait avoir été produit dans des veines de mines qui ne le sont point du tout. J'ai appelé l'expérience à mon secours, et je me suis assez éclairé sur tous ces points pour être satisfait. Je savais, par un grand nombre d'observations, qu'aucune de nos mines de fer en grains n'est attirable par l'aimant: j'étais bien persuadé, comme je le suis encore, que toutes les mines de fer qui sont magnétiques n'ont acquis cette propriété que par l'action du feu; que les mines du nord, qui sont assez magnétiques pour qu'on les cherche avec la boussole, doivent leur origine à l'élément du feu, tandis que toutes nos mines en grains, qui ne sont point du tout magnétiques, n'ont jamais subi l'action du feu, et n'ont été formées que par le moyen ou l'intermède de l'eau. Je pensai donc que ce sablon ferrugineux et magnétique, que je trouvais en petite quantité dans mes mines de fer, devait son origine au feu; et ayant examiné le local, je me confirmai dans cette idée. Le terrain où se trouve ce sablon magnétique est en bois, de temps immémorial; on y a fait très-anciennement, et on y fait tous les jours, des fourneaux de charbon: il est aussi plus que probable qu'il y a eu dans ces bois des incendies considérables. Le charbon et le bois brûlé, surtout en grande quantité, produisent du mâchefer, et ce mâchefer renferme la partie la plus fixe du fer que contiennent les végétaux: c'est ce fer fixe qui forme le sablon dont il est question, lorsque le mâchefer se décompose par l'action de l'air, du soleil et des pluies; car alors ces particules de fer pur, qui ne sont point sujettes à la rouille ni à aucune autre espèce d'altération, se laissent entraîner par l'eau, et pénètrent dans la terre avec elle à quelques pieds de profondeur. On pourra vérifier ce que j'avance ici, en faisant broyer du mâchefer bien brûlé; on y trouvera toujours une petite quantité de ce fer pur, qui, ayant résisté à l'action du feu, résiste également à celle des dissolvants, et ne donne point de prise à la rouille (1).

(1) J'ai reconnu, dans le Cabinet d'histoire naturelle, des sablons ferrugineux de même espèce que celui de mes mines, qui m'ont été envoyés de différents endroits, et qui sont également magnétiques. On en trouve à Quimper en Bretagne, en Danemarck, en Sibérie, à Saint-Domingue; et les ayant tous comparés, j'ai vu que le sablon ferrugineux de Quimper

M'étant satisfait sur ce point, et après avoir comparé le sablon tiré de mes mines de fer et du mâchefer avec celui de la platine assez pour ne pouvoir douter de leur identité, je ne fus pas long-temps à penser, vu la pesanteur spécifique de la platine, que si ce sablon de fer pur, provenant de la décomposition du mâchefer, au lieu d'être dans une mine de fer, se trouvait dans le voisinage d'une mine d'or, il aurait, en s'unissant à ce dernier métal, formé un alliage qui serait absolument de la même nature que la platine. On sait quel'or et le fer ont un grand degré d'affinité; on sait que la plupart des mines de fer contiennent une petite quantité d'or; on sait donner à l'or la teinture, la couleur et même l'aigre du fer, en les faisant fondre ensemble: on emploie cet or couleur de fer sur différents bijoux d'or, pour en varier les couleurs; et cet or, mêlé de fer, est plus ou moins gris, et plus ou moins aigre, suivant la quantité de fer qui entre dans le mélange. J'en ai vu d'une teinte absolument semblable à la couleur de la platine. Ayant demandé à un orfèvre quelle était la proportion de l'or et du fer dans ce mélange, qui était de la couleur de la platine, il me dit que l'or de 24 karats n'était plus qu'à 18 karats, et qu'il y entraient un quart de fer. On verra que c'est à peu près la proportion qui se trouve dans la platine naturelle, si l'on en juge par la pesanteur spécifique. Cet or, mêlé de fer, est plus dur, plus aigre et spécifiquement moins pesant que l'or pur: toutes ces convenances, toutes ces qualités communes avec la platine, m'ont persuadé que ce prétendu métal n'est, dans le vrai, qu'un alliage d'or et de fer, et non pas une substance particulière, un métal nouveau, parfait, et différent de tous les autres métaux, comme les chimistes l'ont avancé.

était celui qui ressemblait le plus au mien, et qu'il n'en différait que par un peu plus de pesanteur spécifique. Celui de Saint-Domingue est plus léger, celui de Danemarck est moins pur et plus mélangé de terre, et celui de Sibérie est en masse et en morceaux gros comme le pouce, solides, pesants, et que l'aimant soulève à peu près comme si c'était une masse de fer pur. On peut donc présumer que ces sablons magnétiques, provenant du mâchefer, se trouvent aussi communément que le mâchefer même, mais seulement en bien plus petite quantité. Il est rare qu'on en trouve des amas un peu considérables, et c'est par cette raison qu'ils ont échappé, pour la plupart, aux recherches des minéralogistes.

On peut d'ailleurs se rappeler que l'alliage aigrit tous les métaux, et que quand il y a pénétration, c'est-à-dire augmentation dans la pesanteur spécifique, l'alliage en est d'autant plus aigre que la pénétration est plus grande, et le mélange devenu plus intime, comme on le reconnaît dans l'alliage appelé *métal des cloches*, quoiqu'il soit composé de deux métaux très-ductiles. Or, rien n'est plus aigre ni plus pesant que la platine : cela seul aurait dû faire soupçonner que ce n'est qu'un alliage fait par la nature, un mélange de fer et d'or, qui doit sa pesanteur spécifique en partie à ce dernier métal, et peut-être aussi en grande partie à la pénétration des deux matières dont il est composé.

Néanmoins, cette pesanteur spécifique de la platine n'est pas aussi grande que nos chimistes l'ont publié. Comme cette matière, traitée seule et sans addition de fondants, est très-difficile à réduire en masse, qu'on n'en peut obtenir au feu du miroir brûlant que de très-petites masses, et que les expériences hydrostatiques faites sur de petits volumes sont si défectueuses, qu'on n'en peut rien conclure, il me paraît qu'on s'est trompé sur l'estimation de la pesanteur spécifique de ce minéral. J'ai mis de la poudre d'or dans un petit tuyau de plume, que j'ai pesé très-exactement; j'ai mis dans le même tuyau un égal volume de platine, il pesait près d'un dixième de moins; mais cette poudre d'or était beaucoup trop fine en comparaison de la platine. M. Tillet, qui joint à une connaissance approfondie des métaux le talent rare de faire des expériences avec la plus grande précision, a bien voulu répéter, à ma prière, celle de la pesanteur spécifique de la platine comparée à l'or pur. Pour cela, il s'est servi, comme moi, d'un tuyau de plume, et il a fait couper à la cisaille de l'or à 24 karats, réduit autant qu'il était possible à la grosseur des grains de la platine, et il a trouvé, par huit expériences, que la pesanteur de la platine différait de celle de l'or pur d'un quinzième à très-peu près; mais nous avons observé tous deux que les grains d'or, coupés à la cisaille avaient les angles beaucoup plus vifs que la platine. Celle-ci, vue à la loupe, est à peu près de la forme des galets roulés par l'eau; tous les angles sont émoussés, elle est même douce au toucher, au lieu que les grains de cet or coupés à la cisaille avaient des angles vifs et des pointes tranchantes, en sorte qu'ils ne pouvaient pas s'ajuster ni s'entasser les uns sur les autres

aussi aisément que ceux de la platine; tandis qu'au contraire la poudre d'or, dont je me suis servi, était de l'or en paillettes, telles que les arpailleurs les trouvent dans le sable des rivières. Ces paillettes s'ajustent beaucoup mieux les unes contre les autres. J'ai trouvé environ un dixième de différence entre le poids spécifique de ces paillettes et celui de la platine : néanmoins ces paillettes ne sont pas ordinairement d'or pur, il s'en faut souvent plus de deux ou trois karats; ce qui en doit diminuer en même rapport la pesanteur spécifique. Ainsi, tout bien considéré et comparé, nous avons cru qu'on pouvait maintenir le résultat de mes expériences : et assurer que la platine en grains, et telle que la nature la produit, est au moins d'un onzième ou d'un douzième moins pesante que l'or. Il y a toute apparence que cette erreur de fait sur la densité de la platine vient de ce qu'on ne l'aura pas pesée dans son état de nature, mais seulement après l'avoir réduite en masse; et comme cette fusion ne peut se faire que par l'addition d'autres matières et à un feu très-violent, ce n'est plus de la platine pure, mais un composé dans lequel sont entrées des matières fondantes, et duquel le feu a enlevé les parties les plus légères.

Ainsi la platine, au lieu d'être d'une densité égale ou presque égale à celle de l'or pur, comme l'ont avancé les auteurs qui en ont écrit, n'est que d'une densité moyenne entre celle de l'or et celle du fer, et seulement plus voisine de celle de ce premier métal que de celle du dernier. Supposant donc que le pied cube d'or pèse treize cent vingt-six livres, et celui du fer pur cinq cent quatre-vingts livres, celui de la platine en grains se trouvera peser environ onze cent quatre-vingt-quatorze livres; ce qui supposerait plus de trois quarts d'or sur un quart de fer dans cet alliage, s'il n'y a pas de pénétration; mais, comme on en tire six septièmes à l'aimant, on pourrait croire que le fer y est en quantité de plus d'un quart, d'autant plus qu'en s'obstinant à cette expérience, je suis persuadé qu'on viendrait à bout d'enlever, avec un fort aimant, toute la platine jusqu'au dernier grain. Néanmoins, on n'en doit pas conclure que le fer y soit contenu en si grande quantité; car, lorsqu'on le mêle par la fonte avec l'or, la masse qui résulte de cet alliage est attirable par l'aimant, quoique le fer n'y soit qu'en petite quantité. J'ai vu, entre les mains de M. Beaumé, un bouton de cet al-

liage pesant soixante-six grains, dans lequel il n'était entré que six grains, c'est-à-dire un onzième de fer; et ce bouton se laissait enlever aisément par un bon aimant. Dès lors la platine pourrait bien ne contenir qu'un onzième de fer sur dix onzièmes d'or, et donner néanmoins tous les mêmes phénomènes, c'est-à-dire être attirée en entier par l'aimant; et cela s'accorderait parfaitement avec la pesanteur spécifique, qui est d'un dixième ou d'un douzième moindre que celle de l'or.

Mais ce qui me fait présumer que la platine contient plus d'un onzième de fer sur dix onzièmes d'or, c'est que l'alliage qui résulte de cette proportion est encore couleur d'or et beaucoup plus jaune que ne l'est la platine la plus colorée, et qu'il faut un quart de fer sur trois quarts d'or pour que l'alliage ait précisément la couleur naturelle de la platine. Je suis donc très-porté à croire qu'il pourrait bien y avoir cette quantité d'un quart de fer dans la platine. Nous nous sommes assurés, M. Tillet et moi, par plusieurs expériences, que le sablon de ce fer pur que contient la platine est plus pesant que la limaille de fer ordinaire. Ainsi cette cause, ajoutée à l'effet de la pénétration, suffit pour rendre raison de cette grande quantité de fer contenue sous le petit volume indiqué par la pesanteur spécifique de la platine.

Au reste, il est très-possible que je me trompe dans quelques-unes des conséquences que j'ai cru devoir tirer de mes observations sur cette substance métallique : je n'ai pas été à portée d'en faire un examen aussi approfondi que j'aurais voulu; ce que j'en dis n'est que ce que j'ai vu, et pourra peut-être servir à faire voir mieux.

PREMIÈRE ADDITION.

Comme j'étais sur le point de livrer ces feuilles à l'impression, le hasard fit que je parlai de mes idées sur la platine à M. le comte de Milly, qui a beaucoup de connaissances en physique et en chimie : il me répondit qu'il pensait à peu près comme moi sur la nature de ce minéral. Je lui donnai le Mémoire ci-dessus pour l'examiner, et, deux jours après, il eut la bonté de m'envoyer les observations suivantes, que je crois aussi bonnes que les miennes, et qu'il m'a permis de publier ensemble.

« J'ai pesé exactement trente-six grains de platine; je l'ai étendue sur une feuille de papier blanc, pour pouvoir mieux l'observer avec une bonne loupe : j'y ai aperçu

» ou j'ai cru y apercevoir très-distinctement
 » trois substances différentes : la première
 » avait le brillant métallique, elle était la
 » plus abondante; la seconde, vitriforme,
 » tirant sur le noir, ressemble assez à une
 » matière métallique ferrugineuse qui aurait
 » subi un degré de feu considérable, telle
 » que des scories de fer, appelées vulgairement
 » *mâchefer*; la troisième, moins abon-
 » dante que les deux premières, est du sable
 » de toutes couleurs, où cependant le jaune,
 » couleur de topaze, domine. Chaque grain
 » de sable, considéré à part, offre à la vue
 » des cristaux réguliers de différentes cou-
 » leurs; j'en ai remarqué de cristallisés en
 » aiguilles hexagones, se terminant en py-
 » ramide comme le cristal de roche, et il
 » m'a semblé que ce sable n'était qu'un *de-*
 » *trit* de cristaux de roche ou de quartz de
 » différentes couleurs.

» Je formai le projet de séparer, le plus
 » exactement possible, ces différentes sub-
 » stances par le moyen de l'aimant, et de
 » mettre à part la partie la plus attirable à
 » l'aimant, d'avec celle qui l'était moins, et
 » enfin de celle qui ne l'était pas du tout;
 » ensuite d'examiner chaque substance en
 » particulier et de les soumettre à différentes
 » épreuves chimiques et mécaniques.

» Je mis à part les parties de la platine
 » qui furent attirées avec vivacité à la dis-
 » tance de deux ou trois lignes, c'est-à-dire
 » sans le contact de l'aimant, et je me ser-
 » vis, pour cette expérience, d'un bon ai-
 » mant factice de M. l'abbé...; ensuite je
 » touchai avec ce même aimant le métal, et
 » j'en enlevai tout ce qui voulut céder à
 » l'effort magnétique, que je mis à part : je
 » pesai ce qui était resté et qui n'était pres-
 » que plus attirable; cette matière non atti-
 » rable, et que je nommerai n° 4, pesait
 » vingt-trois grains; n° 1^{er}, qui était le plus
 » sensible à l'aimant, pesait quatre grains;
 » n° 2, pesait de même quatre grains; et
 » n° 3, cinq grains.

» N° 1^{er}, examiné à la loupe, n'offrait à
 » la vue qu'un mélange de parties métalli-
 » ques, d'un blanc sale tirant sur le gris,
 » aplaties et arrondies en forme de galets et
 » de sable noir vitriforme, ressemblant à du
 » mâchefer pilé, dans lequel on aperçoit des
 » parties très-rouillées, enfin telles que les
 » scories de fer en présentent lorsqu'elles
 » ont été exposées à l'humidité.

» N° 2 présentait à peu près la même
 » chose, à l'exception que les parties métal-

» liques dominaient, et qu'il n'y en avait
» que très-peu de rouillées.

» N° 3 était la même chose : mais les par-
» ties métalliques étaient plus volumineuses ;
» elles ressemblaient à du métal fondu , et
» qui a été jeté dans l'eau pour le diviser en
» grenailles : elles sont aplaties ; elles affec-
» tent toutes sortes de figures, mais arron-
» dies sur les bords, à la manière des galets-
» qui ont été roulés et polis par les eaux.

» N° 4, qui n'avait point été enlevé par
» l'aimant, mais dont quelques parties don-
» naient encore des marques de sensibilité
» au magnétisme, lorsqu'on passait l'aimant
» sous le papier où elles étaient étendues,
» était un mélange de sable, de parties mé-
» talliques et de vrai mâchefer friable sous
» les doigts, qui noircissait à la manière du
» mâchefer ordinaire. Le sable semblait
» être composé de petits cristaux de topaze,
» de cornaline et de cristal de roche ; j'en
» écrasai quelques cristaux sur un tas d'a-
» cier, et la poudre qui en résulta était
» comme du vernis réduit en poudre. Je fis
» la même chose au mâchefer, il s'écrasa
» avec la plus grande facilité, et il m'offrit
» une poudre noire ferrugineuse qui noir-
» cissait le papier comme le mâchefer ordi-
» naire.

» Les parties métalliques de ce dernier
» (n° 4) me parurent plus ductiles sous le
» marteau que celles du n° 1^{er}, ce qui me
» fit croire qu'elles contenaient moins de fer
» que les premières ; d'où il s'ensuit que la
» platine pourrait fort bien n'être qu'un mé-
» lange de fer et d'or fait par la nature, ou
» peut-être de la main des hommes, comme
» je le dirai par la suite.

» Je tâcherai d'examiner, par tous les
» moyens qui me seront possibles, la na-
» ture de la platine, si je peux en avoir à ma
» disposition en suffisante quantité ; en at-
» tendant, voici les expériences que j'ai
» faites.

» Pour m'assurer de la présence du fer
» dans la platine par des moyens chimiques,
» je pris les deux extrêmes, c'est-à-dire
» n° 1^{er} qui était très-attirable à l'aimant, et
» n° 4 qui ne l'était pas ; je les arrosai avec
» de l'esprit de nitre un peu fumant, j'ob-
» servai avec la loupe ce qui en résulterait ;
» mais je n'y aperçus aucun mouvement d'ef-
» fervescence. J'y ajoutai de l'eau distillée,
» et il ne se fit encore aucun mouvement ;
» mais les parties métalliques se décapèrent,
» et elles prirent un nouveau brillant sem-

» blable à celui de l'argent. J'ai laissé ce
» mélange tranquille pendant cinq ou six
» minutes ; et ayant encore ajouté de l'eau,
» j'y laissai tomber quelques gouttes de la
» liqueur alcaline saturée de la matière co-
» lorante du bleu de Prusse, et sur-le-champ
» le n° 1^{er} me donna un très-beau bleu de
» Prusse.

» Le n° 4 ayant été traité de même, et,
» quoiqu'il se fût refusé à l'action de l'ai-
» mant et à celle de l'esprit de nitre, me
» donna de même que le n° 1^{er} du très-beau
» bleu de Prusse.

» Il y a deux choses fort singulières à re-
» marquer dans ces expériences : 1^o il passe
» pour constant parmi les chimistes, qui
» ont traité de la platine, que l'eau forte ou
» l'esprit de nitre n'a aucune action sur elle ;
» cependant, comme on vient de le voir, il
» s'en dissout assez, quoique sans efferves-
» cence, pour donner du bleu de Prusse
» lorsqu'on y ajoute de la liqueur alkaline
» phlogistiquée et saturée de la matière co-
» lorante, qui, comme on sait, précipite le
» fer en bleu de Prusse ;

» 2^o. La platine, qui n'est pas sensible à
» l'aimant, n'en contient pas moins du fer,
» puisque l'esprit de nitre en dissout assez,
» sans occasionner d'effervescence, pour for-
» mer du bleu de Prusse.

» D'où il s'ensuit que cette substance, que
» les chimistes modernes, peut-être trop
» avides du merveilleux et de vouloir don-
» ner du nouveau, regardent comme un huiti-
» ème métal pourrait bien n'être, comme
» je l'ai dit, qu'un mélange d'or et de fer.

» Il reste sans doute bien des expériences
» à faire pour pouvoir déterminer comment
» ce mélange a pu avoir lieu, si c'est l'ou-
» vrage de la nature, et comment ; ou si c'est
» le produit de quelque volcan, ou simple-
» ment le produit des travaux que les Espa-
» gnols ont faits dans le Nouveau-Monde
» pour retirer l'or des mines du Pérou : je
» ferai mention par la suite de mes conjec-
» tures là-dessus.

» Si l'on frotte de la platine naturelle sur
» un linge blanc, elle le noircit comme pour-
» rait le faire le mâchefer ordinaire ; ce qui
» m'a fait soupçonner que ce sont les parties
» de fer réduites en mâchefer qui se trouvent
» dans la platine, qui donnent cette couleur,
» et qui ne sont dans cet état que pour avoir
» éprouvé l'action d'un feu violent. D'ail-
» leurs, ayant examiné une seconde fois de
» la platine avec ma loupe, j'y aperçus dif-

» férents globules de mercure coulant; ce
 » qui me fit imaginer que la platine pour-
 » rait bien être un produit de la main des
 » hommes, et voici comment.

» La platine, à ce qu'on m'a dit, se tire
 » des mines les plus anciennes du Pérou,
 » que les Espagnols ont exploitées après la
 » conquête du Nouveau-Monde. Dans ces
 » temps reculés, on ne connaissait guère
 » que deux manières d'extraire l'or des sa-
 » bles qui le contenaient : 1^o par l'amal-
 » game du mercure; 2^o par le départ à sec :
 » on triturait le sable aurifère avec du mer-
 » cure, et lorsqu'on jugeait qu'il s'était
 » chargé de la plus grande partie de l'or,
 » on rejetait le sable qu'on nommait *crasse*,
 » comme inutile et de nulle valeur.

» Le départ à sec se faisait avec aussi peu
 » d'intelligence. Pour y vaquer, on commen-
 » çait par minéraliser les métaux aurifères
 » par le moyen du soufre, qui n'a point d'ac-
 » tion sur l'or, dont la pesanteur spécifique
 » est plus grande que celle des autres mé-
 » taux; mais pour faciliter sa précipitation,
 » on ajoute du fer en limaille qui s'empare
 » du soufre surabondant, méthode qu'on
 » suit encore aujourd'hui (1). La force du
 » feu vitrifie une partie du fer, l'autre se
 » combine avec une petite portion d'or et
 » même d'argent qui se mêle avec les sco-
 » ries, d'où on ne peut le retirer que par
 » plusieurs fontes, et sans être bien instruit
 » des intermédiaires convenables que les doc-
 » masistes emploient. La chimie, qui s'est
 » perfectionnée de nos jours, donne à la
 » vérité les moyens de retirer cet or et cet
 » argent en plus grande partie : mais, dans
 » le temps où les Espagnols exploitaient les
 » mines du Pérou, ils ignoraient sans doute
 » l'art de traiter les mines avec le plus grand
 » profit; et d'ailleurs, ils avaient de si gran-
 » des richesses à leur disposition, qu'ils né-
 » gligeaient vraisemblablement les moyens
 » qui leur auraient coûté de la peine, des
 » soins et du temps. Ainsi il y a apparence
 » qu'ils se contentaient d'une première fonte,
 » et jetaient les scories comme inutiles, ainsi
 » que le sable qui avait passé par le mer-
 » cure; peut-être même ne faisaient-ils qu'un
 » tas de ces deux mélanges, qu'ils regar-
 » daient comme de nulle valeur.

» Ces scories contenaient encore de l'or,
 » beaucoup de fer sous différents états, et
 » cela en des proportions différentes qui
 » nous sont inconnues, mais qui sont telles
 » peut-être qu'elles peuvent avoir donné
 » l'existence à la platine. Les globules de
 » mercure que j'ai observés, et les paillettes
 » d'or que j'ai vues distinctement, à l'aide
 » d'une bonne loupe, dans la platine que
 » j'ai eue entre les mains, m'ont fait naître
 » les idées que je viens d'écrire sur l'origine
 » de ce métal; mais je ne le donne que
 » comme des conjectures hasardées : il fau-
 » drait, pour en acquérir quelque certitude,
 » savoir au juste où sont situées les mines
 » de la platine; si elles ont été exploitées
 » anciennement; si on la tire d'un terrain
 » neuf, ou si ce ne sont que des décombres;
 » à quelle profondeur on la trouve, et enfin
 » si la main des hommes y est exprimée ou
 » non. Tout cela pourrait aider à vérifier
 » ou à détruire les conjectures que j'ai avan-
 » cées (2). »

REMARQUES.

Ces observations de M. le comte de Milly confirment les miennes dans presque tous les points. La nature est une, et se présente toujours la même à ceux qui la savent observer : ainsi l'on ne doit pas être surpris que, sans aucune communication, M. de Milly ait vu les mêmes choses que moi, et qu'il en ait tiré la même conséquence, que la platine n'est point un nouveau métal, différent de tous les autres métaux, mais un mélange de fer et d'or. Pour concilier encore de plus près ses observations avec les miennes, et pour éclaircir en même temps les doutes qui restent en grand nombre sur l'origine et sur la formation de la platine, j'ai cru devoir ajouter les remarques suivantes :

1^o. M. le comte de Milly distingue dans la platine trois espèces de matières; savoir, deux métalliques, et la troisième non métallique, de substance et de forme quartzeuse ou cristalline. Il a observé, comme moi, que, des deux matières métalliques, l'une est très-atirable par l'aimant, et que

(1) Voyez les *Éléments docimastiques* de Cramer; l'*Art de traiter les mines*, par Schuller, Schindeler, etc.

(2) M. le baron de Sickingen, ministre de l'électeur palatin, a dit à M. de Milly avoir actuellement entre les mains deux Mémoires qui lui ont été remis par M. Kellner, chimiste et métallurgiste, attaché à M. le prince de Birckenfeld, à Manheim, qui offre à la cour d'Espagne de rendre à peu près autant d'or pesant qu'on lui livrera de platine.

l'autre l'est très-peu ou point du tout. J'ai fait mention de ces deux matières comme lui ; mais je n'ai pas parlé de la troisième, qui n'est pas métallique, parce qu'il n'y en avait point ou très-peu dans la platine sur laquelle j'ai fait mes observations. Il y a apparence que la platine dont s'est servi M. de Milly était moins pure que la mienne, que j'ai observée avec soin, et dans laquelle je n'ai vu que quelques petits globules transparents comme du verre blanc fondu, qui étaient unis à des particules de platine ou de sablon ferrugineux, et qui se laissaient enlever ensemble par l'aimant. Ces globules transparents étaient en très-petit nombre ; et dans huit onces de platine que j'ai bien regardée et fait regarder à d'autres avec une loupe très-forte, on n'a point aperçu de cristaux réguliers. Il m'a paru au contraire que toutes les particules transparentes étaient globuleuses comme du verre fondu, et toutes attachées à des parties métalliques, comme le laitier s'attache au fer lorsqu'on le fond. Néanmoins, comme je ne doutais point du tout de la vérité de l'observation de M. de Milly qui avait vu dans sa platine des particules quartzeuses et cristallines de forme régulière et en grand nombre, j'ai cru ne devoir pas me borner à l'examen de la seule platine dont j'ai parlé ci-devant : j'en ai trouvé au Cabinet du-Roi que j'ai examinée avec M. Daubenton, de l'Académie des sciences, et qui nous a paru à tous deux bien moins pure que la première ; et nous y avons en effet remarqué un grand nombre de petits cristaux prismatiques et transparents, les uns couleur de rubis-balais, d'autres couleur de topaze, et d'autres enfin parfaitement blancs. Ainsi M. le comte de Milly ne s'était point trompé dans son observation ; mais ceci prouve seulement qu'il y a des mines de platine bien plus pures les unes que les autres, et que, dans celles qui le sont le plus, il ne se trouve point de ces corps étrangers : M. Daubenton a aussi remarqué quelques grains aplatis par-dessous et renflés par-dessus, comme serait une goutte de métal fondu qui se serait refroidie sur un plan. J'ai vu très-distinctement un de ces grains hémisphériques, et cela pourrait indiquer que la platine est une matière qui a été fondue par le feu : mais il est bien singulier que, dans cette matière fondue par le feu, on trouve de petits cristaux, des topazes et des rubis ; et je ne sais si l'on ne doit pas soupçonner de la fraude de la part de ceux

qui ont fourni cette platine, et qui, pour en augmenter la quantité, auront pu la mêler avec ces sables cristallins ; car, je le répète, je n'ai point trouvé de ces cristaux dans plus d'une demi-livre de platine que m'a donnée M. le comte d'Angivillers.

2°. J'ai trouvé, comme M. de Milly, des paillettes d'or dans la platine ; elles sont aisées à reconnaître par leur couleur, et parce qu'elles ne sont point du tout magnétiques : mais j'avoue que je n'ai pas aperçu les globules de mercure qu'a vus M. de Milly. Je ne veux pas pour cela nier leur existence ; seulement, il me semble que les paillettes d'or se trouvant avec ces globules de mercure dans la même matière, elles seraient bientôt amalgamées, et ne conserveraient pas la couleur jaune de l'or que j'ai remarquée dans toutes les paillettes d'or que j'ai pu trouver dans une demi-livre de platine (1). D'ailleurs les globules transparents, dont je viens de parler, ressemblent beaucoup à des globules de mercure vif et brillant, en sorte qu'au premier coup d'œil il est aisé de s'y tromper.

3°. Il y avait beaucoup moins de parties ternes et rouillées dans ma première platine que dans celle de M. de Milly ; et ce n'est pas proprement de la rouille qui couvre la surface de ces particules ferrugineuses, mais une substance noire, produite par le feu, et tout-à-fait semblable à celle qui couvre la surface du fer brûlé : mais ma seconde platine, c'est-à-dire celle que j'ai prise au Cabinet du Roi, avait encore de commun avec celle de M. le comte de Milly, d'être mélangée de quelques parties ferrugineuses ; qui, sous le marteau, se réduisaient en poussière jaune et avaient tous les caractères de la rouille. Ainsi cette platine du Cabinet du Roi, et celle de M. de Milly, se ressemblant à tous égards, il est vraisemblable qu'elles sont venues du même endroit et par la même voie ; je soupçonne même que toutes deux ont été sophistiquées et mélangées de près de moitié avec des matières étrangères, cristallines et ferrugineuses rouillées, qui ne se trouvent pas dans la platine naturelle.

4°. La production du bleu de Prusse par la platine me paraît prouver évidemment la

(1) J'ai trouvé depuis dans d'autre platine des paillettes d'or qui n'étaient pas jaunes, mais brunes et même noires comme le sablon ferrugineux de la platine, qui probablement leur avait donné cette couleur noirâtre.

présence du fer dans la partie même de ce minéral qui est la moins attirable à l'aimant, et confirmer en même temps ce que j'ai avancé du mélange intime du fer dans sa substance. Le décapement de la platine par l'esprit de nitre prouve que, quoiqu'il n'y ait point d'effervescence sensible, cet acide ne laisse pas d'agir sur la platine d'une manière évidente, et que les auteurs qui ont assuré le contraire ont suivi leur routine ordinaire, qui consiste à regarder comme nulle toute action qui ne produit pas l'effervescence. Ces deux expériences de M. de Milly me paraissent très-importantes ; elles seraient même décisives si elles réussissaient toujours également.

5°. Il nous manque en effet beaucoup de connaissances qui seraient nécessaires pour pouvoir prononcer affirmativement sur l'origine de la platine. Nous ne savons rien de l'histoire naturelle de ce minéral, et nous ne pouvons trop exhorter ceux qui sont à portée de l'examiner sur les lieux, de nous faire part de leurs observations. En attendant, nous sommes forcés de nous borner à des conjectures, dont quelques-unes me paraissent seulement plus vraisemblables que les autres. Par exemple, je ne crois pas que la platine soit l'ouvrage des hommes ; les Mexicains et les Péruviens savaient fondre et travailler l'or avant l'arrivée des Espagnols, et ils ne connaissaient pas le fer, qu'il aurait néanmoins fallu employer, dans le départ à sec, en grande quantité. Les Espagnols eux-mêmes n'ont point établi de fourneaux à fondre les mines de fer en cette contrée, dans les premiers temps qu'ils l'ont habitée. Il y a donc toute apparence qu'ils ne se sont pas servis de limaille de fer pour le départ de l'or, du moins dans les commencements de leurs travaux, qui d'ailleurs ne remontent pas à deux siècles et demi, temps beaucoup trop court pour une production aussi abondante que celle de la platine, qu'on ne laisse pas de trouver en assez grande quantité dans plusieurs endroits.

D'ailleurs, lorsqu'on mêle de l'or avec du fer, en les faisant fondre ensemble, on peut toujours, par les voies chimiques, les séparer et retirer l'or en entier ; au lieu que jusqu'à présent les chimistes n'ont pu faire cette séparation dans la platine, ni déterminer la quantité d'or contenue dans ce minéral : cela semble prouver que l'or y est uni d'une manière plus intime que dans l'alliage ordinaire, et que le fer y est aussi, comme je l'ai

dit, dans un état différent de celui du fer commun. La platine ne me paraît donc pas être l'ouvrage de l'homme, mais le produit de la nature, et je suis très-porté à croire qu'elle doit sa première origine au feu des volcans. Le fer brûle, autant qu'il est possible, intimement uni avec l'or par la sublimation ou par la fusion, peut avoir produit ce minéral, qui d'abord ayant été formé par l'action du feu le plus violent, aura ensuite éprouvé les impressions de l'eau et les frottements réitérés qui lui ont donné la forme qu'ils donnent à tous les autres corps, c'est-à-dire celle des galets et des angles émoussés. Mais il se pourrait aussi que l'eau seule eût produit la platine ; car, en supposant l'or et le fer tous deux divisés, autant qu'ils peuvent l'être par la voie humide, leurs molécules, en se réunissant, auront pu former les grains qui la composent, et qui, depuis les plus pesants jusqu'aux plus légers, contiennent tous de l'or et du fer. La proposition du chimiste qui offre de rendre à peu près autant d'or qu'on lui fournira de platine, semblerait indiquer qu'il n'y a en effet qu'un onzième de fer sur dix onzièmes d'or dans ce minéral, ou peut-être encore moins : mais là peu près de ce chimiste est probablement d'un cinquième ou d'un quart, et ce serait toujours beaucoup si sa promesse pouvait se réaliser à un quart près.

SECONDE ADDITION.

M'étant trouvé à Dijon cet été 1773, l'Académie des sciences et belles-lettres de cette ville, dont j'ai l'honneur d'être membre, me parut désirer d'entendre la lecture de mes observations sur la platine. Je m'y prêtai d'autant plus volontiers, que, sur une matière aussi neuve, on ne peut trop s'informer ni consulter assez, et que j'avais lieu d'espérer de tirer quelques lumières d'une compagnie qui rassemble beaucoup de personnes instruites en tous genres. M. de Morveau, avocat-général au parlement de Bourgogne, aussi savant physicien que grand jurisconsulte, prit la résolution de travailler sur la platine. Je lui donnai une portion de celle que j'avais attirée par l'aimant, et une autre portion de celle qui avait paru insensible au magnétisme, en le priant d'exposer ce minéral singulier au plus grand feu qu'il lui serait possible de faire ; et, quelque temps après, il m'a remis les expériences suivantes, qu'il a trouvé bon de joindre ici avec les miennes.

EXPÉRIENCES

FAITES PAR M. DE MORVEAU, EN SEPTEMBRE 1773.

« M. le comte de Buffon, dans un voyage
 » qu'il a fait à Dijon cet été 1773, m'ayant
 » fait remarquer dans un demi-gros de platine, que M. Beaumé m'avait remis en 1768,
 » des grains en forme de boutons, d'autres
 » plus plats, et quelques-uns noirs et écaillés,
 » et ayant séparé avec l'aimant ceux
 » qui étaient attirables de ceux qui ne donnaient aucun signe sensible de magnétisme,
 » j'ai essayé de former le bleu de Prusse avec les uns et les autres. J'ai versé de l'acide nitreux fumant sur les parties non attirables, qui pesaient deux grains et demi.
 » Six heures après, j'ai étendu l'acide par de l'eau distillée, et j'y ai versé de la liqueur alcaline, saturée de matière colorante: il n'y a pas eu un atome de bleu, la platine avait seulement un coup d'œil plus brillant. J'ai pareillement versé de l'acide fumant sur les 33 grains $\frac{1}{2}$ de platine restante, dont partie était attirable: la liqueur étendue après le même intervalle de temps, le même alkali prussien en a précipité une fécule bleue, qui couvrait le fond d'un vase assez large. La platine, après cette opération, était bien décapée comme la première: je l'ai lavée et séchée, et j'ai vérifié qu'elle n'avait perdu qu'un quart de grain ou $\frac{1}{38}$: l'ayant examinée en cet état, j'y ai aperçu un grain d'un beau jaune, qui s'est trouvé une paillette d'or.

« M. de Fourcy avait nouvellement publié que la dissolution d'or était aussi précipitée en bleu par l'alkali prussien, et avait consigné ce fait dans une table d'affinités. Je fus tenté de répéter cette expérience; je versai en conséquence de la liqueur alcaline phlogistiquée dans de la dissolution d'or de départ: mais la couleur de cette dissolution ne changea pas; ce qui me fait soupçonner que la dissolution d'or employée par M. de Fourcy pouvait bien n'être pas aussi pure.

« Et, dans le même temps, M. le comte de Buffon m'ayant donné une assez grande quantité d'autre platine pour en faire quelques essais, j'ai entrepris de la séparer de tous les corps étrangers par une bonne fonte. Voici la manière dont j'ai procédé, et les résultats que j'ai eus:

PREMIÈRE EXPÉRIENCE.

» Ayant mis un gros de platine dans une

» petite coupelle, sous la moufle du fourneau, donné par M. Macquer dans les *Mémoires de l'Académie des sciences*, année 1758, j'ai soutenu le feu pendant deux heures; la moufle s'est affaissée, les supports avaient coulé; cependant la platine s'est trouvée seulement agglutinée; elle tenait à la coupelle, et y avait laissé des taches couleur de rouille. La platine était alors terne, même un peu noire, et n'avait pris qu'un quart de grain d'augmentation de poids, quantité bien faible en comparaison de celle que d'autres chimistes ont observée; ce qui me surprit d'autant plus, que ce gros de platine, ainsi que toute celle que j'ai employée aux autres expériences, avait été enlevé successivement par l'aimant, et faisait portion des six septièmes de 8 onces, dont M. de Buffon a parlé dans le Mémoire ci-dessus.

DEUXIÈME EXPÉRIENCE.

» Un demi-gros de la même platine, exposé au même feu dans une coupelle, s'est aussi agglutiné; elle était adhérente à la coupelle, sur laquelle elle avait laissé des taches de couleur de rouille. L'augmentation de poids s'est trouvée à peu près dans la même proportion, et la surface aussi noire.

TROISIÈME EXPÉRIENCE.

» J'ai remis ce même demi-gros dans une nouvelle coupelle; mais au lieu de moufle, j'ai renversé sur le support un creuset de plomb noir de Passaw. J'avais eu l'attention de n'employer pour support que des têts d'argile pure très-réfractaire; par ce moyen, je pouvais augmenter la violence du feu et prolonger sa durée, sans craindre de voir couler les vaisseaux, ni obstruer l'argile par les scories. Cet appareil ainsi placé dans le fourneau, j'y ai entretenu pendant quatre heures un feu de la dernière violence. Lorsque tout a été refroidi, j'ai trouvé le creuset bien conservé, soudé au support. Ayant brisé cette soudure vitreuse, j'ai reconnu que rien n'avait pénétré dans l'intérieur du creuset, qui paraissait seulement plus luisant qu'il n'était auparavant. La coupelle avait conservé sa forme et sa position; elle était un peu fendillée, mais pas assez pour se laisser pénétrer: aussi le bouton de platine n'y était-il pas adhérent; ce bouton n'était encore qu'agglutiné, mais d'une manière bien

» plus serrée que la première fois : les grains
 » étaient moins saillants; la couleur en était
 » plus claire, le brillant plus métallique; et
 » ce qu'il y eut de plus remarquable, c'est
 » qu'il s'était élançé de sa surface pendant
 » l'opération, et probablement dans les pre-
 » miers instants du refroidissement, trois
 » jets de verre, dont l'un, plus élevé, par-
 » faitement sphérique, était porté sur un pé-
 » dicule d'une ligne de hauteur, de la même
 » matière transparente et vitreuse. Ce pédi-
 » cule avait à peine un sixième de ligne,
 » tandis que le globule avait une ligne de
 » diamètre, d'une couleur uniforme, avec
 » une légère teinte de rouge, qui ne déro-
 » bait rien à sa transparence. Des deux au-
 » tres jets de verre, le plus petit avait un
 » pédicule comme le plus gros, et le moyen
 » n'avait point de pédicule, et était seule-
 » ment attaché à la platine par sa surface
 » extérieure.

QUATRIÈME EXPÉRIENCE.

» J'ai essayé de coupeller la platine, et
 » pour cela j'ai mis dans une coupelle un
 » gros des mêmes grains enlevés par l'ai-
 » mant, avec deux gros de plomb. Après
 » avoir donné un très-grand feu pendant
 » deux heures, j'ai trouvé dans la coupelle
 » un bouton adhérent, couvert d'une croûte
 » jaunâtre et un peu spongieuse, du poids
 » de 2 gros 12 grains; ce qui annonçait que
 » la platine avait retenu 1 gros 12 grains de
 » plomb.

» J'ai remis ce bouton dans une autre cou-
 » pelle au même fourneau, observant de
 » le retourner; il n'a perdu que 12 grains
 » dans un feu de deux heures: sa couleur et
 » sa forme avaient très-peu changé.

» Je lui ai appliqué ensuite le vent du
 » soufflet après l'avoir placé dans une nou-
 » velle coupelle couverte d'un creuset de
 » Passaw, dans la partie inférieure d'un
 » fourneau de fusion dont j'avais ôté la
 » grille: le bouton a pris alors un coup d'œil
 » plus métallique, toujours un peu terne; et
 » cette fois il a perdu 18 grains.

» Le même bouton ayant été remis dans le
 » fourneau de M. Macquer, toujours placé
 » dans une coupelle couverte d'un creuset
 » de Passaw, je soutins le feu pendant trois
 » heures, après lesquelles je fus obligé de
 » l'arrêter, parce que les briques qui ser-
 » vaient de support avaient entièrement
 » coulé. Le bouton était devenu de plus en
 » plus métallique: il adhéraît pourtant à

» la coupelle; il avait perdu cette fois 34
 » grains. Je le jetai dans l'acide nitreux fu-
 » mant, pour essayer de le décaper: il y
 » eut un peu d'effervescence lorsque j'ajou-
 » tai de l'eau distillée; le bouton y perdit
 » effectivement deux grains, et j'y remar-
 » quai quelques petits trous, comme ceux
 » que laisse le départ.

» Il ne restait plus que 22 grains de plomb
 » alliés à la platine, à en juger par l'excédant
 » de son poids. Je commençai à espérer de
 » vitrifier cette dernière portion de plomb;
 » et, pour cela, je mis ce bouton dans une
 » coupelle neuve: je disposai le tout comme
 » dans la troisième expérience; je me ser-
 » vis du même fourneau, en observant de
 » dégager continuellement la grille, d'en-
 » tretenir au-devant, dans le courant d'air
 » qu'il attirait, une évaporation continuelle
 » par le moyen d'une capsule que je rem-
 » plissais d'eau de temps en temps, et de
 » laisser un moment la chape entrouverte
 » lorsqu'on venait de remplir le fourneau de
 » charbon. Ces précautions augmentèrent
 » tellement l'activité du feu, qu'il fallait
 » recharger de dix minutes en dix minutes:
 » je le soutins au même degré pendant qua-
 » tre heures, et je laissai refroidir.

» Je reconnus le lendemain que le creu-
 » set de plomb noir avait résisté, que les
 » supports n'étaient que faïencés par les
 » cendres. Je trouvai dans la coupelle un
 » bouton bien rassemblé, nullement adhé-
 » rent, d'une couleur continue et uniforme,
 » approchant plus de la couleur de l'étain
 » que de tout autre métal, seulement un peu
 » raboteux; en un mot, pesant un gros très-
 » juste, rien de plus, rien de moins.

» Tout annonçait donc que cette platine
 » avait éprouvé une fusion parfaite, qu'elle
 » était parfaitement pure; car, pour suppo-
 » ser qu'elle tenait encore du plomb, il fau-
 » drait supposer aussi que ce minéral avait
 » justement perdu de sa propre substance
 » autant qu'il avait retenu de matière étran-
 » gère; et une telle précision ne peut être
 » l'effet d'un pur hasard.

» Je devais passer quelques jours avec
 » M. le comte de Buffon, dont la société a,
 » si je puis le dire, le même charme que
 » son style, dont la conversation est aussi
 » pleine que ses livres; je me fis un plaisir
 » de lui porter les produits de ces essais,
 » et je remis à les examiner ultérieurement
 » avec lui.

» 10. Nous avons observé que le gros de

» platine agglutinée de la première expérience n'était pas attiré en bloc par l'aimant ; que cependant le barreau magnétique avait une action marquée sur les grains que l'on en détachait.

» 2°. Le demi-gros de la troisième expérience n'était non-seulement pas attirable en masse, mais les grains que l'on en séparait ne donnaient plus eux-mêmes aucun signe de magnétisme.

» 3°. Le bouton de la quatrième expérience était aussi absolument insensible à l'approche de l'aimant, ce dont nous nous assurâmes en mettant le bouton en équilibre dans une balance très-sensible, et lui présentant un très-fort aimant jusqu'au contact, sans que son approche ait le moins dérangé l'équilibre.

» 4°. La pesanture spécifique de ce bouton fut déterminée par une bonne balance hydrostatique, et, pour plus de sûreté, comparée à l'or de monnaie et au globe d'or très-pur, employé par M. de Buffon à ses belles expériences sur le progrès de la chaleur; leur densité se trouva avoir les rapports suivants avec l'eau dans laquelle ils furent plongés :

Le globe d'or.	19 $\frac{1}{34}$
L'or de monnaie.	17 $\frac{1}{2}$
Le bouton de platine.	14 $\frac{1}{5}$

» 5°. Ce bouton fut porté sur un tas d'acier pour essayer sa ductilité : il soutint fort bien quelques coups de marteau ; sa surface devint plane et même un peu polie dans les endroits frappés ; mais il se fendit bientôt après, et il s'en détacha une portion, faisant à peu près le sixième de la totalité ; la fracture présenta plusieurs cavités, dont quelques-unes, d'environ une ligne de diamètre, avaient la blancheur et le brillant de l'argent ; on remarquait dans d'autres de petites pointes élançées, comme les cristallisations dans les géodes. Le sommet de l'une de ces pointes, vu à la loupe, était un globule absolument semblable, pour la forme, à celui de la troisième expérience, et aussi de matière vitreuse transparente, autant que son extrême petitesse permettait d'en juger. Au reste, toutes les parties du bouton étaient compactes, bien liées, et le grain plus fin, plus serré, que celui du meilleur acier après la plus forte trempe, auquel il ressemblait d'ailleurs par la couleur.

» 6°. Quelques portions de ce bouton ainsi

» réduites en parcelles à coups de marteau sur le tas d'acier, nous leur avons présenté l'aimant, et aucune n'a été attirée ; mais les ayant encore pulvérisées dans un mortier d'agate, nous avons remarqué que le barreau magnétique en enlevait quelques-unes des plus petites toutes les fois qu'on le posait immédiatement dessus.

» Cette nouvelle apparition du magnétisme était d'autant plus surprenante, que les grains détachés de la masse agglutinée de la deuxième expérience nous avaient paru avoir perdu eux-mêmes toute sensibilité à l'approche et au contact de l'aimant. Nous reprîmes en conséquence quelques-uns de ces grains ; ils furent de même réduits en poussière dans le mortier d'agate, et nous vîmes bientôt les parties les plus petites s'attacher sensiblement au barreau aimanté. Il n'est pas possible d'attribuer cet effet au poli de la surface du barreau, ni à aucune autre cause étrangère au magnétisme : un morceau de fer aussi poli, appliqué de même manière sur les parties de cette platine, n'en a jamais pu enlever une seule.

» Par le récit exact de ces expériences et des observations auxquelles elles ont donné lieu, on peut juger de la difficulté de déterminer la nature de la platine. Il est bien certain que celle-ci contenait quelques parties vitrifiables, et vitrifiables même sans addition à un grand feu ; il est bien sûr que toute platine contient du fer et des parties attirables : mais si l'alkali prussien ne donnait jamais du bleu qu'avec les grains que l'aimant a enlevés, il semble qu'on en pourrait conclure que ceux qui lui résistent absolument sont de la platine pure, qui n'a par elle-même aucune vertu magnétique, et que le fer n'en fait pas partie essentielle. On devait espérer qu'une fusion aussi avancée, une coupellation aussi parfaite décideraient au moins cette question ; tout annonçait qu'en effet ces opérations l'avaient dépouillée de toute vertu magnétique en la séparant de tous corps étrangers : mais la dernière observation prouve, d'une manière invincible, que cette propriété magnétique n'y était réellement qu'affaiblie, et peut-être masquée ou ensevelie, puisqu'elle a paru lorsqu'on l'a broyée. »

REMARQUES.

De ces expériences de M. de Morveau, et

des observations que nous avons ensuite faites ensemble, il résulte :

1^o. Qu'on peut espérer de fondre la platine sans addition dans nos meilleurs fourneaux, en lui appliquant le feu plusieurs fois de suite, parce que les meilleurs creusets ne pourraient résister à l'action d'un feu aussi violent, pendant tout le temps qu'exigerait l'opération complète.

2^o. Qu'en la fondant avec le plomb, et la coupellant successivement et à plusieurs reprises, on vient à bout de vitrifier tout le plomb, et que cette opération pourrait à la fin la purger d'une partie des matières étrangères qu'elle contient.

3^o. Qu'en la fondant sans addition, elle paraît se purger elle-même en partie des matières vitrescibles qu'elle renferme, puisqu'il s'élançait à sa surface des petits jets de verre qui forment des masses assez considérables, et qu'on en peut séparer aisément après le refroidissement.

4^o. Qu'en faisant l'expérience du bleu de Prusse avec les grains de platine qui paraissent les plus insensibles à l'aimant, on n'est pas toujours sûr d'obtenir de ce bleu, comme cela ne manque jamais d'arriver avec les grains qui ont plus ou moins de sensibilité au magnétisme; mais comme M. de Morveau a fait cette expérience sur une très-petite quantité de platine, il se propose de la répéter.

5^o. Il paraît que ni la fusion ni la coupellation ne peuvent détruire dans la platine tout le fer dont elle est intimement pénétrée: les boutons fondus ou coupelés paraissaient, à la vérité, également insensibles à l'action de l'aimant; mais les ayant brisés dans un mortier d'agate et sur un tas d'acier, nous

y avons retrouvé des parties magnétiques, d'autant plus abondantes que la platine était réduite en poudre plus fine. Le premier bouton, dont les grains ne s'étaient qu'agglutinés, rendit, étant broyé, beaucoup plus de parties magnétiques que le second et le troisième, dont les grains avaient subi une plus forte fusion; mais néanmoins tous deux, étant broyés, fournirent des parties magnétiques; en sorte qu'on ne peut pas douter qu'il n'y ait encore du fer dans la platine après qu'elle a subi les plus violents efforts du feu et l'action dévorante du plomb dans la coupelle. Ceci semble achever de démontrer que ce minéral est réellement un mélange intime d'or et de fer, que jusqu'à présent l'art n'a pu séparer.

6^o. Je fis encore, avec M. de Morveau, une autre observation sur cette platine fondue et ensuite broyée; c'est qu'elle reprend, en se brisant, précisément la même forme des galets arrondis et aplatis qu'elle avait avant d'être fondue. Tous les grains de cette platine fondue et brisée sont semblables à ceux de la platine naturelle, tant pour la forme que pour la variété de grandeur, et ils ne paraissent en différer que parce qu'il n'y a que les plus petits qui se laissent enlever à l'aimant, et en quantité d'autant moindre que la platine a subi plus de feu. Cela paraît prouver aussi que, quoique le feu ait été assez fort, non-seulement pour brûler et vitrifier, mais même pour chasser au-dehors une partie du fer avec les autres matières vitrescibles qu'elle contient, la fusion néanmoins n'est pas aussi complète que celle des autres métaux parfaits, puisqu'en la brisant les grains prennent la même figure qu'ils avaient avant la fonte.

QUATRIÈME MÉMOIRE.

EXPÉRIENCES SUR LA TÉNACITÉ ET SUR LA DÉCOMPOSITION DU FER.

On a vu, dans le premier Mémoire, que le fer perd de sa pesanteur à chaque fois qu'on le chauffe à un feu violent, et que des boulets chauffés trois fois jusqu'au blanc ont perdu la douzième partie de leur poids. On serait d'abord porté à croire que cette perte ne doit être attribuée qu'à la diminution du volume du boulet, par les scories qui se détachent de la surface et tombent en petites écailles; mais, si l'on fait attention que les petits boulets, dont par conséquent la surface est plus grande, relativement au volume, que celle des gros, perdent moins, et que les gros boulets perdent proportionnellement plus que les petits, on sentira bien que la perte totale de poids ne doit pas être simplement attribuée à la chute des écailles qui se détachent de la surface, mais encore à une altération intérieure de toutes les parties de la masse, que le feu violent diminue, et rend d'autant plus légère qu'il est appliqué plus souvent et plus longtemps (1).

Et en effet, si l'on recueille à chaque fois les écailles qui se détachent de la surface des boulets, on trouvera que sur un boulet de 5 pouces, qui, par exemple, aura perdu huit onces par une première chauffe, il n'y aura pas une once de ces écailles détachées, et que tout le reste de la perte de poids ne peut être attribué qu'à cette altération intérieure de la substance du fer, qui perd de sa densité à chaque fois qu'on le chauffe; en sorte que, si l'on réitérait souvent cette même opération, on réduirait le fer à n'être plus qu'une matière friable et légère, dont on ne pourrait faire aucun usage: car, j'ai remarqué que les boulets non-seulement avaient

perdu de leur poids, c'est-à-dire de leur densité, mais qu'en même temps ils avaient aussi beaucoup perdu de leur solidité, c'est-à-dire de cette qualité dont dépend la cohérence des parties; car j'ai vu, en les faisant frapper, qu'on pouvait les casser d'autant plus aisément qu'ils avaient été chauffés plus souvent et plus long-temps.

C'est sans doute parce que l'on ignorait jusqu'à quel point va cette altération du fer, ou plutôt parce qu'on ne s'en doutait point du tout, que l'on imagina, il y a quelques années, dans notre artillerie, de chauffer les boulets dont il était question de diminuer le volume (2). On m'a assuré que le calibre des canons nouvellement fondus, étant plus étroit que celui des anciens canons, il a fallu diminuer les boulets; et que, pour y parvenir, on a fait rougir ces boulets à blanc, afin de les ratisser ensuite plus aisément en les faisant tourner. On m'a ajouté que souvent on est obligé de les faire chauffer cinq, six, et même huit et neuf fois, pour les réduire autant qu'il est nécessaire. Or il est évident, par mes expériences, que cette pratique est mauvaise; car un boulet chauffé à blanc neuf fois doit perdre au moins le quart de son poids, et peut-être les trois quarts de sa solidité. Devenu cassant et friable, il ne peut servir pour faire brèche, puisqu'il se brise contre les murs; et, devenu léger, il a aussi, pour les pièces de campagne, le grand désavantage de ne pouvoir aller aussi loin que les autres.

En général, si l'on veut conserver au fer sa solidité et son nerf, c'est-à-dire sa masse et sa force, il ne faut l'exposer au feu ni plus souvent ni plus long-temps qu'il est nécessaire; il suffira, pour la plupart des usages, de le faire rougir sans pousser le feu jusqu'au blanc: ce dernier degré de chaleur ne manque jamais de le détériorer: et, dans les ouvrages où il importe de lui conserver

(1) Une expérience familière et qui semble prouver que le fer perd de sa masse à mesure qu'on le chauffe, même à un feu très-médiocre, c'est que les fers à friser, lorsqu'on les a souvent trempés dans l'eau pour les refroidir, ne conservent pas le même degré de chaleur au bout d'un temps. Il s'en élève aussi des écailles lorsqu'on les a souvent chauffés et trempés; ces écailles sont du véritable fer.

(2) M. le marquis de Vallière ne s'occupait point alors des travaux de l'artillerie.

tout son nerf, comme dans les bandes que l'on forge pour les canons de fusil, il faudrait, s'il était possible, ne les chauffer qu'une fois pour les battre, plier et souder par une seule opération; car, quand le fer a acquis sous le marteau toute la force dont il est susceptible, le feu ne fait plus que la diminuer. C'est aux artistes à voir jusqu'à quel point ce métal doit être malléé pour acquérir tout son nerf; et cela ne serait pas impossible à déterminer par des expériences: j'en ai fait quelques-unes que je vais rapporter ici.

1.

Une boucle de fer de 18 lignes $\frac{2}{3}$ de grosseur, c'est-à-dire 348 lignes quarrées pour chaque montant de fer, ce qui fait pour le tout 696 lignes quarrées de fer, a cassé sous le poids de 28 milliers qui tirait perpendiculairement. Cette boucle de fer avait environ 10 pouces de largeur sur 13 pouces de hauteur, et elle était, à très-peu près, de la même grosseur partout. Cette boucle a cassé presque au milieu des branches perpendiculaires, et non pas dans les angles.

Si l'on voulait conclure du grand au petit sur la force du fer par cette expérience, il se trouverait que chaque ligne quarrée de fer tirée perpendiculairement, ne pourrait porter qu'environ 40 livres.

2.

Cependant, ayant mis à l'épreuve un fil de fer d'une ligne un peu forte de diamètre, ce morceau de fil de fer a porté, avant de se rompre, 482 livres; et un pareil morceau de fil de fer n'a rompu que sous la charge de 495 livres: en sorte qu'il est à présumer qu'une verge quarrée d'une ligne de ce même fer aurait porté encore davantage, puisqu'elle aurait contenu quatre segments aux quatre coins du quarré inscrit au cercle, de plus que le fil de fer rond, d'une ligne de diamètre.

Or, cette disproportion dans la force du fer en gros et du fer en petit, est énorme. Le gros fer que j'avais employé venait de la forge d'Aisy sous Rougemont; il était sans nerf et à gros grain, et j'ignore de quelle forge était mon fil de fer: mais la différence de la qualité du fer, quelque grande qu'on voulût la supposer, ne peut pas faire celle qui se trouve ici dans leur résistance, qui, comme l'on voit, est douze fois moindre dans le gros fer que dans le petit.

3.

J'ai fait rompre une autre boucle de fer de 18 lignes $\frac{1}{2}$ de grosseur, du même fer de la forge d'Aisy; elle ne supporta de même que 28450 livres, et rompit encore presque dans le milieu des deux montants.

4.

J'avais fait faire en même temps une boucle du même fer que j'avais fait reforge pour le partager en deux, en sorte qu'il se trouva réduit à une barre de 9 lignes sur 18; l'ayant mise à l'épreuve, elle supporta, avant de rompre, la charge de 17300 livres, tandis qu'elle n'aurait dû porter tout au plus que 14 milliers, si elle n'eût pas été forgée une seconde fois.

5.

Une autre boucle de fer de 16 lignes $\frac{3}{4}$ de grosseur, ce qui fait pour chaque montant à peu près 280 lignes quarrées, c'est-à-dire 560, a porté 24600 livres, au lieu qu'elle n'aurait dû porter que 22400 livres, si je ne l'eusse pas fait forger une seconde fois.

6.

Un cadre de fer de la même qualité, c'est-à-dire sans nerf et à gros grain, et venant de la même forge d'Aisy, que j'avais fait établir pour empêcher l'écartement des murs du haut fourneau de mes forges, et qui avait 26 pieds d'un côté sur 22 pieds de l'autre, ayant cassé par l'effort de la chaleur du fourneau dans les deux points milieux des deux plus longs côtés, j'ai vu que je pouvais comparer ce cadre aux boucles des expériences précédentes, parce qu'il était du même fer, et qu'il a cassé de la même manière: or, ce fer avait 21 lignes de gros, ce qui fait 441 lignes quarrées; et ayant rompu comme les boucles aux deux côtés opposés, cela fait 882 lignes quarrées qui se sont séparées par l'effort de la chaleur. Et, comme nous avons trouvé, par les expériences précédentes, que 696 lignes quarrées du même fer ont cassé sous le poids de 28 milliers, on doit en conclure que 882 lignes de ce même fer n'auraient rompu que sous un poids de 35480 livres, et que par conséquent l'effort de la chaleur devait être estimé comme un poids de 35480 livres. Ayant fait fabriquer pour contenir le mur intérieur de mon fourneau, dans le fondage qui se fit après la rupture de ce cadre, un cercle de 26 pieds $\frac{1}{2}$ de circonférence, avec du fer nerveux provenant de la fonte et de la fabrique de mes forges, cela

m'a donné le moyen de comparer la ténacité du bon fer avec celle du fer commun. Ce cercle de 26 pieds $\frac{1}{2}$ de circonférence était de deux pièces, retenues et jointées ensemble par deux clavettes de fer passées dans des anneaux forgés au bout des deux bandes de fer; la largeur de ces bandes était de 30 lignes sur 5 d'épaisseur : cela fait 150 lignes carrées, qu'on ne doit pas doubler, parce que, si ce cercle eût rompu, ce n'aurait été qu'en un seul endroit, et non pas en deux endroits opposés comme les boucles ou le grand cadre carré. Mais l'expérience me démontra que pendant un fondage de quatre mois, où la chaleur était même plus grande que dans le fondage précédent, ces 150 lignes de bon fer résistèrent à son effort, qui était de 35480 livres; d'où l'on doit conclure, avec certitude entière, que le bon fer, c'est-à-dire le fer qui est presque toutnerf, est au moins cinq fois aussi tenace que le fer sans nerf et à gros grain.

Que l'on juge par-là de l'avantage qu'on trouverait à n'employer que du bon fer nerveux dans les bâtiments et dans la construction des vaisseaux : il en faudrait les trois quarts moins, et l'on aurait encore un quart de solidité de plus.

Par de semblables expériences, et en faisant malléer une fois, deux fois, trois fois, des verges de fer de différentes grosseurs, on pourrait s'assurer du *maximum* de la force du fer, combiner d'une manière certaine la légèreté des armes avec leur solidité, ménager la matière dans les autres ouvrages, sans craindre la rupture; en un mot, travailler ce métal sur des principes uniformes et constants. Ces expériences sont le seul moyen de perfectionner l'art de la manipulation du fer : l'État en tirerait de très-grands avantages, car il ne faut pas croire que la qualité du fer dépende de celle de la mine; que, par exemple, le fer d'Angleterre ou d'Allemagne, ou de Suède, soit meilleur que celui de France; que le fer de Berry soit plus doux que celui de Bourgogne : la nature des mines n'y fait rien, c'est la manière de les traiter qui fait tout; et ce que je puis assurer pour l'avoir vu par moi-même, c'est qu'en malléant beaucoup et chauffant peu, on donne au fer plus de force, et qu'on approche de ce *maximum* dont je ne puis que recommander la recherche, et auquel on peut arriver par les expériences que je viens d'indiquer.

Dans les boulets que j'ai soumis plusieurs

fois à l'épreuve du plus grand feu, j'ai vu que le fer perd de son poids et de sa force d'autant plus qu'on le chauffe plus souvent et plus long-temps; sa substance se décompose, sa qualité s'altère, et enfin il dégénère en une espèce de mâchefer ou de matière poreuse, légère, qui se réduit en une sorte de chaux par la violence et la longue application du feu : le mâchefer commun est d'une autre espèce; et, quoique vulgairement on croie que le mâchefer ne provient et même ne peut provenir que du fer, j'ai la preuve du contraire. Le mâchefer est, à la vérité, une matière produite par le feu; mais, pour le former, il n'est pas nécessaire d'employer du fer ni aucun autre métal; avec du bois et du charbon brûlé et poussé à un feu violent, on obtiendra du mâchefer en assez grande quantité; et si l'on prétend que ce mâchefer ne vient que du fer contenu dans le bois (parce que tous les végétaux en contiennent plus ou moins), je demande pourquoi l'on ne peut pas en tirer du fer même une plus grande quantité qu'on n'en tire du bois, dont la substance est si différente de celle du fer. Dès que ce fait me fut connu par l'expérience, il me fournit l'intelligence d'un autre fait qui m'avait paru inexplicable jusqu'alors. On trouve dans les terres élevées, et surtout dans les forêts où il n'y a ni rivières ni ruisseaux, et où par conséquent il n'y a jamais eu de forges, non plus qu'aucun indice de volcans ou de feux souterrains; on trouve, dis-je, souvent de gros blocs de mâchefer que deux hommes auraient peine à enlever : j'en ai vu pour la première fois en 1745, à Montigny-l'Encoupe, dans les forêts de M. de Trudaine; j'en ai fait chercher et trouvé depuis dans nos bois de Bourgogne, qui sont encore plus éloignés de l'eau que ceux de Montigny; on en a trouvé en plusieurs endroits : les petits morceaux m'ont paru provenir de quelques fourneaux de charbon qu'on aura laissés brûler; mais les gros ne peuvent venir que d'un incendie dans la forêt, lorsqu'elle était en pleine venue, et que les arbres y étaient assez grands et assez voisins pour produire un feu très-violent et très-long-temps nourri.

Le mâchefer, qu'on peut regarder comme un résidu de la combustion du bois, contient du fer; et l'on verra dans un autre Mémoire les expériences que j'ai faites, pour reconnaître par ce résidu la quantité de fer qui entre dans la composition des végétaux. Et cette terre morte, ou cette chaux, dans la-

quelle le fer se réduit par la trop longue action du feu, ne m'a pas paru contenir plus de fer que le mâchefer du bois; ce qui semble prouver que le fer est, comme le bois, une matière combustible, que le feu peut également dévorer en l'appliquant seulement plus violemment et plus long-temps. Pline dit, avec grande raison : *Ferrum accensum igni, nisi duretur ictibus, corrumpitur* (1). On en sera persuadé si l'on observe dans une forge la première loupe que l'on tire de la gueuse : cette loupe est un morceau de fer fondu pour la seconde fois, et qui n'a pas encore été forgé, c'est-à-dire consolidé par le marteau; lorsqu'on le tire de la chaufferie, où il vient de subir le feu le plus violent, il est rougi à blanc; il jette non-seulement des étincelles ardentes, mais il brûle réellement d'une flamme très-vive qui consumerait une partie de sa substance si on tardait trop de temps à porter cette loupe sous le marteau; ce fer serait, pour ainsi dire, détruit avant que d'être formé, il subirait l'effet complet de la combustion, si le coup du marteau, en rapprochant ses parties trop divisées par le feu, ne commençait à lui faire prendre le premier degré de sa ténacité. On le tire dans cet état et encore tout rouge de dessous le marteau, et on le reporte au foyer de l'affinerie, où il se pénètre d'un nouveau feu; lorsqu'il est blanc on le transporte de même et le plus promptement possible au marteau, sous lequel il se consolide et s'étend beaucoup plus que la première fois; enfin, on remet encore cette pièce au feu, et on la reporte au marteau, sous lequel on l'achève en entier. C'est ainsi qu'on travaille tous les fers communs; on ne leur donne que deux ou tout au plus trois volées de marteau : aussi n'ont-ils pas à beaucoup près la ténacité qu'ils pourraient acquérir, si on les travaillait moins précipitamment. La force du marteau non-seulement comprime les parties du fer trop divisées par le feu, mais en les rapprochant elle chasse les matières étrangères et le purifie en le consolidant. Le déchet du fer en gueuse est ordinairement d'un tiers, dont la plus grande partie se brûle, et le reste coule en fusion et forme ce qu'on appelle *les crasses du fer* : ces crasses sont plus pesantes que le mâchefer du bois, et contiennent encore une assez grande quantité de fer, qui est, à la vérité, très-impur et très-aigre, mais dont on peut

néanmoins tirer parti, en mêlant ces crasses broyées et en petite quantité avec la mine que l'on jette au fourneau. J'ai l'expérience qu'en mêlant un sixième de ces crasses avec cinq sixièmes de mine épurée par mes cribles, la fonte ne change pas sensiblement de qualité; mais, si l'on en met davantage, elle devient plus cassante, sans néanmoins changer de couleur ni de grain. Mais, si les mines sont moins épurées, ces crasses gâtent absolument la fonte, parce qu'étant déjà très-aigre et très-cassante par elle-même, elle le devient encore plus par cette addition de mauvaise matière; en sorte que cette pratique, qui peut devenir utile entre les mains d'un habile maître de l'art, produira dans d'autres mains de si mauvais effets, qu'on ne pourra se servir ni des fers ni des fontes qui en proviendront.

Il y a néanmoins des moyens, je ne dis pas de changer, mais de corriger un peu la mauvaise qualité de la fonte, et d'adoucir à la chaufferie l'aigreur du fer qui en provient. Le premier de ces moyens est de diminuer la force du vent, soit en changeant l'inclinaison de la tuyère, soit en ralentissant le mouvement des soufflets; car, plus on presse le feu, plus le fer devient aigre. Le second moyen, qui est encore plus efficace, c'est de jeter, sur la loupe de fer qui se sépare de la gueuse, une certaine quantité de gravier calcaire, ou même de chaux toute faite : cette chaux sert de fondant aux parties vitrifiables que le fer aigre contient en trop grande quantité, et le purge de ses impuretés. Mais ce sont de petites ressources auxquelles il ne faut pas se mettre dans le cas d'avoir recours; ce qui n'arriverait jamais si l'on suivait les procédés que j'ai donnés pour faire de bonne fonte (2).

Lorsqu'on fait travailler les affineurs à leur compte, et qu'on les paie au millier, ils font, comme les fondeurs, le plus de fer qu'ils peuvent dans leur semaine; ils construisent le foyer de leur chaufferie de la manière la plus avantageuse pour eux; ils pressent le feu, trouvent que les soufflets ne donnent jamais assez de vent; ils travaillent moins la loupe, et font ordinairement en deux chaudes ce qui en exigerait au moins trois. On ne sera donc jamais sûr d'avoir du fer d'une bonne et même qualité qu'en payant

(1) Hist. nat., lib. 34, cap. 15.

(2) On trouvera ces procédés dans mes Mémoires sur la fusion des mines de fer.

les ouvriers au mois, et en faisant casser à la fin de chaque semaine quelques barres du fer qu'ils livrent, pour reconnaître s'ils ne se sont pas ou trop pressés ou négligés. Le fer en bandes plates est toujours plus nerveux que le fer en barreaux : s'il se trouve deux tiers de nerf sur un tiers de grain dans les bandes, on ne trouvera dans les barreaux, quoique faits de même étoffe, qu'environ un tiers de nerf sur deux tiers de grain; ce qui prouve bien clairement que la plus ou moins grande force du fer vient de la différente application du marteau. S'il frappe plus constamment, plus fréquemment sur un même plan, comme celui des bandes plates, il en rapproche et en réunit mieux les parties, que s'il frappe presque alternativement sur deux plans différents pour faire les barreaux quarrés : aussi est-il plus difficile de bien souder du barreau que de la bande : et, lorsqu'on veut faire du fer de *tirerie*, qui doit être en barreaux de treize lignes, et d'un fer très-nerveux et assez ductile pour être converti en fil de fer, il faut le travailler plus lentement à l'affinerie, ne le tirer du feu que quand il est presque fondant, et le faire suer sous le marteau le mieux qu'il est possible, afin de lui donner tout le nerf dont il est susceptible sous cette forme quarrée, qui est la plus ingrate, mais qui paraît nécessaire ici, parce qu'il faut ensuite tirer de ces barreaux, qu'on coupe environ à quatre pieds, une verge de dix-huit ou vingt pieds par le moyen du martinet, sous lequel on l'allonge après l'avoir chauffée; c'est ce qu'on appelle de la *verge crénelée* : elle est quarrée comme le barreau dont elle provient, et porte sur les quatre faces des enfoncements successifs, qui sont les empreintes profondes de chaque coup du martinet ou petit marteau sous lequel on la travaille. Ce fer doit être de la plus grande ductilité pour passer jusqu'à la plus petite filière; et en même temps, il ne faut pas qu'il soit trop doux, mais assez ferme pour ne pas donner trop de déchet. Ce point est assez difficile à saisir : aussi n'y a-t-il en France que deux ou trois forges dont on puisse tirer ces fers pour les fileries.

La bonne fonte est à la vérité la base de tout bon fer; mais il arrive souvent que, par de mauvaises pratiques, on gâte ce bon fer. Une de ces mauvaises pratiques, la plus généralement répandue, et qui détruit le plus le nerf et la ténacité du fer, c'est l'usage où sont les ouvriers de presque toutes

les forges de tremper dans l'eau la première portion de la pièce qu'ils viennent de travailler, afin de pouvoir la manier et la reprendre plus promptement. J'ai vu, avec quelque surprise, la prodigieuse différence qu'occasionne cette trempe, surtout en hiver et lorsque l'eau est froide; non-seulement elle rend cassant le meilleur fer, mais même elle en change le grain et en détruit le nerf, au point qu'on n'imaginerait pas que c'est le même fer, si l'on n'en était pas convaincu par ses yeux, en faisant casser l'autre bout du même barreau, qui, n'ayant point été trempé, conserve son nerf et son grain ordinaire. Cette trempe, en été, fait beaucoup moins de mal, mais en fait toujours un peu; et, si l'on veut avoir du fer toujours de la même bonne qualité, il faut absolument proscrire cet usage, ne jamais tremper le fer chaud dans l'eau, et attendre, pour le manier, qu'il se refroidisse à l'air.

Il faut que la fonte soit bien bonne pour produire du fer aussi nerveux, aussi tenace, que celui qu'on peut tirer des vieilles ferrailles refondues, non pas en les jetant au fourneau de fusion, mais en les mettant au feu de l'affinerie. Tous les ans on achète pour mes forges une assez grande quantité de ces vieilles ferrailles, dont, avec un peu de soin, l'on fait d'excellent fer. Mais il y a du choix dans ces ferrailles; celles qui proviennent des rognures de la tôle ou des morceaux cassés du fil de fer, qu'on appelle des *riblous*, sont les meilleures de toutes, parce qu'elles sont d'un fer plus pur que les autres; on les achète aussi quelque chose de plus : mais en général ces vieux fers, quoique de qualité médiocre, en produisent de très-bon lorsqu'on sait les traiter. Il ne faut jamais les mêler avec la fonte; si même il s'en trouve quelques morceaux parmi les ferrailles, il faut les séparer : il faut aussi mettre une certaine quantité de crasses dans le foyer, et le feu doit être moins poussé, moins violent, que pour le travail du fer en gueuse, sans quoi l'on brûlerait une grande partie de sa ferraille, qui, quand elle est bien traitée et de bonne qualité, ne donne qu'un cinquième de déchet, et consomme moins de charbon que le fer de la gueuse. Les crasses qui sortent de ces vieux fers sont en bien moindre quantité, et ne conservent pas, à beaucoup près, autant de particules de fer que les autres. Avec des riblous qu'on renvoie des fileries que fournissent mes forges, et des rognures de tôle cisailées que je fais

fabriquer, j'ai souvent fait du fer qui était tout nerf, et dont le déchet n'était presque que d'un sixième, tandis que le déchet du fer en gueuse est communément du double, c'est-à-dire d'un tiers, et souvent de plus du tiers, si l'on veut obtenir du fer d'excellente qualité.

M. de Montbeillard, lieutenant-colonel au régiment royal d'artillerie, ayant été chargé, pendant plusieurs années, de l'inspection des manufactures d'armes à Charleville, Maubeuge et Saint-Étienne, a bien voulu me communiquer un Mémoire qu'il a présenté au Ministre, et dans lequel il traite de cette fabrication du fer avec de vieilles ferrailles. Il dit, avec grande raison, « que » les ferrailles qui ont beaucoup de surface ; » et celles qui proviennent des vieux fers et » clous de chevaux, ou fragments de petits » cylindres, ou quarrés tors, ou des anneaux et boucles, toutes pièces qui sup- » posent que le fer qu'on a employé pour » les fabriquer était souple, liant et suscep- » tible d'être plié, étendu ou tordu, doi- » vent être préférées et recherchées pour la » fabrication des canons de fusil. » On trouve, dans ce même Mémoire de M. de Montbeillard, d'excellentes réflexions sur les moyens de perfectionner les armes à feu, et d'en assurer la résistance par le choix du bon fer et par la manière de le traiter ; l'auteur rapporte une très-bonne expérience (1), qui prouve clairement que les vieilles ferrailles et même les écailles ou exfoliations qui se

(1) Qu'on prenne une barre de fer, large de deux à trois pouces, épaisse de deux à trois lignes ; qu'on la chauffe au rouge, et qu'avec la panne du marteau on y pratique dans sa longueur une cannelure ou cavité ; qu'on la plie sur elle-même pour la doubler et corroyer, l'on remplira ensuite la cannelure des écailles ou pailles en question ; on lui donnera une chaude douce d'abord en rabattant les bords, pour empêcher qu'elles ne s'échappent, et on battra la barre comme on le pratique pour corroyer le fer avant de la chauffer au blanc ; on la chauffera ensuite blanche et fondante, et la pièce soudera à merveille ; on la cassera à froid, et l'on n'y verra rien qui annonce que la soudure n'ait pas été complète et parfaite, et que toutes les parties du fer ne se soient pas pénétrées réciproquement sans laisser aucun espace vide. J'ai fait cette expérience, aisée à répéter, qui doit rassurer sur les pailles, soit qu'elles soient plates ou qu'elles aient la forme d'aiguilles, puisqu'elles ne sont autre chose que du fer, comme la barre avec laquelle on les incorpore, où elles ne forment plus qu'une même masse avec elle.

détachent de la surface du fer, et que bien des gens prennent pour des scories, se soudent ensemble de la manière la plus intime ; et que par conséquent le fer qui en provient est d'aussi bonne et peut-être de meilleure qualité qu'aucun autre. Mais en même temps il conviendra avec moi, et il observe même dans la suite de son Mémoire, que cet excellent fer ne doit pas être employé seul, par la raison même qu'il est trop parfait. Et en effet, un fer qui, sortant de la forge ; a toute sa perfection, n'est excellent que pour être employé tel qu'il est, ou pour des ouvrages qui ne demandent que des chaudes douces ; car toute chaude vive, toute chaleur à blanc le dénature : j'en ai fait des épreuves plus que répétées sur des morceaux de toute grosseur : le petit fer se dénature un peu moins que le gros, mais tous deux perdent la plus grande partie de leur nerf dès la première chaude à blanc : une seconde chaude pareille change et achève de détruire le nerf ; elle altère même la qualité du grain, qui, de fin qu'il était, devient grossier et brillant comme celui du fer le plus commun : une troisième chaude rend ces grains encore plus gros, et laisse déjà voir entre leurs interstices des parties noires de matière brûlée. Enfin, en continuant de lui donner des chaudes, on arrive au dernier degré de sa décomposition, et on le réduit en une terre morte, qui ne paraît plus contenir de substance métallique, et dont on ne peut faire aucun usage : car cette terre morte n'a pas, comme la plupart des autres chaux métalliques, la propriété de se revivifier par l'application des matières combustibles ; elle ne contient guère plus de fer que le mâchefer commun tiré du charbon des végétaux ; au lieu que les chaux des autres métaux se revivifient presque en entier, ou du moins en très-grande partie ; et cela achève de démontrer que le fer est une matière presque entièrement combustible.

Ce fer que l'on tire, tant de cette terre ou chaux de fer, que du mâchefer provenant du charbon, m'a paru d'une singulière qualité ; il est très-magnétique et très-infusible. J'ai trouvé du petit sable noir aussi magnétique, aussi indissoluble, et presque infusible dans quelques-unes des mines que j'ai fait exploiter. Ce sablon ferrugineux et magnétique se trouve mêlé avec les grains de mine qui ne le sont point du tout, et provient certainement d'une cause tout autre : le feu a produit ce sablon magnétique, et

l'eau les grains de mine; et lorsque par hasard ils se trouvent mélangés, c'est que le hasard a fait qu'on a brûlé de grands amas de bois, ou qu'on a fait des fourneaux de charbon sur le terrain qui renferme les mines, et que ce sablon ferrugineux, qui n'est que le détriment du mâchefer, que l'eau ne peut ni rouiller ni dissoudre, a pénétré, par la filtration des eaux, auprès des lits de mine en grains, qui souvent ne sont qu'à deux ou trois pieds de profondeur. On a vu, dans le Mémoire précédent, que ce sablon ferrugineux qui provient du mâchefer des végétaux, ou, si l'on veut, du fer brûlé autant qu'il peut l'être, paraît être le même à tous égards que celui qui se trouve dans la platine.

Le fer le plus parfait est celui qui n'a presque point de grain, et qui est entièrement d'un nerf de gris cendré: le fer à nerf noir est encore très-bon, et peut-être est-il préférable au premier pour tous les usages où il faut chauffer plus d'une fois ce mét. lavant de l'employer: le fer de la troisième qualité, et qui est moitié nerf et moitié grain, est le fer par excellence pour le commerce, parce qu'on peut le chauffer deux ou trois fois sans le dénaturer: le fer sans nerf, mais à grain fin, sert aussi pour beaucoup d'usages; mais les fers sans nerf et à gros grain devraient être proscrits et font le plus grand tort dans la société, parce que malheureusement ils y sont cent fois plus communs que les autres. Il ne faut qu'un coup d'œil à un homme exercé pour connaître la bonne ou la mauvaise qualité du fer; mais les gens qui le font employer, soit dans leurs bâtimens, soit à leurs équipages, ne s'y connaissent ou n'y regardent pas, et paient souvent, comme très-bon, du fer que le fardeau fait rompre ou que la rouille détruit en peu de temps.

Autant les chaudes vives et poussées jusqu'au blanc détériorent le fer, autant les chaudes douces, où l'on ne le rougit que couleur cerise, semblent l'améliorer: c'est par cette raison que les fers destinés à passer à la fenderie ou à la batterie ne demandent pas à être fabriqués avec autant de soin que ceux qu'on appelle *fers marchands*, qui doivent avoir toute leur qualité. Le fer de tirerie fait une classe à part: il ne peut être trop pur; s'il contenait des parties hétérogènes, il deviendrait très-cassant aux dernières filières. Or, il n'y a d'autre moyen de le rendre pur que de le faire bien suer en le chauffant la première fois jusqu'au blanc, et le martelant avec autant de force que de précaution;

et ensuite, en le faisant encore chauffer à blanc, afin d'achever de le dépuré sous le martinet en l'allongeant pour en faire de la verge crénelée. Mais les fers destinés à être refendus pour en faire de la verge ordinaire, des fers aplatis, des languettes pour la tôle, tous les fers, en un mot, qu'on doit passer sous les cylindres, n'exigent pas le même degré de perfection, parce qu'ils s'améliorent au four de la fenderie, où l'on n'emploie que du bois, et dans lequel tous ces fers ne prennent une chaleur que du second degré, d'un rouge couleur de feu, qui est suffisant pour les amollir, et leur permet de s'aplatir et de s'étendre sous les cylindres, et de se fendre ensuite sous les taillants. Néanmoins, si l'on veut avoir de la verge bien douce, comme celle qui est nécessaire pour les clous à maréchal; si l'on veut des fers aplatis qui aient beaucoup de nerf, comme doivent être ceux qu'on emploie pour les roues, et particulièrement les bandages qu'on fait d'une seule pièce, dans lesquels il faut au moins un tiers de nerf; les fers qu'on livre à la fenderie doivent être de bonne qualité, c'est-à-dire avoir au moins un tiers de nerf: car j'ai observé que le feu doux du four et la forte compression des cylindres rendent, à la vérité, le grain du fer un peu plus fin, et donnent même du nerf à celui qui n'avait que du grain très-fin; mais ils ne couvrent jamais en nerf le gros grain des fers communs; en sorte qu'avec du mauvais fer à gros grain on pourra faire de la verge et des fers aplatis, dont le grain sera moins gros, mais qui seront toujours trop cassants pour être employés aux usages dont je viens de parler.

Il en est de même de la tôle, on ne peut pas employer de trop bonne étoffe pour la faire, et il est bien fâcheux qu'on fasse tout le contraire; car, presque toutes nos tôles en France se font avec du fer commun: elles se rompent en les pliant, et se brûlent ou pourrissent en peu de temps, tandis que de la tôle faite comme celle de Suède ou d'Angleterre, avec du bon fer bien nerveux, se torde cent fois sans rompre, et durera peut-être vingt fois plus que les autres. On en fait à mes forges de toute grandeur et de toute épaisseur; on en emploie à Paris pour les casseroles et autres pièces de cuisine, qu'on étame, et qu'on a raison de préférer aux casseroles de cuivre. On a fait avec cette même tôle grand nombre de poêles, de chaineaux, de tuyaux; et j'ai, depuis quatre ans, l'expérience mille fois répétée, qu'elle peut du-

rer comme je viens de le dire, soit au feu, soit à l'air, beaucoup plus que les tôles communes : mais, comme elle est un peu plus chère, le débit en est moindre, et l'on n'en demande que pour de certains usages particuliers, auxquels les autres tôles ne pourraient être employées. Lorsqu'on est au fait, comme j'y suis, du commerce des fers, on dirait qu'en France on a fait un pacte général de ne se servir que de ce qu'il y a de plus mauvais en ce genre.

Avec du fer nerveux on pourra toujours faire d'excellente tôle, en faisant passer le fer des languettes sous les cylindres de la fenderie. Ceux qui aplatissent ces languettes sous le martinet, après les avoir fait chauffer au charbon, sont dans un très-mauvais usage : le feu de charbon, poussé par les soufflets, gâte le fer de ces languettes ; celui du four de la fenderie ne fait que le perfectionner. D'ailleurs, il en coûte plus de moitié moins pour faire les languettes au cylindre que pour les faire au martinet ; ici l'intérêt s'accorde avec la théorie de l'art : il n'y a donc que l'ignorance qui puisse entretenir cette pratique, qui néanmoins est la plus générale : car, il y a peut-être, sur toutes les tôles qui se fabriquent en France, plus des trois quarts dont les languettes ont été faites au martinet. Cela ne peut pas être autrement, me dira-t-on ; toutes les batteries n'ont pas à côté d'elles une fenderie et des cylindres montés. Je l'avoue, et c'est ce dont je me plains ; on a tort de permettre ces petits établissements particuliers qui ne subsistent qu'en achetant dans les grosses forges les fers au meilleur marché, c'est-à-dire tous les plus médiocres, pour les fabriquer ensuite en tôle et en petits fers de la plus mauvaise qualité.

Un autre objet fort important sont les fers de charrue ; on ne saurait croire combien la mauvaise qualité du fer dont on les fabrique fait de tort aux laboureurs ; on leur livre inhumainement des fers qui cassent au moindre effort, et qu'ils sont forcés de renouveler presque aussi souvent que leurs cultures : on leur fait payer bien cher du mauvais acier dont on arme la pointe de ces fers encore plus mauvais, et le tout est perdu pour eux au bout d'un an, et souvent en moins de temps ; tandis qu'en employant pour ces fers de charrue, comme pour la tôle, le fer le meilleur et le plus nerveux, on pourrait les garantir pour un usage de vingt ans, et même se dispenser d'en acierer la pointe ; car j'ai

fait faire plusieurs centaines de ces fers de charrue, dont j'ai fait essayer quelques-uns sans acier, et ils se sont trouvés d'une étoffe assez ferme pour résister au labour. J'ai fait la même expérience sur un grand nombre de pioches ; c'est la mauvaise qualité de nos fers qui a établi chez les taillandiers l'usage général de mettre de l'acier à ces instruments de campagne, qui n'en auraient pas besoin s'ils étaient de bon fer fabriqué avec des languettes passées sous les cylindres.

J'avoue qu'il y a de certains usages pour lesquels on pourrait fabriquer du fer aigre, mais encore ne faut-il pas qu'il soit à trop gros grain ni trop cassant : les clous pour les petites lattes à tuile, les broquettes et autres petits clous, plient lorsqu'ils sont faits d'un fer trop doux ; mais, à l'exception de ce seul emploi, qu'on ne remplira toujours que trop, je ne vois pas qu'on doive se servir de fer aigre. Et si, dans une bonne manufacture, on en veut faire une certaine quantité, rien n'est plus aisé ; il ne faut qu'augmenter d'une mesure ou d'une mesure et demie de mine au fourneau, et mettre à part les gueuses qui en proviendront ; la fonte en sera moins bonne et plus blanche. On les fera forger à part, en ne donnant que deux chaudes à chaque bande, et l'on aura du fer aigre qui seendra plus aisément que l'autre, et qui donnera de la verge cassante.

Le meilleur fer, c'est-à-dire celui qui a le plus de nerf, et par conséquent le plus de ténacité, peut éprouver cent et deux cents coups de masse sans se rompre ; et, comme il faut néanmoins le casser pour tous les usages de la fenderie et de la batterie, et que cela demanderait beaucoup de temps, même en s'aidant du ciseau d'acier, il vaut mieux faire couper sous le marteau de la forge les barres encore chaudes à moitié de leur épaisseur ; cela n'empêche pas le marteleur de les achever, et épargne beaucoup de temps au fendeur et au platineur. Tout le fer que j'ai fait casser à froid et à grands coups de masse, s'échauffe d'autant plus qu'il est plus fortement et plus souvent frappé ; non-seulement il s'échauffe au point de brûler très-vivement, mais il s'aimante comme s'il eût été frotté sur un très-bon aimant. M'étant assuré de la constance de cet effet par plusieurs observations successives, je voulus voir si, sans percussion, je pourrais de même produire dans le fer la vertu magnétique. Je fis prendre pour cela une verge de trois lignes de grosseur de mon fer le plus liant,

et que je connaissais pour être très-difficile à rompre; et l'ayant fait plier et replier, par les mains d'un homme fort, sept ou huit fois de suite sans pouvoir la rompre, je trouvais le fer très-chaud au point où on l'avait plié, et il avait en même temps toute la vertu d'un barreau bien aimanté. J'aurai occasion dans la suite de revenir à ce phénomène, qui tient de très-près à la théorie du magnétisme et de l'électricité, et que je ne rapporte ici que pour démontrer que plus une matière est tenace, c'est-à-dire plus il faut d'efforts pour la diviser, plus elle est près de produire de la chaleur et tous les autres effets qui peuvent en dépendre, et prouver en même temps que la simple pression, produisant le frottement des parties intérieures, équivaut à l'effet de la plus violente percussion.

On soude tous les jours le fer avec lui-même ou sur lui-même : mais il faut la plus grande précaution pour qu'il ne se trouve pas un peu plus faible aux endroits des soudures; car, pour réunir et souder les deux bouts d'une barre, on les chauffe jusqu'au blanc le plus vif : le fer, dans cet état, est tout prêt à fondre; il n'y arrive pas sans perdre toute sa ténacité, et par conséquent tout son nerf. Il ne peut donc en reprendre, dans toute cette partie qu'on soude, que par la percussion des marteaux, dont deux ou trois ouvriers font succéder les coups le plus vite qu'il leur est possible; mais cette percussion est très-faible, et même lente en comparaison de celle du marteau de la forge, ou même de celle du martinet. Ainsi, l'endroit soudé, quelque bonne que soit l'étoffe, n'aura que peu de nerf, et souvent point du tout, si l'on n'a pas bien saisi l'instant où les deux morceaux sont également chauds, et si le mouvement du marteau n'a pas été assez prompt et assez fort pour les bien réunir. Aussi, quand on a des pièces importantes à souder, on fera bien de le faire sous les martinets les plus prompts. La soudure, dans les canons des armes à feu, est une des choses les plus importantes. M. de Montbeillard, dans le Mémoire que j'ai cité ci-dessus, donne de très-bonnes vues sur cet objet, et même des expériences décisives. Je crois avec lui que, comme il faut chauffer à blanc nombre de fois la bande ou *maquette* pour souder le canon dans toute sa longueur, il ne faut pas employer du fer qui serait au dernier degré de sa perfection, parce qu'il ne pourrait que se détériorer par ces fréquentes chaudes vives; qu'il faut, au con-

traire, choisir le fer qui, n'étant pas encore aussi épuré qu'il peut l'être, gagnera plutôt de la qualité qu'il n'en perdra par ces nouvelles chaudes. Mais cet article seul demanderait un grand travail, fait et dirigé par un homme aussi éclairé que M. de Montbeillard; et l'objet en est d'une si grande importance pour la vie des hommes et pour la gloire de l'État, qu'il mérite la plus grande attention.

Le fer se décompose par l'humidité comme par le feu; il attire l'humide de l'air, s'en pénètre et se rouille, c'est-à-dire se convertit en une espèce de terre sans liaison, sans cohérence : cette conversion se fait en assez peu de temps dans les fers qui sont de mauvaise qualité ou mal fabriqués; ceux dont l'étoffe est bonne, et dont les surfaces sont bien lisses ou polies, se défendent plus longtemps : mais tous sont sujets à cette espèce de mal, qui, de la superficie, gagne assez promptement l'intérieur, et détruit avec le temps le corps entier du fer. Dans l'eau, il se conserve beaucoup mieux qu'à l'air, et, quoiqu'on s'aperçoive de son altération par la couleur noire qu'il y prend après un long séjour, il n'est point dénaturé : il peut être forgé; au lieu que celui qui a été exposé à l'air pendant quelques siècles, et que les ouvriers appellent du *fer luné*, parce qu'ils s'imaginent que la lune le mange, ne peut ni se forger ni servir à rien, à moins qu'on ne le revivifie comme les rouilles et les safrans de mars, ce qui coûte communément plus que le fer ne vaut. C'est en ceci que consiste la différence des deux décompositions du fer : dans celle qui se fait par le feu, la plus grande partie du fer se brûle et s'exhale en vapeurs comme les autres matières combustibles; il ne reste qu'un mâchefer qui contient, comme celui du bois, une petite quantité de matière très-attirable par l'aimant, qui est bien du vrai fer, mais qui m'a paru d'une nature singulière et semblable, comme je l'ai dit, au sablon ferrugineux qui se trouve en si grande quantité dans la platine. La décomposition par l'humidité ne diminue pas à beaucoup près autant que la combustion, la masse du fer mais elle en altère toutes les parties au point de leur faire perdre leur vertu magnétique leur cohérence et leur couleur métallique. C'est de cette rouille ou terre de fer que sont en grande partie composées les mines en grains : l'eau, après avoir atténué ces particules de rouille et les avoir réduites en mo-

lécules sensibles, les charrie, et les dépose par filtration dans le sein de la terre, où elles se réunissent en grains par une sorte de cristallisation qui se fait, comme toutes les autres, par l'attraction mutuelle des molécules analogues; et comme cette rouille de fer était privée de la vertu magnétique, il n'est pas étonnant que les mines en grains qui en proviennent en soient également dépourvues. Ceci me paraît démontrer, d'une manière assez claire, que le magnétisme suppose l'action précédente du feu; que c'est une qualité particulière que le feu donne au fer, et que l'humidité de l'air lui enlève en le décomposant.

Si l'on met dans un vase une grande quantité de limaille de fer pure, qui n'a pas encore pris de rouille, et si on la couvre d'eau, on verra, en la laissant sécher, que cette limaille se réunit par ce seul intermède, au point de faire une masse de fer assez solide pour qu'on ne puisse la casser qu'à coups de masse. Ce n'est donc pas précisément l'eau

qui décompose le fer et qui produit la rouille, mais plutôt les sels et les vapeurs sulfureuses de l'air; car on sait que le fer se dissout très-aisément par les acides et par le soufre. En présentant une verge de fer bien rouge à une bille de soufre, le fer coule dans l'instant; et, en le recevant dans l'eau, on obtient des grenailles qui ne sont plus du fer ni même de la fonte; car j'ai éprouvé qu'on ne pouvait pas les réunir au feu pour les forger: c'est une matière qu'on ne peut comparer qu'à la pyrite martiale, dans laquelle le fer paraît être également décomposé par le soufre; et je crois que c'est par cette raison que l'on trouve presque partout à la surface de la terre, et sous les premiers lits de ses couches extérieures, une assez grande quantité de ces pyrites, dont le grain ressemble à celui du mauvais fer, mais qui n'en contiennent qu'une très-petite quantité, mêlée avec beaucoup d'acide vitriolique et plus ou moins de soufre.

CINQUIÈME MÉMOIRE.

EXPÉRIENCES SUR LES EFFETS DE LA CHALEUR OBSCURE.

Pour reconnaître les effets de la chaleur obscure, c'est-à-dire de la chaleur privée de lumière, de la flamme et du feu libre, autant qu'il est possible, j'ai fait quelques expériences en grand, dont les résultats m'ont paru très-intéressants.

PREMIÈRE EXPÉRIENCE.

On a commencé, sur la fin d'août 1772, à mettre des braises ardentes dans le creuset du grand fourneau, qui sert à fondre la mine de fer pour la couler en gueuses; ces braises ont achevé de sécher les mortiers, qui étaient faits de glaise mêlée par égale portion avec du sable vitrescible : le fourneau avait 23 pieds de hauteur. On a jeté par le gueulard (c'est ainsi qu'on appelle l'ouverture supérieure du fourneau) les charbons ardents que l'on tirait des petits fourneaux d'expériences; on a mis successivement une assez grande quantité de ces braises pour remplir le bas du fourneau jusqu'à la cuve (c'est ainsi qu'on appelle l'endroit de la plus grande capacité du fourneau); ce qui, dans celui-ci, montait à 7 pieds 2 pouces de hauteur perpendiculaire depuis le fond du creuset. Par ce moyen, on a commencé de donner au fourneau une chaleur modérée qui ne s'est pas fait sentir dans la partie la plus élevée.

Le 10 septembre, on a vidé toutes ces braises réduites en cendres par l'ouverture du creuset; et lorsqu'il a été bien nettoyé, on y a mis quelques charbons ardents et d'autres charbons par-dessus, jusqu'à la quantité de 600 livres pesant; ensuite, on a laissé prendre le feu, et le lendemain 11 septembre, on a achevé de remplir le fourneau avec 4800 livres de charbon: ainsi, il contient en tout 5400 livres de charbon, qui y ont été portées en cent trente-cinq corbeilles de 40 livres chacune, tare faite.

On a laissé pendant ce temps l'entrée du creuset ouverte, et celle de la tuyère bien bouchée, pour empêcher le feu de se communiquer aux soufflets. La première impression de la grande chaleur, produite par le

long séjour des braises ardentes et par cette première combustion du charbon, s'est marquée par une petite fente qui s'est faite dans la pierre du fond à l'entrée du creuset, et par une autre fente qui s'est faite dans la pierre de la tympe. Le charbon, néanmoins, quoique fort allumé dans le bas, ne l'était encore qu'à une très-petite hauteur, et le fourneau ne donnait au gueulard qu'assez peu de fumée, ce même jour 12 septembre, à six heures du soir; car cette ouverture supérieure n'était pas bouchée, non plus que l'ouverture du creuset.

A neuf heures du soir du même jour, la flamme a percé jusqu'au-dessus du fourneau, et comme elle est devenue très-vive en peu de temps, on a bouché l'ouverture du creuset à dix heures du soir. La flamme, quoique fort ralentie par cette suppression du courant de l'air, s'est soutenue pendant la nuit et le jour suivant; en sorte que le lendemain 13 septembre, vers les quatre heures du soir, le charbon avait baissé d'un peu plus de 4 pieds. On a rempli ce vide, à cette même heure, avec onze corbeilles de charbon, pesant ensemble 440 livres: ainsi, le fourneau a été chargé en tout de 5840 livres de charbon.

Ensuite on a bouché l'ouverture supérieure du fourneau avec un large couvercle de forte tôle, garni tout autour du mortier de glaise et sable mêlé de poudre de charbon, et chargé d'un pied d'épaisseur de cette poudre de charbon mouillée. Pendant que l'on bouchait, on a remarqué que la flamme ne laissait pas de retentir assez fortement dans l'intérieur du fourneau; mais en moins d'une minute la flamme a cessé de retentir, et l'on n'entendait plus aucun bruit ni murmure, en sorte qu'on aurait pu penser que l'air n'ayant point d'accès dans la cavité du fourneau, le feu y était entièrement étouffé.

On a laissé le fourneau ainsi bouché partout, tant au-dessus qu'au-dessous, depuis le 13 septembre jusqu'au 28 du même mois, c'est-à-dire pendant quinze jours. J'ai re-

marqué pendant ce temps que, quoiqu'il n'y eût point de flamme dans le fourneau, ni même de feu lumineux, la chaleur ne laissait pas d'augmenter et de se communiquer autour de la cavité du fourneau.

Le 28 septembre, à dix heures du matin, on a débouché l'ouverture supérieure du fourneau avec précaution, dans la crainte d'être suffoqué par la vapeur du charbon. J'ai remarqué, avant de l'ouvrir, que la chaleur avait gagné jusqu'à 4 pieds $\frac{1}{2}$ dans l'épaisseur du massif qui forme la tour du fourneau. Cette chaleur n'était pas fort grande aux environs de la *bure* (c'est ainsi qu'on appelle la partie supérieure du fourneau qui s'élève au-dessus de son terre-plein); mais, à mesure qu'on approchait de la cavité, les pierres étaient déjà si fort échauffées, qu'il n'était pas possible de les toucher un instant. Les mortiers dans les joints des pierres étaient en partie brûlés, et il paraissait que la chaleur était beaucoup plus grande encore dans le bas du fourneau; car les pierres du dessus de la tympe et de la tuyère étaient excessivement chaudes dans toute leur épaisseur jusqu'à 4 ou 5 pieds.

Au moment qu'on a débouché le gueulard du fourneau, il en est sorti une vapeur suffocante, dont il a fallu s'éloigner, et qui n'a pas laissé de faire mal à la tête à la plupart des assistants. Lorsque cette vapeur a été dissipée, on a mesuré de combien le charbon, enfermé et privé d'air courant pendant quinze jours, avait diminué, et l'on a trouvé qu'il avait baissé de 14 pieds 5 pouces de hauteur; en sorte que le fourneau était vide dans toute sa partie supérieure jusqu'auprès de la cuve.

Ensuite, j'ai observé la surface de ce charbon, et j'y ai vu une petite flamme qui venait de naître; il était absolument noir et sans flamme auparavant. En moins d'une heure, cette petite flamme bleuâtre est devenue rouge dans le centre, et s'élevait alors d'environ 2 pieds au-dessus du charbon.

Une heure après avoir débouché le gueulard, j'ai fait déboucher l'entrée du creuset. La première chose qui s'est présentée à cette ouverture n'a pas été du feu, comme on aurait pu le présumer, mais des scories provenant du charbon, et qui ressemblaient à du mâchefer léger: ce mâchefer était en assez grande quantité, et remplissait tout l'intérieur du creuset, depuis la tympe à la rustine; et ce qu'il y a de plus singulier, c'est que, quoiqu'il ne se fût formé que par une

grande chaleur, il avait intercepté cette même chaleur au-dessus du creuset, en sorte que les parties de ce mâchefer qui étaient au fond n'étaient, pour ainsi dire, que tièdes; néanmoins elles s'étaient attachées au fond et aux parois du creuset, et elles en avaient réduit en chaux quelques portions jusqu'à plus de trois ou quatre pouces de profondeur.

J'ai fait tirer ce mâchefer et l'ai fait mettre à part pour l'examiner; on a aussi tiré de la chaux du creuset et des environs, qui était en assez grande quantité. Cette calcination, qui s'est faite par ce feu sans flamme, m'a paru provenir en partie de l'action de ces scories du charbon. J'ai pensé que ce feu sourd et sans flamme était trop sec; et je crois que si j'avais mêlé quelque portion de laitier ou de terre vitrescible avec le charbon, cette terre aurait servi d'aliment à la chaleur, et aurait rendu des matières fondantes qui auraient préservé de la calcination la surface de l'ouvrage du fourneau.

Quoi qu'il en soit, il résulte de cette expérience que la chaleur seule, c'est-à-dire la chaleur obscure, renfermée et privée d'air autant qu'il est possible, produit néanmoins avec le temps des effets semblables à ceux du feu le plus actif et le plus lumineux: on sait qu'il doit être violent pour calciner la pierre. Ici, c'était de toutes les pierres calcaires la moins calcinable, c'est-à-dire la plus résistante au feu, que j'avais choisie pour faire construire l'ouvrage et la cheminée de mon fourneau: toute cette pierre d'ailleurs avait été taillée et posée avec soin; les plus petits quartiers avaient un pied d'épaisseur, un pied et demi de largeur, sur trois et quatre pieds de longueur; et dans ce gros volume la pierre est encore bien plus difficile à calciner que quand elle est réduite en moellons. Cependant, cette seule chaleur a non-seulement calciné ces pierres à près d'un demi-pied de profondeur dans la partie la plus étroite et la plus froide du fourneau, mais encore a brûlé en même temps les mortiers faits de glaise et de sable sans les faire fondre; ce que j'aurais mieux aimé, parce qu'alors les joints de la bâtisse du fourneau se seraient conservés pleins, au lieu que la chaleur, ayant suivi la route de ces joints, a encore calciné les pierres sur toutes les faces des joints. Mais, pour faire mieux entendre les effets de cette chaleur obscure et concentrée, je dois observer: 1^o que le massif du fourneau étant de 28 pieds d'épaisseur de deux

faces, et de 24 pieds d'épaisseur des deux autres faces, et la cavité où était contenu le charbon n'ayant que 6 pieds dans sa plus grande largeur, les murs pleins qui environnent cette cavité avaient 9 pieds d'épaisseur de maçonnerie à chaux et sable aux parties les moins épaisses; que par conséquent on ne peut pas supposer qu'il ait passé de l'air à travers ces murs de 9 pieds; 2° que cette cavité qui contenait le charbon ayant été bouchée en bas à l'endroit de la coulée avec un mortier de glaise mêlé de sable d'un pied d'épaisseur, et à la tuyère qui n'a que quelques pouces d'ouverture, avec ce même mortier dont on se sert pour tous les bouchages, il n'est pas à présumer qu'il ait pu entrer de l'air par ces deux ouvertures; 3° que le gueulard du fourneau ayant de même été fermé avec une plaque de forte tôle lutée, et recouverte avec le même mortier, sur environ six pouces d'épaisseur, et encore environnée et surmontée de poussière de charbon mêlée avec ce mortier, sur six autres pouces de hauteur, tout accès à l'air par cette dernière ouverture était interdit. On peut donc assurer qu'il n'y avait point d'air circulant dans toute cette cavité, dont la capacité était de 330 pieds cubes, et que l'ayant remplie de 5400 livres de charbon, le feu étouffé dans cette cavité n'a pu se nourrir que de la petite quantité d'air contenue dans les intervalles que laissaient entre eux les morceaux de charbon; et, comme cette matière jetée l'une sur l'autre laisse de très-grands vides, supposons moitié ou même trois quarts, il n'y a donc eu dans cette cavité que 165 ou tout au plus 248 pieds cubes d'air. Or, le feu du fourneau, excité par les soufflets, consomme cette quantité d'air en moins d'une demi-minute; et cependant il semblerait qu'elle a suffi pour entretenir pendant quinze jours la chaleur, et l'augmenter à peu près au même point que celle du feu libre, puisqu'elle a produit la calcination des pierres à quatre pouces de profondeur dans le bas, et à plus de deux pieds de profondeur dans le milieu et dans toute l'étendue du fourneau, ainsi que nous le dirons tout-à-l'heure. Comme cela me paraissait assez inconcevable, j'ai d'abord pensé qu'il fallait ajouter à ces 248 pieds cubes d'air, contenus dans la cavité du fourneau, toute la vapeur de l'humidité des murs que la chaleur concentrée n'a pu manquer d'attirer, et de laquelle il n'est guère possible de faire une juste estimation. Ce sont là les seuls aliments, soit

en air, soit en vapeurs aqueuses, que cette très-grande chaleur a consommés pendant quinze jours; car il ne se dégage que peu ou point d'air du charbon dans sa combustion, quoiqu'il s'en dégage plus d'un tiers du poids total du bois de chêne bien séché (1). Cet air fixe contenu dans le bois en est chassé par la première opération du feu, qui le convertit en charbon; et s'il en reste, ce n'est qu'en si petite quantité, qu'on ne peut pas la regarder comme le supplément de l'air qui manquait ici à l'entretien du feu. Ainsi, cette chaleur très-grande, et qui s'est augmentée au point de calciner profondément les pierres, n'a été entretenue que par 248 pieds cubes d'air et par les vapeurs de l'humidité des murs; et quand nous supposerions le produit successif de cette humidité cent fois plus considérable que le volume d'air contenu dans la cavité du fourneau, cela ne ferait toujours que 24800 pieds cubes de vapeurs propres à entretenir la combustion; quantité que le feu libre et animé par les soufflets consommerait en moins de 30 minutes, tandis que la chaleur sourde ne la consomme qu'en quinze jours.

Et ce qu'il est nécessaire d'observer encore, c'est que le même feu libre et animé aurait consumé en 11 ou 12 heures les 3600 livres de charbon que la chaleur obscure n'a consommées qu'en quinze jours: elle n'a donc eu que la trentième partie de l'aliment du feu libre, puisqu'il y a eu trente fois autant de temps employé à la consommation de la matière combustible; et en même temps il y a eu environ sept cent vingt fois moins d'air ou de vapeurs employées à cette combustion. Néanmoins les effets de cette chaleur obscure ont été les mêmes que ceux du feu libre; car il aurait fallu quinze jours de ce feu violent et animé pour calciner les pierres au même degré qu'elles l'ont été par la chaleur seule: ce qui nous démontre d'une part l'immense déperdition de la chaleur, lorsqu'elle s'exhale avec les vapeurs et la flamme, et d'autre part, les grands effets qu'on peut attendre de sa concentration, ou, pour mieux dire, de sa coercion, de sa détention. Car cette chaleur retenue et concentrée ayant produit les mêmes effets que le feu libre et violent, avec trente fois moins de matière combustible et sept cent vingt fois moins d'air, et étant supposée en raison

(1) Hales, *Statique des végétaux*, page 152.

composée de ces deux éléments, on doit en conclure que, dans nos grands fourneaux à fondre les mines de fer, il se perd vingt-un mille fois plus de chaleur qu'il ne s'en applique, soit à la mine, soit aux parois du fourneau; en sorte qu'on imaginerait que les fourneaux de réverbère, où la chaleur est plus concentrée, devraient produire le feu le plus puissant. Cependant j'ai acquis la preuve du contraire, nos mines de fer ne s'étant pas même agglutinées par le feu de réverbère de la glacerie de Rouelles en Bourgogne, tandis qu'elles fondent en moins de 12 heures au feu de mes fourneaux à soufflets: cette différence tient au principe que j'ai donné; le feu, par sa vitesse ou par son volume, produit des effets tout différents sur certaines substances telles que la mine de fer; tandis que sur d'autres substances, telles que la pierre calcaire, il peut en produire de semblables. La fusion est en général une opération prompte qui doit avoir plus de rapport avec la vitesse du feu que la calcination, qui est presque toujours lente, et qui doit, dans bien des cas, avoir plus de rapport au volume du feu ou à son long séjour, qu'à sa vitesse. On verra, par l'expérience suivante, que cette même chaleur retenue et concentrée n'a fait aucun effet sur la mine de fer.

DEUXIÈME EXPÉRIENCE.

Dans ce même fourneau de 23 pieds de hauteur, après avoir fondu de la mine de fer pendant environ quatre mois, je fis couler les dernières gueuses en remplissant toujours avec du charbon, mais sans mine, afin d'en tirer toute la matière fondue; et quand je me fus assuré qu'il n'en restait plus, je fis cesser le vent, boucher exactement l'ouverture de la tuyère et celle de la coulée, qu'on maçonna avec de la brique et du mortier de glaise mêlé de sable. Ensuite je fis porter sur le charbon autant de mine qu'il pouvait en entrer dans le vide qui était au-dessus du fourneau: il y entra cette première fois vingt-sept mesures de 60 livres, c'est-à-dire 1620 livres, pour affleurer le niveau du gueulard; après quoi je fis boucher cette ouverture avec la même plaque de forte tôle et du mortier de glaise et sable, et encore de la poudre de charbon en grande quantité: on imagine bien quelle immense chaleur je renfermais ainsi dans le fourneau: tout le charbon en était allumé du haut en bas lorsque je fis cesser le vent; toutes les

pierres des parois étaient rouges du feu qui les pénétrait depuis quatre mois; toute cette chaleur ne pouvait s'exhaler que par deux petites fentes qui s'étaient faites au mur du fourneau, et que je fis remplir de bon mortier, afin de lui ôter encore ces issues. Trois jours après, je fis déboucher le gueulard, et je vis, avec quelque surprise, que, malgré cette chaleur immense renfermée dans le fourneau, le charbon ardent, quoique comprimé par la mine, et chargé de 1620 livres, n'avait baissé que de 16 pouces en trois jours ou 72 heures. Je fis sur-le-champ remplir ces 16 pouces de vide avec 25 mesures de mine, pesant ensemble 1500 livres. Trois jours après, je fis déboucher cette même ouverture du gueulard, et je trouvai le même vide de 16 pouces, et par conséquent la même diminution, ou, si l'on veut, le même affaissement du charbon: je fis remplir de même avec 1500 livres de mine; ainsi il y en avait déjà 4620 livres sur le charbon, qui était tout embrasé lorsqu'on avait commencé de fermer le fourneau. Six jours après, je fis déboucher le gueulard pour la troisième fois, et je trouvai que, pendant ces six jours, le charbon n'avait baissé que de 20 pouces, que l'on remplit avec 1860 livres de mine. Enfin, neuf jours après, on déboucha pour la quatrième fois, et je vis que, pendant ces neuf derniers jours, le charbon n'avait baissé que de 21 pouces, que je fis remplir de 1920 livres de mine; ainsi il y en avait en tout 8400 livres: on referma le gueulard avec les mêmes précautions, et le lendemain, c'est-à-dire vingt-deux jours après avoir bouché pour la première fois, je fis rompre la petite maçonnerie de briques qui bouchait l'ouverture de la coulée, en laissant toujours fermée celle du gueulard, afin d'éviter le courant d'air qui aurait enflammé le charbon. La première chose que l'on tira par l'ouverture de la coulée, furent des morceaux réduits en chaux dans l'ouvrage du fourneau: on y trouva aussi quelques petits morceaux de mâchefer, quelques autres d'une fonte mal digérée, et environ une livre et demie de très-bon fer qui s'était formé par coagulation. On tira près d'un tombereau de toutes ces matières, parmi lesquelles il y avait aussi quelques morceaux de mine brûlée et presque réduite en mauvais laitier: cette mine brûlée ne provenait pas de celle que j'avais fait cesser sur les charbons après avoir fait cesser le vent, mais de celle qu'on y avait jetée sur

la fin du fondage, qui s'était attachée aux parois du fourneau, et qui ensuite était tombée dans le creuset avec les parties de pierres calcinées auxquelles elle était unie.

Après avoir tiré ces matières, on fit tomber le charbon : le premier qui parut était à peine rouge : mais dès qu'il eut de l'air, il devint très-rouge; on ne perdit pas un instant à le tirer, et on l'éteignait en même temps en jetant de l'eau dessus. Le gueulard étant toujours bien fermé, on tira tout le charbon par l'ouverture de la coulée, et aussi toute la mine dont je l'avais fait charger. La quantité de ce charbon tiré du fourneau montait à cent quinze corbeilles; en sorte que, pendant ces vingt-deux jours d'une chaleur si violente, il paraissait qu'il ne s'en était consumé que dix-sept corbeilles, car toute la capacité du fourneau n'en contient que cent trente-cinq; et comme il y avait 16 pouces $\frac{1}{2}$ de vide lorsqu'on le boucha, il faut déduire deux corbeilles qui auraient été nécessaires pour remplir ce vide.

Étonné de cette excessivement petite consommation du charbon, pendant vingt-deux jours de l'action de la plus violente chaleur qu'on eût jamais enfermée, je regardai ces charbons de plus près, et je vis que, quoi- qu'ils eussent aussi peu perdu sur leur volume, ils avaient beaucoup perdu sur leur masse, et que, quoique l'eau avec laquelle on les avait éteints leur eût rendu du poids, ils étaient encore d'environ un tiers plus légers que quand on les avait jetés au fourneau; cependant les ayant fait transporter aux petites chaudières des martinets et de la batterie, ils se trouvèrent encore assez bons pour chauffer, même à blanc, les petites barres de fer qu'on fait passer sous ces mar- teaux.

On avait tiré la mine en même temps que le charbon, et on l'avait soigneusement séparée et mise à part : la très-violente chaleur qu'elle avait essuyée pendant un si long temps ne l'avait ni fondue ni brûlée, ni même agglutinée; le grain en était seulement devenu plus propre et plus luisant : le sable vitrescible et les petits cailloux dont elle était mêlée ne s'étaient point fondus, et il me parut qu'elle n'avait perdu que l'humidité qu'elle contenait auparavant, car elle n'avait guère diminué que d'un cinquième en poids, et d'environ un vingtième en volume, et cette dernière quantité s'était perdue dans les charbons.

Il résulte de cette expérience : 1^o que la

plus violente chaleur, et la plus concentrée pendant un très-long temps, ne peut, sans le secours et le renouvellement de l'air, fondre la mine de fer, ni même le sable vitrescible, tandis qu'une chaleur de même espèce et beaucoup moindre peut calciner toutes les matières calcaires; 2^o que le charbon pénétré de chaleur ou de feu commence à diminuer de masse long-temps avant de diminuer de volume, et que ce qu'il perd le premier sont les parties les plus combustibles qu'il contient. Car, en comparant cette seconde expérience avec la première, comment se pourrait-il que la même quantité de charbon se consume plus vite avec une chaleur très-médiocre, qu'à une chaleur de la dernière violence, toutes deux également privées d'air, également retenues et concentrées dans le même vaisseau clos? Dans la première expérience, le charbon, qui, dans une cavité presque froide, n'avait éprouvé que la légère impression d'un feu qu'on avait étouffé au moment que la flamme s'était montrée, avait néanmoins diminué des deux tiers en quinze jours; tandis que le même charbon enflammé autant qu'il pouvait l'être par le vent des soufflets, et recevant encore la chaleur immense des pierres rouges de feu dont il était environné, n'a pas diminué d'un sixième pendant vingt-deux jours. Cela serait inexplicable si l'on ne faisait pas attention que, dans le premier cas, le charbon avait toute sa densité et contenait toutes ses parties combustibles; au lieu que, dans le second cas, où il était dans l'état de la plus forte incandescence, toutes ses parties les plus combustibles étaient déjà brûlées. Dans la première expérience, la chaleur, d'abord très-médiocre, allait toujours en augmentant, à mesure que la combustion augmentait et se communiquait de plus en plus à la masse entière du charbon. Dans la seconde expérience, la chaleur excessive allait en diminuant à mesure que le charbon achevait de brûler; et il ne pouvait plus donner autant de chaleur, parce que sa combustion était fort avancée au moment qu'on l'avait enfermée. C'est là la vraie cause de cette différence d'effets. Le charbon, dans la première expérience, contenant toutes ses parties combustibles, brûlait mieux et se consumait plus vite que celui de la seconde expérience, qui ne contenait presque plus de matière combustible, et ne pouvait augmenter son feu, ni même l'entretenir au même degré que par l'emprunt de celui des murs du fourneau : c'est par cette seule

raison que la combustion allait toujours en diminuant, et qu'au total elle a été beaucoup moindre et plus lente que l'autre, qui allait toujours en augmentant, et qui s'est faite en moins de temps. Lorsque tout accès est fermé à l'air, et que les matières renfermées n'en contiennent que peu ou point dans leur substance, elles ne se consumeront pas, quelque violente que soit la chaleur; mais, s'il reste une certaine quantité d'air entre les interstices de la matière combustible, elle se consumera d'autant plus vite et d'autant plus qu'elle pourra fournir elle-même une plus grande quantité d'air. 3^o Il résulte encore de ces expériences que la chaleur la plus violente, dès qu'elle n'est pas nourrie, produit moins d'effet que la plus petite chaleur qui trouve de l'aliment; la première est pour ainsi dire une chaleur morte qui ne se fait sentir que par sa déperdition; l'autre est un feu vivant qui s'accroît à proportion des aliments qu'il consume. Pour reconnaître ce que cette chaleur morte, c'est-à-dire cette chaleur dénuée de tout aliment, pouvait produire, j'ai fait l'expérience suivante.

TROISIÈME EXPÉRIENCE.

Après avoir tiré du fourneau, par l'ouverture de la coulée, tout le charbon qui y était contenu, et l'avoir entièrement vidé de mine et de toute autre matière, je fis maçonner de nouveau cette ouverture et boucher avec le plus grand soin celle du gueulard en haut, toutes les pierres des parois du fourneau étant encore excessivement chaudes : l'air ne pouvait donc entrer dans le fourneau pour le rafraîchir, et la chaleur ne pouvait en sortir qu'à travers des murs de plus de 9 pieds d'épaisseur; d'ailleurs, il n'y avait dans sa cavité, qui était absolument vide, aucune matière combustible, ni même aucune autre matière. Observant donc ce qui arrivait, je m'aperçus que tout l'effet de la chaleur se portait en haut, et que, quoique cette chaleur ne fût pas du feu vivant ou nourri par aucune matière combustible, elle fit rougir en peu de temps la forte plaque de tôle qui couvrait le gueulard; que cette incandescence donnée par la chaleur obscure à cette large pièce de fer se communiqua par le contact à toute la masse de poudre de charbon qui recouvrait les mortiers de cette plaque, et enflamma du bois que je fis mettre dessus. Ainsi, la seule évaporation de cette chaleur obscure et morte, qui ne pouvait sortir que des pierres du fourneau, produisit ici le

même effet que le feu vif et nourri. Cette chaleur tendant toujours en haut et se réunissant toute à l'ouverture du gueulard au-dessous de la plaque de fer, la rendit rouge, lumineuse et capable d'enflammer les matières combustibles. D'où l'on doit conclure qu'en augmentant la masse de la chaleur obscure, on peut produire de la lumière de la même manière qu'en augmentant la masse de la lumière on produit de la chaleur; que dès-lors ces deux substances sont réciproquement convertibles de l'une en l'autre, et toutes deux nécessaires à l'élément du feu.

Lorsqu'on enleva cette plaque de fer qui couvrait l'ouverture supérieure du fourneau, et que la chaleur avait fait rougir, il en sortit une vapeur légère et qui parut enflammée, mais qui se dissipa dans un instant : j'observai alors les pierres des parois du fourneau; elles me parurent calcinées en très-grande partie et très-profondément : et, en effet, ayant laissé refroidir le fourneau pendant dix jours, elles se sont trouvées calcinées jusqu'à deux pieds, et même deux pieds et demi de profondeur; ce qui ne pouvait provenir que de la chaleur que j'y avais renfermée pour faire mes expériences; attendu que, dans les autres fondages, le feu animé par les soufflets n'avait jamais calciné les mêmes pierres à plus de huit pouces d'épaisseur dans les endroits où il est le plus vif, et seulement à deux ou trois pouces dans tout le reste; au lieu que toutes les pierres, depuis le creuset jusqu'au terre-plein du fourneau, ce qui fait une hauteur de vingt pieds, étaient généralement réduites en chaux d'un pied et demi, de deux pieds et même de deux pieds et demi d'épaisseur. Comme cette chaleur renfermée n'avait pu trouver d'issue, elle avait pénétré les pierres bien plus profondément que la chaleur courante.

On pourrait tirer de cette expérience les moyens de cuire la pierre et de faire de la chaux à moindres frais, c'est-à-dire de diminuer de beaucoup la quantité de bois en se servant d'un fourneau bien fermé au lieu de fourneaux ouverts; il ne faudrait qu'une petite quantité de charbon pour convertir en chaux, dans moins de quinze jours, toutes les pierres contenues dans le fourneau, et les murs mêmes du fourneau à plus d'un pied d'épaisseur, s'il était bien exactement fermé.

Dès que le fourneau fut assez refroidi pour permettre aux ouvriers d'y travailler, on fut obligé d'en démolir tout l'intérieur du haut

en bas, sur une épaisseur circulaire de quatre pieds; on en tira 54 muids de chaux, sur laquelle je fis les observations suivantes.

1° Toute cette pierre, dont la calcination s'était faite à feu lent et concentré, n'était pas devenue aussi légère que la pierre calcinée à la manière ordinaire; celle-ci, comme je l'ai dit, perd à très-peu près la moitié de son poids, et celle de mon fourneau n'en avait perdu qu'environ trois huitièmes; 2° elle ne saisit pas l'eau avec la même avidité que la chaux vive ordinaire: lorsqu'on l'y plonge, elle ne donne d'abord aucun signe de chaleur ni d'ébullition; mais peu après elle se gonfle, se divise et s'élève, en sorte qu'on n'a pas besoin de la remuer comme on remue la chaux vive ordinaire pour l'éteindre; 3° cette chaux a une saveur beaucoup plus âcre que la chaux commune; elle contient par conséquent beaucoup plus d'alkali fixe; 4° elle est infiniment meilleure, plus liante et plus forte que l'autre chaux, et tous les ouvriers n'en emploient qu'environ les deux tiers de l'autre, et assurent que le mortier est encore excellent; 5° cette chaux ne s'éteint à l'air qu'après un temps très-long, tandis qu'il ne faut qu'un jour ou deux pour réduire la chaux vive commune en poudre à l'air libre: celle-ci résiste à l'impression de l'air pendant un mois ou cinq semaines; 6° au lieu de se réduire en farine ou en poussière sèche comme la chaux commune, elle conserve son volume; et, lorsqu'on la divise en l'écrasant, toute la masse paraît ductile et pénétrée d'une humidité grasse et liante, qui ne peut provenir que de l'humide de l'air que la pierre a puissamment attiré et absorbé pendant les cinq semaines de temps employées à son extinction. Au reste, la chaux, que l'on tire communément des fourneaux de forge, à toutes ces mêmes propriétés: ainsi la chaleur obscure et lente produit encore ici les mêmes effets que le feu le plus vif et le plus violent.

Il sortit de cette démolition de l'intérieur du fourneau 232 quartiers de pierre de taille, tous calcinés plus ou moins profondément: ces quartiers avaient communément quatre pieds de longueur: la plupart étaient en chaux jusqu'à dix-huit pouces, et les autres à deux pieds et même deux pieds et demi; et cette portion calcinée se séparait aisément du reste de la pierre, qui était saine et même plus dure que quand on l'avait posée pour bâtir le fourneau. Cette observation m'engagea à faire les expériences suivantes.

QUATRIÈME EXPÉRIENCE.

Je fis peser dans l'air et dans l'eau trois morceaux de ces pierres, qui, comme l'on voit, avaient subi la plus grande chaleur qu'elles pussent éprouver sans se réduire en chaux, et j'en comparai la pesanteur spécifique avec celle de trois autres morceaux à peu près du même volume, que j'avais fait prendre dans d'autres quartiers de cette même pierre qui n'avaient point été employés à la construction du fourneau, ni par conséquent chauffés, mais qui avaient été tirés de la même carrière neuf mois auparavant, et qui étaient restés à l'exposition du soleil et de l'air. Je trouvai que la pesanteur spécifique des pierres échauffées à ce grand feu pendant cinq mois avait augmenté; qu'elle était constamment plus grande que celle de la même pierre non échauffée, d'un 81° sur le premier morceau, d'un 90° sur le second, et d'un 85° sur le troisième: donc la pierre chauffée au degré voisin de celui de sa calcination gagne au moins un 86° de masse, au lieu qu'elle en perd trois huitièmes par la calcination, qui ne suppose qu'un degré de chaleur de plus. Cette différence ne peut venir que de ce qu'à un certain degré de violente chaleur ou de feu, tout l'air et toute l'eau transforment en matière fixe dans la pierre reprennent leur première nature, leur élasticité, leur volatilité, et que dès lors ils se dégagent de la pierre et s'élèvent en vapeurs, que le feu enlève et entraîne avec lui. Nouvelle preuve que la pierre calcaire est en très-grande partie composée d'air fixe et d'eau fixe saisis et transformés en matière solide par le filtre animal.

Après ces expériences, j'en fis d'autres sur cette même pierre échauffée à un moindre degré de chaleur, mais pendant un temps aussi long; je fis détacher pour cela trois morceaux de parois extérieures de la lunette de la tuyère dans un endroit où la chaleur était à peu près de 95 degrés, parce que le soufre appliqué contre la muraille s'y ramollissait et commençait à fondre, et que ce degré de chaleur est à très-peu près celui auquel le soufre entre en fusion. Je trouvai, par trois épreuves semblables aux précédentes, que cette même pierre, chauffée à ce degré pendant cinq mois, avait augmenté en pesanteur spécifique d'un 65°, c'est-à-dire de presque un quart de plus que celle qui avait éprouvé le degré de chaleur voisin de celui de la calcination; et je conclus de cette

différence que l'effet de la calcination commençait à se préparer dans la pierre qui avait subi le plus grand feu, au lieu que celle qui n'avait éprouvé qu'une moindre chaleur avait conservé toutes les parties fixes qu'elle y avait déposées.

Pour me satisfaire pleinement sur ce sujet, et reconnaître si toutes les pierres calcaires augmentent en pesanteur spécifique par une chaleur constamment et long-temps appliquée, je fis six nouvelles épreuves sur deux autres espèces de pierres. Celle dont était construit l'intérieur de mon fourneau, et qui a servi aux expériences précédentes, s'appelle dans le pays *Pierre à feu*, parce qu'elle résiste plus à l'action du feu que toutes les autres pierres calcaires. Sa substance est composée de petits graviers calcaires liés ensemble par un ciment pierreux qui n'est pas fort dur, et qui laisse quelques interstices vides; sa pesanteur est néanmoins plus grande que celle des autres pierres calcaires d'environ un 20^e. En ayant éprouvé plusieurs morceaux au feu de mes chaufferies, il a fallu pour les calciner plus du double du temps de celui qu'il fallait pour réduire en chaux les autres pierres; on peut donc être assuré que les expériences précédentes ont été faites sur la pierre calcaire la plus résistante au feu. Les pierres auxquelles je vais la comparer étaient aussi de très-bonnes pierres calcaires, dont on fait la plus belle taille pour les bâtiments: l'une a le grain fin et presque aussi serré que celui du marbre; l'autre a le grain un peu plus gros; mais toutes deux sont compactes et pleines; toutes deux font l'excellente chaux grise, plus liante et plus forte que la chaux commune, qui est plus blanche.

En pesant dans l'air et dans l'eau trois morceaux chauffés et trois autres non chauffés de cette première pierre dont le grain était le plus fin, j'ai trouvé qu'elle avait gagné un 56^e en pesanteur spécifique, par l'application constante pendant cinq mois d'une chaleur d'environ 90 degrés; ce que j'ai reconnu, parce qu'elle était voisine de celle dont j'avais fait casser les morceaux dans la voûte extérieure du fourneau, et que le soufre ne fondait plus contre ses parois. En ayant donc fait enlever trois morceaux encore chauds pour les peser et comparer avec d'autres morceaux de la même pierre qui étaient restés exposés à l'air libre, j'ai vu que l'un des morceaux avait augmenté d'un 60^e, le second d'un 62^e, le troisième d'un 56^e. Ainsi

cette pierre à grain très-fin a augmenté en pesanteur spécifique de près d'un tiers de plus que la pierre à feu chauffée au degré voisin de celui de la calcination, et aussi d'environ un 7^e de plus que cette même pierre à feu chauffée à 95 degrés, c'est-à-dire à une chaleur à peu près égale.

La seconde pierre, dont le grain était moins fin, formait une assise entière de la voûte extérieure du fourneau, et je fus maître de choisir les morceaux dont j'avais besoin pour l'expérience, dans un quartier qui avait subi pendant le même temps de cinq mois le même degré 95 de chaleur que la pierre à feu: en ayant donc fait casser trois morceaux, et m'étant muni de trois autres qui n'avaient pas été chauffés, je trouvai que l'un de ces morceaux chauffés avait augmenté d'un 54^e, le second d'un 63^e, et le troisième d'un 66^e; ce qui donne pour la mesure moyenne un 61^e d'augmentation en pesanteur spécifique.

Il résulte de ces expériences: 1^o que toute pierre calcaire, chauffée pendant long-temps, acquiert de la masse et devient plus pesante: cette augmentation ne peut venir que des particules de chaleur qui la pénètrent et s'y unissent par leur longue résidence, et qui dès lors en deviennent partie constituante sous une forme fixe; 2^o que cette augmentation de pesanteur spécifique, étant d'un 61^e ou d'un 56^e ou d'un 65^e, ne se trouve varier ici que par la nature des différentes pierres; que celles dont le grain est le plus fin sont celles dont la chaleur augmente le plus la masse, et dans lesquelles les pores étant plus petits, elle se fixe plus aisément et en plus grande quantité; 3^o que la quantité de chaleur qui se fixe dans la pierre est encore bien plus grande que ne le désigne ici l'augmentation de la masse; car la chaleur, avant de se fixer dans la pierre, a commencé par en chasser toutes les parties humides qu'elle contenait. On sait qu'en distillant la pierre calcaire dans une cornue bien fermée, on tire de l'eau pure jusqu'à concurrence d'un seizième de son poids; mais, comme une chaleur de 95 degrés, quoique appliquée pendant cinq mois, pourrait néanmoins produire à cet égard de moindres effets que le feu violent qu'on applique au vaisseau dans lequel on distille la pierre, réduisons de moitié et même des trois quarts cette quantité d'eau enlevée à la pierre par la chaleur de 95 degrés; on ne pourra pas disconvenir que la quantité de chaleur qui s'est fixée dans cette

Pierre, ne soit d'abord d'un 60^e indiqué par l'augmentation de la pesanteur spécifique, et encore d'un 64^e pour le quart de la quantité d'eau qu'elle contenait, et que cette chaleur aura fait sortir; en sorte qu'on peut assurer, sans craindre de se tromper, que la chaleur qui pénètre dans la pierre, lui étant appliquée pendant long-temps, s'y fixe en assez grande quantité pour en augmenter la masse tout au moins d'un trentième, même dans la supposition qu'elle n'ait chassé pendant ce long temps que le quart de l'eau que la pierre contenait.

CINQUIÈME EXPÉRIENCE.

Toutes les pierres calcaires dont la pesanteur spécifique augmente par la longue application de la chaleur, acquièrent par cette espèce de dessèchement, plus de dureté qu'elles n'en avaient auparavant. Voulang reconnaître si cette dureté serait durable, et si elles ne perdraient pas avec le temps non-seulement cette qualité, mais celle de l'augmentation de densité qu'elles avaient acquise par la chaleur, je fis exposer aux injures de l'air plusieurs parties des trois espèces de pierres qui avaient servi aux expériences précédentes, et qui toutes avaient été plus ou moins chauffées pendant cinq mois. Au bout de quinze jours, pendant lesquels il y avait eu des pluies, je les fis sonder et frapper au marteau par le même ouvrier qui les avait trouvées très-dures quinze jours auparavant : il reconnut avec moi que la pierre à feu, qui était la plus poreuse, et dont le grain était le plus gros, n'était déjà plus aussi dure, et qu'elle se laissait travailler plus aisément. Mais les deux autres espèces, et surtout celle dont le grain était le plus fin, avaient conservé la même dureté; néanmoins elles la perdirent en moins de six semaines : et, les ayant fait alors éprouver à la balance hydrostatique, je reconnus qu'elles avaient aussi perdu une assez grande quantité de la matière fixe que la chaleur y avait déposée; néanmoins, au bout de plusieurs mois, elles étaient toujours spécifiquement plus pesantes d'un 150^e ou d'un 160^e que celles qui n'avaient point été chauffées. La différence devenant alors trop difficile à saisir entre ces morceaux et ceux qui n'avaient pas été chauffés, et qui tous étaient également exposés à l'air, je fus forcé de borner là cette expérience; mais je suis persuadé qu'avec beaucoup de temps ces pierres auraient perdu toute leur pesan-

teur acquise. Il en est de même de la dureté : après quelques mois d'exposition à l'air, les ouvriers les ont traitées tout aussi aisément que les autres pierres de même espèce qui n'avaient point été chauffées.

Il résulte de cette expérience que les particules de chaleur qui se fixent dans la pierre n'y sont, comme je l'ai dit, unies que par force; que, quoiqu'elle les conserve après son entier refroidissement, et pendant assez long-temps, si on la préserve de toute humidité, elle les perd néanmoins peu à peu par les impressions de l'air et de la pluie, sans doute parce que l'air et l'eau ont plus d'affinité avec la pierre que les parties de la chaleur qui s'y étaient logées. Cette chaleur fixe n'est plus active; elle est pour ainsi dire morte et entièrement passive : dès-lors, bien loin de pouvoir chasser l'humidité, celle-ci la chasse à son tour et reprend toutes les places qu'elle lui avait cédées. Mais, dans d'autres matières qui n'ont pas avec l'eau autant d'affinité que la pierre calcaire, cette chaleur une fois fixée n'y demeure-t-elle pas constamment et à toujours ? C'est ce que j'ai cherché à constater par l'expérience suivante.

SIXIÈME EXPÉRIENCE.

J'ai pris plusieurs morceaux de fonte de fer que j'ai fait casser dans les gueuses qui avaient servi plusieurs fois à soutenir les parois de la cheminée de mon fourneau, et qui par conséquent avaient été chauffées trois fois, pendant quatre ou cinq mois de suite, au degré de chaleur qui calcine la pierre; car ces gueuses avaient soutenu les pierres ou les briques de l'intérieur du fourneau, et n'étaient défendues de l'action immédiate du feu que par une pierre épaisse de trois ou quatre pouces qui formait le dernier rang des étalages du fourneau : ces dernières pierres, ainsi que toutes les autres dont les étalages étaient construits, s'étaient réduites en chaux à chaque fondage, et la calcination avait toujours pénétré de près de huit pouces dans celles qui étaient exposées à la plus violente action du feu : ainsi les gueuses, qui n'étaient recouvertes que de quatre pouces par ces pierres, avaient certainement subi le même degré de feu que celui qui produit la parfaite calcination de la pierre, et l'avaient, comme je l'ai dit, subi trois fois pendant quatre ou cinq mois de suite. Les morceaux de cette fonte de fer, que je fis casser, ne se séparèrent du reste de la gueuse

qu'à coups de masse très-répétés ; au lieu que des gueuses de cette même fonte , mais qui n'avaient pas subi l'action du feu , étaient très-cassantes et se séparaient en morceaux aux premiers coups de masse. Je reconnus dès-lors que cette fonte , chauffée à un aussi grand feu et pendant si long-temps , avait acquis beaucoup plus de dureté et de ténacité qu'elle n'en avait auparavant , beaucoup plus même à proportion que n'en avaient acquis les pierres calcaires. Par ce premier indice je jugeai que je trouverais une différence encore plus grande dans la pesanteur spécifique de cette fonte si long-temps échauffée. Et en effet , le premier morceau que j'éprouvai à la balance hydrostatique pesait dans l'air 4 livres 4 onces 3 gros , ou 547 gros ; le même morceau pesait dans l'eau 3 livres 11 onces 2 gros $\frac{1}{2}$, c'est-à-dire 474 gros $\frac{1}{2}$: la différence est de 72 gros $\frac{1}{2}$. L'eau dont je me servais pour mes expériences pesait exactement 70 livres le pied cube , et le volume d'eau déplacé par celui du morceau de cette fonte pesait 72 gros $\frac{1}{2}$: ainsi , 72 gros $\frac{1}{2}$, poids du volume de l'eau déplacée par le morceau de fonte , sont à 70 livres , poids du pied cube de l'eau , comme 547 gros , poids du morceau de fonte , sont à 528 livres 2 onces 1 gros 47 grains , poids du pied cube de cette fonte ; et ce poids excède beaucoup celui de cette même fonte lorsqu'elle n'a pas été chauffée : c'est une fonte blanche qui communément est très-cassante , et dont le poids n'est que de 495 ou 500 livres tout au plus. Ainsi la pesanteur spécifique se trouve augmentée de 28 sur 500 par cette très-longue application de la chaleur , ce qui fait environ un dix-huitième de la masse. Je me suis assuré de cette grande différence par cinq épreuves successives , pour lesquelles j'ai eu attention de prendre toujours des morceaux pesant chacun quatre livres au moins , et comparés un à un avec des morceaux de même figure

et d'un volume à peu près égal ; car , quoiqu'il paraisse qu'ici la différence du volume , quelque grande qu'elle soit , ne devrait rien faire , et ne peut influer sur le résultat de l'opération de la balance hydrostatique , cependant ceux qui sont exercés à la manier se seront aperçus , comme moi , que les résultats sont toujours plus justes lorsque les volumes des matières qu'on compare ne sont pas bien plus grands l'un que l'autre. L'eau , quelque fluide qu'elle nous paraisse , a néanmoins un certain petit degré de ténacité qui influe plus ou moins sur des volumes plus ou moins grands. D'ailleurs il y a très-peu de matières qui soient parfaitement homogènes , ou égales en pesanteur , dans toutes les parties extérieures du volume qu'on soumet à l'épreuve : ainsi , pour obtenir un résultat sur lequel on puisse compter précisément , il faut toujours comparer des morceaux d'un volume approchant , et d'une figure qui ne soit pas bien différente ; car , si d'une part on pesait un globe de fer de deux livres , et d'autre part une feuille de tôle du même poids , on trouverait à la balance hydrostatique leur pesanteur spécifique différente , quoiqu'elle fût réellement la même.

Je crois que quiconque réfléchira sur les expériences précédentes et sur leurs résultats ne pourra disconvenir que la chaleur , très-long-temps appliquée aux différents corps qu'elle pénètre , ne dépose dans leur intérieur une très-grande quantité de particules qui deviennent parties constituantes de leur masse , et qui s'y unissent et y adhèrent d'autant plus que les matières se trouvent avoir avec elles plus d'affinité et d'autres rapports de nature. Aussi , me trouvant muni de ces expériences , je n'ai pas craint d'avancer , dans mon *Traité des Éléments* , que les molécules de la chaleur se fixaient dans tous les corps , comme s'y fixent celles de la lumière et celles de l'air , dès qu'il est accompagné de chaleur ou de feu.

SIXIÈME MÉMOIRE.

EXPÉRIENCES SUR LA LUMIÈRE ET SUR LA CHALEUR QU'ELLE PEUT PRODUIRE.

ARTICLE PREMIER.

INVENTION DE MIROIRS POUR BRÛLER A DE GRANDES DISTANCES.

L'HISTOIRE des miroirs ardents d'Archimède est fameuse; il les inventa pour la défense de sa patrie, et il lança, disent les anciens, le feu du soleil sur la flotte ennemie qu'il réduisit en cendres lorsqu'elle approcha des remparts de Syracuse. Mais cette histoire, dont on n'a pas douté pendant quinze ou seize siècles, a d'abord été contredite, et ensuite traitée de fable dans ces derniers temps. Descartes, né pour juger et même pour surpasser Archimède, a prononcé contre lui d'un ton de maître : il a nié la possibilité de l'invention, et son opinion a prévalu sur les témoignages et sur la croyance de toute l'antiquité : les physiciens modernes, soit par respect pour leur philosophe, soit par complaisance pour leurs contemporains, ont été de même avis. On n'accorde guère aux anciens que ce qu'on ne peut leur ôter; déterminés peut-être par ces motifs, dont l'amour-propre ne se sert que trop souvent sans qu'on s'en aperçoive, n'avons-nous pas naturellement trop de penchant à refuser ce que nous devons à ceux qui nous ont précédés? Et si notre siècle refuse plus qu'un autre, ne serait-ce pas qu'étant plus éclairé il croit avoir plus de droit à la gloire, plus de prétentions à la supériorité?

Quoi qu'il en soit, cette invention était dans le cas de plusieurs autres découvertes de l'antiquité qui se sont évanouies, parce qu'on a préféré la facilité de les nier à la difficulté de les retrouver; et les miroirs ardents d'Archimède étaient si décriés, qu'il ne paraissait pas possible d'en rétablir la réputation : car, pour appeler du jugement de Descartes, il fallait quelque chose de plus fort que des raisons, et il ne restait qu'un moyen sûr et décisif, à la vérité, mais difficile et hardi; c'était d'entreprendre de trouver les miroirs, c'est-à-dire d'en faire

qui pussent produire les mêmes effets. J'en avais conçu depuis long-temps l'idée, et j'avouerai volontiers que le plus difficile de la chose était de la voir possible, puisque, dans l'exécution, j'ai réussi au-delà même de mes espérances.

J'ai donc cherché le moyen de faire des miroirs pour brûler à de grandes distances, comme de 100, de 200 et 300 pieds. Je savais en général qu'avec les miroirs par réflexion l'on n'avait jamais brûlé qu'à 15 ou 20 pieds tout au plus, et qu'avec ceux qui sont réfringents la distance était encore plus courte; et je sentais bien qu'il était impossible dans la pratique de travailler un miroir de métal ou de verre avec assez d'exactitude pour brûler à ces grandes distances; que pour brûler, par exemple, à 200 pieds, la sphère ayant dans ce cas 800 pieds de diamètre, on ne pouvait rien espérer de la méthode ordinaire de travailler les verres; et je me persuadai bientôt que, quand même on pourrait en trouver une nouvelle pour donner à de grandes pièces de verre ou de métal une courbure aussi légère, il n'en résulterait encore qu'un avantage très-peu considérable, comme je le dirai dans la suite.

Mais, pour aller par ordre, je cherchai d'abord combien la lumière du soleil perdait par la réflexion à différentes distances, et quelles sont les matières qui la réfléchissent le plus fortement. Je trouvai premièrement que les glaces étamées, lorsqu'elles sont polies avec un peu de soin, réfléchissent plus puissamment la lumière que les métaux les mieux polis, et même mieux que le métal composé dont on se sert pour faire des miroirs de télescopes; et que, quoiqu'il y ait dans les glaces deux réflexions, l'une à la surface et l'autre à l'intérieur, elles ne laissent pas de donner une lumière plus vive et plus nette que le métal, qui produit une lumière colorée.

En second lieu, en recevant la lumière du soleil dans un endroit obscur, et en la comparant avec cette même lumière du soleil réflé-

chie par une glace, je trouvai qu'à de petites distances, comme de quatre ou cinq pieds, elle ne perdait qu'environ moitié par la réflexion; ce que je jugeai en faisant tomber, sur la première lumière réfléchie, une seconde lumière aussi réfléchie; car la vivacité de ces deux lumières réfléchies me parut égale à celle de la lumière directe.

Troisièmement, ayant reçu à de grandes distances, comme à 100, 200 et 300 pieds, cette même lumière réfléchie par de grandes glaces, je reconnus qu'elle ne perdait presque rien de sa force par l'épaisseur de l'air qu'elle avait à traverser.

Ensuite, je voulus essayer les mêmes choses sur la lumière des bougies; et, pour m'assurer plus exactement de la quantité d'affaiblissement que la réflexion cause à cette lumière, je fis l'expérience suivante :

Je me mis vis-à-vis une glace de miroir avec un livre à la main, dans une chambre où l'obscurité de la nuit était entière, et où je ne pouvais distinguer aucun objet: je fis allumer dans une chambre voisine, à 40 pieds de distance environ, une seule bougie, et je la fis approcher peu à peu, jusqu'à ce que je pusse distinguer les caractères et lire le livre que j'avais à la main; la distance se trouva de 24 pieds du livre à la bougie: ensuite, ayant retourné le livre du côté du miroir, je cherchai à lire par cette même lumière réfléchie, et je fis intercepter par un paravent la partie de la lumière directe qui ne tombait pas sur le miroir, afin de n'avoir sur mon livre que la lumière réfléchie. Il fallut approcher la bougie, ce qu'on fit peu à peu, jusqu'à ce que je pusse lire les mêmes caractères éclairés par la lumière réfléchie; et alors la distance du livre à la bougie, y compris celle du livre au miroir, qui n'était que d'un demi-pied, se trouva être en tout de quinze pieds. Je répétai cela plusieurs fois, et j'eus toujours les mêmes résultats, à très-peu près; d'où je conclus que la force ou la quantité de la lumière directe est à celle de la lumière réfléchie, comme 576 à 225: ainsi l'effet de la lumière de cinq bougies reçue par une glace plane est à peu près égal à celui de la lumière directe de deux bougies.

La lumière des bougies perd donc plus par la réflexion que la lumière du soleil; et cette différence vient de ce que les rayons de lumière qui partent de la bougie comme d'un centre, tombent plus obliquement sur le miroir que les rayons du soleil qui viennent

presque parallèlement. Cette expérience confirma donc ce que j'avais trouvé d'abord, et je tins pour sûr que la lumière du soleil ne perd qu'environ moitié par sa réflexion sur une glace de miroir.

Ces premières connaissances dont j'avais besoin étant acquises, je cherchai ensuite ce que deviennent en effet les images du soleil lorsqu'on les reçoit à de grandes distances. Pour bien entendre ce que je vais dire, il ne faut pas, comme on le fait ordinairement, considérer les rayons du soleil comme parallèles; et il faut se souvenir que le corps du soleil occupe à nos yeux une étendue environ 32 minutes; que par conséquent les rayons qui partent du bord supérieur du disque venant à tomber sur un point d'une surface réfléchissante, les rayons qui partent du bord inférieur venant à tomber aussi sur le même point de cette surface, ils forment entre eux un angle de 32 minutes dans l'incidence, et ensuite dans la réflexion, et que par conséquent l'image doit augmenter de grandeur à mesure qu'elle s'éloigne. Il faut de plus faire attention à la figure de ces images: par exemple, une glace plane carrée d'un demi-pied, exposée aux rayons du soleil, formera une image carrée de six pouces, lorsqu'on recevra cette image à une petite distance de la glace, comme de quelques pieds; en s'éloignant peu à peu, on voit l'image augmenter, ensuite se déformer, enfin s'arrondir et demeurer ronde, toujours en s'agrandissant, à mesure qu'elle s'éloigne du miroir: cette image est composée d'autant de disques du soleil qu'il y a de points physiques dans la surface réfléchissante; le point du milieu forme une image du disque, les points voisins en forment de semblables et de même grandeur qui excèdent un peu le disque du milieu; il en est de même de tous les autres points, et l'image est composée d'une infinité de disques, qui, se surmontant régulièrement, et anticipant circulairement les uns sur les autres, forment l'image réfléchie dont le point du milieu de la glace est le centre.

Si l'on reçoit l'image composée de tous ces disques à une petite distance, alors l'étendue qu'ils occupent n'étant qu'un peu plus grande que celle de la glace, cette image est de la même figure et à peu près de la même étendue que la glace: si la glace est carrée, l'image est carrée; si la glace est triangulaire, l'image est triangulaire; mais lorsqu'on reçoit l'image à une grande distance de la

glace, où l'étendue qu'occupent les disques est beaucoup plus grande que celle de la glace, l'image ne conserve plus la figure carrée ou triangulaire de la glace; elle devient nécessairement circulaire: et, pour trouver le point de distance où l'image perd sa figure carrée, il n'y a qu'à chercher à quelle distance la glace nous paraît sous un angle égal à celui que forme le corps du soleil à nos yeux, c'est-à-dire sous un angle de 32 minutes; cette distance sera celle où l'image perdra sa figure carrée, et deviendra ronde: car les disques ayant toujours pour diamètre une ligne égale à la corde de l'arc de cercle qui mesure un angle de 32 minutes, on trouvera, par cette règle, qu'une glace carrée de six pouces perd sa figure carrée à la distance d'environ 60 pieds, et qu'une glace d'un pied en carré ne la perd qu'à 120 pieds environ, et ainsi des autres.

En réfléchissant un peu sur cette théorie, on ne sera plus étonné de voir qu'à de très-grandes distances une grande et une petite glace donnent à peu près une image de la même grandeur, et qui ne diffère que par l'intensité de la lumière: on ne sera plus surpris qu'une glace ronde, ou carrée, ou longue, ou triangulaire, ou de telle autre figure que l'on voudra (1), donne toujours des images rondes; et on verra clairement que les images ne s'agrandissent et ne s'affaiblissent pas par la dispersion de la lumière, ou par la petite qu'elle fait en traversant l'air, comme l'ont cru quelques physiiciens, et que cela n'arrive au contraire que par l'augmentation des disques, qui occupent toujours un espace de 32 minutes à quelque éloignement qu'on les porte.

De même on sera convaincu, par la simple exposition de cette théorie, que les courbes, de quelque espèce qu'elles soient, ne peuvent être employées avec avantage pour brûler de loin, parce que le diamètre du foyer de toutes les courbes ne peut jamais être plus petit que la corde de l'arc qui mesure un angle de 32 minutes; et que par conséquent le miroir concave le plus parfait, dont le diamètre serait égal à cette corde, ne ferait jamais le double de l'effet de ce miroir plan de même surface (2); et, si le diamètre

de ce miroir courbe était plus petit que cette corde, il ne ferait guère plus d'effet qu'un miroir plan de même surface.

Lorsque j'eus bien compris ce que je viens d'exposer, je me persuadai bientôt, à n'en pouvoir douter, qu'Archimède n'avait pu brûler de loin qu'avec des miroirs plans; car, indépendamment de l'impossibilité où l'on restait alors, et où l'on serait encore aujourd'hui d'exécuter des miroirs concaves d'un aussi long foyer, je sentis bien que les réflexions que je viens de faire, ne pouvaient pas avoir échappé à ce grand mathématicien. D'ailleurs je pensai que, selon toutes les apparences, les anciens ne savaient pas faire de grandes masses de verre, qu'ils ignoraient l'art de le couler pour en faire de grandes glaces, qu'ils n'avaient tout au plus que celui de le souffler et d'en faire des bouteilles et des vases; et je me persuadai aisément que c'était avec des miroirs plans de métal poli, et par la réflexion des rayons du soleil qu'Archimède avait brûlé au loin: mais, comme j'avais reconnu que les miroirs de glace réfléchissent plus puissamment la lumière que les miroirs du métal le plus poli, je pensai à faire construire une machine pour faire coïncider au même point les images réfléchies par un grand nombre de ces glaces planes, bien convaincu que ce moyen était le seul par lequel il fût possible de réussir.

Cependant j'avais encore des doutes, et qui me paraissaient même très-bien fondés; car, voici comment je raisonnais. Supposons que la distance à laquelle je veux brûler soit de 240 pieds: je vois clairement que le foyer de mon miroir ne peut avoir moins de deux pieds de diamètre à cette distance; dès lors, quelle sera l'étendue que je serai obligé de donner à mon assemblage de miroirs plans pour produire du feu dans un aussi grand foyer? Elle pouvait être si grande que la chose eût été impraticable dans l'exécution; car, en comparant le diamètre du foyer au diamètre du miroir, dans les meilleurs miroirs par réflexion que nous ayons, par exemple, avec le miroir de l'Académie, j'avais observé que le diamètre de ce miroir, qui est de trois pieds, était cent huit fois plus grand que le diamètre de son foyer, qui n'a qu'environ quatre lignes, et j'en con-

(1) C'est par cette même raison que les petites images du soleil qui passent entre les feuilles des arbres élevés et touffus, qui tombent sur le sable d'une allée, sont toutes ovales ou rondes.

(2) Si l'on se donne la peine de le supper, on

trouvera que le miroir courbe le plus parfait n'a d'avantage, sur un miroir plan, que dans la raison de 17 à 10, du moins à très-peu près.

cluais que, pour brûler aussi vivement à 240 pieds, il eût été nécessaire que mon assemblage de miroirs eût eu 216 pieds de diamètre, puisque le foyer aurait deux pieds : or, un miroir de 216 pieds de diamètre était assurément une chose impossible.

A la vérité, ce miroir de trois pieds de diamètre brûle assez vivement pour fondre l'or, et je voulus voir combien j'avais à gagner en réduisant son action à n'enflammer que du bois : pour cela, j'appliquai sur le miroir des zones circulaires de papier pour en diminuer le diamètre, et je trouvai qu'il n'avait plus assez de force pour enflammer du bois sec lorsque son diamètre fut réduit à quatre pouces huit ou neuf lignes : prenant donc cinq pouces ou soixante lignes pour l'étendue du diamètre nécessaire pour brûler avec un foyer de quatre lignes, je ne pouvais me dispenser de conclure que pour brûler également à 240 pieds, où le foyer aurait nécessairement deux pieds de diamètre, il me faudrait un miroir de trente pieds de diamètre; ce qui me paraissait encore une chose impossible, ou du moins impraticable.

A des raisons si positives, et que d'autres auraient regardées comme des démonstrations de l'impossibilité du miroir, je n'avais rien à opposer qu'un soupçon, mais un soupçon ancien, et sur lequel plus j'avais réfléchi, plus je m'étais persuadé qu'il n'était pas sans fondement : c'est que les effets de la chaleur pouvaient bien n'être pas proportionnels à la quantité de lumière; ou, ce qui revient au même, qu'à égale intensité de lumière les grands foyers devaient brûler plus vivement que les petits.

En estimant la chaleur mathématiquement, il n'est pas douteux que la force des foyers de même longueur ne soit proportionnelle à la surface des miroirs. Un miroir dont la surface est double de celle d'un autre doit avoir un foyer de la même grandeur, si la courbure est la même; et ce foyer de même grandeur doit contenir le double de la quantité de lumière que contient le premier foyer; et, dans la supposition que les effets sont toujours proportionnels à leurs causes, on avait toujours cru que la chaleur de ce second foyer devait être double de celle du premier.

De même et par la même estimation mathématique, on a toujours cru qu'à égale intensité de lumière, un petit foyer devait brûler autant qu'un grand, et que l'effet de la chaleur devait être proportionnel à cette

intensité de lumière : *en sorte*, disait Descartes, *qu'on peut faire des verres ou des miroirs extrêmement petits qui brûleront avec autant de violence que les plus grands.* Je pensai d'abord, comme je l'ai dit ci-dessus, que cette conclusion, tirée de la théorie mathématique, pourrait bien se trouver fautive dans la pratique, parce que la chaleur étant une qualité physique de l'action et de la propagation de laquelle nous ne connaissons pas bien les lois, il me semblait qu'il y avait quelque espèce de témérité à en estimer ainsi les effets par un raisonnement de simple spéculation.

J'eus donc recours encore une fois à l'expérience : je pris des miroirs de métal de différents foyers et de différents degrés de poliment; et, en comparant l'action des différents foyers sur les mêmes matières fusibles ou combustibles, je trouvai qu'à égale intensité de lumière les grands foyers font constamment beaucoup plus d'effet que les petits, et produisent souvent l'inflammation ou la fusion, tandis que les petits ne produisent qu'une chaleur médiocre : je trouvai la même chose avec les miroirs par réfraction. Pour le faire mieux sentir, prenons, par exemple, un grand miroir ardent par réfraction, tel que celui du sieur Segard, qui a 32 pouces de diamètre, et un foyer de 8 lignes de largeur, à 6 pieds de distance, auquel foyer le cuivre se fond en moins d'une minute, et faisons dans les mêmes proportions un petit verre ardent de 3 lignes de diamètre, dont le foyer sera de $\frac{3}{2}$ ou $\frac{2}{3}$ de ligne, et la distance à 6 pouces : puisque le grand miroir fond le cuivre en une minute dans l'étendue entière de son foyer, qui est de 8 lignes, le petit verre devrait, selon la théorie, fondre dans le même temps la même matière dans l'étendue de son foyer, qui est de $\frac{2}{3}$ de ligne. Ayant fait l'expérience, j'ai trouvé, comme je m'y attendais bien, que, loin de fondre le cuivre, ce petit verre ardent pouvait à peine donner un peu de chaleur à cette matière.

La raison de cette différence est aisée à donner, si l'on fait attention que la chaleur se communique de proche en proche, et se disperse, pour ainsi dire, lors même qu'elle est appliquée continuellement sur le même point : par exemple, si l'on fait tomber le foyer d'un verre ardent sur le centre d'un écu, et que ce foyer n'ait qu'une ligne de diamètre, la chaleur qu'il produit sur le

centre de l'écu se disperse et s'étend dans le volume entier de l'écu, et il devient chaud jusqu'à la circonférence ; dès-lors toute la chaleur, quoique employée d'abord contre le centre de l'écu, ne s'y arrête pas, et ne peut pas produire un aussi grand effet que si elle y demeurait tout entière. Mais si, au lieu d'un foyer d'une ligne qui tombe sur le milieu de l'écu, on fait tomber sur l'écu tout entier un foyer d'égalé intensité, toutes les parties de l'écu étant également échauffées dans ce dernier cas, non-seulement il n'y a pas de perte de chaleur, comme dans le premier, mais même il y a du gain et de l'augmentation de chaleur ; car le point du milieu profitant de la chaleur des autres points qui l'environnent, l'écu sera fondu dans ce dernier cas, tandis que, dans le premier, il ne sera que légèrement échauffé.

Après avoir fait ces expériences et ces réflexions, je sentis augmenter prodigieusement l'espérance que j'avais de réussir à faire des miroirs qui brûleraient au loin ; car je commençai à ne plus craindre, autant que je l'avais craint d'abord, la grande étendue des foyers : je me persuadai au contraire qu'un foyer d'une largeur considérable, comme de deux pieds, et dans lequel l'intensité de la lumière ne serait pas à beaucoup près aussi grande que dans un petit foyer, comme de quatre lignes, pourrait cependant produire avec plus de force l'inflammation et l'embrasement, et que par conséquent ce miroir, qui, par la théorie mathématique, devait avoir au moins 30 pieds de diamètre, se réduirait sans doute à un miroir de 8 à 10 pieds tout au plus ; ce qui est non-seulement une chose possible, mais même très-praticable.

Je pensai donc sérieusement à exécuter mon projet : d'abord j'avais dessein de brûler à 200 ou 300 pieds avec des glaces circulaires ou hexagones d'un pied carré de surface, et je voulais faire quatre châssis de fer pour les porter, avec trois vis à chacune pour les mouvoir en tous sens, et un ressort pour les assujétir ; mais la dépense trop considérable qu'exigeait cet ajustement me fit abandonner cette idée, et je me rabattis à des glaces communes de 6 pouces sur 8 pouces, et un ajustement en bois, qui, à la vérité, est moins solide et moins précis, mais dont la dépense convenait mieux à une tentative. M. Passemant, dont l'habileté dans les mécaniques est connue même de l'Académie, se chargea de ce détail ; et je

n'en ferai pas la description, parce qu'un coup d'œil sur le miroir en fera mieux entendre la construction qu'un long discours (1).

Il suffira de dire qu'il a d'abord été composé de cent soixante-huit glaces étamées de 6 pouces sur 8 pouces chacune, éloignées les unes des autres d'environ quatre lignes ; que chacune de ces glaces se peut mouvoir en tous sens, et indépendamment de toutes, et que les quatre lignes d'intervalle qui sont entre elles servent non-seulement à la liberté de ce mouvement, mais aussi à laisser voir à celui qui opère l'endroit où il faut conduire ses images. Au moyen de cette construction, l'on peut faire tomber sur le même point les cent soixante-huit images, et par conséquent brûler à plusieurs distances, comme à 20, 30 et jusqu'à 150 pieds, et à toutes les distances intermédiaires ; et en augmentant la grandeur du miroir, ou en faisant d'autres miroirs semblables au premier, on est sûr de porter le feu à de plus grandes distances encore, ou d'en augmenter autant qu'on voudra la force ou l'activité à ces premières distances.

Seulement il faut observer que le mouvement dont j'ai parlé n'est point trop aisé à exécuter, et que d'ailleurs il y a un grand choix à faire dans les glaces : elles ne sont pas toutes à beaucoup près également bonnes, quoiqu'elles paraissent telles à la première inspection : j'ai été obligé d'en prendre plus de cinq cents pour avoir les cent-soixante-huit dont je me suis servi : la manière de les essayer est de recevoir à une grande distance, par exemple, à 150 pieds, l'image réfléchie du soleil contre un plan vertical ; il faut choisir celles qui donnent une image ronde et bien terminée, et rebuter toutes les autres qui sont en beaucoup plus grand nombre, et dont les épaisseurs étant inégales en différents endroits, ou la surface un peu concave ou convexe, au lieu d'être plane, donnent des images mal terminées, doubles, triples, oblongues, chevelues, etc., suivant les différentes défauts qui se trouvent dans les glaces.

Par la première expérience, que j'ai faite le 23 mars 1747, à midi, j'ai mis le feu à 66 pieds de distance à une planche de hêtre goudronnée, avec quarante glaces seulement, c'est-à-dire avec le quart du miroir environ ;

(1) Voyez ci-après les planches 7, 8 et 9, avec l'explication des figures 1, 2, 3, 4, 5, 6 et 7.

mais il faut observer que, n'étant pas encore monté sur son pied, il était posé très-désavantageusement, faisant avec le soleil un angle de près de 20 degrés de déclinaison, et un autre de plus de 10 degrés d'inclinaison.

Le même jour, j'ai mis le feu à une planche goudronnée et soufrée à 126 pieds de distance avec quatre-vingt-dix-huit glaces, le miroir étant posé encore plus désavantageusement. On sent bien que, pour brûler avec le plus d'avantage, il faut que le miroir soit directement opposé au soleil, aussi-bien que les matières qu'on veut enflammer; en sorte qu'en supposant un plan perpendiculaire sur le plan du miroir, il faut qu'il passe par le soleil, et en même temps par le milieu des matières combustibles.

Le 3 avril, à quatre heures du soir, le miroir étant monté et posé sur son pied, on a produit une légère inflammation sur une planche couverte de laine hachée à 138 pieds de distance avec cent douze glaces, quoique le soleil fût faible, et que la lumière en fût fort pâle. Il faut prendre garde à soi, lorsqu'on approche de l'endroit où sont les matières combustibles, et il ne faut pas regarder le miroir; car, si malheureusement les yeux se trouvaient au foyer, on serait aveuglé par l'éclat de la lumière.

Le 4 avril, à onze heures du matin, le soleil étant fort pâle et couvert de vapeurs et de nuages légers, on n'a pas laissé de produire, avec cent cinquante-quatre glaces, à 150 pieds de distance, une chaleur si considérable, qu'elle a fait, en moins de deux minutes, fumer une planche goudronnée, qui se serait certainement enflammée, si le soleil n'avait pas disparu tout à coup.

Le lendemain, 5 avril, à trois heures après midi, par un soleil encore plus faible que le jour précédent, on a enflammé, à 150 pieds de distance, des copeaux de sapin soufrés et mêlés de charbon, en moins d'une minute et demie, avec cent cinquante-quatre glaces. Lorsque le soleil est vif, il ne faut que quelques secondes pour produire l'inflammation.

Le 10 avril, après midi, par un soleil assez net, on a mis le feu à une planche de sapin goudronnée, à 150 pieds, avec cent vingt-huit glaces seulement: l'inflammation a été très-subite, et elle s'est faite dans toute l'étendue du foyer, qui avait environ 16 pouces de diamètre à cette distance.

Le même jour, à deux heures et demie,

on a porté le feu sur une planche de hêtre, goudronnée en partie et couverte en quelques endroits de laine hachée; l'inflammation s'est faite très-promptement; elle a commencé par les parties du bois qui étaient découvertes; et le feu était si violent, qu'il a fallu tremper dans l'eau la planche pour l'éteindre: il y avait cent quarante-huit glaces, et la distance était de 150 pieds.

Le 11 avril, le foyer n'étant qu'à 20 pieds de distance du miroir, il n'a fallu que douze glaces pour enflammer de petites matières combustibles. Avec vingt et une glaces on a mis le feu à une planche de hêtre qui avait déjà été brûlée en partie. Avec quarante-cinq glaces, on a fondu un gros flacon d'étain qui pesait environ six livres; et avec cent dix-sept glaces, on a fondu des morceaux d'argent mince, et rougi une plaque de tôle: et je suis persuadé qu'à 50 pieds on fondra les métaux aussi-bien qu'à 20, en employant toutes les glaces du miroir: et comme le foyer, à cette distance, est large de six à sept pouces, on pourra faire des épreuves en grand sur les métaux (1); ce qu'il n'était pas possible de faire avec les miroirs ordinaires, dont le foyer est ou très-faible ou cent fois plus petit que celui de mon miroir. J'ai remarqué que les métaux, et surtout l'argent, fument beaucoup avant de se fondre: la fumée en était si sensible, qu'elle

(1) Par des expériences subséquentes, j'ai reconnu que la distance la plus avantageuse pour faire commodément, avec ces miroirs, des épreuves sur les métaux, était à 40 ou 45 pieds. Les assiettes d'argent, que j'ai fondues à cette distance avec deux cent vingt-quatre glaces, étaient bien nettes; en sorte qu'il n'était pas possible d'attribuer la fumée très-abondante qui en sortait, à la graisse, ou à d'autres matières dont l'argent se serait imbibé, et comme se le persuadaient les gens témoins de l'expérience. Je la répétai néanmoins sur des plaques d'argent toutes neuves, et j'eus le même effet. Le métal fumait très-abondamment, quelquefois pendant plus de 8 ou 10 minutes avant de se fondre. J'avais dessein de recueillir cette fumée d'argent par le moyen d'un chapiteau et d'un ajustement semblable à celui dont on se sert dans les distillations, et j'ai toujours eu regret que mes autres occupations m'en aient empêché; car cette manière de tirer l'eau du métal est peut-être la seule que l'on puisse employer. Et, si l'on prétend que cette fumée, qui m'a paru humide, ne contient pas de l'eau, il serait toujours très-utile de savoir ce que c'est; car il se peut aussi que ce ne soit que du métal volatilisé. D'ailleurs, je suis persuadé qu'en faisant les mêmes épreuves sur l'or, on le verra fumer comme l'argent, peut-être moins, peut-être plus.

faisait ombre sur le terrain, et c'est là où je l'observai attentivement : car il n'est pas possible de regarder un instant le foyer, lorsqu'il tombe sur du métal; l'éclat en est beaucoup plus vif que celui du soleil.

Les expériences que j'ai rapportées ci-dessus, et qui ont été faites dans les premiers temps de l'invention de ces miroirs, ont été suivies d'un grand nombre d'autres expériences qui confirment les premières. J'ai enflammé du bois jusqu'à 209 et même 210 pieds avec ce même miroir, par le soleil d'été, toutes les fois que le ciel était pur; et je crois pouvoir assurer qu'avec quatre semblables miroirs on brûlerait à 400 pieds, et peut-être plus loin. J'ai de même fondu tous les métaux et minéraux métalliques à 25, 30 et 40 pieds. On trouvera dans la suite de cet article les usages auxquels on peut appliquer ces miroirs, et les limites qu'on doit assigner à leur puissance pour la calcination, la combustion, la fusion, etc.

Il faut environ une demi-heure pour monter le miroir, et pour faire coïncider toutes les images au même point; mais lorsqu'il est une fois ajusté, on peut s'en servir à toute heure, en tirant seulement un rideau; il mettra le feu aux matières combustibles très-promptement, et on ne doit pas le déranger, à moins qu'on ne veuille changer la distance : par exemple, lorsqu'il est arrangé pour brûler à 100 pieds, il faut une demi-heure pour l'ajuster à la distance de 150 pieds, et ainsi des autres.

Ce miroir brûle en haut, en bas et horizontalement, suivant la différente inclinaison qu'on lui donne. Les expériences que je viens de rapporter ont été faites publiquement au Jardin du Roi, sur un terrain horizontal, contre des planches posées verticalement. Je crois qu'il n'est pas nécessaire d'avertir qu'il aurait brûlé avec plus de force en haut, et moins de force en bas; et de même, qu'il est plus avantageux d'incliner le plan des matières combustibles parallèlement au plan du miroir. Ce qui fait qu'il a cet avantage de brûler en haut, en bas et horizontalement, sur les miroirs ordinaires de réflexion qui ne brûlent qu'en haut, c'est que son foyer est fort éloigné, et qu'il a si peu de courbure, qu'elle est insensible à l'œil : il est large de 7 pieds, et haut de 8 pieds; ce qui ne fait qu'environ la 150^e partie de la circonférence de la sphère, lorsqu'on brûle à 150 pieds.

La raison qui m'a déterminé à préférer

des glaces de 6 pouces de largeur sur 8 pouces de hauteur, à des glaces carrées de 6 ou 8 pouces, c'est qu'il est beaucoup plus commode de faire les expériences sur un terrain horizontal et de niveau, que de les faire de bas en haut, et qu'avec cette figure plus haute que large, les images étaient plus rondes, au lieu qu'avec des glaces carrées, elles auraient été raccourcies, surtout pour les petites distances, dans cette situation horizontale.

Cette découverte nous fournit plusieurs choses utiles pour la physique, et peut-être pour les arts. On sait que ce qui rend les miroirs ordinaires de réflexion presque inutiles pour les expériences, c'est qu'ils brûlent toujours en haut, et qu'on est fort embarrassé de trouver les moyens pour suspendre ou soutenir à leur foyer les matières qu'on veut fondre ou calciner. Au moyen de mon miroir, on fera brûler en bas les miroirs concaves, et avec un avantage si considérable, qu'on aura une chaleur de tel degré qu'on voudra : par exemple, en opposant à mon miroir un miroir concave d'un pied carré de surface, la chaleur que ce dernier miroir produira à son foyer, en employant cent cinquante-quatre glaces seulement, sera plus de douze fois plus grande que celle qu'il produit ordinairement, et l'effet sera le même que s'il existait douze soleils au lieu d'un, ou plutôt que si le soleil avait douze fois plus de chaleur.

Secondement, on aura par le moyen de mon miroir la vraie échelle de l'augmentation de la chaleur, et on fera un thermomètre réel, dont les divisions n'auront plus rien d'arbitraire, depuis la température de l'air jusqu'à tel degré de chaleur qu'on voudra, en faisant tomber une à une successivement les images du soleil les unes sur les autres, et en graduant les intervalles, soit au moyen d'une liqueur expansive, soit au moyen d'une machine de dilatation; et de là nous saurons en effet ce que c'est qu'une augmentation double, triple, quadruple, etc. de chaleur (1), et nous connaîtrons les ma-

(1) Feu M. de Mairan a fait une épreuve avec trois glaces seulement, et a trouvé que les augmentations du double et du triple de chaleur étaient comme les divisions du thermomètre de Réaumur; mais on ne doit rien conclure de cette expérience qui n'a donné lieu à ce résultat que par une espèce de hasard. (Voyez sur ce sujet ce que j'ai dit dans mon *Traité des Éléments*.)

tières dont l'expansion ou les autres effets seront les plus convenables pour mesurer les augmentations de chaleur.

Troisièmement, nous saurons au juste combien de fois il faut la chaleur du soleil pour brûler, fondre ou calciner différentes matières, ce qu'on ne savait estimer jusqu'ici que d'une manière vague et fort éloignée de la vérité; et nous serons en état de faire des comparaisons précises de l'activité de nos feux avec celle du soleil, et d'avoir sur cela des rapports exacts, et des mesures fixes et invariables.

Enfin, on sera convaincu, lorsqu'on aura examiné la théorie que j'ai donnée, et qu'on aura vu l'effet de mon miroir, que le moyen que j'ai employé était le seul par lequel il fût possible de réussir à brûler au loin : car, indépendamment de la difficulté physique de faire de grands miroirs concaves, sphériques, paraboliques, ou d'une autre courbure quelconque, assez régulière pour brûler à 150 pieds, on se démontrera aisément à soi-même qu'ils ne produiraient qu'à peu près autant d'effet que le mien, parce que le foyer en serait presque aussi large; que de plus, ces miroirs courbes, quand même il serait possible de les exécuter, auraient le désavantage très-grand de ne brûler qu'à une seule distance, au lieu que le mien brûle à toutes les distances; et par conséquent on abandonnera le projet de faire, par le moyen des courbes, des miroirs pour brûler au loin; ce qui a occupé inutilement un grand nombre de mathématiciens et d'artistes qui se trompaient toujours, parce qu'ils considéraient les rayons du soleil comme parallèles, au lieu qu'il faut les considérer ici tels qu'ils sont, c'est-à-dire comme faisant des angles de toute grandeur, depuis zéro jusqu'à 32 minutes; ce qui fait qu'il est impossible, quelque courbure qu'on donne à un miroir, de rendre le diamètre du foyer plus petit que la corde de l'arc qui mesure cet angle de 32 minutes. Ainsi, quand même on pourrait faire un miroir concave pour brûler à une grande distance, par exemple, à 150 pieds, en le travaillant dans tous ses points sur une sphère de 600 pieds de diamètre, et en employant une masse énorme de verre ou de métal, il est bien clair qu'on aura à peu près autant d'avantage à n'employer au contraire que de petits miroirs plans.

Au reste, comme tout a des limites, quoique mon miroir soit susceptible d'une plus grande perfection, tant pour l'ajustement

que pour plusieurs autres choses, et que je compte bien en faire un autre dont les effets seront supérieurs, cependant il ne faut pas espérer qu'on puisse jamais brûler à de très-grandes distances : car, pour brûler, par exemple, à une demi-lieue, il faudrait un miroir deux mille fois plus grand que le mien; et tout ce qu'on pourra jamais faire est de brûler à 8 ou 900 pieds, tout au plus. Le foyer, dont le mouvement correspond toujours à celui du soleil, marche d'autant plus vite qu'il est plus éloigné du miroir, et à 900 pieds de distance, il ferait un chemin d'environ 6 pieds par minutes.

Il n'est pas nécessaire d'avertir qu'on peut faire, avec de petits morceaux plats de glace ou de métal, des miroirs dont les foyers seront variables, et qui brûleront à de petites distances avec une grande vivacité; et, en les montant à peu près comme l'on monte les parasols, il ne faudrait qu'un seul mouvement pour en ajuster le foyer.

Maintenant que j'ai rendu compte de ma découverte et du succès de mes expériences, je dois rendre à Archimède et aux anciens la gloire qui leur est due. Il est certain qu'Archimède a pu faire avec des miroirs de métal ce que je fais avec des miroirs de verre; il est sûr qu'il avait plus de lumières qu'il n'en faut pour imaginer la théorie qui m'a guidé et la mécanique que j'ai fait exécuter, et que, par conséquent, on ne peut lui refuser le titre de premier inventeur de ces miroirs, que l'occasion où il sut les employer rendit sans doute plus célèbres que le mérite de la chose même.

Pendant le temps que je travaillais à ces miroirs, j'ignorais le détail de tout ce qu'en ont dit les anciens; mais, après avoir réussi à les faire, je fus bien aise de m'en instruire. Feu M. Melot, de l'Académie des belles-lettres, et l'un des gardes de la Bibliothèque du Roi, dont la grande érudition et les talents étaient connus de tous les savants, eut la bonté de me communiquer une excellente dissertation qu'il avait faite sur ce sujet, dans laquelle il rapporte les témoignages de tous les auteurs qui ont parlé des miroirs ardents d'Archimède. Ceux qui en parlent le plus clairement sont Zonaras et Tzetzes, qui vivaient tous deux dans le 12^e siècle : le premier dit qu'Archimède, avec ses miroirs ardents, mit en cendres toute la flotte des Romains. *Ce géomètre*, dit-il, *ayant reçu les rayons du soleil sur un miroir, à l'aide de ces rayons rassemblés et réfléchis par l'é-*

paisseur et le poli du miroir, il embrasa l'air, et alluma une grande flamme qu'il lança tout entière sur les vaisseaux qui mouillaient dans la sphère de son activité, et qui furent tous réduits en cendres. Le même Zonaras rapporte aussi qu'au siège de Constantinople, sous l'empire d'Anasthase, l'an 514 de Jésus-Christ, Proclus brûla, avec des miroirs d'airain, la flotte de Vitalien, qui assiégeait Constantinople; et il ajoute que ces miroirs étaient une découverte ancienne, et que l'historien Dion en donne l'honneur à Archimède, qui la fit et s'en servit contre les Romains, lorsque Marcellus fit le siège de Syracuse.

Tzetzès non-seulement rapporte et assure le fait des miroirs, mais même il en explique en quelque façon la construction. *Lorsque les vaisseaux romains, dit-il, furent à la portée du trait, Archimède fit faire une espèce de miroir hexagone, et d'autres plus petits de vingt-quatre angles chacun, qu'il plaça dans une distance proportionnée, et qu'on pouvait mouvoir à l'aide de leurs charnières et de certaines lames de métal: il plaça le miroir hexagone de façon qu'il était coupé par le milieu par le méridien d'hiver et d'été, en sorte que les rayons du soleil reçus sur ce miroir, venant à se briser, allumèrent un grand feu qui réduisit en cendres les vaisseaux romains, quoiqu'ils fussent éloignés de la portée d'un trait.* Ce passage me paraît assez clair: il fixe la distance à laquelle Archimède a brûlé; la portée du trait ne peut guère être que de 150 ou 200 pieds: il donne l'idée de la construction, et fait voir que le miroir d'Archimède pouvait être, comme le mien, composé de plusieurs petits miroirs qui se mouvaient par des mouvements de charnières et de ressorts; et enfin, il indique la position du miroir, en disant que le miroir hexagone, autour duquel étaient sans doute les miroirs plus petits, était coupé par le méridien, ce qui veut dire apparemment que le miroir doit être opposé directement au soleil: d'ailleurs; le miroir hexagone était probablement celui dont l'image servait de mire pour ajuster les autres, et cette figure n'est pas tout-à-fait indifférente, non plus que celle des vingt-quatre angles ou vingt-quatre côtés des petits miroirs. Il est aisé de sentir qu'il y a en effet de l'avantage à donner à ces miroirs une figure polygonale d'un grand nombre de côtés égaux, afin que la quantité de lumière soit moins inégalement répartie dans l'image réfléchie; et elle sera répartie le moins inégalement qu'il

est possible lorsque les miroirs seront circulaires. J'ai bien vu qu'il y avait de la perte à employer des miroirs quadrangulaires, longs de 6 pouces sur 8 pouces; mais j'ai préféré cette forme, parce qu'elle est, comme je l'ai dit, plus avantageuse pour brûler horizontalement.

J'ai aussi trouvé, dans la même dissertation de M. Melot, que le P. Kircher avait écrit qu'Archimède avait pu brûler à une grande distance avec des miroirs plans, et que l'expérience lui avait appris qu'en réunissant de cette façon les images du soleil, on produisait une chaleur considérable au point de réunion.

Enfin, dans les *Mémoires de l'Académie*, année 1726, M. du Fay, dont j'honorerai toujours la mémoire et les talents, paraît avoir touché à cette découverte: il dit qu'ayant reçu l'image du soleil sur un miroir plan d'un pied en carré, et l'ayant portée jusqu'à 600 pieds sur un miroir concave de 17 pouces de diamètre, elle avait encore la force de brûler des matières combustibles au foyer de ce dernier miroir. Et, à la fin de son Mémoire, il dit que quelques auteurs, il veut sans doute parler du P. Kircher, ont proposé de former un miroir d'un très-long foyer par un grand nombre de petits miroirs plans, que plusieurs personnes tiendraient à la main, et dirigeraient de façon que les images du soleil formées par chacun de ces miroirs, concourraient en un même point, et que ce serait peut-être la façon de réussir la plus sûre et la moins difficile à exécuter. Un peu de réflexion sur l'expérience du miroir concave et sur ce projet aurait porté M. du Fay à la découverte du miroir d'Archimède, qu'il traite cependant de fable un peu plus haut; car il me paraît qu'il était tout naturel de conclure de son expérience que, puisqu'un miroir concave de 17 pouces de diamètre sur lequel l'image du soleil ne tombait pas tout entière, à beaucoup près, peut cependant brûler par cette seule partie de l'image du soleil réfléchie à 600 pieds, dans un foyer que je suppose large de 3 lignes; onze cent cinquante-six miroirs plans, semblables au premier miroir réfléchissant, doivent à plus forte raison brûler directement à cette distance de 600 pieds; et que par conséquent deux cent quatre-vingt-neuf miroirs plans auraient été plus que suffisants pour brûler à trois cents pieds, en réunissant les deux cent quatre-vingt-neuf images: mais, en fait de découverte, le dernier pas,

quoique souvent le plus facile, est cependant celui qu'on fait le plus rarement.

Mon Mémoire, tel qu'on vjnt de le lire, a été imprimé dans le volume de l'Académie des sciences, année 1747, sous le titre : *Invention des miroirs pour brûler à une grande distance*. Feu M. Bouguer, et quelques autres membres de cette savante compagnie, m'ayant fait plusieurs objections, tirées principalement de la doctrine de Descartes, dans son *Traité de Dioptrique*, je crus devoir y répondre par le Mémoire suivant, qui fut lu à l'Académie la même année, mais que je ne fis pas imprimer par ménagement pour mes adversaires en opinion. Cependant, comme il contient plusieurs choses utiles, et qu'il pourra servir de préservatif contre les erreurs contenues dans quelques livres d'optique, surtout dans celui de la *Dioptrique* de Descartes, que d'ailleurs il sert d'explication et de suite au Mémoire précédent j'ai jugé à propos de les joindre ici et de les publier ensemble.

ARTICLE SECOND.

RÉFLEXIONS SUR LE JUGEMENT DE DESCARTES AU SUJET DES MIROIRS D'ARCHIMÈDE, AVEC LE DÉVELOPPEMENT DE LA THÉORIE DE CES MIROIRS, ET L'EXPLICATION DE LEURS PRINCIPAUX USAGES.

La *Dioptrique* de Descartes, cet ouvrage qu'il a donné comme le premier et le principal essai de sa méthode de raisonner dans les sciences, doit être regardée comme un chef-d'œuvre pour son temps : mais les plus belles spéculations sont souvent démenties par l'expérience, et tous les jours les sublimes mathématiques sont obligées de se plier sous de nouveaux faits ; car, dans l'application qu'on en fait aux plus petites parties de la physique, on doit se défier de toutes les circonstances, et ne pas se confier assez aux choses qu'on croit savoir pour prononcer affirmativement sur celles qui sont inconnues. Ce défaut n'est cependant que trop ordinaire, et j'ai cru que je ferais quelque chose d'utile pour ceux qui veulent s'occuper d'optique, que de leur exposer ce qui manquait à Descartes pour pouvoir donner une théorie de cette science, qui fût susceptible d'être réduite en pratique.

Son *Traité de Dioptrique* est divisé en dix discours : dans le premier, notre philosophe parle de la lumière ; et, comme il ignorait son mouvement progressif, qui n'a été dé-

couvert que quelque temps après par Roëmer, il faut modifier tout ce qu'il dit à cet égard, et on ne doit adopter aucune des explications qu'il donne au sujet de la nature et de la propagation de la lumière, non plus que les comparaisons et les hypothèses qu'il emploie pour tâcher d'expliquer les causes et les effets de la vision. On sait actuellement que la lumière est environ 7 minutes $\frac{1}{2}$ à venir du soleil jusqu'à nous, que cette émission du corps lumineux se renouvelle à chaque instant, et que ce n'est pas par la pression continue et par l'action, ou plutôt l'ébranlement instantané d'une matière subtile, que ces effets s'opèrent : ainsi toutes les parties de ce traité, où l'auteur emploie cette théorie, sont plus que suspectes, et les conséquences ne peuvent être qu'erronnées.

Il en est de même de l'explication que Descartes donne de la réfraction ; non-seulement sa théorie est hypothétique pour la cause, mais la pratique est contraire dans tous les effets. Les mouvements d'une balle qui traverse de l'eau, sont très-différents de ceux de la lumière qui traverse le même milieu ; et s'il eût comparé ce qui arrive en effet à une balle avec ce qui arrive à la lumière, il en aurait tiré des conséquences tout-à-fait opposées à celles qu'il a tirées.

Et, pour ne pas omettre une chose très-essentielle, et qui pourrait induire en erreur, il faut bien se garder, en lisant cet article, de croire, avec notre philosophe, que le mouvement rectiligne peut se changer naturellement en un mouvement circulaire : cette assertion est fautive, et le contraire est démontré depuis que l'on connaît les lois du mouvement.

Comme le second discours roule en grande partie sur cette théorie hypothétique de la réfraction, je me dispenserai de parler en détail des erreurs qui en sont les conséquences ; un lecteur averti ne peut manquer de les remarquer.

Dans les troisième, quatrième et cinquième discours, il est question de la vision ; et l'explication que Descartes donne, au sujet des images qui se forment au fond de l'œil, est assez juste ; mais ce qu'il dit sur les couleurs ne peut pas se soutenir ni même s'entendre ; car, comment concevoir qu'une certaine proportion entre le mouvement rectiligne et un prétendu mouvement circulaire puisse produire des couleurs ? Cette partie a été, comme l'on sait, traitée à fond et d'une manière démonstrative par Newton ; et l'ex-

périence a fait voir l'insuffisance de tous les systèmes précédents.

Je ne dirai rien du sixième discours, où il tâche d'expliquer comment se font nos sensations : quelque ingénieuses que soient ses hypothèses, il est aisé de sentir qu'elles sont gratuites ; et comme il n'y a presque rien de mathématique dans cette partie, il est inutile de nous y arrêter.

Dans le septième et le huitième discours, Descartes donne une belle théorie géométrique sur les formes que doivent avoir les verres pour produire les effets qui peuvent servir à la perfection de la vision ; et, après avoir examiné ce qui arrive aux rayons qui traversent ces verres de différentes formes, il conclut que les verres elliptiques et hyperboliques sont les meilleurs de tous pour rassembler les rayons ; et il finit par donner dans le neuvième discours la manière de construire les lunettes de longue vue, et dans le dixième et dernier discours, celle de tailler les verres.

Cette partie de l'ouvrage de Descartes, qui est proprement la seule partie mathématique de son traité, est plus fondée et beaucoup mieux raisonnée que les précédentes : cependant, on n'a point appliqué sa théorie à la pratique ; on n'a pas taillé des verres elliptiques ou hyperboliques, et l'on a oublié ces fameuses ovales qui font le principal objet du second livre de sa *Géométrie* : la différente réfrangibilité des rayons, qui était inconnue à Descartes, n'a pas été découverte, que cette théorie géométrique a été abandonnée. Il est en effet démontré qu'il n'y a pas autant à gagner par le choix de ces formes qu'il y a à perdre par la différente réfrangibilité des rayons, puisque, selon leur différent degré de réfrangibilité, ils se rassemblent plus ou moins près ; mais, comme l'on est parvenu à faire des lunettes achromatiques, dans lesquelles on compense la différente réfrangibilité des rayons par des verres de différente densité, il serait très-utile aujourd'hui de tailler des verres hyperboliques ou elliptiques, si l'on veut donner aux lunettes achromatiques toute la perfection dont elles sont susceptibles.

Après ce que je viens d'exposer, il me semble que l'on ne devrait pas être surpris que Descartes eût mal prononcé au sujet des miroirs d'Archimède, puisqu'il ignorait un si grand nombre de choses qu'on a découvertes depuis : mais, comme c'est ici le point particulier que je veux examiner, il faut rap-

porter ce qu'il en a dit, afin qu'on soit plus en état d'en juger.

« Vous pouvez aussi remarquer, par occasion, que les rayons du soleil ramassés par le verre elliptique, doivent brûler avec plus de force qu'étant rassemblés par l'hyperbolique ; car il ne faut pas seulement prendre garde aux rayons qui viennent du centre du soleil, mais aussi à tous les autres, qui, venant des autres points de la superficie, n'ont pas sensiblement moins de force que ceux du centre ; en sorte que la violence de la chaleur qu'ils peuvent causer, se doit mesurer par la grandeur du corps qui les assemble, comparée avec celle de l'espace où il les assemble.... sans que la grandeur du diamètre de ce corps y puisse rien ajouter, ni sa figure particulière, qu'environ un quart ou un tiers tout au plus : il est certain que cette ligne brûlante à l'infini, que quelques-uns ont imaginée, n'est qu'une rêverie. »

Jusqu'ici il n'est question que de verres brûlants par réfraction ; mais ce raisonnement doit s'appliquer de même aux miroirs par réflexion ; et avant que de faire voir que l'auteur n'a pas tiré de cette théorie les conséquences qu'il devait en tirer, il est bon de lui répondre d'abord par l'expérience. Cette ligne brûlante à l'infini, qu'il regarde comme une rêverie, pourrait s'exécuter par des miroirs de réflexion semblables au mien, non pas à une distance infinie, parce que l'homme ne peut rien faire d'infini, mais à une distance indéfinie assez considérable. Car supposons que mon miroir, au lieu d'être composé de deux cent vingt-quatre petites glaces, fût composé de deux mille, ce qui est possible, il n'en faut que vingt pour brûler à 20 pieds ; et le foyer étant comme une colonne de lumière, ces vingt glaces brûlent en même temps à 17 et à 23 pieds ; avec vingt-cinq autres glaces, je ferai un foyer qui brûlera depuis 23 jusqu'à 30 ; avec vingt-neuf glaces, un foyer qui brûlera depuis 30 jusqu'à 40 ; avec trente-quatre glaces, un foyer qui brûlera depuis 40 jusqu'à 52 ; avec quarante glaces, depuis 52 jusqu'à 64 ; avec cinquante glaces, depuis 64 jusqu'à 76 ; avec soixante glaces, depuis 76 jusqu'à 88 ; avec soixante-dix glaces, depuis 88 jusqu'à 100 pieds : voilà donc déjà une ligne brûlante, depuis 17 jusqu'à 100 pieds, où je n'aurai employé que trois cent vingt-huit glaces ; et, pour la continuer, il n'y a qu'à faire d'abord un foyer de quatre-vingts glaces, il brûlera de-

puis 100 pieds jusqu'à 116; et quatre-vingt-douze glaces, depuis 116 jusqu'à 134 pieds; et cent huit glaces, depuis 134 jusqu'à 150; et cent vingt-quatre glaces, depuis 150 jusqu'à 170; et cent cinquante-quatre glaces, depuis 170 jusqu'à 200 pieds : ainsi, voilà ma ligne brûlante prolongée de 100 pieds, en sorte que, depuis 17 pieds jusqu'à 200 pieds, en quelque endroit de cette distance qu'on puisse mettre un corps combustible, il sera brûlé; et, pour cela, il ne faut en tout que huit cent quatre-vingt-six glaces de six pouces; et en employant le reste des deux mille glaces, je prolongerai de même la ligne brûlante jusqu'à 3 et 400 pieds; et, avec un plus grand nombre de glaces, par exemple, avec quatre mille, je la prolongerai beaucoup plus loin, à une distance indéfinie. Or, tout ce qui dans la pratique est indéfini peut être regardé comme infini dans la théorie; donc, notre célèbre philosophe a eu tort de dire que cette ligne brûlante à l'infini n'était qu'une réverie.

Maintenant, venons à la théorie. Rien n'est plus vrai que ce que dit ici Descartes au sujet de la réunion des rayons du soleil, qui ne se fait pas dans un point, mais dans un espace ou foyer dont le diamètre augmente à proportion de la distance. Mais ce grand philosophe n'a pas senti l'étendue de ce principe, qu'il ne donne que comme une remarque; car, s'il y eût fait attention, il n'aurait pas considéré, dans tout le reste de son ouvrage, les rayons du soleil comme parallèles; il n'aurait pas établi comme le fondement de la théorie de sa construction des lunettes, la réunion des rayons dans un point, et il se serait bien gardé de dire affirmativement (page 131) : *Nous pourrions, par cette invention, voir des objets aussi particuliers et aussi petits dans les astres, que ceux que nous voyons communément sur la terre.* Cette assertion ne pouvait être vraie qu'en supposant le parallélisme des rayons, et leur réunion en un seul point; et par conséquent elle est opposée à sa propre théorie, ou plutôt, il n'a pas employé la théorie comme il le fallait : et en effet, s'il n'eût pas perdu de vue cette remarque, il eût supprimé les deux derniers livres de sa *Dioptrique*; car il aurait vu que, quand même les ouvriers eussent pu tailler les verres comme il l'exigeait, ces verres n'auraient pas produit les effets qu'il leur a supposés, de nous faire distinguer les plus petits objets dans les astres, à moins qu'il n'eût en même temps

supposé dans ces objets une intensité de lumière infinie, ou, ce qui revient au même, qu'ils eussent, malgré leur éloignement, pu former un angle sensible à nos yeux.

Comme ce point d'optique n'a jamais été bien éclairci, j'entrerais dans quelque détail à cet égard. On peut démontrer que deux objets également lumineux, et dont les diamètres sont différents, ou bien que deux objets dont les diamètres sont égaux, et dont l'intensité de lumière est différente, doivent être observés avec des lunettes différentes; que, pour observer avec le plus grand avantage possible, il faudrait des lunettes différentes pour chaque planète; que, par exemple, Vénus qui nous paraît bien plus petite que la lune, et dont je suppose pour un instant la lumière égale à celle de la lune, doit être observée avec une lunette d'un plus long foyer que la lune; et que la perfection des lunettes, pour en tirer le plus grand avantage possible, dépend d'une combinaison qu'il faut faire non-seulement entre les diamètres et les courbures des verres, comme Descartes l'a fait, mais encore entre ces mêmes diamètres et l'intensité de la lumière de l'objet qu'on observe. Cette intensité de la lumière de chaque objet est un élément que les auteurs qui ont écrit sur l'optique n'ont jamais employé; et cependant il fait plus que l'augmentation de l'angle sous lequel un objet doit nous paraître, en vertu de la courbure des verres. Il en est de même d'une chose qui semble être un paradoxe, c'est que les miroirs ardents, soit par réflexion, soit par réfraction, feraient un effet toujours égal à quelque distance qu'on les mit du soleil. Par exemple, mon miroir, brûlant à 150 pieds du bois sur la terre, brûlerait de même à 150 pieds et avec autant de force du bois dans Saturne, où cependant la chaleur du soleil est environ cent fois moindre que sur la terre. Je crois que les bons esprits sentiraient bien, sans autre démonstration, la vérité de ces deux propositions, quoique toutes deux nouvelles et singulières.

Mais, pour ne pas m'écartier du sujet que je me suis proposé, et pour démontrer que Descartes n'ayant pas la théorie qui est nécessaire pour construire les miroirs d'Archimède, il n'était pas en état de prononcer qu'ils étaient impossibles, je vais faire sentir, autant que je le pourrai, en quoi consistait la difficulté de cette invention.

Si le soleil, au lieu d'occuper à nos yeux un espace de 32 minutes de degré, était ré-

duit en un point, alors il est certain que ce point de lumière réfléchi par un point d'une surface polie, produirait à toutes les distances une lumière et une chaleur égales, parce que l'interposition de l'air ne fait rien ou presque rien ici ; que par conséquent un miroir dont la surface serait égale à celle d'un autre brûlerait à dix lieues à peu près aussi-bien que le premier brûlerait à 10 pieds, s'il était possible de le travailler sur une sphère de quarante lieues, comme on peut travailler l'autre sur une sphère de 40 pieds ; parce que, chaque point de la surface du miroir réfléchissant le point lumineux auquel nous avons réduit le disque du soleil, on aurait, en variant la courbure des miroirs, une égale chaleur ou une égale lumière à toutes les distances sans changer leurs diamètres. Ainsi, pour brûler à une grande distance, dans ce cas, il faudrait, en effet, un miroir très-exactement travaillé sur une sphère, ou une hyperboloïde proportionnée à la distance, ou bien un miroir brisé en une infinité de points physiques plans, qu'il faudrait faire coïncider au même point : mais, le disque du soleil occupant un espace de 32 minutes de degré, il est clair que le même miroir sphérique ou hyperbolique, ou d'une autre figure quelconque, ne peut jamais, en vertu de cette figure, réduire l'image du soleil en un espace plus petit que de 32 minutes ; que dès lors l'image augmentera toujours à mesure qu'on s'éloignera ; que de plus chaque point de la surface nous donnera une image d'une même largeur, par exemple, d'un demi-pied à 60 pieds. Or, comme il est nécessaire, pour produire tout l'effet possible, que toutes ces images coïncident dans cet espace d'un demi-pied, alors, au lieu de briser le miroir en une infinité de parties, il est évident qu'il est à peu près égal et beaucoup plus commode de ne le briser qu'en un petit nombre de parties planes d'un demi-pied de diamètre chacune, parce que chaque petit miroir plan d'un demi-pied donnera une image d'environ un demi-pied, qui sera à peu près aussi lumineuse qu'une pareille surface d'un demi-pied prise dans le miroir sphérique ou hyperbolique.

La théorie de mon miroir ne consiste donc pas, comme on l'a dit ici, à avoir trouvé l'art d'inscrire aisément des plans dans une surface sphérique, et le moyen de changer à volonté la courbure de cette surface sphérique ; mais elle suppose cette remarque plus délicate et qui n'avait jamais été faite, c'est

qu'il y a presque autant d'avantage à se servir de miroirs plans que de miroirs de toute autre figure, dès qu'on veut brûler à une certaine distance, et que la grandeur du miroir plan est déterminée par la grandeur de l'image à cette distance, en sorte qu'à la distance de 60 pieds, où l'image du soleil a environ un demi-pied de diamètre, on brûlera à peu près aussi-bien avec des miroirs plans d'un demi-pied qu'avec des miroirs hyperboliques les mieux travaillés, pourvu qu'ils n'aient que la même grandeur. De même, avec des miroirs plans d'un pouce et demi, on brûlera à 15 pieds à peu près avec autant de force qu'avec un miroir exactement travaillé dans toutes ses parties ; et, pour le dire en un mot, un miroir à facettes plates produira à peu près autant d'effet qu'un miroir travaillé avec la dernière exactitude dans toutes ses parties, pourvu que la grandeur de chaque facette soit égale à la grandeur de l'image du soleil ; et c'est par cette raison qu'il y a une certaine proportion entre la grandeur des miroirs plans et les distances, et que, pour brûler plus loin, on peut employer, même avec avantage, de plus grandes glaces dans mon miroir que pour brûler plus près.

Car, si cela n'était pas, on sent bien qu'en réduisant, par exemple, mes glaces de six pouces à trois pouces, et employant quatre fois autant de ces glaces que des premières, ce qui revient au même pour l'étendue de la surface du miroir, j'aurais eu quatre fois plus d'effet, et que plus les glaces seraient petites, et plus le miroir produirait d'effet ; et c'est à ceci que se serait réduit l'art de quelqu'un qui aurait seulement tenté d'inscrire une surface polygone dans une sphère, et qui aurait imaginé l'ajustement dont je me suis servi pour faire changer à volonté la courbure de cette surface. Il aurait fait les glaces les plus petites qu'il aurait été possible : mais le fond et la théorie de la chose est d'avoir reconnu qu'il n'était pas seulement question d'inscrire une surface polygone dans une sphère avec exactitude, et d'en faire varier la courbure à volonté, mais encore que chaque partie de cette surface devait avoir une certaine grandeur déterminée pour produire aisément un grand effet ; ce qui fait un problème fort différent, et dont la solution m'a fait voir qu'au lieu de travailler ou de briser un miroir dans toutes ses parties pour faire coïncider les images au même endroit, il suffisait de le briser, ou de le travailler à fa-

cettes planes, en grandes portions égales à la grandeur de l'image, et qu'il y avait peu à gagner en le brisant en de trop petites parties, ou, ce qui est la même chose, en les travaillant exactement dans tous ses points. C'est pour cela que j'ai dit dans mon Mémoire que, pour brûler à de grandes distances, il fallait imaginer quelque chose de nouveau et tout-à-fait indépendant de ce qu'on avait pensé et pratiqué jusqu'ici; et ayant supputé géométriquement la différence, j'ai trouvé qu'un miroir parfait, de quelque courbure qu'il puisse être, n'aura jamais plus d'avantage sur le mien que de 17 à 10, et qu'en même temps l'exécution en serait impossible pour ne brûler même qu'à une petite distance comme de 25 ou 30 pieds. Mais revenons aux assertions de Descartes.

Il dit ensuite « qu'ayant deux verres ou » miroirs ardents, dont l'un soit beaucoup » plus grand que l'autre, de quelque façon » qu'ils puissent être, pourvu que leurs figures soient toutes pareilles, le plus grand » doit ramasser les rayons du soleil en un » plus grand espace et plus loin de soi que » le plus petit; mais que ces rayons ne doivent point avoir plus de force en chaque » partie de cet espace qu'en celui où le plus » petit les ramasse; en sorte qu'on peut faire » des verres ou miroirs extrêmement petits, » qui brûleront avec autant de violence que » les plus grands. »

Ceci est absolument contraire aux expériences que j'ai rapportées dans mon Mémoire, où j'ai fait voir qu'à égale intensité de lumière un grand foyer brûle beaucoup plus qu'un petit: et c'est en partie sur cette remarque, tout opposée au sentiment de Descartes, que j'ai fondé la théorie de mes miroirs; car voici ce qui suit de l'opinion de ce philosophe. Prenons un grand miroir, ardent comme celui du sieur Segard, qui a 32 pouces de diamètre, et un foyer de 9 lignes de largeur à 6 pieds de distance, auquel foyer le cuivre se fond en une minute; et faisons dans les mêmes proportions un petit miroir ardent de 32 lignes de diamètre, dont le foyer sera de $\frac{9}{17}$ ou de $\frac{3}{4}$ de ligne de diamètre, et la distance de 6 pouces. Puisque le grand miroir fond le cuivre en une minute dans l'étendue de son foyer, qui est de 9 lignes, le petit doit, selon Descartes, fondre dans le même temps la même matière dans l'étendue de son foyer, qui est de $\frac{3}{4}$ de ligne: or, j'en appelle à l'expérience, et on verra que, bien loin de fondre le cuivre, à

peine ce petit verre brûlant pourra-t-il lui donner un peu de chaleur.

Comme ceci est une remarque physique, et qui n'a pas peu servi à augmenter mes espérances, lorsque je doutais encore si je pourrais produire du feu à une grande distance, je crois devoir communiquer ce que j'ai pensé à ce sujet.

La première chose à laquelle je fis attention, c'est que la chaleur se communique de proche en proche et se disperse, quand même elle est appliquée continuellement sur le même point: par exemple, si on fait tomber le foyer d'un verre ardent sur le centre d'un écu, et que ce foyer n'ait qu'une ligne de diamètre, la chaleur qu'il produit sur le centre de l'écu se disperse et s'étend dans le volume entier de l'écu, et il devient chaud jusqu'à la circonférence: dès-lors toute la chaleur, quoiqu'employée d'abord contre le centre de l'écu, ne s'y arrête pas, et ne peut pas produire un aussi grand effet que si elle y demeurait tout entière. Mais si au lieu d'un foyer d'une ligne, qui tombe sur le milieu de l'écu, je fais tomber sur l'écu tout entier un foyer d'égale force au premier, toutes les parties de l'écu étant également échauffées dans ce dernier cas, il n'y a pas de perte de chaleur comme dans le premier; et le point du milieu profitant de la chaleur des autres points autant que ces points profitent de la sienne, l'écu sera fondu par la chaleur dans ce dernier cas, tandis que dans le premier il n'aura été que légèrement échauffé. De là je conclus que, toutes les fois qu'on peut faire un grand foyer, on est sûr de produire de plus grands effets qu'avec un petit foyer, quoique l'intensité de lumière soit la même dans tous deux, et qu'un petit miroir ardent ne peut jamais faire autant d'effet qu'un grand; et même qu'avec une moindre intensité de lumière, un grand miroir doit faire plus d'effet qu'un petit, la figure de ces deux miroirs étant toujours supposée semblable. Ceci, qui, comme l'on voit, est directement opposé à ce que dit Descartes, s'est trouvé confirmé par les expériences rapportées dans mon Mémoire. Mais je ne me suis pas borné à savoir d'une manière générale que les grands foyers agissaient avec plus de force que les petits; j'ai déterminé à très-peu près de combien est cette augmentation de force, et j'ai vu qu'elle était très-considérable; car j'ai trouvé que, s'il faut dans un miroir cent quarante-quatre fois la surface d'un foyer de six lignes

de diamètre pour brûler, il faut au moins le double, c'est-à-dire deux cent quatre-vingt-huit fois cette surface pour brûler à un foyer de deux lignes; et qu'à un foyer de 6 pouces il ne faut pas trente fois cette même surface du foyer pour brûler; ce qui fait, comme l'on voit, une prodigieuse différence, et sur laquelle j'ai compté lorsque j'ai entrepris de faire mon miroir; sans cela il y aurait eu de la témérité à l'entreprendre, et il n'aurait pas réussi. Car, supposons un instant que je n'eusse pas eu cette connaissance de l'avantage des grands foyers sur les petits, voici comme j'aurais été obligé de raisonner. Puisqu'il faut à un miroir deux cent quatre-vingt-huit fois la surface du foyer pour brûler dans un espace de deux lignes, il faudra de même deux cent quatre-vingt-huit glaces ou miroirs de 6 pouces pour brûler dans un espace de 6 pouces; et dès-lors, pour brûler seulement à 100 pieds, il aurait fallu un miroir composé d'environ onze cent cinquante-deux glaces de 6 pouces, ce qui était une grandeur énorme pour un petit effet, et cela était plus que suffisant pour me faire abandonner mon projet: mais connaissant l'avantage considérable des grands foyers sur les petits, qui, dans ce cas, est de 288 à 30, je sentis qu'avec cent vingt glaces de 6 pouces je brûlerais très-certainement à 100 pieds; et c'est sur cela que j'entrepris avec confiance la construction de mon miroir, qui, comme l'on voit, suppose une théorie tant mathématique que physique, fort différente de ce qu'on pouvait imaginer au premier coup d'œil.

Descartes ne devait donc pas affirmer qu'un petit miroir ardent brûlait aussi violemment qu'un grand.

Il dit ensuite : « Et un miroir ardent dont » le diamètre n'est pas plus grand qu'environ la centième partie de la distance qui est entre lui et le lieu où il doit rassembler les rayons du soleil, c'est-à-dire qui a même proportion avec cette distance qu'a le diamètre du soleil avec celle qui est entre lui et nous, fût-il poli par un ange, ne peut faire que les rayons qu'il assemble échauffent plus en l'endroit où il les assemble, que ceux qui viennent directement du soleil; ce qui se doit aussi entendre des verres brûlants à proportion: d'où vous pouvez voir que ceux qui ne sont qu'à demi savants en l'optique se laissent persuader beaucoup de choses qui sont impossibles; et que ces miroirs, dont on a dit qu'Archimède brûlait des navires de fort

» loin, devaient être extrêmement grands, » ou plutôt qu'ils sont fabuleux. »

C'est ici où je bornerai mes réflexions. Si notre illustre philosophe eût su que les grands foyers brûlent plus que les petits à égale intensité de lumière, il aurait jugé bien différemment, et il aurait mis une forte restriction à cette conclusion.

Mais indépendamment de cette connaissance qui lui manquait, son raisonnement n'est point du tout exact; car un miroir ardent, dont le diamètre n'est pas plus grand qu'environ la centième partie qui est entre lui et le lieu où il doit rassembler les rayons, n'est plus un miroir ardent, puisque le diamètre de l'image est environ égal au diamètre du miroir dans ce cas, et par conséquent il ne peut rassembler les rayons, comme le dit Descartes, qui semble n'avoir pas vu qu'on doit réduire ce cas à celui des miroirs plans. Mais de plus, en n'employant que ce qu'il savait et ce qu'il avait prévu, il est visible que s'il eût réfléchi sur l'effet de ce prétendu miroir, qu'il suppose poli par un ange, et qui ne doit pas rassembler, mais seulement réfléchir la lumière avec autant de force qu'elle en a en venant directement du soleil, il aurait vu qu'il était possible de brûler à de grandes distances avec un miroir de médiocre grandeur, s'il eût pu lui donner la figure convenable; car il aurait trouvé que, dans cette hypothèse, un miroir de cinq pieds aurait brûlé à plus de deux cents pieds, parce qu'il ne faut pas six fois la chaleur du soleil pour brûler à cette distance; et de même qu'un miroir de sept pieds aurait brûlé à près de 400 pieds, ce qui ne fait pas des miroirs assez grands pour qu'on puisse les traiter de fabuleux.

Il me reste à observer que Descartes ignorait combien il fallait de fois la lumière du soleil pour brûler; qu'il ne dit pas un mot des miroirs plans; qu'il était fort éloigné de soupçonner la mécanique par laquelle on pouvait les disposer pour brûler au loin, et que par conséquent il a prononcé sans avoir assez de connaissance sur cette matière, et même sans avoir fait assez de réflexions sur ce qu'il en savait.

Au reste, je ne suis pas le premier qui ait fait quelques reproches à Descartes sur ce sujet, quoique j'en aie acquis le droit plus qu'un autre; car, pour ne pas sortir du sein de cette compagnie (1), je trouve que M. du

(1) L'Académie royale des sciences.

Fay en a presque dit autant que moi. Voici ses paroles : *Il ne s'agit pas*, dit-il, *si un tel miroir qui brûlerait à 600 pieds est possible ou non, mais si, physiquement parlant, cela peut arriver. Cette opinion a été extrêmement contredite, et je dois mettre Descartes à la tête de ceux qui l'ont combattue.*

Mais, quoique M. du Fay regardât la chose comme impossible à exécuter, il n'a pas laissé de sentir que Descartes avait eu tort d'en nier la possibilité dans la théorie. J'avouerai volontiers que Descartes a entrevu ce qui arrive aux images réfléchies ou réfractées à différentes distances, et qu'à cet égard sa théorie est peut-être aussi bonne que celle de M. du Fay, que ce dernier n'a pas développée : mais les inductions qu'il en tire sont trop générales et trop vagues, et les dernières conséquences sont fausses ; car, si Descartes eût bien compris toute cette matière, au lieu de traiter le miroir d'Archimède de chose impossible et fabuleuse, voici ce qu'il aurait dû conclure de sa propre théorie. Puisqu'un miroir ardent, dont le diamètre n'est pas plus grand que la centième partie de la distance qui est entre lui et le lieu où il doit rassembler les rayons du soleil, fût-il poli par un ange, ne peut faire que les rayons qu'il assemble échauffent plus en l'endroit où il les assemble que ceux qui viennent directement du soleil, ce miroir ardent doit être considéré comme un miroir plan parfaitement poli ; et par conséquent, pour brûler à une grande distance, il faut autant de ces miroirs plans qu'il faut de fois la lumière directe du soleil pour brûler : en sorte que les miroirs dont on dit qu'Archimède s'est servi pour brûler des vaisseaux de loin devaient être composés de miroirs plans, dont il fallait au moins un nombre égal au nombre de fois qu'il faut la lumière directe du soleil pour brûler : cette conclusion, qui eût été la vraie selon ses principes, est, comme l'on voit, fort différente de celle qu'il a donnée.

On est maintenant en état de juger si je n'ai pas traité le célèbre Descartes avec tous les égards que mérite son grand nom ; lorsque j'ai dit dans mon *Mémoire* : *Descartes, né pour juger et même pour surpasser Archimède, a prononcé contre lui d'un ton de maître : il a nié la possibilité de l'invention ; et son opinion a prévalu sur les témoignages et la croyance de toute l'antiquité.*

Ce que je viens d'exposer suffit pour jus-

tifier ces termes que l'on m'a reprochés ; et peut-être même sont-ils trop forts ; car Archimède était un très-grand génie ; lorsque j'ai dit que Descartes était né pour le juger, et même pour le surpasser, j'ai senti qu'il pouvait bien y avoir un peu de compliment national dans mon expression.

J'aurais encore beaucoup de choses à dire sur cette matière : mais comme ceci est déjà bien long, quoique j'aie fait tous mes efforts pour être court, je me bornerai pour le fond du sujet à ce que je viens d'exposer ; mais je ne puis me dispenser de parler encore un moment au sujet de l'historique de la chose, afin de satisfaire, par ce seul *Mémoire*, à toutes les objections et difficultés qu'on m'a faites.

Je ne prétends pas prononcer affirmativement qu'Archimède se soit servi de parçils miroirs au siège de Syracuse, ni même que ce soit lui qui les ait inventés ; et je ne les ai appelés *les miroirs d'Archimède* que parce qu'ils étaient connus sous ce nom depuis plusieurs siècles. Les auteurs contemporains et ceux des temps qui suivent celui d'Archimède, et qui sont parvenus jusqu'à nous, ne font pas mention de ces miroirs. Tite-Live, à qui le merveilleux fait tant de plaisir à raconter, n'en parle pas ; Polybe, à l'exactitude de qui les grandes inventions n'auraient pas échappé, puisqu'il entre dans le détail des plus petites, et qu'il décrit très-soigneusement les plus légères circonstances du siège de Syracuse, garde un silence profond au sujet de ces miroirs. Plutarque, ce judicieux et grave auteur, qui a rassemblé un si grand nombre de faits particuliers de la vie d'Archimède, parle aussi peu des miroirs que les deux précédents. En voilà plus qu'il n'en faut pour se croire fondé à douter de la vérité de cette histoire : cependant ce ne sont ici que des témoignages négatifs ; et quoiqu'ils ne soient pas indifférents, ils ne peuvent jamais donner une probabilité équivalente à celle d'un seul témoignage positif.

Galien, qui vivait dans le second siècle, est le premier qui en ait parlé ; et, après avoir raconté l'histoire d'un homme qui enflamma de loin un monceau de bois résineux, mêlé avec de la fiente de pigeon, il dit que c'est de cette façon qu'Archimède brûla les vaisseaux des Romains ; mais, comme il ne décrit pas ce moyen de brûler de loin, et que son expression peut signifier aussi-bien un feu qu'on aurait lancé à la

main, ou par quelque machine, qu'une lumière réfléchiée par un miroir, son témoignage n'est pas assez clair pour qu'on puisse en rien conclure d'affirmatif. Cependant on doit présumer, et même avec une grande probabilité, qu'il ne rapporte l'histoire de cet homme qui brûla au loin, que parce qu'il le fit d'une manière singulière, et que, s'il n'eût brûlé qu'en lançant le feu à la main, ou en le jetant par le moyen d'une machine, il n'y aurait eu rien d'extraordinaire dans cette façon d'enflammer, rien par conséquent qui fût digne de remarque, et qui méritât d'être rapporté et comparé à ce qu'avait fait Archimède; et dès-lors Galien n'en eût pas fait mention.

On a aussi des témoignages semblables de deux ou trois autres auteurs du 3^e siècle, qui disent seulement qu'Archimède brûla de loin les vaisseaux des Romains, sans expliquer les moyens dont il se servit : mais les témoignages des auteurs du 12^e siècle ne sont point équivoques, et surtout ceux de Zonaras et de Tzetzés que j'ai cités; c'est-à-dire ils nous font voir clairement que cette invention était connue des anciens; car la description qu'en fait ce dernier auteur, suppose nécessairement, ou qu'il eût trouvé lui-même le moyen de construire ces miroirs, ou qu'il l'eût appris et cité d'après quelque auteur qui en avait fait une très-exacte description; et que l'inventeur, quel qu'il fût, entendait à fond la théorie de ces miroirs; ce qui résulte de ce que dit Tzetzés de la figure de 24 angles ou 24 côtés qu'avaient les petits miroirs, ce qui est en effet la figure la plus avantageuse : ainsi, on ne peut pas douter que ces miroirs n'aient été inventés et exécutés autrefois, et le témoignage de Zonaras, au sujet de Proclus, n'est pas suspect : *Proclus s'en servit*, dit-il, *au siège de Constantinople, l'an 514, et il brûla la flotte de Vitalien*. Et même ce que Zonaras ajoute me paraît une espèce de preuve qu'Archimède était le premier inventeur de ces miroirs; car il dit précisément que cette découverte était ancienne, et que l'historien Dion en attribue l'honneur à Archimède, qui la fit et s'en servit contre les Romains au siège de Syracuse. Les livres de Dion, où il est parlé du siège de Syracuse, ne sont pas parvenus jusqu'à nous; mais il y a grande apparence qu'ils existaient encore du temps de Zonaras, et que, sans cela, il ne les eût pas cités comme il l'a fait. Ainsi, toutes les probabilités de part et d'autre

étant évaluées, il reste une forte présomption qu'Archimède avait en effet inventé ces miroirs, et qu'il s'en était servi contre les Romains. Feu M. Melot, que j'ai cité dans mon Mémoire, et qui avait fait des recherches particulières et très-exactes sur ce sujet, était de ce sentiment; et il pensait qu'Archimède avait en effet brûlé les vaisseaux à une distance médiocre, et, comme le dit Tzetzés, à la portée du trait. J'ai évalué la portée du trait à 150 pieds, d'après ce que m'en ont dit des savants très-versés dans la connaissance des usages anciens : ils m'ont assuré que toutes les fois qu'il est question, dans les auteurs, de la portée du trait, on doit entendre la distance à laquelle un homme lançait à la main un trait ou un javelot; et si cela est, je crois avoir donné à cette distance toute l'étendue qu'elle peut comporter.

J'ajouterai qu'il n'est question, dans aucun auteur ancien, d'une plus grande distance, comme de trois stades; et j'ai déjà dit que l'auteur qu'on m'avait cité, Diodore de Sicile, n'en parle pas, non plus que du siège de Syracuse; et que ce qui nous reste de cet auteur finit à la guerre d'Ipsus et d'Antigonus, environ soixante ans avant le siège de Syracuse. Ainsi on ne peut pas excuser Descartes, en supposant qu'il a cru que la distance à laquelle on a prétendu qu'Archimède avait brûlé était très-grande, comme, par exemple, de trois stades, puisque cela n'est dit dans aucun auteur ancien, et qu'au contraire il est dit, dans Tzetzés, que cette distance n'était que de la portée du trait; mais je suis convaincu que c'est cette même distance que Descartes a regardée comme fort grande, et qu'il était persuadé qu'il n'était pas possible de faire des miroirs pour brûler à 150 pieds; qu'enfin c'est pour cette raison qu'il a traité ceux d'Archimède de fabuleux.

Au reste, les effets du miroir que j'ai construit ne doivent être regardés que comme des essais sur lesquels, à la vérité, on peut statuer, toutes proportions gardées, mais qu'on ne doit pas considérer comme les plus grands effets possibles; car je suis convaincu que si on voulait faire un miroir semblable, avec toutes les attentions nécessaires, il produirait plus du double de l'effet. La première attention serait de prendre des glaces de figure hexagone, ou même de 24 côtés, au lieu de les prendre barlongues, comme celles que j'ai employées, et cela, afin d'a-

voir des figures qui pussent s'ajuster ensemble, sans laisser de grands intervalles, et qui approchassent en même temps de la figure circulaire. La seconde serait de faire polir ces glaces jusqu'au dernier degré par un lunetier, au lieu de les employer telles qu'elles sortent de la manufacture, où le poliment se faisant par une portion de cercle, les glaces sont toujours un peu concaves et irrégulières. La troisième attention serait de choisir, parmi un grand nombre de glaces, celles qui donneraient à une grande distance une image plus vive et mieux terminée, ce qui est extrêmement important, et au point qu'il y a dans mon miroir des glaces qui font seules trois fois plus d'effet que d'autres à une grande distance, quoiqu'à une petite distance, comme de 20 ou 25 pieds, l'effet en paraisse absolument le même. Quatrièmement, il faudrait des glaces d'un demi-pied tout au plus de surface, pour brûler à 150 ou 200 pieds, et d'un pied de surface pour brûler à 3 ou 400 pieds. Cinquièmement, il faudrait les faire étamer avec plus de soin qu'on ne le fait ordinairement. J'ai remarqué qu'en général les glaces fraîchement étamées réfléchissent plus de lumière que celles qui le sont anciennement; l'étamage, en se séchant, se gerce, se divise, et laisse de petits intervalles qu'on aperçoit en y regardant de près avec une loupe; et ces petits intervalles donnant passage à la lumière, la glace en réfléchit d'autant moins. On pourrait trouver le moyen de faire un meilleur étamage, et je crois qu'on y parviendrait en employant de l'or et du vif-argent : la lumière serait peut-être un peu jaune par la réflexion de cet étamage; mais, bien loin que cela fit un désavantage, j'imagine au contraire qu'il y aurait à gagner, parce que les rayons jaunes sont ceux qui ébranlent le plus fortement la rétine, et qui brûlent le plus violemment, comme je crois m'en être assuré, en réunissant, au moyen d'un verre lenticulaire, une quantité de rayons jaunes qui m'étaient fournis par un grand prisme, et en comparant leur action avec une égale quantité de rayons de toute autre couleur, réunis par le même verre lenticulaire, et fournis par le même prisme.

Sixièmement, il faudrait un châssis de fer et des vis de cuivre, et un ressort pour assujétir chacune des petites planches qui portent les glaces, tout cela conforme à un modèle que j'ai fait exécuter par le sieur Chopitel, afin que la séchresse et l'humidité,

qui agissent sur le châssis et les vis en bois, ne causassent pas d'inconvénient, et que le foyer, lorsqu'il est une fois formé, ne fût pas sujet à s'élargir, et à se déranger lorsqu'on fait rouler le miroir sur son pivot, ou qu'on le fait tourner autour de son axe pour suivre le soleil. Il faudrait aussi y ajouter une alidade avec deux pinnules au milieu de la partie inférieure du châssis, afin de s'assurer de la position du miroir par rapport au soleil; et une autre alidade semblable, mais dans un plan vertical au plan de la première, pour suivre le soleil à ses différentes hauteurs.

Au moyen de toutes ces attentions, je crois pouvoir assurer, par l'expérience que j'ai acquise en me servant de mon miroir, qu'on pourrait en réduire la grandeur à moitié, et qu'au lieu d'un miroir de sept pieds avec lequel j'ai brûlé du bois à 150 pieds, on produirait le même effet avec un miroir de cinq pieds $\frac{1}{2}$, ce qui n'est, comme l'on voit, qu'une très-médiocre grandeur pour un très-grand effet; et de même, je crois pouvoir assurer qu'il ne faudrait alors qu'un miroir de quatre pieds $\frac{1}{2}$ pour brûler à 100 pieds, et qu'un miroir de trois pieds $\frac{1}{2}$ brûlerait à 60 pieds, ce qui est une distance bien considérable en comparaison du diamètre du miroir.

Avec un assemblage de petits miroirs plans hexagones et d'acier poli, qui auraient plus de solidité, plus de durée que les glaces étamées, et qui ne seraient point sujets aux altérations que la lumière du soleil fait subir à la longue à l'étamage, on pourrait produire des effets très-utiles, et qui dédommageraient amplement des dépenses de la construction du miroir.

10. Pour toutes les évaporations des eaux salées; où l'on est obligé de consommer du bois et du charbon, ou d'employer l'art des bâtiments de graduation qui coûtent beaucoup plus que la construction de plusieurs miroirs tels que je les propose. Il ne faudrait, pour l'évaporation des eaux salées, qu'un assemblage de douze miroirs plans d'un pied carré chacun : la chaleur qu'ils réfléchiraient à leur foyer, quoique dirigée au-dessous de leur niveau, et à 15 ou 16 pieds de distance, sera encore assez grande pour faire bouillir l'eau, et produire par conséquent une prompte évaporation; car la chaleur de l'eau bouillante n'est que triple de la chaleur du soleil d'été : et, comme la réflexion d'une surface plane bien polie ne diminue la chaleur que de moitié, il ne faut

drait que six miroirs pour produire au foyer une chaleur égale à celle de l'eau bouillante ; mais j'en double le nombre , afin que la chaleur se communique plus vite , et aussi à cause de la perte occasionée par l'obliquité , sous laquelle le faisceau de la lumière tombe sur la surface de l'eau qu'on veut faire évaporer , et encore parce que l'eau salée s'échauffe plus lentement que l'eau douce . Ce miroir , dont l'assemblage ne formerait qu'un carré de quatre pieds de largeur sur trois de hauteur , serait aisé à manier et à transporter ; et , si l'on voulait en doubler ou tripler les effets dans le même temps , il vaudrait mieux faire plusieurs miroirs semblables , c'est-à-dire doubler ou tripler le nombre de ces mêmes miroirs de quatre pieds sur trois , que d'en augmenter l'étendue ; car , l'eau ne peut recevoir qu'un certain degré de chaleur déterminée , et l'on ne gagnerait presque rien à augmenter ce degré , et par conséquent la grandeur du miroir ; au lieu qu'en faisant deux foyers par deux miroirs égaux , on doublera l'effet de l'évaporation , et on le triplera par trois miroirs dont les foyers tomberont séparément les uns des autres sur la surface de l'eau qu'on veut faire évaporer . Au reste , l'on ne peut éviter la perte causée par l'obliquité ; et si l'on veut y remédier , ce ne peut être que par une autre perte encore plus grande , en recevant d'abord les rayons du soleil sur une grande glace qui les réfléchirait sur le miroir brisé ; car alors il brûlerait en bas , au lieu de brûler en haut : mais il perdrait moitié de la chaleur par la première réflexion , et moitié du reste par la seconde ; en sorte qu'au lieu de six petits miroirs , il en faudrait douze pour obtenir une chaleur égale à celle de l'eau bouillante .

Pour que l'évaporation se fasse avec plus de succès , il faudra diminuer l'épaisseur de l'eau autant qu'il sera possible . Une masse d'eau d'un pied d'épaisseur ne s'évaporerait pas aussi vite , à beaucoup près , que la même masse réduite à six pouces d'épaisseur et augmentée du double en superficie . D'ailleurs le fond étant plus près de la surface , il s'échauffe plus promptement , et cette chaleur que reçoit le fond du vaisseau contribue encore à la célérité de l'évaporation .

2^o. On pourra se servir avec avantage de ces miroirs pour calciner les plâtres et même les pierres calcaires ; mais il les faudrait plus grands , et placer les matières en haut , afin de ne rien perdre par l'obliquité de la lu-

mière . On a vu , par les expériences détaillées dans le second de ces Mémoires , que le gypse s'échauffe plus d'une fois plus vite que la pierre calcaire tendre , et près de deux fois plus vite que le marbre ou la pierre calcaire dure ; leur calcination respective doit être en même raison . J'ai trouvé , par une expérience répétée trois fois , qu'il faut un peu plus de chaleur pour calciner le gypse blanc qu'on appelle *abbâtre* , que pour fondre le plomb . Or la chaleur nécessaire pour fondre le plomb est , suivant les expériences de Newton , huit fois plus grande que la chaleur du soleil d'été : il faudrait donc au moins seize petits miroirs pour calciner le gypse ; et à cause des pertes occasionées tant par l'obliquité de la lumière que par l'irrégularité du foyer , qu'on n'éloignera pas au-delà de quinze pieds , je présume qu'il faudrait vingt et peut-être vingt-quatre miroirs d'un pied carré chacun pour calciner le gypse en peu de temps : par conséquent il faudrait un assemblage de quarante-huit de ces petits miroirs pour opérer la calcination sur la pierre calcaire la plus tendre , et soixante-douze des mêmes miroirs d'un pied en carré pour calciner les pierres calcaires dures . Or , un miroir de douze pieds de largeur sur six pieds de hauteur , ne laisse pas d'être une grosse machine embarrassante et difficile à mouvoir , à monter et à maintenir . Cependant , on viendrait à bout de ces difficultés , si le produit de la calcination était assez considérable pour équivaloir et même surpasser la dépense de la consommation du bois : il faudrait , pour s'en assurer , commencer par calciner le plâtre avec un miroir de vingt-quatre pièces ; et , si cela réussissait , faire deux autres miroirs pareils , au lieu d'en faire un grand de soixante-douze pièces : car , en faisant coïncider les foyers de ces trois miroirs de vingt-quatre pièces , on produira une chaleur égale , et qui serait assez forte pour calciner le marbre ou la pierre dure .

Mais une chose très-essentielle reste douteuse , c'est de savoir combien il faudrait de temps pour calciner , par exemple , un pied cube de matière , surtout si ce pied cube n'était frappé de chaleur que par une face . Je vois qu'il se passerait du temps avant que la chaleur n'eût pénétré toute son épaisseur ; je vois que , pendant tout ce temps , il s'en perdrait une assez grande partie qui sortirait de ce bloc de matière après y être entrée : je crains donc beaucoup que la pierre n'étant pas saisie par la chaleur de tous les côtés

à la fois, la calcination ne fût très-lente, et le produit en chaux très-petit. L'expérience seule peut ici décider; mais il faudrait au moins la tenter sur les matières gypseuses, dont la calcination doit être plus prompte que celle des pierres calcaires (1).

En concentrant cette chaleur du soleil dans un four qui n'aurait d'autre ouverture que celle qui laisserait entrer la lumière, on empêcherait en grande partie la chaleur de s'évaporer; et en mêlant avec les pierres calcaires une petite quantité de brasque ou poudre de charbon, qui de toutes les matières combustibles est la moins chère, cette légère quantité d'aliments suffirait pour nourrir et augmenter de beaucoup la quantité de chaleur; ce qui produirait une plus ample et plus prompte calcination, et à très-peu de frais, comme on l'a vu par la seconde expérience du quatrième Mémoire.

3°. Ces miroirs d'Archimède peuvent servir en effet à mettre le feu dans les voiles des vaisseaux, et même dans le bois goudronné, à plus de 150 pieds de distance; on pourrait s'en servir aussi contre ses ennemis en brûlant les blés et les autres productions de la terre; cet effet, qui serait assez prompt, serait très-dommageable. Mais ne nous occupons pas des moyens de faire du mal, et ne pensons qu'à ceux qui peuvent procurer quelque bien à l'humanité.

4°. Ces miroirs fournissent le seul et unique moyen qu'il y ait de mesurer exactement la chaleur: il est évident que deux miroirs dont les images lumineuses se réunissent, produisent une chaleur double dans tous les points de la surface qu'elles occupent; que trois, quatre, cinq, etc. miroirs donneront de même une chaleur triple, quadruple, quintuple, etc., et que, par conséquent, on peut par ce moyen faire un thermomètre dont les divisions ne seront point arbitraires, et les échelles différentes, comme le sont celles de tous les thermomètres dont on s'est servi jusqu'à ce jour. La seule chose arbitraire qui entrerait dans la construction de ce thermomètre, serait la

supposition du nombre total des parties du mercure en partant du degré du froid absolu; mais, en le prenant à 10000 au-dessous de la congélation de l'eau, au lieu de 1000, comme dans nos thermomètres ordinaires, on approcherait beaucoup de la réalité, surtout en choisissant les jours de l'hiver les plus froids pour graduer le thermomètre; chaque image du soleil lui donnerait un degré de chaleur au-dessus de la température que nous supposons à celui de la glace. Le point auquel s'élèverait le mercure par la chaleur de la première image du soleil serait marqué 1. Le point où il s'élèverait par la chaleur de deux images égales et réunies sera marqué 2. Celui où trois images le feront monter sera marqué 3; et ainsi de suite, jusqu'à la plus grande hauteur, qu'on pourrait étendre jusqu'au degré 36. On aurait à ce degré une augmentation de chaleur trente-six fois plus grande que celle du premier degré; dix-huit fois plus grande que celle du second; douze fois plus grande que celle du troisième; neuf fois plus grande que celle du quatrième, etc.: cette augmentation 36 de chaleur au-dessus de celle de la glace serait assez grande pour fondre le plomb, et il y a toute apparence que le mercure, qui se volatilise à une bien moindre chaleur, ferait, par sa vapeur, casser le thermomètre. On ne pourra donc étendre la division que jusqu'à 12 et peut-être même à 9 degrés, si l'on se sert du mercure pour ces thermomètres; et l'on n'aura par ce moyen que les degrés d'une augmentation de chaleur jusqu'à 9. C'est une des raisons qui avaient déterminé Newton à se servir d'huile de lin au lieu de mercure; et en effet, on pourra, en se servant de cette liqueur, étendre la division non-seulement à 12 degrés, mais jusqu'au point de cette huile bouillante. Je ne propose pas de remplir ces thermomètres avec de l'esprit de vin coloré; il est universellement reconnu que cette liqueur se décompose au bout d'un assez petit temps (2), et que d'ailleurs elle ne peut servir aux expériences d'une chaleur un peu forte.

Lorsqu'on aura marqué sur l'échelle de ces thermomètres remplis d'huile ou de mercure, les premières divisions 1, 2, 3, 4, etc.,

(1) Il vient de paraître un petit ouvrage rempli de grandes vues, de M. l'abbé Scipion Bexon, qui a pour titre : *Système de la fertilisation*. Il propose mes miroirs comme un moyen facile pour réduire en chaux toutes les matières calcaires; mais il leur attribue plus de puissance qu'ils n'en ont réellement, et ce n'est qu'en les multipliant qu'on pourrait obtenir les grands effets qu'il s'en promet.

(2) Plusieurs voyageurs m'ont écrit que les thermomètres à l'esprit de vin de Réaumur leur étaient devenus tout-à-fait inutiles, parce que cette liqueur se décolore et se charge d'une espèce de boue en assez peu de temps.

qui indiqueront le double, le triple, le quadruple, etc. des augmentations de la chaleur, il faudra chercher les parties aliquotes de chaque division : par exemple, les points de $1\frac{1}{4}$, $2\frac{1}{4}$, $3\frac{1}{4}$, etc., ou de $1\frac{1}{2}$, $2\frac{1}{2}$, $3\frac{1}{2}$, etc., et de $1\frac{3}{4}$, $2\frac{3}{4}$, $3\frac{3}{4}$, etc. ; ce que l'on obtiendra par un moyen facile, qui sera de couvrir la moitié, ou le quart, ou les trois quarts de la superficie d'un des miroirs ; car alors l'image qu'il réfléchira ne contiendra que le quart, la moitié ou les trois quarts de chaleur que contient l'image entière ; et par conséquent les divisions des parties aliquotes seront aussi exactes que celles des nombres entiers.

Si l'on réussit une fois à faire ce thermomètre réel, et que j'appelle ainsi parce qu'il marquerait réellement la proportion de la chaleur, tous les autres thermomètres ; dont les échelles sont arbitraires et différentes entre elles, deviendraient non-seulement superflus, mais même nuisibles, dans bien des cas, à la précision des vérités physiques qu'on cherche par leur moyen. On peut se rappeler l'exemple que j'en ai donné, en parlant de l'estimation de la chaleur qui émane du globe de la terre, comparée à la chaleur qui nous vient du soleil.

5°. Au moyen de ces miroirs brisés, on pourra aisément recueillir, dans leur entière pureté, les parties volatiles de l'or et de l'argent, et des autres métaux et minéraux ; car, en exposant au large foyer de ces miroirs une grande plaque de métal, comme une assiette ou un plat d'argent, on en verra sortir une fumée très-abondante pendant un temps considérable, jusqu'au moment où le métal tombe en fusion ; et, en ne donnant qu'une chaleur un peu moindre que celle qu'exige la fusion, on fera évaporer le métal au point d'en diminuer le poids assez considérablement. Je me suis assuré de ce premier fait, qui peut fournir des lumières sur la composition intime des métaux : j'aurais bien désiré recueillir cette vapeur abondante que le feu pur du soleil fait sortir du métal ; mais je n'avais pas les instruments nécessaires, et je ne puis que recommander aux chimistes et aux physiciens de suivre cette expérience importante, dont les résultats seraient d'autant moins équivoques que la vapeur métallique est ici très-pure ; au lieu que, dans toute opération semblable qu'on voudrait faire avec le feu commun, la vapeur métallique serait nécessairement mêlée d'autres vapeurs provenant des matières

combustibles qui servent d'aliment à ce feu.

D'ailleurs, ce moyen est peut-être le seul que nous ayons pour volatiliser les métaux fixes, tels que l'or et l'argent ; car je présume que cette vapeur, que j'ai vue s'élever en si grande quantité de ces métaux échauffés au large foyer de mon miroir, n'est pas de l'eau ni quelque autre liqueur, mais des parties mêmes du métal que la chaleur en détache en les volatilisant. On pourrait, en recevant ainsi les vapeurs pures des différents métaux, les mêler ensemble, et faire, par ce moyen, des alliages plus intimes et plus purs qu'on ne l'a fait par la fusion et par la mixtion de ces mêmes métaux fondus, qui ne se marient jamais parfaitement à cause de l'inégalité de leur pesanteur spécifique, et de plusieurs autres circonstances qui s'opposent à l'intimité et à l'égalité parfaite du mélange. Comme les parties constituantes de ces vapeurs métalliques sont dans un état de division bien plus grande que dans l'état de fusion, elles se joindraient et se réuniraient de bien plus près et plus facilement. Enfin on arriverait peut-être, par ce moyen, à la connaissance d'un fait général, et que plusieurs bonnes raisons me font soupçonner depuis long-temps : c'est qu'il y aurait pénétration dans tous les alliages faits de cette manière, et que leur pesanteur spécifique serait toujours plus grande que la somme des pesanteurs spécifiques des matières dont ils seraient composés ; car la pénétration n'est qu'un degré plus grand d'intimité, et l'intimité, toutes choses égales d'ailleurs, sera d'autant plus grande que les matières seront dans un état de division plus parfaite.

En réfléchissant sur l'appareil des vaisseaux qu'il faudrait employer pour recevoir et recueillir ces vapeurs métalliques, il m'est venu une idée qui me paraît trop utile pour ne la pas publier ; elle est aussi trop aisée à réaliser pour que les bons chimistes ne la saisissent pas : je l'ai même communiquée à quelques-uns d'entre eux qui m'en ont paru très-satisfaits. Cette idée est de geler le mercure dans ce climat-ci, et avec un degré de froid beaucoup moindre que celui des expériences de Pétersbourg ou de Sibérie. Il ne faut pour cela que recevoir la vapeur du mercure, qui est le mercure même volatilisé par une très-médiocre chaleur, dans une cucurbite, ou dans un vase auquel on donnera un certain degré de froid artificiel : ce mercure en vapeurs, c'est-à-dire extrêmement divisé, offrira à l'action de ce froid

des surfaces si grandes et des masses si petites , qu'au lieu de 187 degrés de froid qu'il faut pour geler le mercure en masse , il n'en faudrait peut-être que 18 ou 20 degrés, peut-être même moins , pour le geler en vapeurs. Je recommande cette expérience importante à tous ceux qui travaillent de bonne foi à l'avancement des sciences.

Je pourrais ajouter à ces usages principaux du miroir d'Archimède plusieurs autres usages particuliers ; mais j'ai cru devoir me borner à ceux qui m'ont paru les plus utiles et les moins difficiles à réduire en pratique. Néanmoins , je crois devoir joindre ici quelques expériences que j'ai faites sur la transmission de la lumière à travers les corps transparents , et donner en même temps quelques idées nouvelles sur les moyens d'apercevoir de loin les objets à l'œil simple , ou par le moyen d'un miroir semblable à celui dont les anciens ont parlé . par l'effet duquel on apercevait du port d'Alexandrie les vaisseaux d'aussi loin que la courbure de la terre pouvait le permettre.

Tous les physiiciens savent aujourd'hui qu'il y a trois causes qui empêchent la lumière de se réunir dans un point , lorsque ses rayons ont traversé le verre objectif d'une lunette ordinaire. La première est la courbure sphérique de ce verre qui répand une partie des rayons dans un espace terminé par une courbe. La seconde est l'angle sous lequel nous paraît à l'œil simple l'objet que nous observons ; car la largeur du foyer de l'objectif a toujours , à très-peu près , pour diamètre une ligne égale à la corde de l'arc qui mesure cet angle. La troisième est la différente réfrangibilité de la lumière ; car les rayons les plus réfringibles ne se rassemblent pas dans le même lieu où se rassemblent les rayons les moins réfringibles.

On peut remédier à l'effet de la première cause , en substituant , comme Descartes l'a proposé , des verres elliptiques ou hyperboliques aux verres sphériques. On remédie à l'effet de la seconde par le moyen d'un second verre placé au foyer de l'objectif , dont le diamètre est à peu près égal à la largeur de ce foyer , et dont la surface est travaillée sur une sphère d'un rayon fort court. On a trouvé de nos jours le moyen de remédier à la troisième , en faisant des lunettes qu'on appelle *achromatiques* , et qui sont composées de deux sortes de verres qui dispersent différemment les rayons colorés , de manière que la dispersion de l'un est corrigée par la

dispersion de l'autre , sans que la réfraction générale moyenne , qui constitue la lunette , soit anéantie. Une lunette de 3 pieds $\frac{1}{2}$ de longueur , faite sur ce principe , équivaut , pour l'effet , aux anciennes lunettes de 25 pieds de longueur.

Au reste , le remède à l'effet de la première cause est demeuré tout-à-fait inutile jusqu'à ce jour , parce que l'effet de la dernière , étant beaucoup plus considérable , influe si fort sur l'effet total , qu'on ne pouvait rien gagner à substituer des verres hyperboliques ou elliptiques à des verres sphériques , et que cette substitution ne pouvait devenir avantageuse que dans le cas où l'on pourrait trouver le moyen de corriger l'effet de la différente réfrangibilité des rayons de la lumière. Il semble donc qu'aujourd'hui l'on ferait bien de combiner les deux moyens , et de substituer , dans les lunettes achromatiques , des verres elliptiques aux sphériques.

Pour rendre ceci plus sensible , supposons que l'objet qu'on observe soit un point lumineux sans étendue , telle qu'est une étoile fixe par rapport à nous ; il est certain qu'avec un objectif , par exemple , de 30 pieds de foyer , toutes les images de ce point lumineux s'étendront en forme de courbe au foyer de ce verre , s'il est travaillé sur une sphère ; et qu'au contraire elles se réuniront en un point si ce verre est hyperbolique : mais si l'objet qu'on observe a une certaine étendue , comme la lune , qui occupe environ un demi-degré d'espace à nos yeux , alors l'image de cet objet occupera un espace d'environ trois pouces de diamètre au foyer de l'objectif de 30 pieds ; et l'aberration , causée par la sphéricité , produisant une confusion dans un point lumineux quelconque , elle la produit de même sur tous les points lumineux du disque de la lune , et par conséquent la défigure en entier. Il y aurait donc , dans tous les cas , beaucoup d'avantage à se servir des verres elliptiques ou hyperboliques pour de longues lunettes , puisqu'on a trouvé le moyen de corriger en grande partie le mauvais effet produit par la différente réfrangibilité des rayons.

Il suit , de ce que nous venons de dire , que , si l'on veut faire une lunette de 30 pieds pour observer la lune et la voir en entier , le verre oculaire doit avoir au moins 3 pouces de diamètre pour recueillir l'image entière que produit l'objectif à son foyer ; et que , si on voulait observer cet astre avec une lunette de 60 pieds , l'oculaire doit avoir au

moins six pouces de diamètre, parce que la corde de l'arc qui mesure l'angle sous lequel nous paraît la lune, est dans ce cas de trois pouces et de six pouces à peu près; aussi les astronomes ne font jamais usage de lunettes qui renferment le disque entier de la lune, parce qu'elles grossiraient trop peu : mais, si on veut observer Vénus avec une lunette de 60 pieds, comme l'angle sous lequel elle nous paraît n'est que d'environ 60 secondes, le verre oculaire pourra n'avoir que 4 lignes de diamètre; et, si on se sert d'un objectif de 120 pieds, un oculaire de 8 lignes de diamètre suffirait pour réunir l'image entière que l'objectif forme à son foyer.

De là on voit que, quand même les rayons de lumière seraient également réfrangibles, on ne pourrait pas faire d'aussi fortes lunettes pour voir la lune en entier que pour voir les autres planètes, et que plus une planète est petite à nos yeux, et plus nous pouvons augmenter la longueur de la lunette avec laquelle on peut la voir en entier. Dès-lors on conçoit bien que, dans cette même supposition des rayons également réfrangibles, il doit y avoir une certaine longueur déterminée, plus avantageuse qu'aucune autre pour telle ou telle planète, et que cette longueur de la lunette dépend non-seulement de l'angle sous lequel la planète paraît à notre œil, mais encore de la quantité de lumière dont elle est éclairée.

Dans les lunettes ordinaires, les rayons de la lumière étant différemment réfrangibles, tout ce qu'on pourrait faire dans cette vue pour les perfectionner ne serait pas fort avantageux, parce que, sous quelque angle que paraisse à notre œil l'objet ou l'astre que nous voulons observer, et quelque intensité de lumière qu'il puisse avoir, les rayons ne se rassembleront jamais dans le même endroit : plus la lunette sera longue, plus il y aura d'intervalle (1) entre le foyer des rayons rouges et celui des rayons violets, et, par conséquent, plus sera confuse l'image de l'objet observé.

On ne peut donc perfectionner les lunettes par réfraction qu'en cherchant, comme on l'a fait, les moyens de corriger cet effet de la différente réfrangibilité, soit en composant la lunette de verres de différente densité, soit par d'autres moyens particuliers, et qui seraient différents selon les différents objets

et les différentes circonstances. Supposons, par exemple, une courte lunette composée de deux verres, l'un convexe et l'autre concave des deux côtés, il est certain que cette lunette peut se réduire à une autre dont les deux verres soient plans d'un côté, et travaillés de l'autre côté sur des sphères dont le rayon serait une fois plus court que celui des sphères sur lesquelles auraient été travaillés les verres de la première lunette. Maintenant, pour éviter une grande partie de l'effet de la différente réfrangibilité des rayons, on peut faire cette seconde lunette d'une seule pièce de verre massif, comme je l'ai fait exécuter avec deux morceaux de verre blanc, l'un de deux pouces et demi de longueur, et l'autre d'un pouce et demi; mais alors la perte de la transparence est un plus grand inconvénient que celui de la différente réfrangibilité qu'on corrige par ce moyen; car ces deux petites lunettes massives de verre sont plus obscures qu'une petite lunette ordinaire du même verre et des mêmes dimensions : elles donnent à la vérité moins d'iris, mais elles n'en sont pas meilleures; et, si on les faisait plus longues, toujours en verre massif, la lumière, après avoir traversé cette épaisseur de verre, n'aurait plus assez de force pour peindre l'image de l'objet à notre œil. Ainsi, pour faire des lunettes de 10 ou 20 pieds, je ne vois que l'eau qui ait assez de transparence pour laisser passer la lumière sans l'éteindre en entier dans cette grande épaisseur. En employant donc de l'eau pour remplir l'intervalle entre l'objectif et l'oculaire, on diminuera en partie l'effet de la différente réfrangibilité (2), parce que celle de l'eau approche plus de celle du verre que celle de l'air; et, si on pouvait, en chargeant l'eau de différents sels, lui donner le même degré de puissance réfringente qu'au verre, il n'est pas douteux qu'on ne corrigât

(2) M. de la Lande, l'un de nos plus savants astronomes, après avoir lu cet article, a bien voulu me communiquer quelques remarques qui m'ont paru très-justes et dont j'ai profité : seulement je ne suis pas d'accord avec lui sur ces lunettes remplies d'eau; il croit qu'on diminuerait très-peu la différente réfrangibilité, parce que l'eau disperse les rayons colorés d'une manière différente du verre, et qu'il y aurait des couleurs qui proviendraient de l'eau, et d'autres du verre. Mais en se servant du verre le moins dense, et en augmentant, par les sels, la densité de l'eau, on rapprocherait de très-près leur puissance réfractive.

(1) Cet intervalle est d'un pied sur 27 de foyer.

davantage, par ce moyen, l'effet de la différente réfrangibilité des rayons. Il s'agirait donc d'employer une liqueur transparente qui aurait à peu près la même puissance réfrangible que le verre ; car alors il sera sûr que les deux verres, avec cette liqueur entre deux, corrigeront en partie l'effet de la différente réfrangibilité des rayons, de la même façon qu'elle est corrigée dans la petite lunette massive dont je viens de parler.

Suivant les expériences de M. Bouguer, une ligne d'épaisseur de verre détruit $\frac{2}{7}$ de la lumière, et par conséquent la diminution s'en ferait dans la proportion suivante :

Épaisseurs.. 1, 2, 3, 4, 5, 6 lig. ;

Diminutions $\frac{2}{7}, \frac{10}{49}, \frac{50}{343}, \frac{250}{2401}, \frac{1250}{16807}, \frac{6250}{117649}$;

en sorte que, par la somme de ces six termes, on trouverait que la lumière, qui passe à travers six lignes de verre, aurait déjà perdu $\frac{102024}{117649}$, c'est-à-dire environ les $\frac{10}{11}$ de sa quantité. Mais il faut considérer que M. Bouguer s'est servi de verres bien peu transparents, puisqu'il a vu qu'une ligne d'épaisseur de ces verres détruisait $\frac{2}{7}$ de la lumière. Par les expériences que j'ai faites sur différentes espèces de verre blanc, il m'a paru que la lumière diminuait beaucoup moins. Voici ces expériences, qui sont assez faciles à faire, et que tout le monde est en état de répéter.

Dans une chambre obscure dont les murs étaient noircis, qui me servait à faire des expériences d'optique, j'ai fait allumer une bougie de cinq à la livre ; la chambre était fort vaste, et la lumière de la bougie était la seule dont elle fût éclairée. J'ai d'abord cherché à quelle distance je pouvais lire un caractère d'impression, tel que celui de la gazette de Hollande, à la lumière de cette bougie ; et j'ai trouvé que je lisais assez facilement ce caractère à 24 pieds 4 pouces de distance de la bougie. Ensuite, ayant placé devant la bougie, à deux pouces de distance, un morceau de verre provenant d'une glace de Saint-Gobin, réduite à une ligne d'épaisseur, j'ai trouvé que je lisais encore tout aussi facilement à 22 pieds 9 pouces ; et, en substituant à cette glace d'une ligne d'épaisseur un autre morceau de deux lignes d'épaisseur et du même verre, j'ai lu aussi facilement à 21 pieds de distance de la bougie. Deux de ces mêmes glaces de 2 lignes d'épaisseur jointes l'une contre l'autre et mises devant la bougie, en ont diminué la lumière au point que je n'ai pu lire avec la même facilité qu'à 17 pieds $\frac{1}{2}$ de distance de la bougie.

Et enfin, avec trois glaces de 2 lignes d'épaisseur chacune, je n'ai lu qu'à la distance de 15 pieds. Or, la lumière de la bougie diminuant comme le carré de la distance augmente, sa diminution aurait été dans la progression suivante, s'il n'y avait point eu de glaces interposées :

$$24 \frac{1}{3}, \quad 22 \frac{3}{4}, \quad 21, \quad 17 \frac{1}{2}, \quad 15, \quad \text{ou} \\ 592 \frac{2}{9}, \quad 517 \frac{9}{16}, \quad 441, \quad 306 \frac{1}{4}, \quad 225.$$

Donc les pertes de la lumière, par l'interposition des glaces, sont dans la progression suivante : 84 $\frac{23}{144}$, 151, 285 $\frac{7}{9}$, 367 $\frac{1}{4}$.

D'où l'on doit conclure qu'une ligne d'épaisseur de ce verre ne diminue la lumière que de $\frac{84}{592}$ ou d'environ $\frac{1}{7}$; que deux lignes d'épaisseur la diminuent de $\frac{151}{592}$, pas tout-à-fait de $\frac{1}{4}$; et trois glaces de deux lignes, de $\frac{367}{592}$, c'est-à-dire moins de $\frac{3}{4}$.

Comme ce résultat est très-différent de celui de M. Bouguer, et que néanmoins je n'avais garde de douter de la vérité de ses expériences, je répétei les miennes en me servant de verre à vitre commun : je choisii des morceaux d'une épaisseur égale, de $\frac{3}{4}$ de ligne chacun. Ayant lu de même à 24 pieds 4 pouces de distance de la bougie, l'interposition d'un de ces morceaux de verre me fit rapprocher à 21 pieds $\frac{1}{2}$; avec deux morceaux interposés et appliqués l'un sur l'autre, je ne pouvais plus lire qu'à 18 pieds $\frac{1}{4}$, et avec trois morceaux à 16 pieds ; ce qui, comme l'on voit, se rapproche de la détermination de M. Bouguer ; car la perte de la lumière, en traversant ce verre de $\frac{3}{4}$ de ligne, étant ici de $592 \frac{1}{4} - 462 \frac{1}{4} = 130$, le résultat $\frac{130}{592 \frac{1}{4}}$, ou $\frac{65}{296}$, ne s'éloigne pas beaucoup de $\frac{3}{4}$, à quoi l'on doit réduire les $\frac{2}{7}$ donnés par M. Bouguer pour une ligne d'épaisseur, parce que mes verres n'avaient que $\frac{3}{4}$ de ligne ; car $3 : 14 :: 65 : 303 \frac{1}{3}$, terme qui ne diffère pas beaucoup de 296.

Mais avec du verre communément appelé *verre de Bohême*, j'ai trouvé, par les mêmes essais, que la lumière ne perdrait qu'un huitième en traversant une épaisseur d'une ligne, et qu'elle diminuait dans la progression suivante :

Épais....	1,	2,	3,	4,	5,	6,...	n.
Diminut.	$\frac{1}{8}$	$\frac{7}{64}$	$\frac{49}{512}$	$\frac{343}{4096}$	$\frac{2401}{32768}$	$\frac{16807}{262144}$	$\frac{n-1}{n}$
ou	$\frac{7}{8}$	$\frac{7}{8^2}$	$\frac{7}{8^3}$	$\frac{7}{8^4}$	$\frac{7}{8^5}$	$\frac{7}{8^6}$	$\dots \frac{7}{8^n}$

Prenant la somme de ces termes, on aura le total de la diminution de la lumière à travers une épaisseur de verre d'un nombre donné de lignes; par exemple, la somme des six premiers termes est $\frac{144425}{252164}$. Donc la lumière ne diminue que d'un peu plus de moitié en traversant une épaisseur de six lignes de verre de Bohême, et elle en perdrait encore moins, si, au lieu de trois morceaux de deux lignes appliqués l'un sur l'autre, elle n'avait à traverser un seul morceau de six lignes d'épaisseur.

Avec le verre que j'ai fait fondre en masse épaisse, j'ai vu que la lumière ne perdait pas plus à travers 4 pouces $\frac{1}{2}$ d'épaisseur de ce verre qu'à travers une glace de Saint-Gobin de 2 lignes $\frac{1}{2}$ d'épaisseur: il me semble donc qu'on pourrait en conclure que la transparence de ce verre étant à celle de cette glace, comme 4 pouces $\frac{1}{2}$ sont à 2 lignes $\frac{1}{2}$, ou 54 à 2 $\frac{1}{2}$, c'est-à-dire plus de vingt; et une fois plus grande, on pourrait faire de très-bonnes petites lunettes massives de 5 ou 6 pouces de longueur avec ce verre.

Mais pour des lunettes longues, on ne peut employer que de l'eau, et encore est-il à craindre que le même inconvénient ne subsiste; car quelle sera l'opacité qui résultera de cette quantité de liqueur que je suppose remplir l'intervalle entre les deux verres? Plus les lunettes seront longues et plus on perdra de lumière; en sorte qu'il paraît, au premier coup d'œil, qu'on ne peut pas se servir de ce moyen, surtout pour les lunettes un peu longues: car, en suivant ce que dit M. Bouguer, dans son *Essai d'Optique*, sur la gradation de la lumière, 9 pieds 7 pouces d'eau de mer font diminuer la lumière dans le rapport de 14 à 5; ou, ce qui revient à peu près au même, supposons que dix pieds d'épaisseur d'eau diminuent la lumière dans le rapport de 3 à 1; alors vingt pieds d'épaisseur d'eau la diminueront dans le rapport de 9 à 1; trente pieds la diminueront dans celui de 27 à 1, etc. Il paraît donc qu'on ne pourrait se servir de ces longues lunettes pleines d'eau que pour observer le soleil, et que les autres astres n'auraient pas assez de lumière pour qu'il fût possible de les apercevoir à travers une épaisseur de 20 à 30 pieds de liqueur intermédiaire.

Cependant, si l'on fait attention qu'en ne donnant qu'un pouce ou un pouce et demi d'ouverture à un objectif de 30 pieds, on ne laisse pas d'apercevoir très-nettement les planètes dans les lunettes ordinaires de cette

longueur, on doit penser qu'en donnant un plus grand diamètre à l'objectif, on augmenterait la quantité de lumière dans la raison du carré de ce diamètre; et par conséquent, si un pouce d'ouverture suffit pour voir distinctement un astre dans une lunette ordinaire, $\sqrt{3}$ pouces d'ouverture, c'est-à-dire 21 lignes environ de diamètre, suffiront pour qu'on le voie aussi distinctement à travers une épaisseur de dix pieds d'eau; et qu'avec un verre de 3 pouces de diamètre, on le verrait également à travers une épaisseur de 20 pieds d'eau; qu'avec un verre de $\sqrt{27}$ ou 5 pouces $\frac{1}{2}$ de diamètre, on le verrait à travers une épaisseur de 30 pieds, et qu'il ne faudrait qu'un verre de 9 pouces de diamètre pour une lunette remplie de 40 pieds d'eau, et un verre de 27 pouces pour une lunette de 60 pieds.

Il semble donc qu'on pourrait, avec espérance de réussir, faire construire une lunette sur ces principes; car, en augmentant le diamètre de l'objectif, on regagne en partie la lumière que l'on perd par le défaut de transparence de la liqueur.

On ne doit pas craindre que les objectifs, quelque grands qu'ils soient, fassent une trop grande partie de la sphère sur laquelle ils seront travaillés, et que, par cette raison, les rayons de la lumière ne puissent se réunir exactement; car, en supposant même ces objectifs sept ou huit fois plus grands que je ne les ai déterminés, ils ne feraient pas encore à beaucoup près une assez grande partie de leur sphère pour ne pas réunir les rayons avec exactitude.

Mais, ce qui ne me paraît pas douteux, c'est qu'une lunette construite de cette façon serait très-utile pour observer le soleil; car, en la supposant même longue de sept pieds, la lumière de cet astre ne serait encore que trop forte après avoir traversé cette épaisseur d'eau, et on observerait à loisir et aisément la surface de cet astre immédiatement, sans qu'il fût nécessaire de se servir de verres enfumés ou d'en recevoir l'image sur un carton, avantage qu'aucune autre espèce de lunette ne peut avoir.

Il y aurait seulement quelque petite différence dans la construction de cette lunette solaire, si l'on veut qu'elle nous présente la face entière du soleil; car, en la supposant longue de cent pieds, il faudra, dans ce cas, que le verre oculaire ait au moins dix pouces de diamètre, parce que, le soleil occupant plus d'un demi-degré céleste, l'image,

formée par l'objectif à son foyer à 100 pieds, aura au moins cette longueur de dix pouces; et que, pour la réunir tout entière, il faudra un oculaire de cette largeur auquel on ne donnerait que vingt pouces de foyer pour le rendre aussi fort qu'il se pourrait. Il faudrait aussi que l'objectif, ainsi que l'oculaire, eût dix pouces de diamètre, afin que l'image de l'astre et l'image de l'ouverture de la lunette se trouvassent d'égale grandeur au foyer.

Quand même cette lunette que je propose ne servirait qu'à observer exactement le soleil, ce serait déjà beaucoup : il serait, par exemple, fort curieux de pouvoir reconnaître s'il y a dans cet astre des parties plus ou moins lumineuses que d'autres; s'il y a sur sa surface des inégalités, et de quelle espèce elles seraient; si les taches flottent sur sa surface (1), ou si elles y sont toutes constamment attachées, etc. La vivacité de sa lumière nous empêche de l'observer à l'œil simple, et la différente réfrangibilité de ses rayons rend son image confuse lorsqu'on la reçoit au foyer d'un objectif sur un carton; aussi la surface du soleil nous est-elle moins connue que celle des autres planètes. Cette différente réfrangibilité des rayons ne serait pas à beaucoup près entièrement corrigée dans cette longue lunette remplie d'eau : mais, si cette liqueur pouvait, par l'addition des sels, être rendue aussi dense que le verre, ce serait alors la même chose que s'il n'y avait qu'un seul verre à traverser; et il me semble qu'il y aurait plus d'avantage à se servir de ces lunettes remplies d'eau que de lunettes ordinaires avec des verres enfumés.

Quoi qu'il en soit, il est certain qu'il faut, pour observer le soleil, une lunette bien différente de celles dont on doit se servir pour les autres astres; et il est encore très-certain qu'il faut, pour chaque planète, une lunette particulière et proportionnée à leur inten-

sité de lumière, c'est-à-dire à la quantité réelle de lumière dont elles nous paraissent éclairées. Dans toutes les lunettes il faudrait donc l'objectif aussi grand et l'oculaire aussi fort qu'il est possible, et en même temps proportionner la distance du foyer à l'intensité de la lumière de chaque planète. Par exemple, Vénus et Saturne sont deux planètes dont la lumière est fort différente; lorsqu'on les observe avec la même lunette, on augmente également l'angle sous lequel on le voit : dès-lors la lumière totale de la planète paraît s'étendre sur toute sa surface d'autant plus qu'on la grossit davantage; ainsi, à mesure qu'on agrandit son image, on la rend sombre, à peu près dans la proportion du carré de son diamètre : Saturne ne peut donc, sans devenir obscur, être observé avec une lunette aussi forte que Vénus. Si l'intensité de lumière de celle-ci permet de la grossir cent ou deux cents fois avant de devenir sombre, l'autre ne souffrira peut-être pas la moitié ou le tiers de cette augmentation sans devenir tout-à-fait obscure. Il s'agit donc de faire une lunette pour chaque planète, proportionnée à leur intensité de lumière; et, pour le faire avec plus d'avantage, il me semble qu'il n'y faut employer qu'un objectif d'autant plus grand, et d'un foyer d'autant moins long, que la planète a moins de lumière. Pourquoi, jusqu'à ce jour, n'a-t-on pas fait des objets de deux et trois pieds de diamètre? L'aberration des rayons, causée par la sphéricité des verres, en est la seule cause; elle produit une confusion qui est comme le carré de la distance de l'ouverture (2); et c'est par cette raison que les verres sphériques, qui sont très-bons avec une petite ouverture, ne valent plus rien quand on l'augmente; on a plus de lumière, mais moins de distinction et de netteté. Néanmoins, les verres sphériques larges sont très-bons pour faire des lunettes de nuit. Les Anglais ont construit des lunettes de cette espèce, et ils s'en servent avec grand avantage pour voir de fort loin les vaisseaux dans une nuit obscure. Mais maintenant que l'on sait corriger en grande partie les effets de la différente réfrangibilité des rayons, il me semble qu'il faudrait s'attacher à faire des verres elliptiques ou hyperboliques, qui ne produiraient pas cette aberration causée par la sphéricité, et qui par conséquent pour-

(1) M. de la Lande m'a fait sur ceci la remarque qui suit : « Il est constant, dit-il, qu'il n'y a sur le soleil que des taches qui changent de forme et disparaissent entièrement, mais qui ne changent point de place, si ce n'est par la rotation du soleil; sa surface est très-unie et homogène. » Ce savant astronome pouvait même ajouter que ce n'est que par le moyen de ces taches, toujours supposées fixes, qu'on a déterminé le temps de la révolution du soleil sur son axe : mais ce point d'astronomie physique ne me paraît pas encore absolument démontré; car ces taches, qui toutes changent de figure, pourraient bien aussi quelquefois changer de lieu.

(2) Smith's Optick. Boock. 2, cap. 7, art. 346.

raient être trois ou quatre fois plus larges que les verres sphériques. Il n'y a que ce moyen d'augmenter à nos yeux la quantité de lumière que nous envoient les planètes ; car nous ne pouvons pas porter sur les planètes une lumière additionnelle, comme nous le faisons sur les objets que nous observons au microscope ; mais il faut au moins employer le plus avantageusement qu'il est possible, la quantité de lumière dont elles sont éclairées, en la recevant sur une surface aussi grande qu'il se pourra. Cette lunette hyperbolique, qui ne serait composée que d'un seul grand verre objectif, et d'un oculaire proportionné, exigerait une matière de la plus grande transparence ; on réunirait par ce moyen tous les avantages possibles, c'est-à-dire ceux des lunettes achromatiques à celui des lunettes elliptiques ou hyperboliques, et l'on mettrait à profit toute la quantité de lumière que chaque planète réfléchit à nos yeux. Je puis me tromper ; mais ce que je propose me paraît assez fondé pour en recommander l'exécution aux personnes zélées pour l'avancement des sciences.

Me laissant aller à ces espèces de rêveries, dont quelques-unes néanmoins se réaliseraient un jour, et que je ne publie que dans cette espérance, j'ai songé au miroir du port d'Alexandrie, dont quelques auteurs anciens ont parlé, et par le moyen duquel on voyait de très-loin les vaisseaux en pleine mer. Le passage le plus positif qui me soit tombé sous les yeux est celui que je vais rapporter : *Alexandria... in Pharo verò erat speculum à ferro sinico, per quod à longè videbantur naves Græcorum advenientes; sed paulò postquàm Islamismus invaluit, scilicet tempore Califutis Walidfil Abdi-l-melec, Christiani fraude adhibita illud deleverunt.* (Abu-l-feda, etc., *Descriptio Ægypti.*)

J'ai pensé 1^o que ce miroir, par lequel on voyait de loin les vaisseaux arriver, n'était pas impossible; 2^o que même, sans miroir ni lunette, on pourrait, par de certaines dispositions, obtenir le même effet, et voir depuis le port les vaisseaux peut-être d'aussi loin que la courbure de la terre le permet. Nous avons dit que les personnes qui ont bonne vue aperçoivent les objets éclairés par le soleil à plus de trois mille quatre cents fois leur diamètre ; et en même temps nous avons remarqué que la lumière intermédiaire nuisait si fort à celle des objets éloignés, qu'on apercevait la nuit un objet lumineux de dix, vingt et peut-être cent fois

plus de distance qu'on ne le voit pendant le jour. Nous savons que du fond d'un puits très-profond l'on voit les étoiles en plein jour (1) : pourquoi donc ne verrait-on pas de même les vaisseaux éclairés des rayons du soleil, en se mettant au fond d'une longue galerie fort obscure, et située sur le bord de la mer, de manière qu'elle ne recevrait aucune lumière que celle de la mer lointaine et des vaisseaux qui pourraient s'y trouver ? Cette galerie n'est qu'un puits horizontal qui ferait le même effet, pour la vue des vaisseaux, que le puits vertical pour la vue des étoiles ; et cela me paraît si simple, que je suis étonné qu'on n'y ait pas songé. Il me semble qu'en prenant, pour faire l'observation, les heures du jour où le soleil serait derrière la galerie, c'est-à-dire le temps où les vaisseaux seraient bien éclairés, on les verrait du fond de cette galerie obscure, dix fois au moins mieux qu'on ne peut les voir en pleine lumière. Or, comme nous l'avons dit, on distingue aisément un homme ou un cheval à une lieue de distance, lorsqu'ils sont éclairés des rayons du soleil ; et, en supprimant la lumière intermédiaire qui nous environne et offusque nos yeux, nous les verrions au moins dix fois plus loin, c'est-à-dire à dix lieues : donc on verrait les vaisseaux, qui sont beaucoup plus gros, d'aussi loin que la courbure de la terre le permettrait (2), sans autre instrument que nos yeux.

Mais un miroir concave d'un assez grand diamètre et d'un foyer quelconque, placé au fond d'un long tuyau noirci, ferait, pendant le jour, à peu près le même effet que nos grands objectifs de même diamètre et de même foyer feraient pendant la nuit ; et c'était probablement un de ces miroirs concaves d'acier poli (*à ferro sinico*) qu'on avait

(1) Aristote est, je crois, le premier qui ait fait mention de cette observation, et j'en ai cité le passage à l'article du *Sens de la vue*.

(2) La courbure de la terre pour un degré ou 25 lieues de 2283 toises, est de 2988 pieds ; elle croît comme le carré des distances : ainsi, pour 5 lieues, elle est vingt-cinq fois moindre, c'est-à-dire d'environ 120 pieds. Un vaisseau qui a plus de 120 pieds de hauteur peut donc être vu de cinq lieues étant même au niveau de la mer ; mais si l'on s'élevait de 120 pieds au-dessus du niveau de la mer, on verrait de cinq lieues le corps entier du vaisseau jusqu'à la ligne de l'eau ; et, en s'élevant encore davantage, on pourrait apercevoir le haut des mâts de plus de dix lieues.

établi au port d'Alexandrie (1) pour voir de loin arriver les vaisseaux grecs. Au reste, si ce miroir d'acier ou de fer poli a réellement existé, comme il y a toute apparence, on ne peut refuser aux anciens la gloire de la première invention des télescopes; car ce miroir de métal poli ne pouvait avoir d'effet qu'autant que la lumière réfléchie par sa surface était recueillie par un autre miroir concave placé à son foyer, et c'est en cela que consiste l'essence du télescope et la facilité de sa construction. Néanmoins, cela n'ôte rien à la gloire du grand Newton, qui, le premier a ressuscité cette invention entièrement oubliée. Il paraît même que ce sont ses belles découvertes sur la différente réfrangibilité des rayons de la lumière, qui l'ont conduit à celle du télescope. Comme les rayons de la lumière sont, par leur nature, différemment réfrangibles, il était fondé à croire qu'il n'y avait nul moyen de corriger cet effet; ou, s'il a entrevu ces moyens, il les a jugés si difficiles, qu'il a mieux aimé tourner ses vues d'un autre côté, et produire, par le moyen de la réflexion des rayons, les grands effets qu'il ne pouvait obtenir par leur réfraction. Il a donc fait construire son télescope, dont l'effet est réellement bien supérieur à celui des lunettes ordinaires; mais les lunettes achromatiques, inventées de nos jours, sont aussi supérieures au télescope qu'il l'est aux lunettes ordinaires. Le meilleur télescope est toujours sombre en comparaison de la lunette achromatique, et cette obscurité dans les télescopes ne vient pas seulement du défaut de poli ou de la couleur du métal des miroirs, mais de la nature même de la lumière, dont les rayons, différemment réfrangibles, sont aussi différemment réfléchibles, quoiqu'en degrés beaucoup moins inégaux. Il reste donc, pour perfectionner les télescopes autant qu'ils peuvent l'être, à trouver le moyen de compenser cette différente réflexibilité, comme l'on a trouvé celui de compenser la différente réfrangibilité.

Après tout ce qui vient d'être dit, je crois qu'on sentira bien que l'on peut faire une très-bonne lunette de jour sans employer ni

verres ni miroirs, et simplement en supprimant la lumière environnante, au moyen d'un tuyau de 150 ou 200 pieds de long, et en se plaçant dans un lieu obscur où aboutirait l'une des extrémités de ce tuyau: plus la lumière du jour serait vive, plus serait grand l'effet de cette lunette si simple et si facile à exécuter. Je suis persuadé qu'on verrait distinctement à quinze et peut-être vingt lieues les bâtiments et les arbres sur le haut des montagnes. La seule différence qu'il y ait entre ce long tuyau et la galerie obscure que j'ai proposée, c'est que la *champ*, c'est-à-dire l'espace vu, serait bien plus petit, et précisément dans la raison du carré de l'ouverture du tuyau à celle de la galerie.

ARTICLE TROISIÈME.

INVENTION D'AUTRES MIROIRS POUR BRÛLER
A DE MOINDRES DISTANCES.

I.

Miroirs d'une seule pièce à foyer mobile.

J'ai remarqué que le verre fait ressort, et qu'il peut plier jusqu'à un certain point; et comme, pour brûler à des distances un peu grandes, il ne faut qu'une légère courbure, et que toute courbure régulière y est à peu près également convenable, j'ai imaginé de prendre des glaces de miroir ordinaire, d'un pied et demi, de deux pieds et trois pieds de diamètre, de les faire arrondir, et de les soutenir sur un cercle de fer bien égal et bien tourné, après avoir fait dans le centre de la glace un trou de deux ou trois lignes de diamètre pour y passer une vis (2), dont les pas sont très-fins, et qui entre dans un petit écrou posé de l'autre côté de la glace. En serrant cette vis, j'ai courbé assez les glaces de trois pieds, pour brûler depuis 50 pieds jusqu'à 30, et les glaces de 18 pouces ont brûlé à 25 pieds: mais, ayant répété plusieurs fois ces expériences, j'ai cassé les glaces de trois pieds et de deux pieds, et il ne m'en reste qu'une de 18 pouces, que j'ai gardée pour modèle de ce miroir (3).

(2) Voyez les planches 10, 11 et 12.

(3) Ces glaces de 3 pieds ont mis le feu à des matières légères jusqu'à 50 pieds de distance, et alors elles n'avaient plié que d'une ligne $\frac{5}{8}$: pour brûler à 40 pieds, il fallait les faire plier de 2 lignes; pour brûler à 30 pieds, de 2 lignes $\frac{3}{4}$; et c'est en voulant les faire brûler à 20 pieds qu'elles se sont cassées.

(1) De temps immémorial les Chinois, et surtout les Japonais, savent travailler et polir l'acier en grand et en petit volume, et c'est ce qui m'a fait penser qu'on doit interpréter à *ferro sinico* par acier poli.

Ce qui fait casser ces glaces si aisément, c'est le trou qui est au milieu; elles se courberaient beaucoup plus sans rompre, s'il n'y avait point de solution de continuité, et qu'on pût les presser également sur toute la surface: cela m'a conduit à imaginer de les faire courber par le poids même de l'atmosphère; et pour cela il ne faut que mettre une glace circulaire sur une espèce de tambour de fer ou de cuivre, et ajouter à ce tambour une pompe pour en tirer de l'air: on fera de cette manière courber la glace plus ou moins, et par conséquent elle brûlera à de plus et moins grandes distances.

Il y aurait encore un autre moyen: ce serait d'ôter l'étamage dans le centre de la glace, de la largeur de 9 ou 10 lignes, façonner avec une molette cette partie du centre en portion de sphère, comme un verre convexe d'un pouce de foyer, mettre dans le tambour une petite mèche soufrée; il arriverait que, quand on présenterait ce miroir au soleil, les rayons transmis à travers cette partie du centre de la glace, et réunis au foyer d'un pouce, allumeraient la mèche soufrée dans le tambour; cette mèche en brûlant absorberait de l'air, et par conséquent le poids de l'atmosphère ferait plier la glace plus ou moins, selon que la mèche soufrée brûlerait plus ou moins de temps. Ce miroir serait fort singulier, parce qu'il se courberait de lui-même à l'aspect du soleil sans qu'il fût nécessaire d'y toucher; mais l'usage n'en serait pas facile, et c'est pour cette raison que je ne l'ai pas fait exécuter, la seconde manière étant préférable à tous égards.

Ces miroirs d'une seule pièce, à foyer mobile, peuvent servir à mesurer plus exactement que par aucun autre moyen la différence des effets de la chaleur du soleil reçue dans des foyers plus ou moins grands. Nous avons vu que les grands foyers font toujours proportionnellement beaucoup plus d'effet que les petits, quoique l'intensité de chaleur soit égale dans les uns et les autres: on aurait ici, en contractant successivement les foyers, toujours une égale quantité de lumière ou de chaleur, mais dans des espaces successivement plus petits; et au moyen de cette quantité constante, on pourrait déterminer, par l'expérience, le *minimum* de l'espace du foyer, c'est-à-dire l'étendue nécessaire pour qu'avec la même quantité de lumière on eût le plus grand effet: cela nous conduirait en même temps à une estimation plus précise de la déperdition de la chaleur dans les dif-

férentes substances, sous un même volume ou dans une égale étendue.

A cet usage près, il m'a paru que ces miroirs d'une seule pièce à foyer mobile étaient plus curieux qu'utiles; celui qui agit seul et se courbe à l'aspect du soleil est assez ingénieusement conçu pour avoir place dans un cabinet de physique.

2.

Miroirs d'une seule pièce pour brûler très-vivement à des distances médiocres et à de petites distances.

J'ai cherché les moyens de courber régulièrement de grandes glaces; et, après avoir fait construire deux fourneaux différents qui n'ont pas réussi, je suis parvenu à en faire un troisième (1), dans lequel j'ai courbé très-régulièrement des glaces circulaires de trois, quatre et quatre pieds et demi de diamètre; j'en ai même fait courber deux de 56 pouces: mais, quelque précaution qu'on ait prise pour laisser refroidir lentement ces grandes glaces de 56 et 54 pouces de diamètre, et pour les manier doucement, elles se sont cassées en les appliquant sur les moules sphériques que j'avais fait construire pour leur donner la forme régulière et le poli nécessaire; la même chose est arrivée à trois autres glaces de 48 et 50 pouces de diamètre, et je n'en ai conservé qu'une seule de 46 pouces et deux de 37 pouces. Les gens qui connaissent les arts n'en seront pas surpris: ils savent que les grandes pièces de verre exigent des précautions infinies pour ne pas se fêler au sortir du fourneau où on les laisse recuire et refroidir; ils savent que plus elles sont minces, et plus elles sont sujettes à se fendre, non-seulement par le premier coup de l'air, mais encore par ses impressions ultérieures. J'ai vu plusieurs de mes glaces courbées se fendre toutes seules au bout de trois, quatre et cinq mois, quoiqu'elles eussent résisté aux premières impressions de l'air, et qu'on les eût placées sur des moules de plâtre bien séché, sur lesquels la surface concave de ces glaces portait également partout; mais ce qui m'en a fait perdre un grand nombre, c'est le travail qu'il fallait faire pour leur donner une forme régulière. Ces glaces, que j'ai achetées toutes polies à la manufacture du faubourg Saint-Antoine, quoique choisies parmi les plus épaisses,

(1) Voyez les planches 1, 2, 3, 4, 5 et 6.

n'avaient que cinq lignes d'épaisseur : en les courbant, le feu leur faisait perdre en partie leur poli. Leur épaisseur d'ailleurs n'était pas bien égale partout, et néanmoins il était nécessaire, pour l'objet auquel je les destinai, de rendre les deux surfaces concave et convexe parfaitement concentriques, et par conséquent de les travailler avec des molettes convexes dans des moules creux, et des molettes concaves sur des moules convexes. De vingt-quatre glaces que j'avais courbées, et dont j'en avais livré quinze à feu M. Passessant, pour les faire travailler par ses ouvriers, je n'en ai conservé que trois; toutes les autres, dont les moindres avaient au moins trois pieds de diamètre, se sont cassées, soit avant d'être travaillées, soit après. De ces trois glaces que j'ai sauvées, l'une a 46 pouces de diamètre, et les deux autres 37 pouces : elles étaient bien travaillées, leurs surfaces bien concentriques, et par conséquent l'épaisseur bien égale; il ne s'agissait plus que de les étamer sur leur surface convexe, et je fis pour cela plusieurs essais et un assez grand nombre d'expériences qui ne me réussirent point. M. de Bernières, beaucoup plus habile que moi dans cet art de l'étamage, vint à mon secours, et me rendit en effet deux de mes glaces étamées; j'eus l'honneur d'en présenter au Roi la plus grande, c'est-à-dire celle de 46 pouces, et de faire devant Sa Majesté les expériences de la force de ce miroir ardent qui fond aisément tous les métaux : on l'a déposé au château de la Muette, dans un cabinet qui est sous la direction du P. Noël : c'est certainement le plus fort miroir ardent qu'il y ait en Europe (1). J'ai déposé au Jardin du Roi, dans le Cabinet d'histoire naturelle, la glace de 37 pouces de diamètre, dont le foyer est beaucoup plus court que celui du miroir de 46 pouces. Je n'ai pas encore eu le temps d'essayer la force de ce second miroir, que je crois aussi très-bon. Je fis dans le temps quelques expériences au château de la Muette, sur la lumière de la lune, reçue par le miroir de 46 pouces, et réfléchi sur un thermomètre très-sensible : je crus d'abord m'apercevoir de quelque mouvement; mais cet effet ne se soutint pas, et depuis je n'ai pas eu occasion de répéter l'expérience. Je ne sais même si l'on obtiendrait un degré de chaleur sensible en réunissant les foyers de

plusieurs miroirs, et les faisant tomber ensemble sur un thermomètre aplati et noirci; car il se peut que la lune nous envoie du froid plutôt que du chaud, comme nous l'expliquerons ailleurs. Du reste ces miroirs sont supérieurs à tous les miroirs de réflexion dont on avait connaissance : ils servent aussi à voir en grand les petits tableaux, et à en distinguer toutes les beautés et tous les défauts; et, si on en fait étamer de pareils dans leur concavité, ce qui serait bien plus aisé que sur la convexité, ils serviraient à voir les plafonds et autres peintures qui sont trop grandes et trop perpendiculaires sur la tête pour pouvoir être regardées aisément.

Mais ces miroirs ont l'inconvénient commun à tous les miroirs de ce genre, qui est de brûler en haut; ce qui fait qu'on ne peut travailler de suite à leur foyer, et qu'ils deviennent presque inutiles pour toutes les expériences qui demandent une longue action du feu, et des opérations suivies. Néanmoins, en recevant d'abord les rayons du soleil sur une glace plane de quatre pieds et demi de hauteur et d'autant de largeur qui les réfléchit contre ces miroirs concaves, ils sont assez puissants pour que cette perte, qui est de la moitié de la chaleur, ne les empêche pas de brûler très-vivement à leur foyer, qui, par ce moyen, se trouve en bas comme celui des miroirs de réfraction, et auquel, par conséquent, on pourrait travailler de suite et avec une égale facilité; seulement il serait nécessaire que la glace plane et le miroir concave fussent tous deux montés parallèlement sur un même support, où ils pourraient recevoir également les mêmes mouvements de direction et d'inclinaison, soit horizontalement, soit verticalement. L'effet que le miroir de 46 pouces de diamètre ferait en bas, n'étant que de moitié de celui qu'il produit en haut, c'est comme si la surface de ce miroir était réduite de moitié, c'est-à-dire comme s'il n'avait qu'un peu plus de 32 pouces de diamètre au lieu de 46; et cette dimension de 32 pouces de diamètre pour un foyer de 6 pieds ne laisse pas de donner une chaleur plus grande que celles des lentilles de Tschirnaüs ou du sieur Segard, dont je me suis autrefois servi, et qui sont les meilleures que l'on connaisse.

Enfin, par la réunion de ces deux miroirs, on aurait aux rayons du soleil une chaleur immense à leur foyer commun, surtout en le recevant en haut, qui ne serait diminuée que de moitié en le recevant en bas, et qui, par

(1) On m'a dit que l'étamage de ce miroir, qui a été fait il y a plus de vingt ans, s'était gâté.

conséquent, serait beaucoup plus grande qu'aucune autre chaleur connue, et pourrait produire des effets dont nous n'avons aucune idée.

3.

Lentilles ou miroirs à l'eau.

Au moyen des glaces courbées et travaillées régulièrement dans leur concavité et sur leur convexité, on peut faire un miroir réfringent, en joignant par opposition deux de ces glaces, et en remplissant d'eau tout l'espace qu'elles contiennent.

Dans cette vue, j'ai fait courber deux glaces de 37 pouces de diamètre, et les ai fait user de 8 ou 9 lignes sur les bords pour les bien joindre. Par ce moyen, l'on n'aura pas besoin de mastic pour empêcher l'eau de fuir.

Au zénith du miroir il faut pratiquer un petit goulot (1), par lequel on en remplira la capacité avec un entonnoir; et, comme les vapeurs de l'eau échauffée par le soleil pourraient faire casser les glaces, on laissera ce goulot ouvert pour laisser échapper les vapeurs; et, afin de tenir le miroir toujours absolument plein d'eau, on ajustera dans ce goulot une petite bouteille pleine d'eau, et cette bouteille finira elle-même en haut par un goulot étroit, afin que, dans les différentes inclinaisons du miroir, l'eau qu'elle contiendra ne puisse pas se répandre en trop grande quantité.

Cette lentille composée de deux glaces de 37 pouces, chacune de deux pieds et demi de foyer, brûlerait à cinq pieds, si elle était de verre: mais, l'eau ayant une moindre réfraction que le verre, le foyer sera plus éloigné; il ne laissera pas néanmoins de brûler vivement: j'ai supputé qu'à la distance de 5 pieds $\frac{1}{2}$ cette lentille à l'eau produirait au moins deux fois autant de chaleur que la lentille du Palais-Royal, qui est de verre solide, et dont le foyer est à douze pieds.

J'avais conservé une assez forte épaisseur aux glaces, afin que le poids de l'eau qu'elles devaient renfermer ne pût en altérer la courbure: on pourrait essayer de rendre l'eau plus réfringente en y faisant fondre des sels; comme l'eau peut successivement fondre plusieurs sels, et s'en charger en plus grande quantité qu'elle ne se chargerait d'un seul sel, il faudrait en fondre de plusieurs espè-

ces, et on rendrait par ce moyen la réfraction de l'eau plus approchante de celle du verre.

Tel était mon projet: mais, après avoir travaillé et ajusté ces glaces de 37 pouces, celle du dessous s'est cassée dès la première expérience; et, comme il ne m'en restait qu'une, j'en ai fait le miroir concave de 37 pouces dont j'ai parlé dans l'article précédent.

Ces loupes, composées de deux glaces sphériquement courbées et remplies d'eau, brûleront en bas, et produiront de plus grands effets que les loupes de verre massif, parce que l'eau laisse passer plus aisément la lumière que le verre le plus transparent; mais l'exécution ne laisse pas d'en être difficile, et demande des attentions infinies. L'expérience m'a fait connaître qu'il fallait des glaces épaisses de neuf ou huit lignes au moins, c'est-à-dire des glaces faites exprès; car on n'en coule point aux manufactures d'aussi épaisses à beaucoup près; toutes celles qui sont dans le commerce n'ont qu'environ moitié de cette épaisseur. Il faut ensuite courber ces glaces dans un fourneau pareil à celui dont j'ai donné la figure (*pl. 1 et suivantes*); avoir attention de bien sécher le fourneau, de ne pas presser le feu, et d'employer au moins trente heures à l'opération. La glace se ramollira et pliera par son poids sans se dissoudre, et s'affaissera sur le moule concave qui lui donnera sa forme: on la laissera recuire et refroidir par degrés dans ce fourneau, qu'on aura soin de boucher au moment qu'on aura vu la glace bien affaissée partout également. Deux jours après, lorsque le fourneau aura perdu toute sa chaleur, on en tirera la glace, qui ne sera que légèrement dépolie; on examinera, avec un grand compas courbe, si son épaisseur est à peu près égale partout; et si cela n'était pas, et qu'il y eût dans de certaines parties de la glace une inégalité sensible, on commencera par l'atténuer avec une molette de même sphère que la courbure de la glace. On continuera de travailler de même les deux surfaces concave et convexe, qu'il faut rendre parfaitement concentriques, en sorte que la glace ait partout exactement la même épaisseur; et pour parvenir à cette précision, qui est absolument nécessaire, il faudra faire courber de plus petites glaces de deux ou trois pieds de diamètre, en observant de faire ces petits moules sur un rayon de quatre ou cinq lignes plus long que ceux du foyer de la

(1) Voyez la planche 12.

grande glace : par ce moyen, on aura des glaces courbes dont on se servira, au lieu de molettes, pour travailler les deux surfaces concave et convexe, ce qui avancera beaucoup le travail : car ces petites glaces, en frottant contre la grande, l'useront, et s'useront également; et, comme leur courbure est plus forte de 4 lignes, c'est-à-dire de moitié de l'épaisseur de la grande glace, le travail de ces petites glaces, tant au-dedans qu'au-dehors, rendra concentriques les deux surfaces de la grande glace aussi précisément qu'il est possible. C'est là le point le plus difficile; et j'ai souvent vu que, pour l'obtenir, on était obligé d'user la glace de plus d'une ligne et demie sur chaque surface; ce qui la rendait trop mince, et dès-lors inutile, du moins pour notre objet. Ma glace de 37 pouces que le poids de l'eau, joint à la chaleur du soleil, a fait casser, avait néanmoins, toute travaillée, plus de 3 lignes et demie d'épaisseur; et c'est pour cela que je recommande de les tenir encore plus épaisses.

J'ai observé que ces glaces courbées sont plus cassantes que les glaces ordinaires; la seconde fusion ou demi-fusion que le verre éprouve pour se courber, est peut-être la cause de cet effet, d'autant que, pour prendre la forme sphérique, il est nécessaire qu'il s'étende inégalement dans chacune de ses parties, et que leur adhérence entre elles change dans des proportions inégales, et même différentes pour chaque point de la courbe, relativement au plan horizontal de la glace, qui s'abaisse successivement pour prendre la courbure sphérique.

En général, le verre a du ressort, et peut plier sans se casser, d'environ un pouce par pied, surtout quand il est mince; je l'ai même éprouvé sur des glaces de deux et trois lignes d'épaisseur, et de cinq pieds de hauteur : on peut les faire plier de plus de 4 pouces sans les rompre, surtout en ne les comprimant qu'en un sens; mais, si on les courbe en deux sens à la fois, comme pour produire une surface sphérique, elles cassent à moins d'un demi-pouce par pied sous cette double flexion. La glace inférieure de ces lentilles à l'eau obéissant donc à la pression causée par le poids de l'eau, elle cassera ou prendra une plus forte courbure, à moins qu'elle ne soit fort épaisse, ou qu'elle ne soit soutenue par une croix de fer, ce qui fait ombre au foyer, et rend désagréable l'aspect de ce miroir. D'ailleurs, le foyer de

ces lentilles à l'eau n'est jamais franc, ni bien terminé, ni réduit à sa plus petite étendue; les différentes réfractions que souffre la lumière en passant du verre dans l'eau, et de l'eau dans le verre, causent une aberration des rayons beaucoup plus grande qu'elle ne l'est par une réfraction simple dans les lozpes de verre massif. Tous ces inconvénients m'ont fait tourner mes vues sur les moyens de perfectionner les lentilles de verre, et je crois avoir enfin trouvé tout ce qu'on peut faire de mieux en ce genre, comme je l'expliquerai dans les paragraphes suivants.

Avant de quitter les lentilles à l'eau, je crois devoir encore proposer un moyen de construction nouvelle qui serait sujette à moins d'inconvénients, et dont l'exécution serait assez facile. Au lieu de courber, travailler et polir de grandes glaces de quatre ou cinq pieds de diamètre, il ne faudrait que des petits morceaux carrés de deux pouces, qui ne coûteraient presque rien, et les placer dans un châssis de fer traversé de verges minces de ce même métal, et ajustées comme les vitres en plomb : ce châssis et ces verges de fer, auxquelles on donnerait la courbure sphérique et quatre pieds de diamètre, contiendraient chacun trois cent quarante-six de ces petits morceaux de 2 pouces; et en laissant quarante-six pour l'équivalent de l'espace que prendraient les verges de fer, il y aurait toujours trois cents disques du soleil qui coïncideraient au même foyer, que je suppose à dix pieds; chaque morceau laisserait passer un disque de 2 pouces de diamètre, auquel, ajoutant la lumière des parties du carré circonscrit à ce cercle de 2 pouces de diamètre, le foyer n'aurait à dix pieds que 2 pouces $\frac{1}{2}$ ou 2 pouces $\frac{3}{4}$, si la monture de ces petite glaces était régulièrement exécutée. Or, en diminuant la perte que souffre la lumière en passant à travers l'eau et les doubles verres qui la contiennent, et qui seraient ici à peu près de moitié, on aurait encore au foyer de ce miroir, tout composé de facettes planes, une chaleur cent cinquante fois plus grande que celle du soleil. Cette construction ne serait pas chère, et je n'y vois d'autre inconvénient que la fuite de l'eau, qui pourrait percer par les joints des verges de fer qui soutiendraient les petits trapèzes de verre : il faudrait prévenir cet inconvénient en pratiquant des petites rainures de chaque côté dans ces verges, et enduire ces rainures de

mastic ordinaire des vitriers, qui est impénétrable à l'eau.

4.

Lentilles de verre solide.

J'ai vu deux de ces lentilles, celle du Palais-Royal, et celle du sieur Segard; toutes deux ont été tirées d'une masse de verre d'Allemagne, qui est beaucoup plus transparent que le verre de nos glaces de miroir. Mais personne ne sait en France fondre le verre en larges masses épaisses, et la composition d'un verre transparent comme celui de Bohême n'est connue que depuis peu d'années.

J'ai donc d'abord cherché les moyens de fondre le verre en masses épaisses, et j'ai fait en même temps différents essais pour avoir une matière bien transparente. M. de Romilly, qui, dans ce temps, était l'un des directeurs de la manufacture de Saint-Gobin, m'ayant aidé de ses conseils, nous fondîmes deux masses de verre d'environ sept pouces de diamètre sur cinq à six pouces d'épaisseur, dans des creusets à un fourneau où l'on cuisait de la faïence au faubourg Saint-Antoine. Après avoir fait user et polir les deux surfaces de ces morceaux de verre pour les rendre parallèles, je trouvai qu'il n'y en avait qu'un des deux qui fût parfaitement net. Je livrai le second morceau, qui était le moins parfait, à des ouvriers, qui ne laissèrent pas que d'en tirer d'assez bons prismes de toute grosseur, et j'ai gardé, pendant plusieurs années, le premier morceau, qui avait 4 pouces $\frac{1}{2}$ d'épaisseur, et dont la transparence était telle, qu'en posant ce verre, de 4 pouces $\frac{1}{2}$ d'épaisseur, sur un livre, on pouvait lire à travers très-aisément les caractères les plus petits et les écritures de l'encre la plus blanche; je comparai le degré de transparence de cette matière avec celle des glaces de Saint-Gobin, prises et réduites à différentes épaisseurs; un morceau de la matière de ces glaces de 2 pouces $\frac{1}{2}$ d'épaisseur sur environ un pied de longueur et de largeur, que M. de Romilly me procura, était vert comme du marbre vert, et l'on ne pouvait lire à travers: il fallut le diminuer de plus d'un pouce pour commencer à distinguer les caractères à travers son épaisseur, et enfin le réduire à 2 lignes $\frac{1}{2}$ d'épaisseur, pour que sa transparence fût égale à celle de mon morceau de 4 pouces $\frac{1}{2}$ d'épaisseur; car on voyait aussi clairement les caractères du livre à travers ces 4 pou-

ces $\frac{1}{2}$, qu'à travers la glace qui n'avait que 2 lignes $\frac{1}{2}$. Voici la composition de ce verre, dont la transparence est si grande:

Sable blanc cristallin, *une livre.*

Minium ou chaux de plomb, *une livre.*

Potasse, *une demi-livre.*

Salpêtre, *une demi-once.*

Le tout mêlé et mis au feu suivant l'art.

J'ai donné à M. Cassini de Thury ce morceau de verre, dont on pouvait espérer de faire d'excellents verres de lunette achromatique, tant à cause de sa très-grande transparence que de sa force réfringente, qui était très-considérable, vu la quantité de plomb qui était entrée dans sa composition; mais M. de Thury ayant confié ce beau morceau de verre à des ouvriers ignorants, ils l'ont gâté au feu, où ils l'ont remis mal à propos. Je me suis repenti de ne l'avoir pas fait travailler moi-même; car il ne s'agissait que de le trancher en lames, et la matière en était encore plus transparente et plus nette que celle *flint-glass* d'Angleterre, et elle avait plus de force de réfraction.

Avec 600 livres de cette même composition, je voulais faire une lentille de 26 ou 27 pouces de diamètre et de 5 pieds de foyer. J'espérais pouvoir la fondre dans mon fourneau, dont à cet effet j'avais fait changer la disposition intérieure; mais je reconnus bientôt que cela n'était possible que dans les plus grands fourneaux de verrerie. Il me fallait une masse de 3 pouces d'épaisseur sur 27 ou 28 pouces de diamètre, ce qui fait environ un pied cube de verre. Je demandai la liberté de la faire couler à mes frais à la manufacture de Saint-Gobin; mais les administrateurs de cet établissement ne voulurent pas me le permettre, et la lentille n'a pas été faite. J'avais supputé que la chaleur de cette lentille de 27 pouces serait à celle de la lentille du Palais-Royal, comme 19 sont à 6; ce qui est un très-grand effet, attendu la petitesse du diamètre de cette lentille, qui aurait eu 11 pouces de moins que celle du Palais-Royal.

Cette lentille, dont l'épaisseur au point du milieu ne laisse pas d'être considérable, est néanmoins ce qu'on peut faire de mieux pour brûler à 5 pieds: on pourrait même en augmenter le diamètre; car je suis persuadé qu'on pourrait fondre et couler également des pièces plus larges et plus épaisses dans les fourneaux où l'on fond les grandes glaces, soit à Saint-Gobin, soit à Rouelle en

Bourgogne. J'observe seulement ici qu'on perdrait plus par l'augmentation de l'épaisseur qu'on ne gagnerait par celle de la surface du miroir, et que c'est pour cela que, tout compensé, je m'étais borné à 26 ou 27 pouces.

Newton a fait voir que, quand les rayons de lumière tombaient sur le verre, sous un angle de plus de 47 ou 48 degrés, ils sont réfléchis au lieu d'être réfractés : on ne peut donc pas donner à un miroir réfringent un diamètre plus grand que la corde d'un arc de 47 ou de 48 degrés de la sphère sur laquelle il a été travaillé. Ainsi, dans le cas présent, pour brûler à 5 pieds, la sphère ayant environ 13 pieds de circonférence, le miroir ne peut avoir qu'un peu plus de 4 pieds de diamètre : mais, dans ce cas, il aurait le double d'épaisseur de ma lentille de 26 pouces ; et d'ailleurs les rayons trop obliques ne se réunissent jamais bien.

Ces loupes de verre solide sont, de tous les miroirs que je viens de proposer, les plus commodes, les plus solides, les moins sujets à se gâter, et même les plus puissants lorsqu'ils sont bien transparents, bien travaillés, et que leur diamètre est bien proportionné à la distance de leur foyer. Si l'on veut donc se procurer une loupe de cette espèce, il faut combiner ces différents objets, et ne lui donner, comme je l'ai dit, que 27 pouces de diamètre pour brûler à 5 pieds, qui est une distance commode pour travailler de suite et fort à l'aise au foyer. Plus le verre sera transparent et pesant, plus seront grands les effets ; la lumière passera en plus grande quantité en raison de la transparence, et sera d'autant moins dispersée, d'autant moins réfléchie, et par conséquent d'autant mieux saisie par le verre, et d'autant plus réfractée, qu'il sera plus massif, c'est-à-dire spécifiquement plus pesant. Ce sera donc un avantage que de faire entrer dans la composition de ce verre une grande quantité de plomb ; et c'est par cette raison que j'en ai mis moitié, c'est-à-dire autant de minium que de sable. Mais, quelque transparent que soit le verre de ces lentilles, leur épaisseur dans le milieu est non-seulement un très-grand obstacle à la transmission de la lumière, mais encore un empêchement aux moyens qu'on pourrait trouver pour fondre des masses aussi épaisses et aussi grandes qu'il le faudrait : par exemple, pour une loupe de 4 pieds de diamètre, à laquelle on donnerait un foyer de cinq ou six pieds, qui

est la distance la plus commode, et à laquelle la lumière plongeant avec moins d'obliquité aura plus de force qu'à de plus grandes distances, il faudrait fondre une masse de verre de quatre pieds sur six pouces et demi ou sept pouces d'épaisseur, parce qu'on est obligé de la travailler et de l'user même dans la partie la plus épaisse. Or, il serait très-difficile de fondre et couler d'un seul jet ce gros volume, qui serait, comme l'on voit, de cinq ou six pieds cubes ; car les plus amples cuvettes des manufactures de glaces ne contiennent pas deux pieds cubes : les deux plus grandes glaces de 60 pouces sur 120, en leur supposant 5 lignes d'épaisseur, ne font qu'un volume d'environ un pied cube trois quarts. L'on sera donc forcé de se réduire à ce moindre volume, et à n'employer en effet qu'un pied cube et demi, ou tout au plus un pied cube trois quarts de verre pour en former la loupe, et encore aura-t-on bien de la peine à obtenir des maîtres de ces manufactures de faire couler du verre à cette grande épaisseur, parce qu'ils craignent, avec quelque raison, que la chaleur trop grande de cette masse épaisse de verre ne fasse fondre ou boursoufler la table de cuivre sur laquelle on coule les glaces, lesquelles, n'ayant au plus que 5 lignes d'épaisseur (1), ne communiquent à la table qu'une chaleur très-médiocre en comparaison de celle que lui ferait subir une masse de six pouces d'épaisseur.

5.

Lentilles à échelons pour brûler avec la plus grande vivacité possible (2).

Je viens de dire que les fortes épaisseurs qu'on est obligé de donner aux lentilles, lorsqu'elles ont un grand diamètre et un foyer court, nuisent beaucoup à leur effet : une lentille de 6 pouces d'épaisseur dans le milieu, et de la matière des glaces ordinaires,

(1) On a néanmoins coulé à Saint-Gobin, et à ma prière, des glaces de sept lignes, dont je me suis servi, pour différentes expériences, il y a plus de vingt ans : j'ai remis dernièrement une de ces glaces de 38 pouces en carré et de 7 lignes d'épaisseur à M. de Bernières, qui a entrepris de faire des loupes à l'eau pour l'Académie des sciences, et j'ai vu chez lui des glaces de 10 lignes d'épaisseur qui ont été coulées de même à Saint-Gobin : cela doit faire présumer qu'on pourrait, sans aucun risque pour la table, en couler d'encore plus épaisses.

(2) Voyez les planches 14, 15 et 16.

ne brûle, pour ainsi dire, que par les bords. Avec du verre plus transparent l'effet sera toujours en pure perte, la lumière ne pouvant en pénétrer et traverser la trop grande épaisseur. J'ai rapporté les expériences que j'ai faites sur la diminution de la lumière qui passe à travers différentes épaisseurs du même verre; et l'on a vu que cette diminution est très-considérable: j'ai donc cherché les moyens de parer à cet inconvénient, et j'ai trouvé une manière simple et assez aisée de diminuer réellement les épaisseurs des lentilles autant qu'il me plait, sans pour cela diminuer sensiblement leur diamètre, et sans allonger leur foyer.

Ce moyen consiste à travailler ma pièce de verre par échelons. Supposons, pour me faire mieux entendre, que je veuille diminuer de deux pouces l'épaisseur d'une lentille de verre qui a 26 pouces de diamètre, 5 pieds de foyer et 3 pouces d'épaisseur au centre; je divise l'arc de cette lentille en trois parties, et je rapproche concentriquement chacune de ces portions d'arc, en sorte qu'il ne reste qu'un pouce d'épaisseur au centre, et je forme de chaque côté un échelon d'un demi-pouce, pour rapprocher de même les parties correspondantes: par ce moyen, en faisant un second échelon, j'arrive à l'extrémité du diamètre, et j'ai une lentille à échelons qui est à très-peu près du même foyer, et qui a le même diamètre, et près de deux

fois moins d'épaisseur que la première; ce qui est un très-grand avantage.

Si l'on vient à bout de fondre une pièce de verre de 4 pieds de diamètre sur 2 pouces et demi d'épaisseur, et de la travailler par échelons sur un foyer de 8 pieds, j'ai supputé qu'en laissant même un pouce et demi d'épaisseur au centre de cette lentille et à la couronne intérieure des échelons, la chaleur de cette lentille sera à celle de la lentille du Palais-Royal comme 28 sont à 6, sans compter l'effet de la différence des épaisseurs, qui est très-considérable et que je ne puis estimer d'avance.

Cette dernière espèce de miroir réfringent est tout ce qu'on peut faire de plus parfait en ce genre; et, quand même nous le réduirions à 3 pieds de diamètre sur 15 lignes d'épaisseur au centre, et 6 pieds de foyer, ce qui en rendrait l'exécution moins difficile, on aurait toujours un degré de chaleur quatre fois au moins plus grand que celui des plus fortes lentilles que l'on connaisse. J'ose dire que ce miroir à échelons serait l'un des plus utiles instruments de physique; je l'ai imaginé il y a plus de vingt-cinq ans, et tous les savants auxquels j'en ai parlé désireraient qu'il fût exécuté: on en tirerait de grands avantages pour l'avancement des sciences; et, y adaptant un héliomètre, on pourrait faire à son foyer toutes les opérations de la chimie aussi commodément qu'on le fait au feu des fourneaux, etc.

EXPLICATION DES FIGURES

QUI REPRÉSENTENT LE FOURNEAU DANS LEQUEL J'AI FAIT COURBER DES GLACES POUR FAIRE LES MIROIRS ARDENTS DE DIFFÉRENTES ESPÈCES.

La *planche 1* est le plan du fourneau, au rez-de-chaussée, où l'on voit *HKB* un vide qui sauve les inconvénients du terre-plein sous l'âtre du fourneau; ce vide est couvert d'une voûte, comme on le verra dans les figures suivantes.

ER les cendriers, disposés en sorte que l'ouverture de l'un est dans la face où se trouve le vent de l'autre.

LL deux contre-forts qui affermissent la maçonnerie du fourneau.

MM deux autres contre-forts, dont l'usage est le même que celui de ceux ci-dessus, et qui n'en diffèrent que parce qu'ils sont un peu arrondis.

GGGG plans de quatre barres de fer qui affermissent le fourneau, ainsi qu'il sera expliqué ci après.

La *planche 2* est l'élévation d'une des faces parallèles à la ligne *CD* du plan précédent.

HK l'ouverture pratiquée dans l'âtre du fourneau, afin qu'il ne s'y trouve point d'humidité.

CC la bouche ou grande ouverture du fourneau.

A la petite ouverture pratiquée dans la face opposée, laquelle est toute semblable à celle que la même *planche* représente, à cette différence près, que l'ouverture est plus petite.

Mm un des contre-forts arrondis, à côté duquel on voit le vent.

R ouverture par où l'air extérieur passe sous la grille du foyer.

E le cendrier, *N* le foyer, *P* la porte qui le ferme.

Ll un contre-fort carré.

GO, GO deux des barres de fer scellées en terre, et qui sont unies à celles qui sont posées à l'autre face par les liens de fer *D*, ainsi que l'on verra dans une des figures suivantes.

OO deux barres de fer qui unissent ensemble les deux barres *GO, GO*, et retiennent

la voûte de l'ouverture *CC* qui est bombée.

mDBDl la voûte commune du fourneau et des foyers, dont la figure est ellipsoïde; l'arrangement des briques et autres matériaux qui composent le fourneau se connaît aisément par la figure.

La *planche 3* est la vue extérieure du fourneau par une des faces parallèles à la ligne *AB* du plan.

LL, MM contre-forts.

HK extrémités de l'ouverture sous l'âtre du fourneau.

A la petite ouverture, *C* la grande.

GOD, GOD les barres de fer dont on a parlé, qui sont unies ensemble par le lien *DD*.

Les liens *DD* couchés sur la voûte *DBD* sont unis ensemble par un troisième lien de fer.

P est la porte de fer qui ferme le foyer.

Les figures précédentes font connaître l'intérieur du fourneau. L'intérieur, plus intéressant, est représenté dans les planches suivantes.

La *planche 4* est une coupe horizontale du fourneau par le milieu de la grande bouche.

X est l'âtre que l'on a rendu concave sphérique.

EE les deux grilles qui séparent le foyer du cendrier, et sur lesquelles on met le charbon: on a supposé que la voûte était transparente, pour mieux faire voir la direction des barreaux qui composent les grilles.

A la petite ouverture, *CC* la grande.

DD les marges, *LM, LM* les contre-forts.

La *planche 5* est la coupe verticale du fourneau suivant la ligne *CD* du plan, ou selon le grand axe de l'ellipsoïde dont la voûte a la figure.

Z le vide sous l'âtre du fourneau.

GXK cavité sphérique pratiquée dans l'âtre du fourneau, et sur laquelle la glace *GK*, qui a été arrondie, est posée, et dont elle doit prendre exactement la figure, après qu'elle aura été ramollie par le feu.

FF les grilles ou foyers au-dessous des quels sont les cendriers.

DD les marges qui empêchent les bords de la glace du côté des foyers d'être trop tôt atteints par le feu.

BC la voûte, *CC* lunettes que l'on ouvre ou ferme à volonté, en les couvrant d'un carreau de terre cuite, *LM* contre-forts.

La *planche 6* représente la coupe du fourneau par un plan vertical qui passe par la ligne *AB* du plan.

HKL le vide sous l'âtre du fourneau.

GXX cavité sphérique pratiquée dans l'âtre du fourneau, et sur laquelle la glace *X* est déjà appliquée.

DD une des marges, *P* la grande ouverture, *Q* la petite, *CCC* lunettes.

BC la voûte coupée transversalement ou selon le petit axe de l'ellipsoïde. On jugera de la grandeur de chaque partie de ce fourneau par les échelles qui sont au bas de chaque figure, qui ont été exactement levées sur le fourneau qui était au Jardin royal des Plantes, par M. Goussier.

GRAND MIROIR DE RÉFLEXION, APPELÉ MIROIR
D'ARCHIMÈDE.

Planche 7, figure 1.

Ce miroir est composé de trois cent soixante glaces montées sur un châssis de fer *CDEF*; chaque glace est mobile pour que les images réfléchies par chacune puissent être renvoyées vers le même point, et coïncider dans le même espace.

Le châssis, qui a deux tourillons, est porté par une pièce de fer composée de deux montants *MB*, *LA*, assemblés à tenons et mortaises dans la couche *ZO*: ils sont assujétis dans cette situation par la traverse *ab*, et par trois étais à chacun *NP*, *QP*, *OP*, fixés en *P* dans le corps du montant *MB*, et assemblés par le bas dans une courbe *NOQ* qui leur sert d'empatement; ces courbes ont des entailles *NQ*, *IU*, qui reçoivent des roulettes, au moyen desquelles cette machine, quoique fort pesante, peut tourner librement sur le plancher de bois *XXY*, étant assujétie au centre de cette plate-forme par l'axe *RS* qui passe dans les deux traverses *ZO*, *ab*; chaque montant porte aussi à sa partie inférieure une roulette, en sorte que toute la machine est portée par dix roulettes; la plate-forme de bois est recouverte de bandes de fer dans la roulette des roulettes;

sans cette attention la plate-forme ne serait pas de longue durée.

La plate-forme est portée par quatre fortes roulettes de bois, dont l'usage est de faciliter le transport de toute la machine d'un lieu à un autre.

Pour pouvoir varier à volonté les inclinaisons du miroir, et pouvoir l'assujétir dans la situation que l'on juge à propos, on a adapté la crémaillère *FG* qui est unie avec des cercles, dont le tourillon *B* est le centre; cette crémaillère est menée par un pignon en lanterne, dont la tige *bH* traverse le montant et un des étais, et est terminée par une manivelle *HK*, au moyen de laquelle on incline ou on redresse le miroir à discrétion.

Jusqu'à présent nous n'avons expliqué que la construction générale du miroir; reste à expliquer par quel artifice on parvient à faire que les images différentes, réfléchies par les différents miroirs, sont toutes renvoyées au même point, et c'est à quoi sont destinées les figures suivantes.

Planche 8, figure 2.

XZ une portion des barres qui occupent le derrière du miroir; ces barres sont au nombre de vingt, et disposées horizontalement, en sorte que leur plan est parallèle au plan du miroir; chacune de ces barres a dix-huit entailles *TT*, et le même nombre d'éminences *VV* qui les séparent: ces barres sont assujéties aux côtés verticaux du châssis du miroir par des vis, et entre elles par trois ou quatre barres verticales, auxquelles elles sont assujéties par des vis. Vis-à-vis de chaque entaille *TT* il y a des poupées *TA*, *TD*, qui y sont fixées par les écrous *GA* qui prennent la partie taraudée de la queue de la poupée, après qu'elle a traversé l'épaisseur de la barre; les parties supérieures de chaque poupée, qui sont percées, servent de collets aux tourillons de la croix dont nous allons parler: cette croix, représentée *fig. 3* et *5*, est un morceau de cuivre ou de fer, dont la figure fait connaître la forme.

CD les tourillons qui entrent dans les trous pratiqués à chaque poupée, en sorte qu'elle se peut mouvoir librement dans ces trous.

La vis *ML*, après avoir traversé l'éminence *V*, va s'appuyer en dessous contre l'extrémité inférieure *B* du croisillon *BA*; en même temps le ressort *K* va s'appuyer contre l'autre extrémité *A* du même croisil-

lon; en sorte que, lorsque l'on fait tourner la vis en montant, le ressort, en se rétablissant, fait que la partie *B* du croisillon se trouve toujours appliquée sur la pointe de la vis : il résulte de cette construction un mouvement de ginglyme ou charnière, dont l'axe est *BC* (fig. 2).

Ce seul mouvement ne suffisant pas, on en a pratiqué un autre, dont l'axe de mouvement croise à angle droit le premier.

Aux deux extrémités *A* et *B* du croisillon *AB*, on a adapté deux petites poupées *BH*, *AK* (fig. 5) retenues, comme les précédentes, par des vis et des écrous.

Les trous *HK*, qui sont aux parties supérieures de ces poupées, reçoivent les tourillons *DC* (fig. 4) d'une plaque de fer que nous avons appelée *porte-glace*, qui peut se mouvoir librement sur les poupées, et s'incliner à l'axe *CD* du premier mouvement par le moyen de la vis *FG*, pour laquelle on a réservé un bossage *E* dans le croisillon *AB*, afin de lui servir d'écrous dormants : cette vis s'applique par *E* contre la partie *DBC* du porte-glace, et force cette partie à monter lorsqu'on tourne la vis ; mais, lorsqu'on vient à lâcher cette vis, le ressort *AL*, qui s'applique contre la partie *DAC* du porte-glace, le force à suivre toujours la pointe de la vis : au moyen de ces deux mouvements de ginglyme, on peut donner à la glace, qui est reçue par les crochets *ACB* du porte-glace, telle direction que l'on souhaite, et par ce moyen faire coïncider l'image du soleil réfléchi par une glace, avec celle qui est réfléchi par une autre.

Planche 9.

La figure 6 représente le porte-glace vu par-derrière, où l'on voit la vis *FE G* qui s'applique en *G* hors de l'axe du mouvement *HK*, et le ressort *L* qui s'applique en *L* de l'autre côté de l'axe du mouvement.

La figure 7 représente le porte-glace vu en dessus, et garni de la glace *ACBD*; le reste est expliqué dans les autres figures.

MIROIR DE RÉFLEXION RENDU CONCAVE PAR LA
PRESSION D'UNE VIS APPLIQUÉE AU CENTRE.

Planche 10.

La figure 1 représente le miroir monté sur son pied, *BDC* la fourchette qui porte le miroir : cette fourchette est mobile dans l'axe vertical, et est retenue sur le pied à trois branches *FFF* par l'écrou *G*.

DE le régulateur des inclinaisons.

A la tête de la vis placée au centre du miroir, et rendu concave par son moyen.

La figure 2 représente le miroir vu par sa partie postérieure, *BC* les tourillons qui entrent dans les collets de la fourchette.

FG une barre de fer fixée sur l'anneau de même métal qui entoure la glace : cette barre sert de point d'appui à la vis *DE* qui comprime la glace.

BHCK l'anneau ou cercle de fer sur lequel la glace est appliquée; ce cercle doit être exactement plan et parfaitement circulaire : on couvre la partie sur laquelle la glace s'applique avec de la peau, du cuir ou de l'étoffe, pour que le contact soit plus immédiat, et que la glace ne soit point exposée à rompre.

MIROIR DE RÉFLEXION RENDU CONCAVE PAR
LA PRESSION DE L'ATMOSPHÈRE.

Planche 11.

Ce miroir consiste en un tambour ou cylindre, dont une des bases est la glace, et l'autre une plaque de fer.

AB (fig. 1) la glace parfaitement plane, *C* une lentille taillée dans l'épaisseur même de la glace.

AE ou *BM* la hauteur du cylindre aux extrémités du diamètre horizontal *TL*, duquel sortent deux tourillons qui entrent dans les yeux de la fourchette, ainsi qu'il est expliqué en parlant du miroir de réfraction.

MO le régulateur des inclinaisons.

N le collet par lequel il passe, et la vis qui sert à l'y fixer.

NRS P Q le pied qui est semblable à celui du miroir de réfraction, à cette différence près, qu'il est de bois, et que les pièces ont un contour moins orné; du reste sa fonction est la même.

La figure 2 est le profil du miroir coupé par un plan qui passe par l'axe du cylindre, et auquel on suppose que l'œil est perpendiculaire.

AB la glace dont on voit l'épaisseur.

C la lentille qui est entaillée, et dont le foyer tombe sur le point *c*.

ED la base du cylindre, qui est une plaque de fer.

AE, *BD* la hauteur et la coupe de la surface cylindrique.

cm une mèche soufrée que l'on fait entrer dans la cavité du miroir, après avoir ôté la vis *K*, dont l'écrou est un cube solidement attaché à la plaque de fer qui sert de fond au miroir.

G la même vis représentée séparément, *H* une rondelle de cuir que l'on met entre la tête de la vis et son écrou pour fermer entièrement le passage à l'air.

abc la courbure que la glace prend, après que l'air que le cylindre contient a été consommé par la flamme de la bougie *cm*, à laquelle la lentille *C* a mis le feu.

DF le régulateur des inclinaisons, qui est assemblé à charnière au point *D*.

EmK, *KmD* règles de fer posées de champ sur la base du cylindre, et qui y sont fortement assujéties : leur usage est pour fortifier la plaque et la mettre en état de résister au poids de l'atmosphère, qui la comprime aussi-bien que la glace : cette construction est représentée dans une autre figure (*planche 12*).

AUTRE MIROIR DE RÉFLEXION.

Planche 12.

Il consiste aussi en un cylindre ou tambour de fer, dont une des bases est une glace parfaitement plane; la base opposée, et qui est celle que la *figure 1* présente, est une plaque de fer qui est fortifiée par les règles de fer posées de champ *EG*, *FH*, *EK*. On vide l'air que le cylindre contient par la pompe *BC*, qui est affermie sur la plaque de fer par les collets *xx*.

A l'extrémité supérieure du piston.

E un cube de cuivre solidement fixé sur la plaque : ce cube est porté en travers pour recevoir le robinet *F*, au moyen duquel on ouvre ou on ferme la communication de l'intérieur du cylindre avec la pompe.

LM, *mn* la fourchette sur laquelle le miroir est monté, et qui est mobile dans l'arbre *MO*.

MPRQ le pied, qui a seulement trois branches; ce qui fait qu'il porte toujours à plomb, même sur un plan inégal.

La *figure 2* représente le miroir coupé, suivant la ligne *GH*, et duquel on suppose que l'on a pompé l'air.

XVZ la glace que la pression de l'atmosphère a rendue concave.

HG la plaque de fer qui sert de fond au cylindre.

LN les tourillons.

FE le robinet.

EG, *FH* les règles de champ qui maintiennent la plaque.

Les *figures 3* et *4* représentent en grand la coupe du cube dans lequel passe le robinet ;

ce cube est supposé coupé par un plan perpendiculaire à la plaque, et qui passe par la pompe.

c partie du canal coudé pratiqué dans le cube qui communique à l'intérieur du miroir.

b portion du même canal qui communique à la pompe.

a le robinet qui se trouve coupé perpendiculairement à son axe.

La *figure 3* représente la situation du robinet lorsque la communication est ouverte; la portion *m* du canal se présente vis-à-vis les ouvertures *b*, *c*.

La *figure 4* représente la situation du robinet, lorsque la communication est fermée; alors la partie *m* du canal ne se présente plus vis-à-vis les mêmes ouvertures.

LENTILLE A L'EAU.

Planche 13.

Figure 1. Le miroir entier monté sur son pied.

ABMC le miroir composé de deux glaces convexes, assujéties l'une contre l'autre par le châssis ou cadre circulaire *ABMC*.

BC extrémités de la fourchette de fer qui porte ce miroir. Les extrémités de cette fourchette sont percées d'un trou cylindrique pour recevoir les tourillons dont le châssis du miroir est garni, et sur lesquels il se meut pour varier les inclinaisons.

BKC la fourchette.

KFiGH le pied qui porte le miroir; il est composé de plusieurs pièces.

KL l'arbre ou poinçon qui s'appuie par sa partie inférieure sur la croix *HI*, *FG*; il est fixé dans la situation verticale par les quatre étais ou jambes de force *KG*, *KH*, *KF*, *KI*, qui sont de fer, et auxquelles on a donné un contour agréable.

fghi les roulettes.

Figure 2. Coupe ou profil du miroir dans laquelle on suppose que l'œil est placé dans le plan qui sépare les deux glaces.

XZ les deux glaces qui, étant réunies, forment une lentille.

or le plan qui sépare les deux glaces.

bm coupe du châssis ou anneau qui retient les glaces unies ensemble; cet anneau est composé de deux pièces qui s'assujétissent l'une à l'autre par des vis, et entre lesquelles les glaces sont mastiquées.

a une petite bouteille à deux cols, l'un desquels communique au vide que les deux

glaces laissent entre elles par un canal pratiqué entre les deux glaces, et qui est entaillé moitié dans l'une et moitié dans l'autre.

Figure 3. *BDC* la fourchette de fer qui porte le miroir.

DE tige de la fourchette qui entre dans un trou vertical pratiqué à l'axe ou arbre *KL* du pied, en sorte que l'on peut présenter successivement la face du miroir à tous les points de l'horizon.

D collet dans lequel passe le régulateur des inclinaisons que l'on y fixe par une vis.

LENTILLE A ÉCHELONS.

Planche 14.

AB bordure circulaire pour contenir ce miroir à échelons.

CC tourillons qui passent dans les trous percés horizontalement à la partie supérieure de la fourchette *DD*; à sa partie inférieure tient une tige aussi de fer, que l'on ne voit point ici, étant entrée perpendiculairement, mais un peu à l'aise dans l'arbre *E* afin de pouvoir tourner à droite et à gauche.

L'arbre *E* est attaché solidement à son pied, qui est fait en croix, dont on ne peut voir ici que trois de ses côtés indiqués *FFF*.

GGG jambages de force ou étais de fer pour la solidité.

HHH roulettes dessous les pieds pour ranger facilement ce miroir à la direction que l'on juge à propos.

La *planche 15* représente ce même miroir à échelons en perspective, tourné vers le soleil pour mettre le feu.

AB bordure circulaire qui contient la glace à échelons.

CC tourillons qui passent dans les trous percés à la partie supérieure de la fourchette *DD*.

A la partie inférieure de la fourchette, qui est de fer, tient une tige cylindrique de même métal qui entre dans l'arbre juste, mais non trop serrée, pour qu'elle puisse avoir un jeu doux, propre à pouvoir tourner à droite ou à gauche pour la diriger comme on le désire.

E l'arbre dans lequel entre cette tige.

FFF les quatre pieds en croix sur laquelle est attaché solidement l'arbre.

GGG les quatre jambes de force, aussi de fer.

H le feu actif tiré du soleil par la construction de ce miroir.

III roulettes de dessous les pieds du porte-miroir.

La *planche 16* représente les coupes de trois miroirs à échelons, dont le plus facile à exécuter serait celui de la *figure 1*. Leur échelle est de six pouces de pied-de-roi pour pied-de-roi.

SEPTIÈME MÉMOIRE.

OBSERVATIONS SUR LES COULEURS ACCIDENTELLES ET SUR LES OMBRES COLORÉES.

Quoiqu'on se soit beaucoup occupé, dans ces derniers temps, de la physique des couleurs, il ne paraît pas qu'on ait fait de grands progrès depuis Newton : ce n'est pas qu'il ait épuisé la matière ; mais la plupart des physiciens ont plus travaillé à le combattre qu'à l'entendre ; et quoique ses principes soient clairs, et ses expériences incontestables, il y a si peu de gens qui se soient donné la peine d'examiner à fond les rapports et l'ensemble de ses découvertes, que je ne crois pas devoir parler d'un nouveau genre de couleurs, sans avoir auparavant donné des idées nettes sur la production des couleurs en général.

Il y a plusieurs moyens de produire des couleurs ; le premier est la réfraction : un trait de lumière qui passe à travers un prisme se rompt et se divise de façon qu'il produit une image colorée, composée d'un nombre infini de couleurs ; et les recherches qu'on a faites sur cette image colorée du soleil ont appris que la lumière de cet astre est l'assemblage d'une infinité de rayons de lumière différemment colorés ; que ces rayons ont autant de différents degrés de réfrangibilité que de couleurs différentes, et que la même couleur a constamment le même degré de réfrangibilité. Tous les corps diaphanes dont les surfaces ne sont pas parallèles produisent des couleurs par la réfraction ; l'ordre de ces couleurs est invariable ; et leur nombre, quoique infini, a été réduit à sept dénominations principales, *violet, indigo, bleu, vert, jaune, orangé, rouge* : chacune de ces dénominations répond à un intervalle déterminé dans l'image colorée, qui contient toutes les nuances de la couleur dénommée ; de sorte que dans l'intervalle rouge on trouve toutes les nuances de rouge, dans l'intervalle jaune toutes les nuances de jaune, etc., et dans les confins de ces intervalles les couleurs intermédiaires qui ne sont ni jaunes ni rouges, etc. C'est par de

nombre des dénominations des couleurs : l'image colorée du soleil, qu'il appelle *le spectre solaire*, n'offre à la première vue que cinq couleurs, violet, bleu, vert, jaune et rouge ; ce n'est encore qu'une décomposition imparfaite de la lumière, et une représentation confuse des couleurs. Comme cette image est composée d'une infinité de cercles différemment colorés, qui répondent à autant de disques du soleil, et que ces cercles anticipent beaucoup les uns sur les autres, le milieu de tous ces cercles est l'endroit où le mélange des couleurs est le plus grand, et il n'y a que les côtés rectilignes de l'image où les couleurs soient pures ; mais, comme elles sont en même temps très-faibles, on a peine à les distinguer, et on se sert d'un autre moyen pour épurer les couleurs : c'est en rétrécissant l'image d'un disque du soleil ; ce qui diminue l'anticipation des cercles colorés les uns sur les autres, et par conséquent le mélange des couleurs. Dans ce spectre de lumière épurée et homogène, on voit très-bien les sept couleurs : on en voit même beaucoup plus de sept avec un peu d'art ; car, en recevant successivement sur un fil blanc les différentes parties de ce spectre de lumière épurée, j'ai compté souvent jusqu'à dix-huit ou vingt couleurs dont la différence était sensible à mes yeux. Avec de meilleurs organes ou plus d'attention, on pourrait encore en compter davantage : cela n'empêche pas qu'on ne doive fixer le nombre de leur dénomination à sept, ni plus ni moins ; et cela par une raison bien fondée, c'est qu'en divisant le spectre de lumière épurée en sept intervalles, et suivant la proportion donnée par Newton, chacun de ces intervalles contient des couleurs qui, quoique prises toutes ensemble, sont indécomposables par le prisme et par quelque art que ce soit ; ce qui leur a fait donner le nom de *couleurs primitives*. Si au lieu de diviser le spectre en sept, on ne le divise qu'en six, ou cinq, ou quatre, ou trois intervalles,

alors les couleurs contenues dans chacun de ces intervalles se décomposent par le prisme, et par conséquent ces couleurs ne sont pas pures, et ne doivent pas être regardées comme couleurs primitives. On ne peut donc pas réduire les couleurs primitives à moins de sept dénominations, et on ne doit pas en admettre un plus grand nombre, parce qu'alors on diviserait inutilement les intervalles en deux ou plusieurs parties, dont les couleurs seraient de la même nature; et ce serait partager mal à propos une même espèce de couleur, et donner des noms différents à des choses semblables.

Il se trouve, par un hasard singulier, que l'étendue proportionnelle de ces sept intervalles de couleurs répond assez juste à l'étendue proportionnelle des sept tons de la musique; mais ce n'est qu'un hasard dont on ne doit tirer aucune conséquence: ces deux résultats sont indépendants l'un de l'autre, et il faut se livrer bien aveuglément à l'esprit de système, pour prétendre, en vertu d'un rapport fortuit, soumettre l'œil et l'oreille à des lois communes, et traiter l'un de ces organes par les règles de l'autre, en imaginant qu'il est possible de faire un concert aux yeux ou un paysage aux oreilles.

Ces sept couleurs, produites par la réfraction, sont inaltérables et contiennent toutes les couleurs et toutes les nuances de couleurs qui sont au monde: les couleurs du prisme, celles des diamants, celles de l'arc-en-ciel, des images des halos, dépendent toutes de la réfraction, et en suivent exactement les lois.

La réfraction n'est cependant pas le seul moyen pour produire des couleurs; la lumière a de plus que sa qualité réfrangible d'autres propriétés qui, quoique dépendantes de la même cause générale, produisent des effets différents: de la même façon que la lumière se rompt et se divise en couleurs en passant d'un milieu dans un autre milieu transparent, elle se rompt aussi en passant auprès des surfaces d'un corps opaque; cette espèce de réfraction qui se fait dans le même milieu, s'appelle *inflexion*, et les couleurs qu'elle produit sont les mêmes que celles de la réfraction ordinaire: les rayons violets, qui sont les plus réfrangibles, sont aussi les plus flexibles; et la frange colorée par l'inflexion de la lumière ne diffère du spectre coloré produit par la réfraction, que dans la forme; et, si l'intensité des couleurs est différente, l'ordre en est le même, les

propriétés toutes semblables, le nombre égal, la qualité primitive et inaltérable commune à toutes, soit dans la réfraction, soit dans l'inflexion, qui n'est en effet qu'une espèce de réfraction.

Mais le plus puissant moyen que la nature emploie pour produire des couleurs, c'est la réflexion (1): toutes les couleurs maté-

(1) J'avoue que je ne pense pas comme Newton au sujet de la réflexibilité des différents rayons de la lumière: sa définition de la réflexibilité n'est pas assez générale pour être satisfaisante. Il est sûr que la plus grande facilité à être réfléchi est la même chose que la plus grande réflexibilité; il faut que cette plus grande facilité soit générale pour tous les cas: or, qui sait si le rayon violet se réfléchit le plus aisément dans tous les cas, à cause que, dans un cas particulier, il rentre plutôt dans le verre que les autres rayons! la réflexion de la lumière suit les mêmes lois que le rebondissement de tous les corps à ressort: de là on doit conclure que les particules de lumière sont élastiques, et par conséquent la réflexibilité de la lumière sera toujours proportionnelle à son ressort, et dès-lors les rayons les plus réfléchibles seront ceux qui auront le plus de ressort; qualité difficile à mesurer dans la matière de la lumière, parce qu'on ne peut mesurer l'intensité d'un ressort que par la vitesse qu'il produit: il faudrait donc, pour qu'il fût possible de faire une expérience sur cela, que les satellites de Jupiter fussent illuminés successivement par toutes les couleurs du prisme, pour reconnaître par leurs éclipses s'il y aurait plus ou moins de vitesse dans le mouvement de la lumière violette que dans le mouvement de la lumière rouge; car ce n'est que par la comparaison de la vitesse de ces deux différents rayons qu'on peut savoir si l'un a plus de ressort que l'autre ou plus de réflexibilité. Mais on n'a jamais observé que les satellites, au moment de leur émission, aient d'abord paru violets, et ensuite éclairés successivement de toutes les couleurs du prisme: donc il est à présumer que les rayons de lumière ont à peu près tous un ressort égal, et par conséquent autant de réflexibilité. D'ailleurs, le cas particulier où le violet paraît être plus réfléchible ne vient que de la réfraction, et ne paraît pas tenir à la réflexion: cela est aisé à démontrer. Newton a fait voir, à n'en pouvoir douter, que les rayons différents sont inégalement réfrangibles; que le rouge l'est le moins, et le violet le plus de tous: il n'est donc pas étonnant qu'à une certaine obliquité le rayon violet se trouvant, en sortant du prisme, plus oblique à la surface que tous les autres rayons, il soit le premier saisi par l'attraction du verre et contraint d'y rentrer, tandis que les autres rayons, dont l'obliquité est moindre, continuent leur route sans être assez attirés pour être obligés de rentrer dans le verre: ceci n'est donc pas, comme le prétend Newton, une vraie réflexion; c'est seulement une suite de la réfraction. Il me semble qu'il ne devait donc pas assurer en général que les rayons les plus réfrangibles étaient les

rielles en dépendent, le vermillon n'est rouge que parce qu'il réfléchit abondamment les rayons rouges de la lumière, et qu'il absorbe les autres; l'outremer ne paraît bleu que parce qu'il réfléchit fortement les rayons bleus, et qu'il reçoit dans ses pores tous les autres rayons qui s'y perdent. Il en est de même des autres couleurs des corps opaques et transparents; la transparence dépend de l'uniformité de densité: lorsque les parties composantes d'un corps sont d'égale densité, de quelque figure que soient ces mêmes parties, le corps sera toujours transparent. Si l'on réduit un corps transparent à une fort petite épaisseur, cette plaque mince produira des couleurs dont l'ordre et les principales apparences sont fort différentes des phénomènes du spectre ou de la frange colorée: aussi ce n'est pas par la réfraction que ces couleurs sont produites, c'est par la réflexion. Les plaques minces des corps transparents, les bulles de savon, les plumes des oiseaux, etc., paraissent colorées parce qu'elles réfléchissent certains rayons, et laissent passer ou absorbent les autres; ces couleurs ont leurs lois et dépendent de l'épaisseur de la plaque mince: une certaine épaisseur produit constamment une certaine couleur; toute autre épaisseur ne peut la produire, mais en produit une autre: et lorsque cette épaisseur est diminuée à l'infini, en sorte qu'au lieu d'une plaque mince et transparente on n'a plus qu'une surface polie sur un corps opaque, ce poli, qu'on peut regarder comme le premier degré de la transparence, produit aussi des couleurs par la réflexion, qui ont encore d'autres lois; car lorsqu'on laisse tomber un trait de lumière sur un miroir de métal, ce trait de lumière ne se réfléchit pas tout entier sous le même angle, il s'en disperse une partie qui produit des couleurs dont les phénomènes, aussi-bien que ceux des plaques minces, n'ont pas encore été assez observés.

Toutes les couleurs dont je viens de parler sont naturelles, et dépendent uniquement

plus réfléchibles. Cela ne me paraît vrai qu'en prenant cette suite de la réfraction pour une réflexion, ce qui n'en est pas une; car il est évident qu'une lumière, qui tombe sur un miroir et qui en rejait en formant un angle de réflexion égal à celui d'incidence, est dans un cas bien différent de celui où elle se trouve au sortir d'un verre si oblique à la surface qu'elle est contrainte d'y rentrer: ces deux phénomènes n'ont rien de commun, et ne peuvent, à mon avis, s'expliquer par la même cause.

THÉORIE DE LA TERRE. *Tome II.*

des propriétés de la lumière; mais il en est d'autres qui me paraissent accidentelles et qui dépendent autant de notre organe que de l'action de la lumière. Lorsque l'œil est frappé ou pressé, on voit des couleurs dans l'obscurité; lorsque cet organe est mal disposé ou fatigué, on voit encore des couleurs: c'est ce genre de couleurs que j'ai cru devoir appeler *couleurs accidentelles*, pour les distinguer des couleurs naturelles, et parce qu'en effet elles ne paraissent jamais que lorsque l'organe est forcé ou qu'il a été trop fortement ébranlé.

Persone n'a fait, avant le Dr Jurin (1), la moindre observation sur ce genre de couleurs; cependant elles tiennent aux couleurs naturelles par plusieurs rapports, et j'ai découvert une suite de phénomènes singuliers sur cette matière, que je vais rapporter le plus succinctement qu'il me sera possible.

Lorsqu'on regarde fixement et long-temps une tache ou une figure rouge sur un fond blanc, comme un petit carré de papier rouge sur un papier blanc, on voit naître autour du petit carré rouge une espèce de couronne d'un vert faible: en cessant de regarder le carré rouge, si on porte l'œil sur le papier blanc, on voit très-distinctement un carré d'un vert tendre, tirant un peu sur le bleu; cette apparence subsiste plus ou moins long-temps, selon que l'impression de la couleur rouge a été plus ou moins forte. La grandeur du carré vert imaginaire est la même que celle du carré réel rouge, et ce vert ne s'évanouit qu'après que l'œil s'est rassuré et s'est porté successivement sur plusieurs autres objets, dont les images détruisent l'impression trop forte causée par le rouge.

En regardant fixement et long-temps une tache jaune sur un fond blanc, on voit naître autour de la tache une couronne d'un bleu pâle; et en cessant de regarder la tache jaune et portant son œil sur un autre endroit du fond blanc, on voit distinctement une tache bleue de la même figure et de la même grandeur que la tache jaune, et cette apparence dure au moins aussi long-temps que l'apparence du vert produit par le rouge. Il m'a même paru, après avoir fait moi-même, et après avoir fait répéter cette expérience à

(1) *Essay upon distinct and indistinct vision*, page 115 des notes sur l'Optique de Smith, tome 2, imprimé à Cambridge en 1738.

d'autres dont les yeux étaient meilleurs et plus forts que les miens, que cette impression du jaune était plus forte que celle du rouge, et que la couleur bleue qu'elle produit s'effaçait plus difficilement et subsistait plus long-temps que la couleur verte produite par le rouge; ce qui semble prouver ce qu'a soupçonné Newton, que le jaune est de toutes les couleurs celle qui fatigue le plus nos yeux.

Si l'on regarde fixement et long-temps une tache verte sur un fond blanc, on voit naître autour de la tache verte une couleur blanchâtre, qui est à peine colorée d'une petite teinte de pourpre: mais en cessant de regarder la tache verte et en portant l'œil sur un autre endroit du fond blanc, on voit distinctement une tache d'un pourpre pâle, semblable à la couleur d'une améthyste pâle; cette apparence est plus faible et ne dure pas, à beaucoup près, aussi long-temps que les couleurs bleues et vertes produites par le jaune et par le rouge.

De même en regardant fixement et long-temps une tache bleue sur un fond blanc, on voit naître autour de la tache bleue une couronne blanchâtre un peu teinte de rouge; et, en cessant de regarder la tache bleue, et portant l'œil sur le fond blanc, on voit une tache d'un rouge pâle, toujours de la même figure et de la même grandeur que la tache bleue, et cette apparence ne dure pas plus long-temps que l'apparence pourpre produite par la tache verte.

En regardant de même avec attention une tache noire sur un fond blanc, on voit naître autour de la tache noire une couronne d'un blanc vif; et, cessant de regarder la tache noire, et portant l'œil sur un autre endroit du fond blanc, on voit la figure de la tache exactement dessinée et d'un blanc beaucoup plus vif que celui du fond; ce blanc n'est pas mat, c'est un blanc brillant semblable au blanc du premier ordre des anneaux colorés décrits par Newton: et au contraire, si on regarde long-temps une tache blanche sur un fond noir, on voit la tache blanche se décolorer; et en portant l'œil sur un autre endroit du fond noir, on y voit une tache d'un noir plus vif que celui du fond.

Voilà donc une suite de couleurs accidentelles qui a des rapports avec la suite des couleurs naturelles: le rouge naturel produit le vert accidentel, le jaune produit le bleu, le vert produit le pourpre, le bleu produit le rouge, le noir produit le blanc, et le

blanc produit le noir. Ces couleurs accidentelles n'existent que dans l'organe fatigué, puisqu'un autre œil ne les aperçoit pas: elles ont même une apparence qui les distingue des couleurs naturelles; c'est qu'elles sont tendres, brillantes, et qu'elles paraissent être à différentes distances, selon qu'on les rapporte à des objets voisins ou éloignés.

Toutes ces expériences ont été faites sur des couleurs mates avec des morceaux de papier ou d'étoffes colorées: mais elles réussissent encore mieux lorsqu'on les fait sur des couleurs brillantes, comme avec de l'or brillant et poli, au lieu de papier ou d'étoffe jaune; avec de l'argent brillant, au lieu de papier blanc; avec du lapis, au lieu de papier bleu, etc.; l'impression de ces couleurs brillantes est plus vive et dure beaucoup plus long-temps.

Tout le monde sait qu'après avoir regardé le soleil, on porte quelquefois pendant long-temps l'image colorée de cet astre sur tous les objets; la lumière trop vive du soleil produit en un instant ce que la lumière ordinaire des corps ne produit qu'au bout d'une minute ou deux d'application fixe de l'œil sur les couleurs: ces images colorées du soleil que l'œil ébloui et trop fortement ébranlé porte partout, sont des couleurs du même genre que celles que nous venons de décrire; et l'explication de leurs apparences dépend de la même théorie.

Je n'entreprendrai pas de donner ici les idées qui me sont venues sur ce sujet; quelque assuré que je sois de mes expériences, je ne suis pas assez certain des conséquences qu'on en doit tirer, pour oser rien hasarder encore sur la théorie de ces couleurs; et je me contenterai de rapporter d'autres observations qui confirment les expériences précédentes, et qui serviront sans doute à éclairer cette matière.

En regardant fixement et fort long-temps un carré d'un rouge vif sur un fond blanc, on voit d'abord naître la petite couronne de vert tendre, dont j'ai parlé; ensuite, en continuant à regarder fixement le carré rouge, on voit le milieu du carré se décolorer, et les côtés se charger de couleur, et former comme un cadre d'un rouge plus fort et beaucoup plus foncé que le milieu; ensuite, en s'éloignant un peu et continuant à regarder toujours fixement, on voit le cadre de rouge foncé se partager en deux dans les quatre côtés, et former une croix d'un rouge aussi foncé: le carré rouge paraît alors comme

une fenêtre traversée dans son milieu par une grosse croisée et quatre panneaux blancs, car le cadre de cette espèce de fenêtre est d'un rouge aussi fort que la croisée. Continuant toujours à regarder avec opiniâtreté, cette apparence change encore, et tout se réduit à un rectangle d'un rouge si foncé, si fort et si vif, qu'il offusque entièrement les yeux : ce rectangle est de la même hauteur que le carré ; mais il n'a pas la sixième partie de sa largeur : ce point est le dernier degré de fatigue que l'œil peut supporter ; et lorsqu'enfin on détourne l'œil de cet objet, et qu'on le porte sur un autre endroit du fond blanc, on voit, au lieu du carré rouge réel, l'image du rectangle rouge imaginaire, exactement dessinée et d'une couleur verte brillante : cette impression subsiste fort longtemps, ne se décolore que peu à peu ; elle reste dans l'œil même après l'avoir fermé. Ce que je viens de dire du carré rouge arrive aussi lorsqu'on regarde très-long-temps un carré jaune ou noir, ou de toute autre couleur ; on voit de même le cadre jaune ou noir, la croix et le rectangle ; et l'impression qui reste est un rectangle bleu, si on a regardé du jaune ; un rectangle blanc brillant, si on a regardé un carré noir, etc.

J'ai fait faire les expériences que je viens de rapporter à plusieurs personnes ; elles ont vu comme moi les mêmes couleurs et les mêmes apparences. Un de mes amis m'a assuré, à cette occasion, qu'ayant regardé un jour une éclipse de soleil par un petit trou, il avait porté pendant plus de trois semaines l'image colorée de cet astre sur tous les objets ; que, quand il fixait ses yeux sur du jaune brillant, comme sur une bordure dorée, il voyait une tache pourpre ; et sur du bleu, comme sur un toit d'ardoises, une tache verte. J'ai moi-même souvent regardé le soleil, et j'ai vu les mêmes couleurs ; mais, comme je craignais de me faire mal aux yeux en regardant cet astre, j'ai mieux aimé continuer mes expériences sur des étoffes colorées ; et j'ai trouvé qu'en effet ces couleurs accidentelles changent en se mêlant avec les couleurs naturelles, et qu'elles suivent les mêmes règles pour les apparences : car, lorsque la couleur verte accidentelle, produite par le rouge naturel, tombe sur un fond rouge brillant, cette couleur verte devient jaune ; si la couleur accidentelle bleue, produite par le jaune vif, tombe sur un fond jaune, elle devient verte ; en sorte que les couleurs qui résultent du mélange de ces couleurs acci-

dentelles avec les couleurs naturelles suivent les mêmes règles et ont les mêmes apparences que les couleurs naturelles dans leur composition et dans leur mélange avec d'autres couleurs naturelles.

Ces observations pourront être de quelque utilité pour la connaissance des incommodités des yeux, qui viennent probablement d'un grand ébranlement causé par l'impression trop vive de la lumière : une de ces incommodités est de voir toujours devant ses yeux des taches colorées, des cercles blancs ou des points noirs comme des mouches qui voltigent. J'ai oui bien des personnes se plaindre de cette espèce d'incommodité ; et j'ai lu dans quelques auteurs de médecine, que la goutte sereine est toujours précédée de ces points noirs. Je ne sais pas si leur sentiment est fondé sur l'expérience ; car j'ai éprouvé moi-même cette incommodité : j'ai vu des points noirs pendant plus de trois mois en si grande quantité, que j'en étais fort inquiet ; j'avais apparemment fatigué mes yeux en faisant, et en répétant trop souvent les expériences précédentes, et en regardant quelquefois le soleil ; car les points noirs ont paru dans ce même temps, et je n'en avais jamais vu de ma vie : mais enfin ils m'incommodaient tellement, surtout lorsque je regardais au grand jour des objets fortement éclairés, que j'étais contraint de détourner les yeux ; le jaune surtout m'était insupportable, et j'ai été obligé de changer des rideaux jaunes dans la chambre que j'habitais, et d'en mettre de verts ; j'ai évité de regarder toutes les couleurs trop fortes et tous les objets brillants. Peu à peu le nombre des points noirs a diminué, et actuellement je n'en suis plus incommodé. Ce qui m'a convaincu que ces points noirs viennent de la trop forte impression de la lumière, c'est qu'après avoir regardé le soleil, j'ai toujours vu une image colorée que je portais plus ou moins long-temps sur tous les objets, et, suivant avec attention les différentes nuances de cette image colorée, j'ai reconnu qu'elle se décolore peu à peu, et qu'à la fin je ne portais plus sur les objets qu'une tache noire, d'abord assez grande, qui diminuait ensuite peu à peu, et se réduisait enfin à un point noir.

Je vais rapporter à cette occasion un fait qui est assez remarquable, c'est que je n'étais jamais plus incommodé de ces points noirs que quand le ciel était couvert de nuées blanches : ce jour me fatiguait beaucoup

plus que la lumière d'un ciel serein, et cela parce qu'en effet la quantité de lumière réfléchie par un ciel couvert de nuées blanches est beaucoup plus grande que la quantité de lumière réfléchie par l'air pur, et qu'à l'exception des objets éclairés immédiatement par les rayons du soleil, tous les autres objets qui sont dans l'ombre, sont beaucoup moins éclairés que ceux qui le sont par la lumière réfléchie d'un ciel couvert de nuées blanches.

Avant que de terminer ce Mémoire, je crois devoir encore annoncer un fait qui paraîtra peut-être extraordinaire, mais qui n'en est pas moins certain, et que je suis fort étonné qu'on n'ait pas observé; c'est que les ombres des corps, qui par leur essence doivent être noires, puisqu'elles ne sont que la privation de la lumière; que les ombres, dis-je, sont toujours colorées au lever et au coucher du soleil. J'ai observé, pendant l'été de l'année 1743, plus de trente aurores et autant de soleils couchants; toutes les ombres qui tombaient sur du blanc, comme sur une muraille blanche, étaient quelquefois vertes, mais le plus souvent bleues, et d'un bleu aussi vif que le plus bel azur. J'ai fait voir ce phénomène à plusieurs personnes, qui ont été aussi surprises que moi. La saison n'y fait rien; car il n'y a pas huit jours (15 novembre 1743) que j'ai vu des ombres bleues: et quiconque voudra se donner la peine de regarder l'ombre de l'un de ses doigts, au lever ou au coucher du soleil, sur un morceau de papier blanc, verra comme moi cette ombre bleue. Je ne sache pas qu'aucun astronome, qu'aucun physicien, que personne, en un mot, ait parlé de ce phénomène, et j'ai cru qu'en faveur de la nouveauté, on me permettrait de donner le précis de cette observation.

Au mois de juillet 1743, comme j'étais occupé de mes couleurs accidentelles, et que je cherchais à voir le soleil, dont l'œil soutient mieux la lumière à son coucher qu'à toute autre heure du jour, pour reconnaître ensuite les couleurs et les changements de couleurs causés par cette impression, je remarquai que les ombres des arbres qui tombaient sur une muraille blanche étaient vertes. J'étais dans un lieu élevé, et le soleil se couchait dans une gorge de montagne, en sorte qu'il me paraissait fort abaissé au-dessous de mon horizon: le ciel était serein, à l'exception du couchant, qui, quoique exempt de nuages, était chargé d'un rideau transparent

de vapeurs d'un jaune rougeâtre, le soleil lui-même était fort rouge, et sa grandeur apparente au moins quadruple de ce qu'elle est à midi. Je vis donc très-distinctement les ombres des arbres qui étaient à 20 et 30 pieds de la muraille blanche, colorées d'un vert tendre tirant un peu sur le bleu; l'ombre d'un treillage, qui était à 3 pieds de la muraille, était parfaitement dessinée sur cette muraille, comme si on l'avait nouvellement peinte en vert-de-gris. Cette apparence dura près de 5 minutes, après quoi la couleur s'affaiblit avec la lumière du soleil, et ne disparut entièrement qu'avec les ombres. Le lendemain, au lever du soleil, j'allai regarder d'autres ombres sur une muraille blanche; mais au lieu de les trouver vertes, comme je m'y attendais, je les trouvai bleues, ou plutôt de la couleur de l'indigo le plus vif. Le ciel était serein, et il n'y avait qu'un petit rideau de vapeurs jaunâtres au levant: le soleil se levait sur une colline, en sorte qu'il me paraissait élevé au-dessus de mon horizon. Les ombres bleues ne durèrent que 3 minutes, après quoi elles me parurent noires. Le même jour je revis au coucher du soleil les ombres vertes, comme je les avais vues la veille. Six jours se passèrent ensuite sans pouvoir observer les ombres au coucher du soleil, parce qu'il était toujours couvert de nuages. Le septième jour je vis le soleil à son coucher; les ombres n'étaient plus vertes, mais d'un beau bleu d'azur: je remarquai que les vapeurs n'étaient pas fort abondantes, et que le soleil, ayant avancé pendant sept jours, se couchait derrière un rocher qui le faisait disparaître avant qu'il pût s'abaïsser au-dessous de mon horizon. Depuis ce temps, j'ai très-souvent observé les ombres, soit au lever, soit au coucher du soleil, et je ne les ai vues que bleues, quelquefois d'un bleu fort vif, d'autres fois d'un bleu pâle, d'un bleu foncé, mais constamment bleues.

Ce Mémoire a été imprimé dans ceux de l'*Académie royale des sciences*, année 1743. Voici ce que je crois devoir y ajouter aujourd'hui (1773):

Des observations plus fréquentes m'ont fait reconnaître que les ombres ne paraissent jamais vertes au lever ou au coucher du soleil, que quand l'horizon est chargé de beaucoup de vapeurs rouges; dans tout autre cas les ombres sont toujours bleues, et d'autant plus bleues que le ciel est plus serein. Cette couleur bleue des ombres n'est

autre chose que la couleur même de l'air, et je ne sais pourquoi quelques physiciens ont défini l'air *un fluide invisible* (1), *inodore*, *insipide*, puisqu'il est certain que l'azur céleste n'est autre chose que la couleur de l'air; qu'à la vérité il faut une grande épaisseur d'air pour que notre œil s'aperçoive de la couleur de cet élément; mais que néanmoins, lorsqu'on regarde de loin des objets sombres, on les voit toujours plus ou moins bleus. Cette observation, que les physiciens n'avaient pas faite sur les ombres et sur les objets sombres vus de loin, n'avait pas échappé aux habiles peintres, et elle doit en effet servir de base à la couleur des objets lointains, qui tous auront une nuance bleuâtre d'autant plus sensible, qu'ils seront supposés plus éloignés du point de vue.

On pourra me demander comment cette couleur bleue, qui n'est sensible à notre œil que quand il y a une très-grande épaisseur d'air, se marque néanmoins si fortement à quelques pieds de distance au lever et au coucher du soleil; comment il est possible que cette couleur de l'air, qui est à peine sensible à dix mille toises de distance, puisse donner à l'ombre noire d'un treillage, qui n'est éloigné de la muraille blanche que de trois pieds, une couleur du plus beau bleu: c'est en effet de la solution de cette question que dépend l'explication du phénomène. Il est certain que la petite épaisseur d'air, qui n'est que de trois pieds entre le treillage et la muraille, ne peut pas donner à la couleur noire de l'ombre une nuance aussi forte de bleu; si cela était, on verrait à midi et dans tous les autres temps du jour les ombres bleues comme on les voit au lever et au coucher du soleil. Ainsi, cette apparence ne dépend pas uniquement, ni même presque point du tout, de l'épaisseur de l'air entre l'objet et l'ombre. Mais il faut considérer qu'au lever et au coucher du soleil, la lumière de cet astre étant affaiblie à la surface de la terre, autant qu'elle peut l'être par la plus grande obliquité de cet astre, les ombres sont moins denses, c'est-à-dire moins noires dans la même proportion; et qu'en même temps la terre n'étant plus éclairée que par cette faible lumière du soleil, qui ne fait qu'en raser la superficie, la masse de l'air, qui est plus élevée, et qui, par conséquent, reçoit encore la lumière du

soleil bien moins obliquement, nous renvoie cette lumière, et nous éclaire alors autant et peut-être plus que le soleil. Or, cet air pur et bleu ne peut nous éclairer qu'en nous renvoyant une grande quantité de rayons de sa même couleur bleue; et lorsque ces rayons bleus que l'air réfléchit tomberont sur des objets privés de toute autre couleur, comme les ombres, ils les teindront d'une plus ou moins forte nuance de bleu, selon qu'il y aura moins de lumière directe du soleil, et plus de lumière réfléchie de l'atmosphère. Je pourrais ajouter plusieurs autres choses qui viendraient à l'appui de cette explication; mais je pense que ce que je viens de dire est suffisant pour que les bons esprits l'entendent et en soient satisfaits.

Je crois devoir citer ici quelques faits observés par M. l'abbé Millot, ancien grand-vicaire de Lyon, qui a eu la bonté de me les communiquer par ses lettres des 18 août 1754 et 10 février 1755, dont voici l'extrait. « Ce » n'est pas seulement au lever et au coucher » du soleil, que les ombres se colorent. A » midi, le ciel étant couvert de nuages, ex- » cepté en quelques endroits, vis-à-vis d'une » de ces ouvertures que laissaient entre eux » les nuages, j'ai fait tomber des ombres » d'un fort beau bleu sur du papier blanc, » à quelques pas d'une fenêtre. Les nuages » s'étant joints, le bleu disparut. J'ajoute- » rai, en passant, que plus d'une fois j'ai vu » l'azur du ciel se peindre comme dans un » miroir sur une muraille où la lumière tom- » bait obliquement. Mais voici d'autres ob- » servations plus importantes à mon avis ; » avant que d'en faire le détail, je suis » obligé de tracer la topographie de ma cham- » bre. Elle est à un troisième étage ; la fe- » nêtre près d'un angle au couchant, la porte » presque vis-à-vis : cette porte donne dans » une galerie, au bout de laquelle, à deux » pas de distance, est une fenêtre située au » midi. Les jours des deux fenêtres se réu- » nissent, la porte étant ouverte contre une » des murailles; et c'est là que j'ai vu des » ombres colorées presque à toute heure, » mais principalement sur les dix heures du » matin. Les rayons du soleil, que la fenêtre » de la galerie reçoit encore obliquement, » ne tombent point, par celle de la cham- » bre, sur la muraille dont je viens de par- » ler. Je place à quelques pouces de cette » muraille des chaises de bois à dossier » percé. Les ombres en sont alors de cou- » leurs quelquefois très-vives. J'en ai vu qui,

(1) Dictionnaire de Chimie, article de l'Air.

» quoique projetées du même côté, étaient
 » l'une d'un vert foncé, l'autre d'un bel
 » azur. Quand la lumière est tellement mé-
 » nagée, que les ombres soient également
 » sensibles de part et d'autre, celle qui est
 » opposée à la fenêtre de la chambre est ou
 » bleue, ou violette; l'autre, tantôt verte,
 » tantôt jaunâtre: celle-ci est accompagnée
 » d'une espèce de pénombre bien colorée,
 » qui forme comme une double bordure
 » bleue d'un côté, et de l'autre, verte, ou
 » rouge, ou jaune, selon l'intensité de la
 » lumière. Qué je ferme les volets de la fe-
 » nêtre, les couleurs de cette pénombre,
 » n'en ont souvent que plus d'éclat; elles
 » disparaissent si je ferme la porte à moitié.
 » Je dois ajouter que le phénomène n'est

» pas à beaucoup près si sensible en hiver.
 » Ma fenêtre est au couchant d'été: je fis
 » mes premières expériences dans cette sai-
 » son, dans un temps où les rayons du so-
 » leil tombaient obliquement sur la muraille
 » qui fait angle avec celle où les ombres se
 » coloraient. »

On voit, par ces observations de M. l'abbé Millot, qu'il suffit que la lumière du soleil tombe très-obliquement sur une surface, pour que l'azur du ciel, dont la lumière tombe toujours directement, s'y peigne et colore les ombres. Mais les autres apparences dont il fait mention ne dépendent que de la position des lieux et d'autres circonstances accessoires.

HUITIÈME MÉMOIRE.

EXPÉRIENCES SUR LA PESANTEUR DU FEU, ET SUR LA DURÉE DE L'INCANDESCENCE.

JE crois devoir rappeler ici quelques-unes des choses que j'ai dites dans l'Introduction qui précède ces Mémoires, afin que ceux qui ne les auraient pas bien présentes puissent néanmoins entendre ce qui fait l'objet de celui-ci. Le feu ne peut guère exister sans lumière et jamais sans chaleur, tandis que la lumière existe souvent sans chaleur sensible, comme la chaleur existe encore plus souvent sans lumière; l'on peut donc considérer la lumière et la chaleur comme deux propriétés du feu, ou plutôt comme les deux seuls effets par lesquels nous le reconnaissons: mais nous avons montré que ces deux effets ou ces deux propriétés ne sont pas toujours essentiellement liés ensemble; que souvent ils ne sont ni simultanés ni contemporains, puisque, dans de certaines circonstances, on sent de la chaleur long-temps avant que la lumière paraisse, et que, dans d'autres circonstances, on voit de la lumière long-temps avant de sentir de la chaleur, et même souvent sans en sentir aucune; et nous avons dit que, pour raisonner juste sur la nature du feu, il fallait auparavant tâcher de reconnaître celle de la lumière et celle de la chaleur, qui sont les principes réels

du feu nous paraît être composé.

Nous avons vu que la lumière est une matière mobile, élastique et pesante, c'est-à-dire susceptible d'attraction, comme toutes les autres matières: on a démontré qu'elle est mobile, et même on a déterminé le degré de sa vitesse immense par le très-petit temps qu'elle emploie à venir des satellites de Jupiter jusqu'à nous. On a reconnu son élasticité, qui est presque infinie, par l'égalité de l'angle de son incidence et de celui de sa réflexion; enfin sa pesanteur, ou, ce qui revient au même, son attraction vers les autres matières, est aussi démontrée par l'inflexion qu'elle souffre toutes les fois qu'elle passe auprès des autres corps. On ne peut donc pas douter que la substance de la lumière ne soit une vraie matière, laquelle, indépendamment de ses qualités propres et particulières, a aussi les propriétés générales et communes à toute autre matière. Il en est de même de la chaleur: c'est une matière qui ne diffère pas beaucoup de celle de la lumière; et ce n'est peut-être que la lumière elle-même qui, quand elle est très-forte ou réunie en grande quantité, change de forme,

diminue de vitesse, et, au lieu d'agir sur le sens de la vue, affecte les organes du toucher. On peut donc dire que, relativement à nous, la chaleur n'est que le toucher de la lumière, et qu'en elle-même la chaleur n'est qu'un des effets du feu sur les corps; effet qui se modifie suivant les différentes substances et produit dans toutes une dilatation, c'est-à-dire une séparation de leurs parties constituantes. Et lorsque, par cette dilatation ou séparation, chaque partie se trouve assez éloignée de ses voisines pour être hors de leur sphère d'attraction, les matières solides, qui n'étaient d'abord que dilatées par la chaleur, deviennent fluides, et ne peuvent reprendre leur solidité qu'autant que la chaleur se dissipe, et permet aux parties désunies de se rapprocher et se joindre d'aussi près qu'auparavant (1).

Ainsi, toute fluidité a la chaleur pour cause, et toute dilatation dans les corps doit être regardée comme une fluidité commençante; or, nous avons trouvé, par l'expérience, que les temps du progrès de la chaleur dans les corps, soit pour l'entrée, soit pour la sortie, sont toujours en raison de leur fluidité ou de leur fusibilité; et il doit s'ensuire que leurs dilatations respectives doivent être en même raison. Je n'ai pas eu besoin de tenter de nouvelles expériences pour m'assurer de la vérité de cette conséquence générale; M. Musschenbroek en ayant fait de très-exactes sur la dilatation des différents métaux. J'ai comparé ses expériences avec les miennes, et j'ai vu, comme je m'y attendais, que les corps les plus lents à recevoir et à perdre la chaleur sont aussi ceux qui se dilatent le moins promptement, et que ceux qui sont les plus prompts à s'échauffer et à se refroidir sont ceux qui se dilatent le plus vite; en sorte qu'à commen-

cer par le fer, qui est le moins fluide de tous les corps, et finir par le mercure, qui est le plus fluide, la dilatation dans toutes ces différentes matières se fait en même raison que le progrès de la chaleur dans ces mêmes matières.

Lorsque je dis que le fer est le plus solide, c'est-à-dire le moins fluide de tous les corps, je n'avance rien que l'expérience ne m'ait jusqu'à présent démontré; cependant il pourrait se faire que la platine, comme je l'ai remarqué ci-devant, étant encore moins fusible que le fer, la dilatation y serait moindre, et le progrès de la chaleur plus lent que dans le fer: mais je n'ai pu avoir de ce minéral qu'en grenaille; et pour faire l'expérience de la fusibilité et la comparer à celle des autres métaux, il faudrait en avoir une masse d'un pouce de diamètre, trouvée dans la mine même: toute la platine que j'ai pu trouver en masse a été fondue par l'addition d'autres matières, et n'est pas assez pure pour qu'on puisse s'en servir à des expériences qu'on ne doit faire que sur des matières pures et simples; et celle que j'ai fait fondre moi-même sans addition était encore en trop petit volume pour pouvoir la comparer exactement.

Ce qui me confirme dans cette idée, que la platine pourrait être l'extrême en *non fluidité* de toutes les matières connues, c'est la quantité de fer pur qu'elle contient, puisqu'elle est presque toute attirable par l'aimant: ce minéral, comme je l'ai dit, pourrait donc bien n'être qu'une matière ferrugineuse plus condensée et spécifiquement plus pesante que le fer ordinaire, intimement unie avec une grande quantité d'or, et par conséquent, étant moins fusible que le fer, recevoir encore plus difficilement de la chaleur.

De même, lorsque je dis que le mercure est le plus fluide de tous les corps, je n'entends que les corps sur lesquels on peut faire des expériences exactes; car je n'ignore pas, puisque tout le monde le sait, que l'air ne soit encore beaucoup plus fluide que le mercure: et, en cela, même la loi que j'ai donnée sur le progrès de la chaleur est encore confirmée; car l'air s'échauffe et se refroidit, pour ainsi dire, en un instant; il se condense par le froid, et se dilate par la chaleur plus qu'aucun autre corps; et néanmoins le froid le plus excessif ne le condense pas assez pour lui faire perdre sa fluidité, tandis que le mercure perd la sienne à 187 degrés de froid au-dessous de la congélation de l'eau, et pour-

(1) Je sais que quelques chimistes prétendent que les métaux, rendus fluides par le feu, ont plus de pesanteur spécifique que quand ils sont solides: mais j'ai de la peine à le croire, car il s'ensuivrait que leur état de dilatation où cette pesanteur spécifique est moindre ne serait pas le premier degré de leur état de fusion, ce qui néanmoins paraît indubitable. L'expérience sur laquelle ils fondent leur opinion, c'est que le métal en fusion supporte le même métal solide, et qu'on le voit nager à la surface du métal fondu: mais je pense que cet effet ne vient que de la répulsion causée par la chaleur, et ne doit point être attribué à la pesanteur spécifique plus grande du métal en fusion; je suis au contraire très-persuadé qu'elle est moindre que celle du métal solide.

rait la perdre à un degré de froid beaucoup moindre, si on le réduisait en vapeur. Il subsiste donc encore un peu de chaleur au-dessous de ce froid excessif de 187 degrés, et par conséquent le degré de la congélation de l'eau, que tous les constructeurs de thermomètres ont regardé comme la limite de la chaleur, et comme un terme où l'on doit la supposer égale à zéro, est au contraire un degré réel de l'échelle de la chaleur; degré où non-seulement la quantité de chaleur subsistante n'est pas nulle, mais où cette quantité de chaleur est très-considérable, puisque c'est à peu près le point milieu entre le degré de la congélation du mercure et celui de la chaleur nécessaire pour fondre le bismuth, qui est de 190 degrés, lequel ne diffère guère de 187 au-dessus du terme de la glace que comme l'autre en diffère au-dessous.

Je regarde donc la chaleur comme une matière réelle qui doit avoir son poids, comme toute autre matière; et j'ai dit en conséquence que, pour reconnaître si le feu a une pesanteur sensible, il faudrait faire l'expérience sur de grandes masses pénétrées de feu, et les peser dans cet état; et qu'on trouverait peut-être une différence assez sensible pour qu'on en pût conclure la pesanteur du feu ou de la chaleur qui m'en paraît être la substance la plus matérielle: la lumière et la chaleur sont les deux éléments matériels du feu; ces deux éléments réunis ne sont que le feu même, et ces deux matières nous affectent chacune sous leur forme propre, c'est-à-dire d'une manière différente. Or, comme il n'existe aucune forme sans matière, il est clair que quelque subtile qu'on suppose la substance de la lumière, de la chaleur ou du feu, elle est sujette, comme toute autre matière, à la loi générale de l'attraction universelle: car, comme nous l'avons dit, quoique la lumière soit douée d'un ressort presque parfait, et que par conséquent ses parties tendent avec une force presque infinie à s'éloigner des corps qui la produisent; nous avons démontré que cette force expansive ne détruit pas celle de la pesanteur; on le voit par l'exemple de l'air (qui est très-élastique, et dont les parties tendent avec force à s'éloigner les unes des autres), qui ne laisse pas d'être pesant. Ainsi, la force par laquelle les parties de l'air ou du feu tendent à s'éloigner, et s'éloignent en effet les unes des autres, ne fait que diminuer la masse, c'est-à-dire la densité de ces matières, et leur pesanteur sera toujours

proportionnelle à cette densité. Si donc l'on vient à bout de reconnaître la pesanteur du feu par l'expérience de la balance, on pourra peut-être quelque jour en déduire la densité de cet élément, et raisonner ensuite sur la pesanteur et l'élasticité du feu avec autant de fondement que sur la pesanteur et l'élasticité de l'air.

J'avoue que cette expérience, qui ne peut être faite qu'en grand, paraît d'abord assez difficile, parce qu'une forte balance, et telle qu'il la faudrait pour supporter plusieurs milliers, ne pourrait être assez sensible pour indiquer une petite différence qui ne serait que de quelques gros. Il y a ici, comme en tout, un *maximum* de précision, qui probablement ne se trouve ni dans la plus petite ni dans la plus grande balance possible. Par exemple, je crois que, si dans une balance avec laquelle on peut peser une livre l'on arrive à un point de précision d'un douzième de grain, il n'est pas sûr qu'on pût faire une balance pour peser dix milliers, qui pencherait aussi sensiblement pour 1 once, 3 gros, 41 grains, ce qui est la différence proportionnelle de 1 à 10000; ou qu'au contraire, si cette grosse balance indiquait clairement cette différence, la petite balance n'indiquerait pas également bien celle d'un douzième de grain; et que par conséquent nous ignorons quelle doit être pour un poids donné la balance la plus exacte.

Les personnes qui s'occupent de physique expérimentale devraient faire la recherche de ce problème, dont la solution, qu'on ne peut obtenir que par l'expérience, donnerait le *maximum* de précision de toutes les balances. L'un des plus grands moyens d'avancer les sciences, c'est d'en perfectionner les instruments. Nos balances le sont assez pour peser l'air: avec un degré de perfection de plus, on viendrait à bout de peser le feu et même la chaleur.

Les boulets rouges de quatre pouces et demi et de cinq pouces de diamètre, que j'avais laissés refroidir dans ma balance (1), avaient perdu sept, huit et dix grains chacun en se refroidissant; mais plusieurs raisons m'ont empêché de regarder cette petite diminution comme la quantité réelle du poids de la chaleur. Car, 1^o le fer, comme on l'a vu par le résultat de mes expériences, est une matière que le feu dévore, puisqu'il la

(1) Voyez les expériences du premier Mémoire, page 125 de ce volume.

rend spécifiquement plus légère : ainsi, l'on peut attribuer cette diminution de poids à l'évaporation des parties du fer enlevées par le feu. 2° Le fer jette des étincelles en grande quantité lorsqu'il est rougi à blanc, il en jette encore quelques-unes lorsqu'il n'est que rouge, et ces étincelles sont des parties de matière dont il faut défalquer le poids de celui de la diminution totale ; et, comme il n'est pas possible de recueillir toutes ces étincelles, ni d'en connaître le poids, il n'est pas possible non plus de savoir combien cette perte diminue la pesanteur des boulets. 3° Je me suis aperçu que le fer demeure rouge et jette de petites étincelles bien plus long-temps qu'on ne l'imagine ; car, quoiqu'au grand jour il perde sa lumière et paraisse noir au bout de quelques minutes, si on le transporte dans un lieu obscur, on le voit lumineux, et on aperçoit les petites étincelles qu'il continue de lancer pendant quelques autres minutes. 4° Enfin, les expériences sur les boulets me laissaient quelque scrupule, parce que la balance dont je me servais alors, quoique bonne, ne me paraissait pas assez précise pour saisir au juste le poids réel d'une matière aussi légère que le feu. Ayant donc fait construire une balance capable de porter aisément cinquante livres de chaque côté, à l'exécution de laquelle M. le Roy, de l'Académie des sciences, a bien voulu, à ma prière, donner toute l'attention nécessaire, j'ai eu la satisfaction de reconnaître à peu près la pesanteur relative du feu. Cette balance, chargée de cinquante livres de chaque côté, penchait assez sensiblement par l'addition de vingt-quatre grains ; et, chargée de vingt-cinq livres, elle penchait par l'addition de huit grains seulement.

Pour rendre cette balance plus ou moins sensible, M. le Roy a fait visser sur l'aiguille une masse de plomb, qui, s'élevant et s'abaissant, change le centre de gravité ; de sorte qu'on peut augmenter de près de moitié la sensibilité de la balance. Mais, par le grand nombre d'expériences que j'ai faites de cette balance et de quelques autres, j'ai reconnu qu'en général plus une balance est sensible et moins elle est sage : les caprices, tant au physique qu'au moral, semblent être des attributs inséparables de la grande sensibilité. Les balances très-sensibles sont si capricieuses, qu'elles ne parlent jamais de la même façon : aujourd'hui elles vous indiquent le poids à un millième près, et demain elles ne le donnent qu'à une moitié, c'est-à-

dire à un cinq centième près, au lieu d'un millième. Une balance moins sensible est plus constante, plus fidèle ; et, tout considéré, il vaut mieux, pour l'usage froid qu'on fait d'une balance, la choisir sage que de la prendre ou la rendre trop sensible.

Pour peser exactement des masses pénétrées de feu, j'ai commencé par faire garnir de tôle les bassins de cuivre et les chaînes de la balance, afin de ne les pas endommager ; et, après en avoir bien établi l'équilibre à son moindre degré de sensibilité, j'ai fait porter, sur l'un des bassins, une masse de fer rougi à blanc, qui provenait de la seconde chaude qu'on donne à l'affinerie, après avoir battu au marteau la loupe qu'on appelle *renard* : je fais cette remarque, parce que mon fer, dès cette seconde chaude, ne donne presque plus de flamme, et ne paraît pas se consumer comme il se consume et brûle à la première chaude, et que, quoiqu'il soit blanc de feu, il ne jette qu'un petit nombre d'étincelles avant d'être mis sous le marteau.

I.

Une masse de fer rougi à blanc s'est trouvée peser précisément 49 livres 9 onces : l'ayant enlevée doucement du bassin de la balance et posée sur une pièce d'autre fer, où on la laissait refroidir sans la toucher, elle s'est trouvée, après son refroidissement au degré de la température de l'air, qui était alors celui de la congélation, ne peser que 49 livres 7 onces juste : ainsi elle a perdu 2 onces pendant son refroidissement. On observera qu'elle ne jetait aucune étincelle, aucune vapeur assez sensible pour ne devoir pas être regardée comme la pure émanation du feu. Ainsi, l'on pourrait croire que la quantité de feu contenue dans cette masse de 49 livres 9 onces étant de 5 onces, elle formait environ $\frac{1}{396}$ ou $\frac{1}{397}$ du poids de la masse totale. On a remis ensuite cette masse refroidie au feu de l'affinerie ; et, l'ayant fait chauffer à blanc comme la première fois et porter au marteau, elle s'est trouvée, après avoir été malléée et refroidie, ne peser que 47 livres 12 onces 3 gros : ainsi le déchet de cette chaude, tant au feu qu'au marteau, était de 1 livre 10 onces 5 gros : et ayant fait donner une seconde et une troisième chaude à cette pièce pour achever la barre, elle ne pesait plus que 43 livres 7 onces 7 gros : ainsi, son déchet total, tant par l'évaporation du feu, que par la purification

du fer à l'affinerie et sous le marteau, s'est trouvé de 6 livres 1 once 1 gros sur 49 livres 9 onces ; ce qui ne va pas tout-à-fait au huitième.

Une seconde pièce de fer, prise de même au sortir de l'affinerie à la première chaude, et pesée rouge-blanc, s'est trouvée du poids de 38 livres 15 onces 5 gros 36 grains, et ensuite, pesée froide, de 38 livres 14 onces 36 grains : ainsi, elle a perdu 1 once 5 gros en se refroidissant ; ce qui fait environ $\frac{1}{384}$ du poids total de sa masse.

Une troisième pièce de fer, prise de même au sortir du feu de l'affinerie après la première chaude, et pesée rouge-blanc, s'est trouvée du poids de 45 livres 12 onces 6 gros, et, pesée froide, de 45 livres 11 onces 2 gros : ainsi elle a perdu 1 once 4 gros en se refroidissant ; ce qui fait environ $\frac{1}{489}$ de son poids total.

Une quatrième pièce de fer, prise de même après la première chaude, et pesée rouge-blanc, s'est trouvée du poids de 48 livres 11 onces 6 gros, et, pesée après son refroidissement, de 48 livres 10 onces juste : ainsi elle a perdu en se refroidissant 14 gros, ce qui fait environ $\frac{1}{447}$ du poids de sa masse totale.

Enfin, une cinquième pièce de fer, prise de même après la première chaude, et pesée rouge-blanc, s'est trouvée du poids de 49 livres 11 onces, et, pesée après son refroidissement, de 49 livres 9 onces 1 gros : ainsi elle a perdu en se refroidissant 15 gros ; ce qui fait $\frac{1}{424}$ du poids total de sa masse.

En réunissant les résultats des cinq expériences pour en prendre la mesure commune, on peut assurer que le fer chauffé à blanc, et qui n'a reçu que deux volées de coups de marteau, perd en se refroidissant $\frac{1}{428}$ de sa masse.

2.

Une pièce de fer qui avait reçu quatre volées de coups de marteau, et par conséquent toutes les chaudes nécessaires pour être entièrement et parfaitement forgée, et qui pesait 14 livres 4 gros, ayant été chauffée à blanc, ne pesait plus que 13 livres 12 onces dans cet état d'incandescence, et 13 livres 11 onces 4 gros après son entier refroidissement. D'où l'on peut conclure que la quantité de feu, dont cette pièce de fer était pénétrée, faisait $\frac{1}{440}$ de son poids total.

Une seconde pièce de fer, entièrement

forgée et de la même qualité que la précédente, pesait froide 13 livres 7 onces 6 gros ; chauffée à blanc, 13 livres 6 onces 7 gros ; et refroidie, 13 livres 6 onces 3 gros ; ce qui donne $\frac{1}{430}$ à très-peu près dont elle a diminué en se refroidissant.

Une troisième pièce de fer, forgée de même que les précédentes, pesait froide 13 livres 1 gros, et chauffée au dernier degré, en sorte qu'elle était non-seulement blanche, mais bouillonnante et pétillante de feu, s'est trouvée peser 12 livres 9 onces 7 gros dans cet état d'incandescence ; et refroidie à la température actuelle, qui était de 16 degrés au-dessus de la congélation, elle ne pesait plus que 12 livres 9 onces 3 gros ; ce qui donne $\frac{1}{404}$ à très-peu près pour la quantité qu'elle a perdue en se refroidissant.

Prenant le terme moyen des résultats de ces trois expériences, on peut assurer que le fer parfaitement forgé et de la meilleure qualité, chauffé à blanc, perd en se refroidissant environ $\frac{1}{425}$ de sa masse.

3.

Un morceau de fer en gueuse, pesé très-rouge, environ 20 minutes après sa coulée, s'est trouvé du poids de 33 livres 10 onces ; et, lorsqu'il a été refroidi, il ne pesait plus que 33 livres 9 onces ; ainsi il a perdu 1 once, c'est-à-dire $\frac{1}{538}$ de son poids ou masse totale en se refroidissant.

Un second morceau de fonte, pris de même très-rouge, pesait 22 livres 8 onces 3 gros ; et, lorsqu'il a été refroidi, il ne pesait plus que 22 livres 7 onces 5 gros ; ce qui donne $\frac{1}{480}$ pour la quantité qu'il a perdue en se refroidissant.

Un troisième morceau de fonte, qui pesait chaud 16 livres 6 onces 3 gros $\frac{1}{2}$, ne pesait que 16 livres 5 onces 7 gros $\frac{1}{2}$ lorsqu'il fut refroidi ; ce qui donne $\frac{1}{525}$ pour la quantité qu'il a perdue en se refroidissant.

Prenant le terme moyen des résultats de ces trois expériences sur la fonte pesée chaude couleur de cerise, on peut assurer qu'elle perd en se refroidissant environ $\frac{1}{514}$ de sa masse ; ce qui fait une moindre diminution que celle du fer forgé : mais la raison en est que le fer forgé a été chauffé à blanc dans toutes nos expériences, au lieu que la fonte n'était que d'un rouge couleur de cerise lorsqu'on l'a pesée, et que par conséquent elle n'était pas pénétrée d'autant de feu que le fer ; car on observera qu'on ne peut chauffer à blanc la fonte de fer sans

l'enflammer et la brûler en partie, en sorte que je me suis déterminé à la faire peser seulement rouge, et au moment où elle vient de prendre sa consistance dans le moule, au sortir du fourneau de fusion.

4.

On a pris sur la dame du fourneau des morceaux du laitier le plus pur, et qui formait du très-beau verre de couleur verdâtre.

Le premier morceau pesait chaud 6 livres 14 onces 2 gros $\frac{1}{2}$, et, refroidi, il ne pesait que 6 livres 14 onces 1 gros; ce qui donne $\frac{1}{3,88}$ pour la quantité qu'il a perdue en se refroidissant.

Un second morceau de laitier, semblable au précédent, a pesé chaud 5 livres 8 onces 6 gros $\frac{1}{2}$, et, refroidi, 5 livres 8 onces 5 gros; ce qui donne $\frac{1}{5,68}$ pour la quantité dont il a diminué en se refroidissant.

Un troisième morceau pris de même sur la dame du fourneau, mais un peu moins ardent que le précédent, a pesé chaud 4 livres 7 onces 4 gros $\frac{1}{2}$, et, refroidi, 4 livres 7 onces 3 gros $\frac{1}{2}$; ce qui donne $\frac{1}{5,72}$ pour la quantité dont il a diminué en se refroidissant.

Un quatrième morceau de laitier, qui était de verre solide et pur, et qui pesait froid 2 livres 14 onces 1 gros, ayant été chauffé jusqu'au rouge couleur de fer, s'est trouvé peser 2 livres 14 onces 1 gros $\frac{2}{3}$; ensuite, après son refroidissement, il a pesé, comme avant d'avoir été chauffé, 2 livres 14 onces 1 gros juste; ce qui donne $\frac{1}{553,75}$ pour le poids de la quantité de feu dont il était pénétré.

Prenant le terme des résultats de ces quatre expériences sur le verre pesé chaud couleur de feu, on peut assurer qu'il perd en se refroidissant $\frac{1}{5,70}$; ce qui me paraît être le vrai poids du feu, relativement au poids total des matières qui en sont pénétrées; car ce verre ou laitier ne se brûle ni ne se consume au feu; il ne perd rien de son poids, et se trouve seulement peser $\frac{1}{5,70}$ de plus lorsqu'il est pénétré de feu.

5.

J'ai tenté plusieurs expériences semblables sur le grès; mais elles n'ont pas si bien réussi. La plupart des espèces de grès s'égrenant au feu, on ne peut les chauffer qu'à demi, et ceux qui sont assez durs et d'une assez bonne qualité pour supporter, sans

s'égrener, un feu violent, se couvrent d'émail; il y a d'ailleurs dans presque tous des espèces de clous noirs et ferrugineux qui brûlent dans l'opération. Le seul fait certain que j'ai pu tirer de sept expériences sur différents morceaux de grès dur, c'est qu'il ne gagne rien au feu, et qu'il n'y perd que très-peu. J'avais déjà trouvé la même chose par les expériences rapportées dans le premier Mémoire.

De toutes ces expériences, je crois qu'on doit conclure :

1^o. Que le feu a, comme toute autre matière, une pesanteur réelle, dont on peut connaître le rapport à la balance dans les substances qui, comme le verre, ne peuvent être altérées par son action, et dans lesquelles il ne fait, pour ainsi dire, que passer, sans y rien laisser et sans en rien enlever.

2^o. Que la quantité de feu nécessaire pour rougir une masse quelconque, et lui donner sa couleur et sa chaleur, pèse $\frac{1}{4,70}$; ou, si l'on veut, une six centième partie de cette masse; en sorte que, si elle pèse froide 600 livres, elle pèsera chaude 601 livres lorsqu'elle sera rouge couleur de feu.

3^o. Que dans les matières qui, comme le fer, sont susceptibles d'un plus grand degré de feu, et peuvent être chauffées à blanc sans se fondre, la quantité de feu dont elles sont alors pénétrées, est environ d'un sixième plus grande; en sorte que, sur 500 livres de fer, il se trouve une livre de feu. Nous avons même trouvé plus par les expériences précédentes, puisque leur résultat commun donne $\frac{1}{4,25}$; mais il faut observer que le fer, ainsi que toutes les substances métalliques, se consume un peu en se refroidissant, et qu'il diminue toutes les fois qu'on y applique le feu : cette différence entre $\frac{1}{5,00}$ et $\frac{1}{4,25}$, provient donc de cette diminution; le fer, qui perd une quantité très-sensible dans le feu, continue à perdre un peu tant qu'il en est pénétré, et par conséquent sa masse totale se trouve plus diminuée que celle du verre, que le feu ne peut consumer, ni brûler, ni volatiliser.

Je viens de dire qu'il en est de toutes les substances métalliques comme du fer, c'est-à-dire que toutes perdent quelque chose par la longue ou la violente action du feu, et je puis le prouver par des expériences incontestables sur l'or et sur l'argent, qui, de tous les métaux, sont les plus fixes et les moins sujets à être altérés par le feu. J'ai exposé au foyer du miroir ardent des pla-

ques d'argent pur, et des morceaux d'or aussi pur; je les ai vus fumer abondamment et pendant un très-long temps : il n'est donc pas douteux que ces métaux ne perdent quelque chose de leur substance par l'application du feu; et j'ai été informé depuis, que cette matière qui s'échappe de ces métaux et s'élève en fumée n'est autre chose que le métal même volatilisé, puisqu'on peut dorer ou argenter à cette fumée métallique les corps qui la reçoivent.

Le feu, surtout appliqué long-temps, volatilise donc peu à peu ces métaux, qu'il semble ne pouvoir ni brûler ni détruire d'aucune autre manière; et, en les volatilisant, il n'en change pas la nature, puisque cette fumée, qui s'en échappe, est encore du métal qui conserve toutes ses propriétés. Or, il ne faut pas un feu bien violent pour produire cette fumée métallique; elle paraît à un degré de chaleur au-dessous de celui qui est nécessaire pour la fusion de ces métaux. C'est de cette même manière que l'or et l'argent se sont sublimés dans le sein de la terre, ils ont d'abord été fondus par la chaleur excessive du premier état du globe, où tout était en liquéfaction; et ensuite la chaleur moins forte, mais constante, de l'intérieur de la terre les a volatilisés, et a poussé ces fumées métalliques jusqu'au sommet des plus hautes montagnes, où elles se sont accumulées en grains, ou attachées en vapeurs aux sables et aux autres matières dans lesquelles on les trouve aujourd'hui. Les paillettes d'or que l'eau roule avec les sables tirent leur origine, soit des masses d'or fondues par le feu primitif, soit des surfaces dorées par cette sublimation, desquelles l'action de l'air et de l'eau les détache et les sépare.

Mais, revenons à l'objet immédiat de nos expériences : il me paraît qu'elles ne laissent aucun doute sur la pesanteur réelle du feu, et qu'on peut assurer, en conséquence de leurs résultats, que toute matière solide pénétrée de cet élément, autant qu'elle peut l'être par l'application que nous savons en faire, est au moins d'une six centième partie plus pesante que dans l'état de la température actuelle, et qu'il faut une livre de matière ignée pour donner à 600 livres de toute autre matière l'état d'incandescence jusqu'au rouge couleur de feu, et environ une livre sur 500 pour que l'incandescence soit jusqu'au blanc ou jusqu'à la fusion; en sorte que le fer, chauffé à blanc, ou le verre en fusion, contiennent dans cet état $\frac{1}{500}$ de

matière ignée dont leur propre substance est pénétrée.

Mais, cette grande vérité, qui paraîtra nouvelle aux physiiciens, et de laquelle on pourra tirer des conséquences utiles, ne nous apprend pas encore ce qu'il serait cependant le plus important de savoir; je veux dire le rapport de la pesanteur du feu à la pesanteur de l'air, ou de la matière ignée à celle des autres matières. Cette recherche suppose de nouvelles découvertes auxquelles je ne suis pas parvenu, et dont je n'ai donné que quelques indications dans mon *Traité des Éléments*. Car, quoique nous sachions, par mes expériences, qu'il faut une cinq centième partie de matière ignée pour donner à toute autre matière l'état de la plus forte incandescence, nous ne savons pas à quel point cette matière ignée y est condensée, comprimée, ni même accumulée, parce que nous n'avons jamais pu la saisir dans un état constant pour la peser ou la mesurer; en sorte que nous n'avons point d'unité à laquelle nous puissions rapporter la mesure de l'état d'incandescence. Tout ce que j'ai donc pu faire à la suite de mes expériences, c'est de rechercher combien il fallait consommer de matière combustible pour faire entrer dans une masse de matière solide cette quantité de matière ignée qui est la cinq centième partie de la masse en incandescence, et j'ai trouvé, par des essais réitérés, qu'il fallait brûler 300 livres de charbon au vent de deux soufflets de dix pieds de longueur, pour chauffer à blanc une pièce de fonte de fer de 500 livres pesant. Mais, comment mesurer, ni même estimer à peu près, la quantité totale de feu produite par ces 300 livres de matière combustible? Comment pouvoir comparer la quantité de feu qui se perd dans les airs, avec celle qui s'attache à la pièce de fer, et qui pénètre dans toutes les parties de sa substance? Il faudrait pour cela bien d'autres expériences, ou plutôt il faut un art nouveau dans lequel je n'ai pu faire que les premiers pas.

6.

J'ai fait quelques expériences pour reconnaître combien il faut de temps aux matières qui sont en fusion pour prendre leur consistance, et passer de l'état de fluidité à celui de la solidité; combien de temps il faut pour que sa surface prenne sa consistance; combien il en faut de plus pour produire cette même consistance à l'intérieur; et savoir par-

conséquent combien le centre d'un globe dont la surface serait consistante, et même refroidie à un certain point, pourrait néanmoins être de temps dans l'état de liquéfaction. Voici ces expériences :

SUR LE FER.

N° 1. Le 29 juillet, à 5 heures 43 minutes, moment auquel la fonte de fer a cessé de couler, on a observé que la gueuse a pris de la consistance sur sa face supérieure en 3 minutes à sa tête, c'est-à-dire à la partie la plus éloignée du fourneau, et en 5 minutes à sa queue, c'est-à-dire à la partie la plus voisine du fourneau : l'ayant alors fait soulever du moule et casser en cinq endroits, on n'a vu aucune marque de fusibilité intérieure dans les quatre premiers morceaux ; seulement dans le morceau cassé le plus près du fourneau, la matière s'est trouvée intérieurement molle, et quelques parties se sont attachées au bout d'un petit ringard, à 5 heures 55 minutes, c'est-à-dire 12 minutes après la fin de la coulée : on a conservé ce morceau numéroté ainsi que les suivantes.

N° 2. Le lendemain, 30 juillet, on a coulé une autre gueuse à 8 heures 1 minute, et à 8 heures 4 minutes, c'est-à-dire 3 minutes après, la surface de sa tête était consolidée ; et, en ayant fait casser deux morceaux, il est sorti de leur intérieur une petite quantité de fonte coulante ; à 8 heures 7 minutes, il y avait encore dans l'intérieur des marques évidentes de fusion, en sorte que la surface a pris consistance en 3 minutes, et l'intérieur ne l'avait pas encore prise en 6 minutes.

N° 3. Le 31 juillet, la gueuse a cessé de couler à midi 35 minutes ; sa surface, dans la partie du milieu, avait pris sa consistance à 39 minutes, c'est-à-dire en 4 minutes ; et, l'ayant cassée dans cet endroit à midi 44 minutes, il s'en est écoulé une grande quantité de fonte encore en fusion. On avait remarqué que la fonte de cette gueuse était plus liquide que celle du numéro précédent, et on a conservé un morceau cassé dans lequel l'écoulement de la matière intérieure a laissé une cavité profonde de 26 pouces dans l'intérieur de la gueuse. Ainsi, la surface ayant pris en 4 minutes sa consistance solide, l'intérieur était encore en grande liquéfaction après 8 minutes $\frac{1}{2}$.

N° 4. Le 2 août, à 4 heures 47 minutes, la gueuse qu'on a coulée s'est trouvée d'une

fonte très-épaisse, aussi sa surface dans le milieu a pris sa consistance en 3 minutes ; et 1 minute $\frac{1}{2}$ après, lorsqu'on l'a cassée, toute la fonte de l'intérieur s'est écoulée, et n'a laissé qu'un tuyau de 6 lignes d'épaisseur sous la face supérieure, et d'un pouce environ d'épaisseur aux autres faces.

N° 5. Le 3 août, dans une gueuse de fonte très-liquide, on a cassé trois morceaux d'environ 2 pieds $\frac{1}{2}$ de long, à commencer du côté de la tête de la gueuse, c'est-à-dire dans la partie la plus froide du moule et la plus éloignée du fourneau, et l'on a reconnu, comme il était naturel de s'y attendre, que la partie intérieure de la gueuse était moins consistante à mesure qu'on approchait du fourneau, et que la cavité intérieure, produite par l'écoulement de la fonte encore liquide, était à peu près en raison inverse de la distance au fourneau. Deux causes évidentes concourent à produire cet effet : le moule de la gueuse formé par les sables est d'autant plus échauffé qu'il est plus près du fourneau, et en second lieu, il reçoit d'autant plus de chaleur, qu'il y passe une plus grande quantité de fonte. Or, la totalité de la fonte qui constitue la gueuse, passe dans la partie du moule où se forme sa queue, auprès de l'ouverture de la coulée, tandis que la tête de la gueuse n'est formée que de l'excédant qui a parcouru le moule entier, et s'est déjà refroidi avant d'arriver dans cette partie la plus éloignée du fourneau, la plus froide de toutes, et qui n'est échauffée que par la seule matière qu'elle contient. Aussi, des trois morceaux pris à la tête de cette gueuse, la surface du premier, c'est-à-dire du plus éloigné du fourneau, a pris sa consistance en 1 minute $\frac{1}{2}$; mais tout l'intérieur a coulé au bout de trois minutes $\frac{1}{2}$. La surface du second a de même pris sa consistance en 1 minute $\frac{1}{2}$, et l'intérieur coulait de même au bout de 3 minutes $\frac{1}{2}$; enfin, la surface du troisième morceau, qui était le plus loin de la tête, et qui approchait du milieu de la gueuse, a pris sa consistance en 1 minute $\frac{3}{4}$, et l'intérieur coulait encore très-abondamment au bout de 4 minutes.

Je dois observer que toutes ces gueuses étaient triangulaires, et que leur face supérieure, qui était la plus grande, avait environ 6 pouces $\frac{1}{2}$ de largeur. Cette face supérieure, qui est exposée à l'action de l'air, se consolide néanmoins plus lentement que les deux faces qui sont dans le sillon où la matière a coulé : l'humidité des sables, qui for-

ment cette espèce de moule, refroidit et consolide la fonte plus promptement que l'air ; car, dans tous les morceaux que j'ai fait casser, les cavités formées par l'écoulement de la fonte encore liquide étaient bien plus voisines de la face supérieure que des deux autres faces.

Ayant examiné tous ces morceaux après leur refroidissement, j'ai trouvé, 1^o que les morceaux du n^o 4 ne s'étaient consolidés que de 6 lignes d'épaisseur sous la face supérieure ; 2^o que ceux du n^o 5 se sont consolidés de 9 lignes d'épaisseur sous cette même face supérieure ; 3^o que les morceaux du n^o 2 s'étaient consolidés d'un pouce d'épaisseur sous cette même face ; 4^o que les morceaux du n^o 3 s'étaient consolidés d'un pouce et demi d'épaisseur sous la même face ; et enfin que les morceaux du n^o 1 s'étaient consolidés jusqu'à 2 pouces 3 lignes sous cette même face supérieure.

Les épaisseurs consolidées sont donc 6, 9, 12, 18, 27 lignes ; et les temps employés à cette consolidation sont 1 $\frac{1}{2}$, 2 ou 2 $\frac{1}{2}$, 3, 4 $\frac{1}{2}$, 7 minutes ; ce qui fait à très-peu près le quart numérique des épaisseurs. Ainsi les temps nécessaires pour consolider le métal fluide sont précisément en même raison que celle de leur épaisseur. En sorte que si nous supposons un globe isolé de toutes parts, dont la surface aura pris sa consistance en un temps donné, par exemple, en 3 minutes, il faudra 1 minute $\frac{1}{3}$ de plus pour le consolider à 6 lignes de profondeur, 2 minutes $\frac{1}{3}$ pour le consolider à 9 lignes, 3 minutes pour le consolider à 12 lignes, 4 minutes pour le consolider à 18 lignes, et 7 minutes pour le consolider à 27 ou 28 lignes de profondeur ; et par conséquent 36 minutes pour le consolider à 10 pieds de profondeur, etc.

SUR LE VERRE.

Ayant fait couler du laitier dans des moules très-voisins du fourneau, à environ 2 pieds de l'ouverture de la coulée, j'ai reconnu, par plusieurs essais, que la surface de ces morceaux de laitier prend sa consistance en moins de temps que la fonte de fer, et que l'intérieur se consolidait aussi beaucoup plus vite ; mais je n'ai pu déterminer, comme je l'ai fait sur le fer, les temps nécessaires pour consolider l'intérieur du verre à différentes épaisseurs ; je ne sais même si l'on en viendrait à bout, dans un fourneau de verrerie où l'on aurait le verre en masses fort épaisses : tout ce que je puis assurer, c'est que la

consolidation du verre, tant à l'extérieur qu'à l'intérieur, est à peu près une fois plus prompte que celle de la fonte du fer. Et, en même temps que le premier coup de l'air condense la surface du verre liquide, et lui donne une sorte de consistance solide, il la divise et la fêle en une infinité de petites parties, en sorte que le verre saisi par l'air frais ne prend pas une solidité réelle, et qu'il se brise au moindre choc ; au lieu qu'en le laissant recuire dans un four très-chaud, il acquiert peu à peu la solidité que nous lui connaissons. Il paraît donc bien difficile de déterminer, par l'expérience, les rapports du temps qu'il faut pour consolider le verre à différentes épaisseurs au-dessous de sa surface. Je crois seulement qu'on peut, sans se tromper, prendre le même rapport pour la consolidation que celui du refroidissement du verre au refroidissement du fer, lequel rapport est de 132 à 236 par les expériences du second Mémoire. (*Voyez page 149 de ce volume.*)

7.

Ayant déterminé par les expériences précédentes, les temps nécessaires pour la consolidation du fer en fusion, tant à sa surface qu'aux différentes profondeurs de son intérieur, j'ai cherché à reconnaître, par des observations exactes, quelle était la durée de l'incandescence dans cette même matière.

1. Un renard, c'est-à-dire une loupe détachée de la gueuse par le feu de la chaudière, et prête à être portée sous le marteau, a été mise dans un lieu dont l'obscurité était égale à celle de la nuit quand le ciel est couvert : cette loupe, qui était fort enflammée, n'a cessé de donner de la flamme qu'au bout de 24 minutes ; d'abord la flamme était blanche, ensuite rouge et bleuâtre sur la fin : elle ne paraissait plus alors qu'à la partie inférieure de la loupe qui touchait la terre, et ne se montrait que par ondulations ou par reprises, comme celles d'une chandelle qui s'éteint. Ainsi la première incandescence, accompagnée de flamme, a duré 24 minutes ; ensuite la loupe, qui était encore bien rouge, a perdu cette couleur peu à peu, et a cessé de paraître rouge au bout de 74 minutes, non compris les 24 premières, ce qui fait en tout 98 minutes : mais, il n'y avait que les surfaces supérieures et latérales qui avaient absolument perdu leur couleur rouge ; la surface inférieure qui touchait à la terre l'était encore aussi-bien que l'intérieur de la

loupe. Je commençai alors, c'est-à-dire au bout de 98 minutes, à laisser tomber quelques grains de poudre à tirer sur la surface supérieure; ils s'enflammèrent avec explosion. On continuait de jeter de temps en temps de la poudre sur la loupe, et ce ne fut qu'au bout de 42 minutes de plus qu'elle cessa de faire explosion; à 43, 44 et 45 minutes la poudre se fondait et fusait sans explosion, en donnant seulement une petite flamme bleue. De là, je crus devoir conclure que l'incandescence à l'intérieur de la loupe n'avait fini qu'alors, c'est-à-dire 42 minutes après celle de la surface, et qu'en tout elle avait duré 140 minutes.

Cette loupe était de figure à peu près ovale et aplatie sur deux faces parallèles; son grand diamètre était de 13 pouces, et le petit de 8 pouces; elle avait aussi, à très-peu près, 8 pouces d'épaisseur partout, et elle pesait 91 livres 4 onces après avoir été refroidie.

2. Un autre renard, mais plus petit que le premier, tout aussi blanc de flamme et pétillant de feu, au lieu d'être porté sous le marteau, a été mis dans le même lieu obscur, où il n'a cessé de donner de la flamme qu'au bout de 22 minutes; ensuite il n'a perdu sa couleur rouge qu'après 43 minutes; ce qui fait 65 minutes pour la durée des deux états d'incandescence à la surface, sur laquelle ayant ensuite jeté des grains de poudre, ils n'ont cessé de s'enflammer avec explosion qu'au bout de 40 minutes; ce qui fait en tout 105 minutes pour la durée de l'incandescence, tant à l'extérieur qu'à l'intérieur.

Cette loupe était à peu près circulaire, sur 9 pouces de diamètre, et elle avait environ 6 pouces d'épaisseur partout; elle s'est trouvée du poids de 54 livres après son refroidissement.

J'ai observé que la flamme et la couleur rouge suivent la même marche dans leur dégradation; elles commencent par disparaître à la surface supérieure de la loupe, tandis qu'elles durent encore aux surfaces latérales, et continuent de paraître assez long-temps autour de la surface inférieure, qui, étant constamment appliquée sur la terre, se refroidit plus lentement que les autres surfaces qui sont exposées à l'air.

3. Un troisième renard, tiré du feu très-blanc, brûlant et pétillant d'étincelles et de flamme, ayant été porté dans cet état sous le marteau, n'a conservé cette incandescence

enflammée que 6 minutes; les coups précipités dont il a été frappé pendant ces 6 minutes, ayant comprimé la matière, en ont en même temps réprimé la flamme, qui aurait subsisté plus long-temps sans cette opération, par laquelle on en a fait une pièce de fer de 12 pouces $\frac{1}{2}$ de longueur, sur quatre pouces en quarré, qui s'est trouvée peser 48 livres 4 onces après avoir été refroidie. Mais, ayant mis auparavant cette pièce encore toute rouge dans le même lieu obscur, elle n'a cessé de paraître rouge à sa surface qu'au bout de 46 minutes, y compris les 6 premières. Ayant ensuite fait l'épreuve avec la poudre à tirer, qui n'a cessé de s'enflammer avec explosion que 26 minutes après les 46, il en résulte que l'incandescence intérieure et totale a duré 72 minutes.

En comparant ensemble ces trois expériences, on peut conclure que la durée de l'incandescence totale est comme celle de la prise de consistance proportionnelle à l'épaisseur de la matière. Car, la première loupe, qui avait 8 pouces d'épaisseur, a conservé son incandescence pendant 140 minutes: la seconde, qui avait 6 pouces d'épaisseur, l'a conservée pendant 105 minutes; et la troisième, qui n'avait que 4 pouces, ne l'a conservée que pendant 72 minutes. Or, $105 : 140 :: 6 : 8$, et de même $72 : 140$ à peu près $:: 4 : 8$, en sorte qu'il paraît y avoir même rapport entre les temps qu'entre les épaisseurs.

4. Pour m'assurer encore mieux de ce fait important, j'ai cru devoir répéter l'expérience sur une loupe prise, comme la précédente, au sortir de la chaudière. On l'a portée tout enflammée sous le marteau, la flamme a cessé au bout de 6 minutes, et, dans ce moment, on a cessé de la battre; on l'a mise tout de suite dans le même lieu obscur, le rouge n'a cessé qu'au bout de 39 minutes, ce qui donne 45 minutes pour les deux états d'incandescence à la surface: ensuite, la poudre n'a cessé de s'enflammer avec explosion qu'au bout de 28 minutes; ainsi, l'incandescence intérieure et totale a duré 73 minutes. Or, cette pièce avait, comme la précédente, 4 pouces juste d'épaisseur, sur deux faces en quarré, et 10 pouces $\frac{1}{2}$ de longueur; elle pesait 39 livres 4 onces après avoir été refroidie.

Cette dernière expérience s'accorde si parfaitement avec celle qui la précède et avec les deux autres, qu'on ne peut pas douter qu'en général la durée de l'incandes-

cence ne soit à très-peu près proportionnelle à l'épaisseur de la masse, et que par conséquent ce grand degré de feu ne suive la même loi que celle de la chaleur médiocre ; en sorte que, dans les globes de même matière, la chaleur ou le feu du plus haut degré, pendant tout le temps de l'incandescence, s'y conservent et y durent précisément en raison de leur diamètre. Cette vérité, que je voulais acquérir et démontrer par le fait, semble nous indiquer que les causes cachées (*causæ latentes*) de Newton, desquelles j'ai parlé dans le premier de ces Mémoires, ne s'opposent que très-peu à la sortie du feu, puisqu'elle se fait de la même manière que si les corps étaient entièrement et parfaitement perméables, et que rien ne s'opposât à son issue. Cependant, on serait porté à croire que plus la même matière est comprimée, plus elle doit retenir de temps le feu ; en sorte que la durée de l'incandescence devrait être alors en plus grande raison que celle des épaisseurs ou des diamètres. J'ai donc essayé de reconnaître cette différence par l'expérience suivante :

5. J'ai fait forger une masse cubique de fer, de 5 pouces 9 lignes de toutes faces ; elle a subi trois chaudes successives ; et l'ayant laissée refroidir, son poids s'est trouvé de 48 livres 9 onces. Après l'avoir pesée, on l'a mise de nouveau au feu de l'affinerie, où elle n'a été chauffée que jusqu'au rouge couleur de feu, parce qu'alors elle commençait à donner un peu de flamme, et qu'en la laissant au feu plus long-temps, le fer aurait brûlé. De là, on l'a transportée tout de suite dans le même lieu obscur, où j'ai vu qu'elle ne donnait aucune flamme ; néanmoins elle n'a cessé de paraître rouge qu'au bout de 52 minutes, et la poudre n'a cessé de s'enflammer à sa surface avec explosion que 43 minutes après ; ainsi l'incandescence totale a duré 95 minutes. On a pesé cette masse une seconde fois après son entier refroidissement ; elle s'est trouvée peser 48 liv. 1 once ; ainsi elle avait perdu au feu 8 onces de son poids, et elle en aurait perdu davantage si on l'eût chauffée jusqu'au blanc.

En comparant cette expérience avec les autres, on voit que, l'épaisseur de la masse étant de 5 pouces $\frac{3}{4}$, l'incandescence totale a duré 95 minutes dans cette pièce de fer, comprimée autant qu'il est possible ; et que, dans les premières masses qui n'avaient point été comprimées par le marteau, l'épaisseur étant de 6 pouces, l'incandescence a duré

105 minutes, et l'épaisseur étant de 8 pouces, elle a duré 140 minutes. Or, $140 : 8$ ou $105 : 6 :: 95 : 5 \frac{3}{4}$, au lieu que l'expérience nous donne $5 \frac{3}{4}$. Les causes cachées, dont la principale est la compression de la matière, et les obstacles qui en résultent pour l'issue de la chaleur, semblent donc produire cette différence de $5 \frac{3}{4}$ à $5 \frac{9}{11}$; ce qui fait $\frac{27}{84}$ ou un peu plus d'un tiers sur $\frac{15}{3}$, c'est-à-dire environ $\frac{1}{10}$ sur le tout. En sorte que le fer bien battu, bien sué, bien comprimé, ne perd son incandescence qu'en 17 de temps, tandis que le même fer, qui n'a point été comprimé, la perd en 16 du même temps. Et ceci paraît se confirmer par les expériences 3 et 4, où les masses de fer, ayant été comprimées par une seule volée de coups de marteau, n'ont perdu leur incandescence qu'au bout de 72 et 73 minutes, au lieu de 70 qu'a duré celle des loupes non comprimées ; ce qui fait $2 \frac{1}{2}$ sur 70, ou $\frac{5}{140}$ ou $\frac{1}{28}$ de différence produite par cette première compression. Ainsi, l'on ne doit pas être étonné que la seconde et la troisième compression qu'a subies la masse de fer de la cinquième expérience, qui a été battue par trois coups de marteau, aient produit $\frac{1}{10}$ au lieu de $\frac{1}{28}$ de différence dans la durée de l'incandescence. On peut donc assurer, en général, que la plus forte compression qu'on puisse donner à la matière pénétrée de feu autant qu'elle peut l'être, ne diminue que d'une seizième partie la durée de son incandescence, et que, dans la matière qui ne reçoit point de compression extérieure, cette durée est précisément en même raison que son épaisseur.

Maintenant, pour appliquer au globe de la terre le résultat de ces expériences, nous considérerons qu'il n'a pu prendre sa forme élevée sous l'équateur, et abaissée sous les pôles, qu'en vertu de la force centrifuge combinée avec celle de la pesanteur ; que par conséquent il a dû tourner sur son axe pendant un petit temps, avant que sa surface ait pris sa consistance, et qu'ensuite la matière intérieure s'est consolidée dans les mêmes rapports de temps indiqués par nos expériences ; en sorte qu'en partant de la supposition d'un jour au moins pour le petit temps nécessaire à la prise de consistance à sa surface, et en admettant, comme nos expériences l'indiquent, un temps de 3 minutes pour en consolider la matière intérieure à un pouce de profondeur, il se trouvera 36 minutes pour un pied, 216 minutes pour

une toise, 342 jours pour une lieue, et 490086 jours, ou environ 1342 ans, pour qu'un globe de fonte de fer qui aurait, comme celui de la terre, 1432 lieues $\frac{1}{2}$ de demi-diamètre, eût pris sa consistance jusqu'au centre.

La supposition que je fais ici d'un jour de rotation pour que le globe terrestre ait pu s'élever régulièrement sous l'équateur, et s'abaisser sous les pôles, avant que sa surface ne fût consolidée, me paraît plutôt trop faible que trop forte; car il a peut-être fallu un grand nombre de révolutions de vingt-quatre heures chacune, sur son axe, pour que la matière fluide se soit solidement établie, et l'on voit bien que, dans ce cas, le temps nécessaire pour la prise de consistance de la matière au centre se trouvera plus grand. Pour le réduire autant qu'il est possible, nous n'avons fait aucune attention à l'effet de la force centrifuge qui s'oppose à celui de la réunion des parties, c'est-à-dire à la prise de consistance de la matière en fusion. Nous avons supposé encore, dans la même vue de diminuer le temps, que l'atmosphère de la terre, alors toute en feu, n'était néanmoins pas plus chaude que celle de mon fourneau à quelques pieds de distance où se sont faites les expériences; et c'est en conséquence de ces deux suppositions trop gratuites que nous ne trouvons que 1342 ans pour le temps employé à la consolidation du globe jusqu'au centre. Mais il me paraît certain que cette estimation du temps est de beaucoup trop faible, par l'observation constante que j'ai faite sur la prise de consistance des gueuses à la tête et à la queue; car il faut trois fois autant de temps et plus

pour que la partie de la gueuse, qui est à 18 pieds du fourneau, prenne consistance, c'est-à-dire que si la surface de la tête de la gueuse, qui est à 18 pieds du fourneau, prend consistance en 1 minute $\frac{1}{2}$, celle de la queue, qui n'est qu'à 2 pieds du fourneau, ne prend consistance qu'en 4 minutes $\frac{1}{2}$ ou 5 minutes; en sorte que la chaleur plus grande de l'air contribue prodigieusement au maintien de la fluidité: et l'on conviendra sans peine avec moi que, dans ce premier temps de liquéfaction du globe de la terre, la chaleur de l'atmosphère de vapeurs qui l'entourait était plus grande que celle de l'air à 2 pieds de distance du feu de mon fourneau, et que par conséquent il a fallu beaucoup plus de temps pour consolider le globe jusqu'au centre. Or, nous avons démontré, par les expériences du premier Mémoire (1), qu'un globe de fer, gros comme la terre, pénétré de feu seulement jusqu'au rouge, serait plus de quatre-vingt-seize mille six cent soixante-dix ans à se refroidir; auxquels ajoutant deux ou trois mille ans pour le temps de sa consolidation jusqu'au centre, il résulte qu'en tout il faudrait environ cent mille ans pour refroidir au point de la température actuelle un globe de fer gros comme la terre, sans compter la durée du premier état de liquéfaction; ce qui recule encore les limites du temps, qui semble fuir et s'étendre à mesure que nous cherchons à le saisir. Mais tout ceci sera plus amplement discuté et déterminé plus précisément dans les Mémoires suivants.

(1) Page 129 de ce volume.

NEUVIÈME MÉMOIRE.

EXPÉRIENCES SUR LA FUSION DES MINES DE FER.

Je ne pourrai guère mettre d'autre liaison entre ces Mémoires, ni d'autre ordre entre mes différentes expériences, que celui du temps ou plutôt de la succession de mes idées. Comme je ne me trouvais pas assez instruit dans la connaissance des minéraux, que je n'étais pas satisfait de ce qu'on en dit dans les livres, que j'avais bien de la peine à entendre ceux qui traitent de la chimie, où je voyais d'ailleurs des principes précairés, toutes les expériences faites en petit, et toujours expliquées dans l'esprit d'une même méthode, j'ai voulu travailler par moi-même; et consultant plutôt mes desirs que ma force, j'ai commencé par faire établir sous mes yeux des forges et des fourneaux en grand, que je n'ai pas cessé d'exercer continuellement depuis sept ans.

Le petit nombre d'auteurs qui ont écrit sur les mines de fer, ne donnent, pour ainsi dire, qu'une nomenclature assez inutile; et ne parlent point des différents traitements de chacune de ces mines. Ils comprennent dans les mines de fer, l'aimant, l'émeraude, l'hématite, etc., qui sont en effet des minéraux ferrugineux en partie, mais qu'on ne doit pas regarder comme de vraies mines de fer, propres à être fondues et converties en ce métal; nous ne parlerons ici que de celles dont on doit faire usage, et on peut les réduire à deux espèces principales.

La première est la mine en roche, c'est-à-dire en masses dures, solides et compactes, qu'on ne peut tirer et séparer qu'à force de coins, de marteaux et de masses, et qu'on pourrait appeler *Pierre de fer*. Ces mines ou roches de fer se trouvent en Suède, en Allemagne, dans les Alpes, dans les Pyrénées, et généralement dans la plupart des hautes montagnes de la terre, mais en bien plus grande quantité vers le nord que du côté du midi. Celles de Suède sont de couleur de fer pour la plupart, et paraissent être du fer presque à demi préparé par la nature: il y en a aussi de couleur brune, rousse ou jaunâtre; il y en a même de toutes blanches à Allevard en Dauphiné, ainsi que d'autres cou-

leurs. Ces dernières mines semblent être composées comme du spath; et on ne reconnaît qu'à leur pesanteur, plus grande que celle des autres spaths, qu'elles contiennent une grande quantité de métal. On peut aussi s'en assurer en les mettant au feu; car, de quelque couleur qu'elles soient, blanches, grises, jaunes, rousses, verdâtres, bleuâtres, violettes ou rouges, toutes deviennent noires à une légère calcination. Les mines de Suède, qui, comme je l'ai dit, semblent être de la pierre de fer, sont attirées par l'aimant; il en est de même de la plupart des autres mines en roche, et généralement de toute matière ferrugineuse qui a subi l'action du feu. Les mines de fer en grains, qui ne sont point tout magnétiques, le deviennent lorsqu'on les fait griller au feu. Ainsi, les mines de fer en roche et en grandes masses, étant magnétiques, doivent leur origine à l'élément du feu. Celles de Suède, qui ont été les mieux observées, sont très-étendues et très-profondes; les filons sont perpendiculaires, toujours épais de plusieurs poids, et quelquefois de quelques toises; on les travaille comme on travaillerait de la pierre très-dure dans une carrière. On y trouve souvent de l'asbeste; ce qui prouve encore que ces mines ont été formées par le feu.

Les mines de la seconde espèce ont au contraire été formées par l'eau, tant du détrimement des premières que de toutes les particules de fer que les végétaux et les animaux rendent à la terre par la décomposition de leur substance: ces mines formées par l'eau sont le plus ordinairement en grains arrondis, plus ou moins gros, mais dont aucun n'est attirable par l'aimant avant d'avoir subi l'action du feu, ou plutôt celle de l'air par le moyen du feu; car, ayant fait griller plusieurs de ces mines dans des vaisseaux ouverts, elles sont toutes devenues très-attirables à l'aimant; au lieu que dans les vaisseaux clos, quoique chauffées à un plus grand feu et pendant plus de temps, elles n'avaient point du tout acquis la vertu magnétique.

On pourrait ajouter à ces mines en grains,

formées par l'eau, une seconde espèce de mine souvent plus pure, mais bien plus rare, qui se forme également par le moyen de l'eau : ce sont les mines de fer cristallisées. Mais, comme je n'ai pas été à portée de traiter par moi-même les mines de fer en roche produites par le feu, non plus que les mines de fer cristallisées par l'eau, je ne parlerai que de la fusion des mines en grains, d'autant que ces dernières mines sont celles qu'on exploite le plus communément dans nos forges de France.

La première chose que j'ai trouvée, et qui me paraît être une découverte utile, c'est qu'avec une mine qui donnait le plus mauvais fer de la province de Bourgogne, j'ai fait du fer aussi ductile, aussi nerveux, aussi ferme que les fers du Berry, qui sont réputés les meilleurs de France. Voici comment j'y suis parvenu : le chemin que j'ai tenu est bien plus long ; mais personne, avant moi, n'ayant frayé la route, on ne sera pas étonné que j'aie fait du circuit.

J'ai pris le dernier jour d'un fondage, c'est-à-dire le jour où l'on allait faire cesser le feu d'un fourneau à fondre la mine de fer, qui durait depuis plus de quatre mois. Ce fourneau, d'environ 20 pieds de hauteur et de 5 pieds et demi de largeur à sa cuve, était bien échauffé, et n'avait été chargé que de cette mine, qui avait la fausse réputation de ne pouvoir donner que des fontes très-blanches, très-cassantes, et par conséquent du fer à très-gros grain, sans nerf et sans ductilité. Comme j'étais dans l'idée que la trop grande violence du feu ne peut qu'aigrir le fer, j'employai ma méthode ordinaire, et que j'ai suivie constamment dans toutes mes recherches sur la nature, qui consiste à voir les extrêmes avant de considérer les milieux : je fis donc, non pas ralentir, mais enlever les soufflets ; et, ayant fait en même temps découvrir le toit de la halle, je substituai aux soufflets un ventilateur simple, qui n'était qu'un cône creux, de 24 pieds de longueur, sur 4 pieds de diamètre au gros bout, et 3 pouces seulement à sa pointe, sur laquelle on adapta une buse de fer, et qu'on plaça dans le trou de la tuyère ; en même temps on continuait à charger de charbon et de mine, comme si l'on eût voulu continuer à couler : les charges descendaient bien plus lentement, parce que le feu n'était plus animé par le vent des soufflets ; il était seulement par un courant d'air que le ventilateur tirait d'en haut, et qui, étant plus frais et plus dense que celui du voisinage de la tuyère, arrivait

avec assez de vitesse pour produire un mur-mure constant dans l'intérieur du fourneau. Lorsque j'eus fait charger environ deux milliers de charbon et quatre milliers de mine, je fis discontinuer pour ne pas trop embarrasser le fourneau ; et le ventilateur étant toujours à la tuyère, je laissai baisser les charbons et la mine sans remplir le vide qu'ils laissaient au-dessus. Au bout de quinze ou seize heures, il se forma de petites loupes, dont on tira quelques-unes par le trou de la tuyère, et quelques autres par l'ouverture de la coulée : le feu dura quatre jours de plus, avant que le charbon ne fût entièrement consumé ; et, dans cet intervalle de temps, on tira de loupes plus grosses que les premières ; et, après les quatre jours, on en trouva de plus grosses encore en vidant le fourneau.

Après avoir examiné ces loupes, qui me parurent être d'une très-bonne étoffe, et dont la plupart portaient à leur circonférence un grain fin, et tout semblable à celui de l'acier, je les fis mettre au feu de l'affinerie et porter sous le marteau : elles en soutinrent le coup sans se diviser, sans s'éparpiller en étincelles, sans donner une grande flamme, sans laisser couler beaucoup de laitier ; choses qui toutes arrivent lorsqu'on forge de mauvais fer. On les forgea à la manière ordinaire : les barres qui en provenaient n'étaient pas toutes de la même qualité ; les unes étaient de fer, les autres d'acier, et le plus grand nombre de fer par un bout ou par un côté, et d'acier par l'autre. J'en ai fait faire des poinçons et des ciseaux par des ouvriers qui trouvèrent cet acier aussi bon que celui d'Allemagne. Les barres, qui n'étaient que de fer, étaient si fermes, qu'il fut impossible de les rompre avec la masse, et qu'il fallut employer le ciseau d'acier pour les entamer profondément des deux côtés, avant de pouvoir les rompre ; ce fer était tout nerf, et ne pouvait se séparer qu'en se déchirant par le plus grand effort. En le comparant au fer que donne cette même mine fondue en gueuses à la manière ordinaire, on ne pouvait se persuader qu'il provenait de la même mine, dont on n'avait jamais tiré que du fer à gros grain, sans nerf et très-cassant.

La quantité de mine que j'avais employée dans cette expérience aurait dû produire au moins 1200 livres de fonte, c'est-à-dire environ 800 livres de fer, si elle eût été fondue par la méthode ordinaire, et je n'avais ob-

tenu que 280 livres tant d'acier que de fer, de toutes les loupes que j'avais réunies ; et, en supposant un déchet de moitié du mauvais fer au bon, et de trois quarts du mauvais fer à l'acier, je voyais que ce produit ne pouvait équivaloir qu'à 500 livres de mauvais fer, et que, par conséquent, il y avait eu plus du quart de mes quatre milliers de mine qui s'était consumé en pure perte, et en même temps près du tiers du charbon brûlé sans produit.

Ces expériences étant donc excessivement chères, et voulant néanmoins les suivre, je pris le parti de faire construire deux fourneaux plus petits ; tous deux cependant de 14 pieds de hauteur, mais dont la capacité intérieure du second était d'un tiers plus petite que celle du premier. Il fallait, pour changer et remplir en entier mon grand fourneau de fusion, cent trente-cinq corbeilles de charbon de 40 livres chacune, c'est-à-dire 5400 livres de charbon, au lieu que, dans mes petits fourneaux, il ne fallait que 900 livres de charbon pour remplir le premier, et 600 livres pour remplir le second ; ce qui diminuait considérablement les trop grands frais de ces expériences. Je fis adosser ces fourneaux l'un à l'autre, afin qu'ils pussent profiter de leur chaleur mutuelle : ils étaient séparés par un mur de trois pieds, et environnés d'un autre mur de 4 pieds d'épaisseur ; le tout bâti en bon moellon et de la même pierre calcaire dont on se sert dans le pays pour faire les étalages des grands fourneaux. La forme de la cavité de ces petits fourneaux était pyramidale sur une base carrée, s'élevant d'abord perpendiculairement à 3 pieds de hauteur, et ensuite s'inclinant en dedans sur le reste de leur élévation, qui était de 11 pieds ; de sorte que l'ouverture supérieure se trouvait réduite à 14 pouces au plus grand fourneau, et 11 pouces au plus petit. Je ne laissai dans le bas qu'une seule ouverture à chacun de mes fourneaux ; elle était surbaissée en forme de voûte ou de lunette, dont le sommet ne s'élevait qu'à 2 pieds $\frac{1}{2}$ dans la partie intérieure, et à 4 pieds en dehors ; je faisais remplir cette ouverture par un petit mur de briques, dans lequel on laissait un trou de quelques pouces en bas pour écouler le laitier, et un autre trou à 1 pied $\frac{1}{2}$ de hauteur pour pomper l'air. Je ne donne point ici la figure de ces fourneaux, parce qu'ils n'ont pas assez bien réussi pour que je prétende les donner pour modèles ; et que d'ailleurs, j'y ai

fait et j'y fais encore des changements essentiels, à mesure que l'expérience m'apprend quelque chose de nouveau. D'ailleurs, ce que je viens de dire suffit pour en donner une idée, et aussi pour l'intelligence de ce qui suit.

Ces fourneaux étaient placés de manière que leur face antérieure, dans laquelle étaient les ouvertures en lunette, se trouvait parallèle au courant d'eau qui fait mouvoir les roues des soufflets de mon grand fourneau et de mes affineries ; en sorte que le grand entonnoir ou ventilateur, dont j'ai parlé, pouvait être posé de manière qu'il recevait sans cesse un air frais par le mouvement des roues ; il portait cet air au fourneau auquel il aboutissait par sa pointe, qui était une buse ou tuyau de fer de forme conique, et d'un pouce et demi de diamètre à son extrémité. Je fis faire en même temps deux tuyaux d'aspiration, l'un de 10 pieds de longueur sur 14 pouces de largeur pour le plus grand de mes petits fourneaux, et l'autre de 7 pieds de longueur et de 11 pouces de côté pour le plus petit. Je fis ces tuyaux d'aspiration carrés, parce que les ouvertures du dessus des fourneaux étaient carrées, et que c'était sur ces ouvertures qu'il fallait les poser ; et quoique ces tuyaux fussent faits d'une tôle assez légère, sur un châssis de fer mince, ils ne laissaient pas d'être pesants, et même embarrassants par leur volume, surtout quand ils étaient fort échauffés : quatre hommes avaient assez de peine pour les déplacer et les replacer ; ce qui cependant était nécessaire toutes les fois qu'il fallait charger les fourneaux.

J'y ai fait dix-sept expériences, dont chacune durait ordinairement deux ou trois jours et deux ou trois nuits. Je n'en donnerai pas le détail, non-seulement parce qu'il serait fort ennuyeux, mais même assez inutile, attendu que je n'ai pu parvenir à une méthode fixe, tant pour conduire le feu que pour le forcer à donner toujours le même produit. Je dois donc me borner aux simples résultats de ces expériences qui m'ont démontré plusieurs vérités que je crois très-utiles.

La première, c'est qu'on peut faire de l'acier de la meilleure qualité sans employer du fer comme on le fait communément, mais seulement en faisant fondre la mine à un feu long et gradué. De mes dix-sept expériences, il y en a eu six où j'ai eu de l'acier bon et médiocre, sept où je n'ai eu que du fer, tantôt très-bon et tantôt mauvais, et quatre où j'ai eu une petite quantité de fonte et du

fer environné d'excellent acier. On ne manquera pas de me dire : donnez-nous donc au moins le détail de celles qui vous ont produit du bon acier : ma réponse est aussi simple que vraie : c'est qu'en suivant les mêmes procédés aussi exactement qu'il m'était possible, en chargeant de la même façon, mettant la même quantité de mine et de charbon, ôtant et mettant le ventilateur et les tuyaux d'aspiration pendant un temps égal, je n'en ai pas moins eu des résultats tout différents. La seconde expérience me donna de l'acier par les mêmes procédés de la première, qui ne m'avait produit que du fer d'une qualité assez médiocre ; la troisième, par les mêmes procédés, m'a donné de très-bon fer ; et quand après cela j'ai voulu varier la suite des procédés, et changer quelque chose à mes fourneaux, le produit en a peut-être moins varié par ces grands changements, qu'il n'avait fait par le seul caprice du feu, dont les effets et la conduite sont si difficiles à suivre, qu'on ne peut les saisir, ni même les deviner qu'après une infinité d'épreuves et de tentatives qui ne sort pas toujours heureuses. Je dois donc me borner à dire ce que j'ai fait, sans anticiper sur ce que des artistes plus habiles pourront faire ; car il est certain qu'on parviendra à une méthode sûre de tirer de l'acier de toute mine de fer, sans la faire couler en gueuses, et sans convertir la fonte en fer.

C'est ici la seconde vérité, aussi utile que la première. J'ai employé trois différentes sortes de mines dans ces expériences ; j'ai cherché, avant de les employer, le moyen d'en bien connaître la nature. Ces trois espèces de mines étaient, à la vérité, toutes les trois en grains plus ou moins fins ; je n'étais pas à portée d'en avoir d'autres, c'est-à-dire des mines en roche en assez grande quantité pour faire mes expériences : mais je suis bien convaincu, après avoir fait les épreuves de mes trois différentes mines en grains, et qui toutes trois m'ont donné de l'acier sans fusion précédente, que les mines en roche et toutes les mines de fer en général, pourraient donner également de l'acier en les traitant comme j'ai traité les mines en grains. Dès-lors, il faut donc bannir de nos idées le préjugé si anciennement, si universellement reçu, que *la qualité du fer dépend de celle de la mine*. Rien n'est plus mal fondé que cette opinion ; c'est au contraire uniquement de la conduite du feu et de la manipulation de la mine que

dépend la bonne ou la mauvaise qualité de la fonte, du fer et de l'acier. Il faut encore bannir un autre préjugé ; c'est qu'on ne peut avoir de l'acier qu'en le tirant du fer ; tandis qu'il est très-possible au contraire d'en tirer immédiatement de toutes sortes de mines. On rejettera donc en conséquence les idées de M. Yonge, et de quelques autres chimistes qui ont imaginé qu'il y avait des mines qui avaient la qualité particulière de pouvoir donner de l'acier, à l'exclusion de toutes les autres.

Une troisième vérité que j'ai recueillie de mes expériences, c'est que toutes nos mines de fer en grains, telles que celles de Bourgogne, de Champagne, de Franche-Comté, de Lorraine, du Nivernais, de l'Angoumois, etc., c'est-à-dire, presque toutes les mines dont on fait nos fers en France, ne contiennent point de soufre comme les mines en roche de Suède ou d'Allemagne ; et que par conséquent elles n'ont pas besoin d'être grillées, ni traitées de la même manière. Le préjugé du soufre contenu en grande quantité dans les mines de fer nous est venu des métallurgistes du nord, qui, ne connaissant que leurs mines en roche qu'on tire de la terre, à de grandes profondeurs, comme nous tirons des pierres d'une carrière, ont imaginé que toutes les mines de fer étaient de la même nature, et contenaient, comme elles, une grande quantité de soufre. Et comme les expériences sur les mines de fer sont très-difficiles à faire, nos chimistes s'en sont rapportés aux métallurgistes du nord, et ont écrit, comme eux, qu'il y avait beaucoup de soufre dans nos mines de fer ; tandis que toutes les mines en grains que je viens de citer, n'en contiennent point du tout, ou si peu, qu'on n'en sent pas l'odeur de quelque façon qu'on les brûle. Les mines en roche ou en pierre, dont j'ai fait venir les échantillons de Suède et d'Allemagne, répandent au contraire une forte odeur de soufre lorsqu'on les fait griller, et en contiennent réellement une très-grande quantité, dont il faut les dépouiller avant de les mettre au fourneau pour les fondre.

Et de là suit une quatrième vérité tout aussi intéressante que les autres : c'est que nos mines en grains valent mieux que ces mines en roche tant vantées, et que si nous ne faisons pas du fer aussi bon ou meilleur que celui de Suède, c'est purement notre faute, et point du tout celle de nos mines, qui toutes nous donneraient des fers de la

première qualité, si nous les traitions avec le même soin que prennent les étrangers pour arriver à ce but ; il nous est même plus aisé de l'atteindre, nos mines ne demandant pas, à beaucoup près, autant de travaux que les leurs (*voyez dans Swedenborg le détail de ces travaux*). La seule extraction de la plupart de ces mines en roche qu'il faut aller arracher du sein de la terre, à trois ou quatre cents pieds de profondeur ; casser à coups de marteaux, de masses et de leviers ; enlever ensuite par des machines jusqu'à la hauteur de terre, doit coûter beaucoup plus que le tirage de nos mines en grains, qui se fait pour ainsi dire à fleur du terrain, et sans autre instrument que la pioche et la pelle. Ce premier avantage n'est pas encore le plus grand ; car il faut reprendre ces quartiers, ces morceaux de pierres de fer, les porter sous les maillets d'un bocard pour les concasser, les broyer et les réduire au même état de division où nos mines en grains se trouvent naturellement ; et, comme cette mine concassée contient une grande quantité de soufre, elle ne produirait que de très-mauvais fer si on ne prenait pas la précaution de lui enlever la plus grande partie de ce soufre surabondant avant de la jeter au fourneau. On la répand, à cet effet, sur des bûchers d'une vaste étendue, ou elle se grille pendant quelques semaines. Cette consommation très-considérable de bois, jointe à la difficulté de l'extraction de la mine, rendrait la chose impraticable en France, à cause de la cherté des bois. Nos mines, heureusement, n'ont pas besoin d'être grillées, et il suffit de les laver pour les séparer de la terre avec laquelle elles sont mêlées ; la plupart se trouvent à quelques pieds de profondeur : l'exploitation de nos mines se fait donc à beaucoup moins de frais, et cependant nous ne profitons pas de tous ces avantages, ou du moins nous n'en avons pas profité jusqu'ici, puisque les étrangers nous apportent leurs fers qui leur coûtent tant de peine, et que nous les achetons de préférence aux nôtres, sur la réputation qu'ils ont d'être de meilleure qualité.

Ceci tient à une cinquième vérité qui est plus morale que physique ; c'est qu'il est plus aisé, plus sûr et plus profitable de faire, surtout en ce genre, de la mauvaise marchandise que de la bonne. Il est bien plus commode de suivre la routine qu'on trouve établie dans les forges, que de chercher à en perfectionner l'art. Pourquoi vouloir faire

du bon fer ? disent la plupart des maîtres de forges ; on ne le vendra pas une pistole au-dessus du fer commun, et il nous reviendra peut-être à trois ou quatre de plus, sans compter les risques et les frais des expériences et des essais, qui ne réussissent pas tous à beaucoup près ? Malheureusement, cela n'est que trop vrai ; nous ne profiterons jamais de l'avantage naturel de nos mines, ni même de notre intelligence, qui valent bien celles des étrangers, tant que le gouvernement ne donnera pas à cet objet plus d'attention, tant qu'on ne favorisera pas le petit nombre de manufactures où l'on fait du bon fer, et qu'on permettra l'entrée des fers étrangers : il me semble que l'on peut démontrer avec la dernière évidence le tort que cela fait aux arts et à l'État ; mais je m'écarterais trop de mon sujet si j'entraîrais ici dans cette discussion.

Tout ce que je puis assurer comme une sixième vérité, c'est qu'avec toutes sortes de mines on peut toujours obtenir du fer de même qualité. J'ai fait brûler et fondre successivement dans mon plus grand fourneau, qui a 23 pieds de hauteur, sept espèces de mines différentes, tirées à deux, trois et quatre lieues de distance les unes des autres, dans des terrains tous différents ; les unes en grains plus gros que des pois, les autres en grains gros comme des chevrotines, plomb à lièvre, et les autres plus menues que le plus petit plomb à tirer ; et de ces sept différentes espèces de mines dont j'ai fait fondre plusieurs centaines de milliers, j'ai toujours eu le même fer. Ce fer est bien connu, non-seulement dans la province de Bourgogne, où sont situées mes forges, mais même à Paris, où s'en fait le principal débit, et il est regardé comme de très-bonne qualité. On serait donc fondé à croire que j'ai toujours employé la même mine, qui, toujours traitée de la même façon, m'aurait constamment donné le même produit ; tandis que, dans le vrai, j'ai usé de toutes les mines que j'ai pu découvrir, et que ce n'est qu'en vertu des précautions et des soins que j'ai pris de les traiter différemment que je suis parvenu à en tirer un résultat semblable, et un produit de même qualité. Voici les observations et les expériences que j'ai faites à ce sujet ; elles seront utiles et même nécessaires à tous ceux qui voudront connaître la qualité des mines qu'ils emploient.

Nos mines de fer en grains ne se trouvent jamais pures dans le sein de la terre ; toutes

sont mélangées d'une certaine quantité de terre qui peut se délayer dans l'eau, et d'un sable plus ou moins fin, qui, dans de certaines mines, est de nature calcaire, dans d'autres de nature vitrifiable, et quelquefois mêlé de l'une et de l'autre; je n'ai pas vu qu'il y eût aucun autre mélange dans les sept espèces de mines que j'ai traitées et fondues avec un égal succès. Pour reconnaître la quantité de terre qui doit se délayer dans l'eau, et que l'on peut espérer de séparer de la mine au lavage, il faut en peser une petite quantité dans l'état même où elle sort de la terre; la faire ensuite sécher, et mettre en compte le poids de l'eau qui se sera dissipée par le dessèchement. On mettra cette terre séchée dans un vase que l'on remplira d'eau, et on la remuera; dès que l'eau sera jaunè ou bourbeuse, on la versera dans un autre vase plat pour en faire évaporer l'eau par le moyen du feu; après l'évaporation, on mettra à part le résidu terreux. On réitérera cette même manipulation jusqu'à ce que la mine ne colore plus l'eau qu'on verse dessus; ce qui n'arrive jamais qu'après un grand nombre de lotions. Alors on réunit ensemble tous ces résidus terreux, et on les pèse pour reconnaître leur quantité relative à celle de la mine.

Cette première partie du mélange de la mine étant connue et son poids constaté, il restera les grains de mine et les sables que l'eau n'a pu délayer: si ces sables sont calcaires, il faudra les faire dissoudre à l'eau-forte, et on en connaîtra la quantité en les faisant précipiter après les avoir dissous; on les pèsera, et dès-lors on saura au juste combien la mine contient de terre, de sable calcaire et de fer en grains. Par exemple, la mine dont je me suis servi pour la première expérience de ce Mémoire, contenait par once un gros et demi de terre délayée par l'eau, 1 gros 55 grains de sable dissous par l'eau-forte, 3 gros 66 grains de mine de fer, et il y a eu 59 grains de perdus dans les lotions et dissolutions. C'est M. Daubenton, de l'Académie des sciences, qui a bien voulu faire cette expérience à ma prière, et qui l'a faite avec toute l'exactitude qu'il apporte à tous les sujets qu'il traite.

Après cette épreuve, il faut examiner attentivement la mine dont on vient de séparer la terre et le sable calcaire, et tâcher de reconnaître, à la seule inspection, s'il ne se trouve pas encore, parmi les grains de fer, des particules d'autres matières que l'eau-

forte n'aurait pu dissoudre, et qui par conséquent ne seraient pas calcaires. Dans celle dont je viens de parler, il n'y en avait point du tout, et dès-lors j'étais assuré que, sur une quantité de 576 livres de cette mine, il y avait 282 parties de mine de fer, 127 de matière calcaire, et le reste de terre qui peut se délayer à l'eau. Cette connaissance une fois acquise, il sera aisé d'en tirer les procédés qu'il faut suivre pour faire fondre la mine avec avantage et avec certitude d'en obtenir du bon fer, comme nous le dirons dans la suite.

Dans les six autres espèces de mines que j'ai employées, il s'en est trouvé quatre dont le sable n'était point dissoluble à l'eau-forte, et dont, par conséquent, la nature n'était pas calcaire, mais vitrifiable; et les deux autres, qui étaient à plus gros grains de fer que les cinq premières, contenaient des graviers calcaires en assez petite quantité, et de petits cailloux arrondis, qui étaient de la nature de la calcédoine, et qui ressemblaient par la forme aux chrysalides des fourmis: les ouvriers employés à l'extraction et au lavage de mes mines les appelaient *œufs de fourmis*. Chacune de ces mines exige une suite de procédés différents pour les fondre avec avantage et pour en tirer du fer de même qualité.

Ces procédés, quoiqu'assez simples, ne laissent pas d'exiger une grande attention; comme il s'agit de travailler sur des milliers de quintaux de mine, on est forcé de chercher tous les moyens, et de prendre toutes les voies qui peuvent aller à l'économie: j'ai acquis sur cela de l'expérience à mes dépens, et je ne ferai pas mention des méthodes qui, quoique plus précises et meilleures que celles dont je vais parler, seraient trop dispendieuses pour pouvoir être mises en pratique. Comme je n'ai pas eu d'autre but dans mon travail que celui de l'utilité publique, j'ai tâché de réduire ces procédés à quelque chose d'assez simple pour pouvoir être entendu et exécuté par tous les maîtres de forges qui voudront faire de bon fer; mais néanmoins en les prévenant d'avance que ce bon fer leur coûtera plus que le fer commun qu'ils ont coutume de fabriquer, par la même raison que le pain blanc coûte plus que le pain bis; car, il ne s'agit de même que de cribler, tirer et séparer le bon grain de toutes les matières hétérogènes dont il se trouve mélangé.

Je parlerai ailleurs de la recherche et de la découverte des mines: mais je suppose ici les mines toutes trouvées et tirées; je sup-

pose aussi que, par des épreuves semblables à celles que je viens d'indiquer, on connait la nature des sables qui y sont mélangés. La première opération qu'il faut faire, c'est de les transporter aux lavoirs, qui doivent être d'une construction différente selon les différentes mines : celles qui sont en grains plus gros que les sables qu'elles contiennent, doivent être lavées dans des lavoirs foncés de fer et percés de petits trous comme ceux qu'a proposés M. Robert (1), et qui sont très-bien imaginés ; car ils servent en même temps de lavoirs et de cribles : l'eau emmène avec elle toute la terre qu'elle peut délayer, et les sablons plus menus que les grains de la mine passent en même temps par les petits trous dont le fond du lavoir est percé ; et dans le cas où les sablons sont aussi gros, mais moins durs que le grain de la mine, le râble de fer les écrase, et ils tombent avec l'eau au-dessous du lavoir ; la mine reste nette et assez pure pour qu'on puisse la fondre avec économie. Mais ces mines, dont les grains sont plus gros et plus durs que ceux des sables ou petits cailloux qui y sont mélangés, sont assez rares. Des sept espèces de mines que j'ai eu occasion de traiter, il ne s'en est trouvé qu'une qui fût dans le cas d'être lavée à ce lavoir, que j'ai fait exécuter et qui a bien réussi ; cette mine est celle qui ne contenait que du sable calcaire, qui communément est moins dur que le grain de la mine. J'ai néanmoins observé que les râbles de fer, en frottant contre le fond du lavoir, qui est aussi de fer, ne laissent pas d'écraser une assez grande quantité de grains de mine, qui, dès-lors, passaient avec le sable et tombaient en pure perte sous le lavoir, et je crois cette perte inévitable dans les lavoirs foncés de fer. D'ailleurs, la quantité de castine que M. Robert était obligé de mêler à ses mines, et qu'il dit être d'un tiers de la mine (2), prouve qu'il restait encore après le lavage une portion considérable de sablon vitrifiable, ou de terre vitrescible, dans ses mines ainsi lavées ; car, il n'aurait eu besoin que d'un sixième ou même d'un huitième de castine, si les mines eussent été plus épurées, c'est-à-dire plus dépouillées de la terre grasse ou du sable vitrifiable qu'elles contenaient.

Au reste, il n'était pas possible de se servir de ce même lavoir pour les autres six

espèces de mines que j'ai eues à traiter ; de ces six, il y en avait quatre qui se sont trouvées mêlées d'un sablon vitrescible aussi dur et même plus dur, et en même temps plus gros ou aussi gros que les grains de la mine. Pour épurer ces quatre espèces de mines, je me suis servi de lavoirs ordinaires et foncés de bois plein, avec un courant d'eau plus rapide qu'à l'ordinaire : on les passait neuf fois de suite à l'eau ; et, à mesure que le courant vif de l'eau emportait la terre et le sablon le plus léger et le plus petit, on faisait passer la mine dans des cribles de fil de fer assez serrés pour retenir tous les petits cailloux plus gros que les grains de la mine. En lavant ainsi neuf fois et criblant trois fois, on parvenait à ne laisser dans ces mines qu'environ un cinquième ou un sixième de ces petits cailloux ou sablons vitrescibles, et c'étaient ceux qui, étant de la même grosseur que les grains de la mine, étaient aussi de la même pesanteur, en sorte qu'on ne pouvait les séparer ni par le lavoir ni par le crible. Après cette première préparation, qui est tout ce qu'on peut faire par le moyen du lavoir et des cribles à l'eau, la mine était assez nette pour pouvoir être mise au fourneau ; et, comme elle était encore mélangée d'un cinquième ou d'un sixième de matières vitrescibles, on pouvait la fondre avec un quart de castine ou matière calcaire, et en obtenir de très-bon fer en ménageant les charges, c'est-à-dire en mettant moins de mine que l'on n'en met ordinairement : mais, comme alors on ne fond pas à profit, parce qu'on use une grande quantité de charbon, il faut encore tâcher d'épurer sa mine avant de la jeter au fourneau. On ne pourra guère en venir à bout qu'en la faisant vanner et cribler à l'air, comme l'on vanne et crible le blé. J'ai séparé par ces moyens encore plus d'une moitié des matières hétérogènes qui restaient dans mes mines ; et, quoique cette dernière opération soit longue et même assez difficile à exécuter en grand, j'ai reconnu, par l'épargne du charbon, qu'elle était profitable : il en coûtait vingt sous pour vanner et cribler quinze cents pesant de mine ; mais on épargnait au fourneau trente-cinq sous de charbon pour la fondre. Je crois donc que, quand cette pratique sera connue, on ne manquera pas de l'adopter. La seule difficulté qu'on y trouvera, c'est de faire sécher assez les mines pour les faire passer aux cribles et les vanner avantageusement. Il y a très-peu de matières qui retiennent l'humidité.

(1) Méthode pour laver les mines de fer ; Paris, 1757, in-12.

(2) *Ibidem*, pages 12 et 13.

dité aussi long-temps que les mines de fer en grains (1) : une seule pluie les rend humides pour plus d'un mois : il faut donc des hangars couverts pour les déposer ; il faut les étendre par petites couches de trois ou quatre pouces d'épaisseur, les remuer, les exposer au soleil ; en un mot, les sécher autant qu'il est possible : sans cela le van ni le crible ne peuvent faire leur effet. Ce n'est qu'en été qu'on peut y travailler ; et, quand il s'agit de faire passer au crible quinze ou dix-huit cents milliers de mine que l'on brûle au fourneau dans cinq ou six mois, on sent bien que le temps doit toujours manquer, et il manque en effet ; car je n'ai pu, par chaque été, faire traiter ainsi qu'environ cinq ou six cents milliers. Cependant, en augmentant l'espace des hangars, et en doublant les machines et les hommes, on en viendrait à bout ; et l'économie qu'on trouverait par la moindre consommation de charbon dédommagerait, et au-delà, de tous ces frais.

On doit traiter de même les mines qui sont mélangées de graviers calcaires et de petits cailloux ou de sable vitrescible ; en séparer le plus que l'on pourra de cette seconde matière, à laquelle la première sert de fondant, et que, par cette raison, il n'est pas nécessaire d'ôter, à moins qu'elle ne fût en trop grande quantité. J'en ai travaillé deux de cette espèce ; elles sont plus fusibles que les autres, parce qu'elles contiennent une bonne quantité de castine, et qu'il ne leur en faut ajouter que peu ou même point du tout, dans le cas où il n'y aurait que peu ou point de matières vitrescibles.

Lorsque les mines de fer ne contiennent point de matières vitrescibles, et ne sont mélangées que de matières calcaires, il faut tâcher de reconnaître la proportion du fer et de la matière calcaire, en séparant les grains de mine un à un sur une petite quantité, ou en dissolvant à l'eau-forte les parties calcai-

res, comme je l'ai dit ci-devant. Lorsqu'on se sera assuré de cette proportion, on saura tout ce qu'il est nécessaire pour fondre ces mines avec succès : par exemple, la mine qui a servi à la première expérience, et qui contenait 1 gros 55 grains de sable calcaire, sur 3 gros 66 grains de fer en grains, et dont il s'était perdu 59 grains dans les lotions et la dissolution, était par conséquent mélangée d'environ un tiers de castine ou de matière calcaire, sur deux tiers de fer en grains. Cette mine porte donc naturellement sa castine ; et on ne peut que gêner la fonte, si on ajoute encore de la matière calcaire pour la fondre : il faut, au contraire, y mêler des matières vitrescibles, et choisir celles qui se fondent le plus aisément. En mettant un quinzième ou même un seizième de terre vitrescible, qu'on appelle *aubué*, j'ai fondu cette mine avec un grand succès, et elle m'a donné d'excellent fer ; tandis qu'en la fondant avec une addition de castine, comme c'était l'usage dans le pays avant moi, elle ne produisait qu'une mauvaise fonte qui cassait par son propre poids sur les rouleaux, en la conduisant à l'affinerie. Ainsi, toutes les fois qu'une mine de fer se trouve naturellement surchargée d'une grande quantité de matières calcaires, il faut, au lieu de castine, employer de l'aubué pour la fondre avec avantage. On doit préférer cette terre aubué à toutes les autres matières vitrescibles, parce qu'elle fond plus aisément que le caillou, le sable cristallin et les autres matières du genre vitrifiable, qui pourraient faire le même effet, mais qui exigeraient plus de charbon pour se fondre. D'ailleurs, cette terre aubué se trouve presque partout, et est la terre la plus commune dans nos campagnes. En se fondant, elle saisit les sablons calcaires, les pénètre, les ramollit et les fait couler avec elle plus promptement que ne pourrait faire le petit caillou ou le sable vitrescible, auxquels il faut beaucoup plus de feu pour les fondre.

(1) Pour reconnaître la quantité d'humidité qui réside dans la mine de fer, j'ai fait sécher, et, pour ainsi dire, griller dans un four très-chaud, trois cents livres de celle qui avait été la mieux lavée, et qui s'était déjà séchée à l'air ; et ayant pesé cette mine au sortir du four, elle ne pesait plus que deux cent cinquante-deux livres : ainsi, la quantité de la matière humide ou volatile que la chaleur lui enlève est, à très-peu près, d'un sixième de son poids total ; et je suis persuadé que, si on la grillait à un feu plus violent, elle perdrait encore plus.

qui convient à la mine, et ensuite dans quelle proportion il faut lui donner ce fondant pour qu'elle se convertisse entièrement en fonte de fer, et qu'elle ne brûle pas avant d'entrer en fusion. Si la mine est mêlée d'un tiers ou d'un quart de matières vitrescibles, et qu'il ne s'y trouve aucune matière calcaire, alors un demi-tiers ou un demi-quart de matières calcaires suffira pour la fondre; et si, au contraire, elle se trouve naturellement mélangée d'un tiers ou d'un quart de sable ou de gravier calcaire, un quinzième ou un dix-huitième d'aubué suffira pour la faire couler et la préserver de l'action trop subite du feu, qui ne manquerait pas de la brûler en partie. On pêche presque partout par l'excès de castine qu'on met dans les fourneaux; il y a même des maîtres de cet art assez peu instruits pour mettre de la castine et de l'aubué tout ensemble ou séparément, suivant qu'ils imaginent que leur mine est trop froide ou trop chaude; tandis que, dans le réel, toutes les mines de fer, du moins toutes les mines en grains, sont également fusibles, et ne diffèrent les unes des autres que par les matières dont elles sont mélangées, et point du tout par leurs parties intrinsèques, qui sont absolument les mêmes, et qui m'ont démontré que le fer, comme tout autre métal, est un dans la nature.

On reconnaît par les laitiers si la proportion de la castine ou de l'aubué que l'on jette au fourneau pêche par excès ou par défaut: lorsque les laitiers sont trop légers, spongieux et blancs, presque semblables à la pierre ponce, c'est une preuve certaine qu'il y a trop de matière calcaire; en diminuant la quantité de cette matière, on verra le laitier prendre plus de solidité, et former un verre ordinairement de couleur verdâtre, qui file, s'étend et coule lentement au sortir du fourneau. Si au contraire le laitier est trop visqueux, s'il ne coule que très-difficilement, s'il faut l'arracher du sommet de la dame, on peut être sûr qu'il n'y a pas assez de castine, ou peut-être pas assez de charbon proportionnellement à la mine; la consistance et même la couleur du laitier sont les indices les plus sûrs du bon ou du mauvais état du fourneau, et de la bonne ou mauvaise proportion des matières qu'on y jette: il faut que le laitier coule seul et forme un ruisseau lent sur la pente qui s'étend du sommet de la dame au terrain; il faut que sa couleur ne soit pas d'un rouge

trop vif ou trop foncé, mais d'un rouge pâle et blanchâtre; et, lorsqu'il est refroidi, on doit trouver un verre solide, transparent et verdâtre, aussi pesant et même plus que le verre ordinaire. Rien ne prouve mieux le mauvais travail du fourneau, ou la disproportion des mélanges, que les laitiers trop légers, trop pesants, trop obscurs; et ceux dans lesquels on remarque plusieurs petits trous ronds, gros comme les grains de mine, ne sont pas des laitiers proprement dits, mais de la mine brûlée qui ne s'est pas fondue.

Il y a encore plusieurs attentions nécessaires, et quelques précautions à prendre pour fondre les mines de fer avec la plus grande économie. Je suis parvenu, après un grand nombre d'essais réitérés, à ne consommer qu'une livre sept onces et demie, ou tout au plus une livre huit onces de charbon pour une livre de fonte; car, avec deux mille huit cent quatre-vingts livres de charbon, lorsque mon fourneau est pleinement animé, j'obtiens constamment des gueuses de dix-huit cent soixante-quinze, dix-neuf cents et dix-neuf cent cinquante livres, et je crois que c'est le plus haut point d'économie auquel on puisse arriver: car M. Robert, qui, de tous les maîtres de cet art, est peut-être celui qui, par le moyen de son lavoir, a le plus épuré ses mines, consommait néanmoins une livre dix onces de charbon pour chaque livre de fonte, et je doute que la qualité de ses fontes fût aussi parfaite que celle des miennes; mais cela dépend, comme je viens de le dire, d'un grand nombre d'observations et de précautions dont je vais indiquer les principales.

1^o. La cheminée du fourneau, depuis la cuve jusqu'au gueulard, doit être circulaire et non pas à huit pans, comme était le fourneau de M. Robert, ou carrée comme le sont les cheminées de la plupart des fourneaux en France: il est bien aisé de sentir que, dans un carré, la chaleur se perd dans les angles sans réagir sur la mine, et que par conséquent on brûle plus de charbon pour en fondre la même quantité.

2^o. L'ouverture du gueulard ne doit être que de la moitié du diamètre de la largeur de la cuve du fourneau. J'ai fait des fondages avec de très-grands et de très-petits gueulards; par exemple, de 3 pieds $\frac{1}{2}$ de diamètre, la cuve n'ayant que 5 pieds de diamètre, ce qui est à peu près la proportion des fourneaux de Suède; et j'ai vu que chaque livre de fonte consommait près de deux

livres de charbon. Ensuite, ayant rétréci la cheminée du fourneau, et laissant toujours à la cuve un diamètre de 5 pieds, j'ai réduit le gueulard à 2 pieds de diamètre; et, dans ce fondage, j'ai consommé une livre treize onces de charbon pour chaque livre de fonte. La proportion qui m'a le mieux réussi, et à laquelle je me suis tenu, est celle de 2 pieds $\frac{1}{2}$ de diamètre au gueulard, sur 5 pieds à la cuve, la cheminée formant un cône droit, portant sur des gueuses circulaires depuis la cuve au gueulard, le tout construit avec des briques capables de résister au plus grand feu. Je donnerai ailleurs la composition de ces briques, et les détails de la construction du fourneau, qui est toute différente de ce qui s'est pratiqué jusqu'ici, surtout pour la partie qu'on appelle *l'ouvrage dans le fourneau*.

3°. La manière de charger le fourneau ne laisse pas d'influer beaucoup plus qu'on ne croit sur le produit de la fusion : au lieu de charger, comme c'est l'usage, toujours du côté de la rustine, et de laisser couler la mine en pente, de manière que ce côté de rustine est constamment plus chargé que les autres, il faut la placer au milieu du gueulard, l'élever en cône obtus, et ne jamais interrompre le cours de la flamme qui doit toujours envelopper le tas de mine tout autour et donner constamment le même degré de feu : par exemple, je fais charger communément six paniers de charbon de quarante livres chacun, sur huit mesures de mine de cinquante-cinq livres chacune, et je fais couler à douze charges; j'obtiens communément dix-neuf cent vingt-cinq livres de fonte de la meilleure qualité. On commence, comme partout ailleurs, à mettre le charbon; j'observe seulement de ne me servir au fourneau que de charbon de bois de chêne, et je laisse pour les affineries le charbon des bois plus doux. On jette d'abord cinq paniers de ce gros charbon de bois de chêne, et le dernier panier qu'on impose sur les cinq autres doit être d'un charbon plus menu, que l'on entasse et brise avec un râble, pour qu'il remplisse exactement les vides que laissent entre eux les gros charbons : cette précaution est nécessaire pour que la mine, dont les grains sont très-menus, ne perce pas trop vite, et n'arrive pas trop tôt au bas du fourneau. C'est aussi par la même raison qu'avant d'imposer la mine sur ce dernier charbon, qui doit être, non pas à fleur du gueulard, mais à deux pouces au-

dessous, il faut, suivant la nature de la mine, répandre une portion de la castine ou de l'aubué, nécessaire à la fusion, sur la surface du charbon : cette couche de matière soutient la mine et l'empêche de percer. Ensuite, on impose au milieu de l'ouverture une mesure de mine qui doit être mouillée, non pas assez pour tenir à la main, mais assez pour que les grains aient entre eux quelque adhérence, et fassent quelques petites pelottes. Sur cette première mesure de mine on en met une seconde, et on relève le tout en cône, de manière que la flamme l'enveloppe en entier; et, s'il y a quelques points dans cette circonférence où la flamme ne perce pas, on enfonce un petit ringard pour lui donner jour, afin d'entretenir l'égalité tout autour de la mine. Quelques minutes après, lorsque le cône de mine est affaissé de moitié ou des deux tiers, on impose de la même façon une troisième et une quatrième mesure qu'on relève de même, et ainsi de suite jusqu'à la huitième mesure. On emploie quinze ou vingt minutes à charger successivement la mine; cette manière est meilleure et bien plus profitable que la façon ordinaire qui est en usage, par laquelle on se presse de jeter, et toujours du même côté, la mine tout ensemble en moins de trois ou quatre minutes.

4°. La conduite du vent contribue beaucoup à l'augmentation du produit de la mine et de l'épargne du charbon : il faut, dans le commencement du fondage, donner le moins de vent qu'il est possible, c'est-à-dire à peu près six coups de soufflets par minute, et augmenter peu à peu le mouvement pendant les quinze premiers jours, au bout desquels on peut aller jusqu'à onze et même jusqu'à douze coups de soufflets par minute; mais il faut encore que la grandeur des soufflets soit proportionnée à la capacité du fourneau, et que l'orifice de la tuyère soit placé d'un tiers plus près de la rustine que de la tympe, afin que le vent ne se porte pas trop du côté de l'ouverture qui donne passage au laitier. Les buses des soufflets doivent être posées à six ou sept pouces en dedans de la tuyère, et le milieu du creuset doit se trouver à l'aplomb du centre du gueulard; de cette manière le vent circule à peu près également dans toute la cavité du fourneau, et la mine descend, pour ainsi dire, à plomb, et ne s'attache que très-rarement et en petite quantité aux parois du fourneau : dès-lors il s'en brûle très-peu,

et l'on évite les embarras qui se forment souvent par cette mine attachée, et les bouillonnements qui arrivent dans le creuset lorsqu'elle vient à se détacher et y tomber en masse. Mais je renvoie les détails de la construction et de la conduite des fourneaux à un autre Mémoire, parce que ce sujet exige une très-longue discussion. Je pense que j'en ai dit assez pour que les maîtres de forges puissent m'entendre, et changer ou perfectionner leurs méthodes d'après la mienne. J'ajouterai seulement que, par les moyens que je viens d'indiquer, et en ne pressant pas le feu, en ne cherchant point à accélérer les coulées, en n'augmentant de mine qu'avec précaution, en se tenant toujours au-dessous de la quantité qu'on pourrait charger, on sera sûr d'avoir de très-bonne fonte grise, dont on tirera d'excellent fer, et qui sera toujours de même qualité, de quelque mine qu'il provienne. Je puis l'assurer de toutes les mines en grains, puisque j'ai sur cela l'expérience la plus constante et les faits les plus réitérés. Mes fers, depuis cinq ans, n'ont jamais varié pour la qualité, et néanmoins j'ai employé sept espèces de mines différentes : mais je n'ai garde d'assurer de même que les mines de fer en roche donneraient, comme celles en grains, du fer de même qualité ; car, celles qui contiennent du cuivre ne peuvent guère produire que du fer aigre et cassant, de quelque manière qu'on voudrait les traiter ; parce qu'il est impossible de les purger de ce métal, dont le moindre mélange gâte beaucoup la qualité du fer. Celles qui contiennent des pyrites et beaucoup de soufre demanderaient à être traitées dans de petits fourneaux presque ouverts, ou à la manière des forges des Pyrénées ; mais, comme toutes les mines en grains, du moins toutes celles que j'ai eu occasion d'examiner (et j'en ai vu beaucoup, m'en étant procuré d'un grand nombre d'endroits), ne contiennent ni cuivre ni soufre, on sera certain d'avoir du très-bon fer et de la même qualité, en suivant les procédés que je viens d'indiquer. Et, comme ces mines en grains sont, pour ainsi dire, les seules que l'on exploite en France, et qu'à l'exception des provinces du Dauphiné, de Bretagne, du Roussillon, du pays de Foix, etc., où l'on se sert de mine en roche, presque toutes nos autres provinces n'ont que des mines en grains ; les procédés que je viens de donner pour le traitement de ces mines en grains seront plus généralement utiles au royaume

que les manières particulières de traiter les mines en roche, dont d'ailleurs on peut s'instruire dans Swedenborg et dans quelques autres auteurs.

Ces procédés, que tous les gens qui connaissent les forges peuvent entendre aisément, se réduisent à séparer d'abord, autant qu'il sera possible, toutes les matières étrangères qui se trouvent mêlées avec la mine ; si l'on pouvait en avoir le grain pur et sans aucun mélange, tous les fers, dans tous les pays, seraient exactement de la même qualité : je me suis assuré, par un grand nombre d'essais, que toutes les mines en grains, ou plutôt, que tous les grains des différentes mines sont à très-peu près de la même substance. Le fer est un dans la nature, comme l'or et tous les autres métaux ; et, dans les mines en grains, les différences qu'on y trouve ne viennent pas de la matière qui compose le grain, mais de celles qui se trouvent mêlées avec les grains, et que l'on n'en sépare pas avant de les faire fondre. La seule différence que j'aie observée entre les grains des différentes mines que j'ai fait trier un à un pour faire mes essais, c'est que les plus petits sont ceux qui ont la plus grande pesanteur spécifique, et par conséquent ceux qui, sous le même volume, contiennent le plus de fer : il y a communément une petite cavité au centre de chaque grain ; plus ils sont gros, plus ce vide est grand : il n'augmente pas comme le volume seulement, mais en bien plus grande proportion ; en sorte que les plus gros grains sont à peu près comme les géodes ou pierres d'aigle, qui sont elles-mêmes de gros grains de mine de fer, dont la cavité intérieure est très-grande. Ainsi, les mines en grains très-menus sont ordinairement les plus riches : j'en ai tiré jusqu'à 49 et 50 par cent de fer en gueuse, et je suis persuadé que si je les avais épurées en entier, j'aurais obtenu plus de soixante par cent ; car il y restait environ un cinquième de sable vitrescible aussi gros et à peu près aussi pesant que le grain, et que je n'avais pu séparer ; ce cinquième déduit sur cent, reste quatre-vingts, dont ayant tiré cinquante, on aurait par conséquent obtenu soixante-deux et demi. On demandera peut-être comment je pouvais m'assurer qu'il ne restait qu'un cinquième de matières hétérogènes dans la mine, et comment il faut faire en général pour reconnaître cette quantité : cela n'est point du tout difficile ; il suffit de peser exactement une demi-livre de la mine,

la livrer ensuite à une petite personne attentive, once par once, et lui en faire trier tous les grains un à un ; ils sont toujours très-reconnaissables par leur luisant métallique ; et lorsqu'on les a tous triés, on pèse les grains d'un côté et les sablons de l'autre, pour reconnaître la proportion de leurs quantités.

Les métallurgistes qui ont parlé des mines de fer en roche disent qu'il y en a quelques-unes de si riches, qu'elles donnent 70 et même 75, et davantage de fer en gueuse par cent : cela semble prouver que ces mines en roche sont en effet plus abondantes en fer que les mines en grains. Cependant, j'ai quelque peine à le croire ; et ayant consulté les Mémoires de feu M. Jars, qui a fait en Suède des observations exactes sur les mines, j'ai vu que, selon lui, les plus riches ne donnent que cinquante pour cent de fonte en gueuse. J'ai fait venir des échantillons de plusieurs mines de Suède, de celles des Pyrénées et de celles d'Allevard en Dauphiné, que M. le comte de Baral a bien voulu me procurer, en m'envoyant la note ci-jointe (1), et les ayant comparées à la balance hydrostatique avec nos mines en grains, elles se sont à la vérité trouvées plus pesantes : mais cette épreuve n'est pas concluante, à cause de la cavité qui se trouve dans chaque grain de nos mines, dont on ne peut pas estimer au juste, ni même à peu près, le rapport avec le volume total du grain. Et l'épreuve chimique que M. Sage a faite, à ma prière,

(1) « La terre d'Allevard est composée du bourg d'Allevard et de cinq paroisses, dans lesquelles il peut y avoir près de six mille personnes, toutes occupées, soit à l'exploitation des mines, soit à convertir les bois en charbon, et aux travaux des fourneaux, forges et martinets. La hauteur des montagnes est pleine de rameaux de mines de fer ; et elles y sont si abondantes, qu'elles fournissent des mines à toute la province de Dauphiné : les qualités en sont si fines et si pures, qu'elles ont toujours été absolument nécessaires pour la fabrique royale de canons de Saint-Gervais, d'où l'on vient les chercher à grands frais. Ces mines sont toutes répandues dans le cœur des roches où elles forment des rameaux, et dans lesquelles elles se renouvellent par une végétation continuelle.
 » Le fourneau est situé dans le centre des bois et des mines : c'est l'eau qui souffle le feu, et les courants d'eau sont immenses. Il n'y a par conséquent aucun soufflet ; mais l'eau tombe dans des arbres creusés dans de grands tonneaux, y attire une quantité d'air immense qui va par un conduit souffler le fourneau ; l'eau, plus pesante, s'enfuit par d'autres conduits. »

d'un morceau de mine de fer cubique, semblable à celui de Sibérie, que mes tireurs de mine ont trouvé dans le territoire de Montbard, semble confirmer mon opinion, M. Sage n'en ayant tiré que cinquante pour cent (2) : cette mine est toute différente de nos mines en grains, le fer y étant contenu en masses de figure cubique, au lieu que tous nos grains sont toujours plus ou moins arrondis ; et que, quand ils forment une masse, ils ne sont, pour ainsi dire, qu'agglutinés par un ciment terreux, facile à diviser ; au lieu que dans cette mine cubique, ainsi que dans toutes les autres vraies mines en roche, le fer est intimement uni avec les autres matières qui composent leur masse. J'aurais bien désiré faire l'épreuve en grand de cette mine cubique ; mais on n'en a trouvé que quelques petits morceaux dispersés çà et là dans les fougères des autres mines, et il m'a été impossible d'en rassembler assez pour en faire l'essai dans mes fourneaux.

Les essais en grand des différentes mines de fer sont plus difficiles et demandent plus d'attention qu'on ne l'imaginerait. Lorsqu'on veut fondre une nouvelle mine, et en comparer au juste le produit avec celui des mines dont on usait précédemment, il faut prendre le temps où le fourneau est en plein exercice ; et s'il consomme dix mesures de mine par charge, ne lui en donner que sept ou huit de la nouvelle mine. Il m'est arrivé d'avoir fort embarrassé mon fourneau faute d'avoir pris cette précaution, parce qu'une mine, dont on n'a point encore usé, peut exiger plus de charbon qu'une autre, ou plus

(2) Cette mine est brune, fait feu avec le briquet, et est minéralisée par l'acide marin : on remarque dans sa fracture des petits points brillants de pyrites martiales ; dans les fentes, on trouve des cubes de fer de deux lignes de diamètre, dont les surfaces sont striées ; les stries sont opposées suivant les faces ; ce caractère se remarque dans les mines de fer de Sibérie : cette mine est absolument semblable à celles de ce pays par la couleur, la configuration des cristaux, et les minéralisations ; elle en diffère en ce qu'elle ne contient point d'or.

Par la distillation au fourneau de réverbère, j'ai retiré de six cents grains de cette mine vingt gouttes d'eau insipide et très-claire : j'avais enduit d'huile de tartre par défaillance le récipient que j'avais adapté à la cornue ; la distillation finie, je l'ai trouvé obscurci par des cristaux cubiques de sel fébrifuge de *Sylvius*.

Le résidu de la distillation était d'un rouge pourpre, et avait diminué de dix livres par quintal.

J'ai retiré de cette mine cinquante-deux livres de fer par quintal ; il était très-ductile.

ou moins de vent, plus ou moins de castine; et, pour ne rien risquer, il faut commencer par une moindre quantité, et charger ainsi jusqu'à la première coulée. Le produit de cette première coulée est une fonte mélangée environ par moitié de la mine ancienne et de la nouvelle; et ce n'est qu'à la seconde, et quelquefois même à la troisième coulée, que l'on a sans mélange la fonte produite par la nouvelle mine: si la fusion s'en fait avec succès, c'est-à-dire sans embarrasser le fourneau, et si les charges descendent promptement, on augmentera la quantité de mine par demi-mesure, non pas de charge en charge, mais seulement de coulées en coulées, jusqu'à ce qu'on parvienne au point d'en mettre la plus grande quantité qu'on puisse employer sans gêner sa fonte. C'est ici le point essentiel, et auquel tous les gens de cet art manquent par raison d'intérêt. Comme ils ne cherchent qu'à faire la plus grande quantité de fonte, sans trop se soucier de la qualité; qu'ils paient même leur fondeur au millier, et qu'ils en sont d'autant plus contents, que cet ouvrier coule plus de fonte toutes les vingt-quatre heures; ils ont coutume de faire charger le fourneau d'autant de mine qu'il peut en supporter sans s'obstruer; et, par ce moyen, au lieu de quatre cents milliers de bonne fonte qu'ils feraient en quatre mois, ils en font, dans ce même espace de temps, cinq ou six cents milliers. Cette fonte, toujours très-cassante et très-blanche, ne peut produire que du fer très-médiocre ou mauvais; mais, comme le débit en est plus assuré que celui du bon fer qu'on ne peut pas donner au même prix, et qu'il y a beaucoup plus à gagner, cette mauvaise pratique s'est introduite dans presque toutes les forges, et rien n'est plus rare que les fourneaux où l'on fait de bonnes fontes. On verra dans le Mémoire suivant, où je rapporte les expériences que j'ai faites au sujet des canons de la marine, combien les bonnes fontes sont rares, puisque celle même dont on se sert pour les canons n'est pas à beaucoup près d'une aussi bonne qualité qu'on pourrait et qu'on devrait la faire.

Il en coûte à peu près un quart de plus pour faire de la bonne fonte que pour en faire de la mauvaise: ce quart, que dans la plupart de nos provinces on peut évaluer à dix francs par millier, produit une différence de quinze francs sur chaque millier de fer; et ce bénéfice, qu'on ne fait qu'en trompant le public, c'est-à-dire en lui donnant de la

mauvaise marchandise, au lieu de lui en fournir de la bonne, se trouve encore augmenté de près du double par la facilité avec laquelle ces mauvaises fontes coulent à l'affinerie; elles demandent beaucoup moins de charbon et encore moins de travail pour être converties en fer; de sorte qu'entre la fabrication du bon fer et du mauvais fer, il se trouve nécessairement et tout au moins une différence de vingt-cinq francs. Et néanmoins dans le commerce, tel qu'il est aujourd'hui et depuis plusieurs années, on ne peut espérer de vendre le bon fer que dix francs tout au plus au-dessus du mauvais; il n'y a donc que les gens qui veulent bien, pour l'honneur de leur manufacture, perdre quinze francs par millier de fer, c'est-à-dire environ deux mille écus par an, qui fassent du bon fer. Perdre, c'est-à-dire gagner moins; car, avec de l'intelligence, et en se donnant beaucoup de peine, on peut encore trouver quelque bénéfice en faisant du bon fer: mais ce bénéfice est si médiocre, en comparaison du gain qu'on fait sur le fer commun, qu'on doit être étonné qu'il y ait encore quelques manufactures qui donnent du bon fer. En attendant qu'on réforme cet abus, suivons toujours notre objet: si l'on n'écoute pas ma voix aujourd'hui, quelque jour on y cédera en consultant mes écrits, et l'on sera fâché d'avoir attendu si long-temps à faire un bien qu'on pourrait faire dès demain, en proscrivant l'entrée des fers étrangers dans le royaume, ou en diminuant les droits de la marque des fers.

Si l'on veut donc avoir, je ne dis pas de la fonte parfaite et telle qu'il la faudrait pour les canons de la marine, mais seulement de la fonte assez bonne pour faire du fer liant, moitié nerf et moitié grain, du fer, en un mot, aussi bon et meilleur que les fers étrangers, on y parviendra très-aisément par les procédés que je viens d'indiquer. On a vu dans le quatrième Mémoire, où j'ai traité de la ténacité du fer, combien il y a de différence pour la force et pour la durée entre le bon et le mauvais fer; mais je me borne dans celui-ci à ce qui a rapport à la fusion des mines et à leur produit en fonte. Pour m'assurer de leur qualité et reconnaître en même temps si elle ne varie pas, mes gardes-fourneaux ne manquent jamais de faire un petit enfoncement horizontal d'environ trois pouces de profondeur à l'extrémité antérieure du moule de la gueuse; on casse le petit morceau lorsqu'on la sort du moule,

et on l'enveloppe d'un morceau de papier portant le même numéro que celui de la gueuse. J'ai de chacun de mes fondages deux ou trois cents de ces morceaux numérotés, par lesquels je connais non-seulement le grain et la couleur de mes fontes, mais aussi la différence de leur pesanteur spécifique, et par là je suis en état de prononcer d'avance sur la qualité du fer que chaque gueuse produira, car, quoique la mine soit la même et qu'on suive les mêmes procédés au fourneau, le changement de la température de l'air, le haussement ou le baissement des eaux, le jeu des soufflets plus ou moins soutenu, les retardements causés par les glaces ou par quelque accident aux roues, aux harnais ou à la tuyère et au creuset du fourneau, rendent la fonte assez différente d'elle-même, pour qu'on soit forcé d'en faire un choix si l'on veut avoir du fer toujours de la même qualité. En général, il faut, pour qu'il soit de cette bonne qualité, que la couleur de la fonte soit d'un gris un peu brun, que le grain en soit presque aussi fin que celui de l'acier commun, que le poids spécifique soit d'environ cinq cent quatre ou cinq cent cinq livres par pied cube, et qu'en même temps elle soit d'une si grande résistance, qu'on ne puisse casser les gueuses avec la masse.

Tout le monde sait que quand on commence un fondage, on ne met d'abord qu'une petite quantité de mine, un sixième, un cinquième et tout au plus un quart de la quantité qu'on mettra dans la suite, et qu'on augmente peu à peu cette première quantité pendant les premiers jours, parce qu'il en faut au moins quinze pour que le fond du fourneau soit échauffé. On donne aussi assez peu de vent dans ces commencements, pour ne pas détruire le creuset et les étalages du fourneau en leur faisant subir une chaleur trop vive et trop subite. Il ne faut pas compter sur la qualité des fontes que l'on tire pendant ces premiers quinze ou vingt jours; comme le fourneau n'est pas encore réglé, le produit en varie suivant les différentes circonstances : mais, lorsque le fourneau a acquis le degré de chaleur suffisant, il faut bien examiner la fonte, et s'en tenir à la quantité de mine qui donne la meilleure; une mesure sur dix suffit souvent pour en changer la qualité : ainsi, l'on doit toujours se tenir au-dessous de ce que l'on pourrait fondre avec la même quantité de charbon, qui ne doit jamais varier si l'on conduit bien son fourneau. Mais je réserve les détails de

cette conduite du fourneau, et tout ce qui regarde sa forme et sa construction, pour l'article où je traiterai du fer en particulier, dans l'histoire des minéraux, et je me bornerai ici aux choses les plus générales et les plus essentielles de la fusion des mines.

Le fer étant, comme je l'ai dit, toujours de même nature dans toutes les mines en grains, on sera donc sûr, en les nettoyant et en les traitant comme je viens de le dire, d'avoir toujours de la fonte d'une bonne et même qualité; on le reconnaîtra, non-seulement à la couleur, à la finesse du grain, à la pesanteur spécifique, mais encore à la ténacité de la matière : la mauvaise fonte est très-cassante; et, si l'on veut en faire des plaques minces et des côtés de cheminées, le seul coup de l'air les fait fendre au moment que ces pièces commencent à se refroidir, au lieu que la bonne fonte ne casse jamais, quelque mince qu'elle soit. On peut même reconnaître au son la bonne ou la mauvaise qualité de la fonte : celle qui sonne le mieux est toujours la plus mauvaise, et lorsqu'on veut en faire des cloches, il faut pour qu'elles résistent à la percussion du battant, leur donner plus d'épaisseur qu'aux cloches de bronze, et choisir de préférence une mauvaise fonte, car la bonne sonnerait mal.

Au reste, la fonte de fer n'est point encore un métal; ce n'est qu'une matière mêlée de fer et de verre, qui est bonne ou mauvaise, suivant la quantité dominante de l'un ou de l'autre. Dans toutes les fontes noires, brunes et grises, dont le grain est fin et serré, il y a beaucoup plus de fer que de verre ou d'autre matière hétérogène. Dans toutes les fontes blanches, où l'on voit plutôt des lames et des écailles que des grains, le verre est peut-être plus abondant que le fer; c'est par cette raison qu'elles sont plus légères et très-cassantes : le fer qui en provient conserve les mêmes qualités. On peut, à la vérité, corriger un peu cette mauvaise qualité de la fonte par la manière de la traiter à l'affinerie; mais l'art du marteleur est, comme celui du fondeur, un pauvre petit métier, dont il n'y a que les maîtres de forges ignorants qui soient dupes : jamais la mauvaise fonte ne peut produire d'aussi bon fer que la bonne : jamais le marteleur ne peut réparer pleinement ce que le fondeur a gâté.

Cette manière de fondre la mine de fer et de la faire couler en gueuses, c'est-à-dire en gros lingots de fonte, quoique la plus générale, n'est peut-être pas la meilleure ni la

moins dispendieuse. On a vu, par le résultat des expériences que j'ai citées dans ce Mémoire, qu'on peut faire d'excellent fer, et même de très-bon acier, sans les faire passer par l'état de la fonte. Dans nos provinces voisines des Pyrénées, en Espagne, en Italie, en Styrie et dans quelques autres endroits, on tire immédiatement le fer de la mine sans le faire couler en fonte. On fond, ou plutôt on ramollit la mine sans fondant, c'est-à-dire sans castine, dans de petits fourneaux dont je parlerai dans la suite; et on en tire des loupes ou des masses de fer déjà pur, qui n'a point passé par l'état de la fonte, qui s'est formé par une demi-fusion; par une espèce de coagulation de toutes les parties ferrugineuses de la mine: ce fer, fait

par coagulation, est certainement le meilleur de tous: on pourrait l'appeler *fer à 24 karats*; car, au sortir du fourneau, il est déjà presque aussi pur que celui de la fonte qu'on a purifiée par deux chaudières au feu de l'affinerie. Je crois donc cette pratique excellente; je suis même persuadé que c'est la seule manière de tirer immédiatement de l'acier de toutes les mines, comme je l'ai fait dans mes fourneaux de 14 pieds de hauteur. Mais n'ayant fait exécuter que l'été dernier, 1772, les petits fourneaux des Pyrénées, d'après un Mémoire envoyé à l'Académie des sciences, j'y ai trouvé des difficultés qui m'ont arrêté, et me forcent à renvoyer à un autre Mémoire tout ce qui a rapport à cette manière de fondre les mines de fer.

DIXIÈME MÉMOIRE.

OBSERVATIONS ET EXPÉRIENCES FAITES DANS LA VUE D'AMÉLIORER LES CANONS DE LA MARINE.

LES canons de la marine sont de fonte de fer, en France comme en Angleterre, en Hollande et partout ailleurs. Deux motifs ont pu donner également naissance à cet usage: le premier est celui de l'économie; un canon de fer coulé coûte beaucoup moins qu'un canon de fer battu, et encore beaucoup moins qu'un canon de bronze; et cela seul a peut-être suffi pour les faire préférer, d'autant que le second motif vient à l'appui du premier. On prétend, et je suis très-porté à le croire, que les canons de bronze, dont quelques-uns de nos vaisseaux de parade sont armés, rendent dans l'instant de l'explosion un son si violent, qu'il en résulte dans l'oreille de tous les habitants du vaisseau un tintement assourdissant, qui leur ferait perdre en peu de temps le sens de l'ouïe. On assure d'autre côté que les canons de fer battu, sur lesquels on pourrait, par l'épargne de la matière, regagner une partie des frais de la fabrication, ne doivent point être employés sur les vaisseaux, par cette raison même de leur légèreté qui paraîtrait devoir les faire préférer; l'explosion les fait sauter dans les sabords, où l'on ne peut, dit-on, les retenir invinciblement, ni même assez pour les diriger à coup sûr. Si cet inconvénient

n'est pas réel, ou si l'on pouvait y parer, nul doute que les canons de fer forgé ne dussent être préférés à ceux de fer coulé; ils auraient moitié plus de légèreté et plus du double de résistance. Le maréchal de Vauban en avait fait fabriquer de très-beaux, dont il restait encore ces années dernières quelques tronçons à la manufacture de Charleville (1). Le

(1) Une personne très-versée dans la connaissance de l'art des forges m'a donné la note suivante:

« Il me paraît que l'on peut faire des canons de fer » battu, qui seraient beaucoup plus sûrs et plus lé- » gers que les canons de fer coulé; et voici les pro- » portions sur lesquelles il faudrait en tenter les ex- » périences.

» Les canons de fer battu, de quatre livres de » balles, auront 7 pouces et demi d'épaisseur à leur » plus grand diamètre;

» Ceux de huit, 10 pouces;

» Ceux de douze, 1 pied;

» Ceux de vingt-quatre livres, 14 pouces;

» Ceux de trente-six livres, 16 pouces $\frac{1}{2}$.

» Ces proportions sont plutôt trop fortes que trop » faibles: peut-être pourra-t-on les réduire à 6 pouces » $\frac{1}{2}$ pour les canons de quatre; ceux de huit livres, » à 8 pouces $\frac{1}{2}$; ceux de douze livres, à 9 pouces $\frac{1}{2}$; » ceux de vingt-quatre, à 12 pouces; et ceux de trente- » six, à 14 pouces.

» Les longueurs, pour les canons de quatre,

travail n'en serait pas plus difficile que celui des ancrés, et une manufacture aussi-bien

» seront de 5 pieds $\frac{1}{2}$; ceux de huit, de 7 pieds de longueur; ceux de douze livres, de 7 pieds 9 pouces de longueur; ceux de vingt-quatre, de 8 pieds 9 pouces; ceux de trente-six, de 9 pieds 2 pouces de longueur.

» L'on pourrait même diminuer ces proportions de longueur assez considérablement sans que le service en souffrit, c'est-à-dire faire les canons de quatre, de 5 pieds de longueur seulement; ceux de huit livres, de 6 pieds 8 pouces de longueur; ceux de douze livres, à 7 pieds de longueur; ceux de vingt-quatre, à 7 pieds 10 pouces; et ceux de trente-six, à 8 pieds, et peut-être même encore au-dessous.

» Or, il ne paraît pas bien difficile, 1° de faire des canons de quatre livres qui n'auraient que 5 pieds de longueur, sur 6 pouces $\frac{1}{2}$ d'épaisseur, dans leur plus grand diamètre; il suffirait pour cela de souder ensemble quatre barres de 3 pouces forts en quarré, et d'en former un cylindre massif de six pouces $\frac{1}{2}$ de diamètre, sur 5 pieds de longueur; et comme cela ne serait pas praticable dans les chaufferies ordinaires, ou du moins que cela deviendrait très-difficile, il faudrait établir des fourneaux de réverbère, où l'on pourrait chauffer ces barres dans toute leur longueur, pour les souder ensuite ensemble, sans être obligé de les remettre plusieurs fois au feu. Ce cylindre une fois formé, il sera facile de le forer et tourner; car le fer battu obéit bien plus aisément au foret que le fer coulé.

» Pour les canons de huit livres qui ont 6 pieds 8 pouces de longueur, sur 8 pouces $\frac{1}{2}$ d'épaisseur, il faudrait souder ensemble neuf barres de 3 pouces faibles en quarré chacune, en les faisant toutes chauffer ensemble au même fourneau de réverbère, pour en faire un cylindre plein de 8 pouces $\frac{1}{2}$ de diamètre.

» Pour les canons de douze livres de balle qui doivent avoir 10 pouces et demi d'épaisseur, on pourra les faire avec neuf barres de 3 pouces et demi quarrés, que l'on soudera toutes ensemble par les mêmes moyens.

» Et pour les canons de vingt-quatre, avec seize barres de 3 pouces en quarré.

» Comme l'exécution de cette espèce d'ouvrage devient beaucoup plus difficile pour les gros canons que pour les petits, il sera juste et nécessaire de les payer à proportion plus cher.

» Le prix du fer battu est ordinairement de deux tiers plus haut que celui du fer coulé. Si l'on paie vingt francs le quintal les canons de fer coulé, il faudra donc payer ceux-ci soixante livres le quintal; mais, comme ils seront beaucoup plus minces que ceux de fer coulé, je crois qu'il serait possible de les faire fabriquer à quarante livres le quintal, et peut-être au-dessous.

» Mais, quand même ils coûteraient quarante li-

montée pour cet objet que l'est celle (1) de M. de la Chaussade pour les ancrés, pourrait être d'une très-grande utilité.

Quoi qu'il en soit, comme ce n'est pas l'état actuel des choses, nos observations ne porteront que sur les canons de fer coulé. On s'est beaucoup plaint, dans ces derniers temps, de leur peu de résistance: malgré la rigueur des épreuves, quelques-uns ont crevé sur nos vaisseaux; accident terrible, et qui n'arrive jamais sans grand dommage et perte de plusieurs hommes. Le ministère, voulant remédier à ce mal, ou plutôt le prévenir pour la suite, informé que je faisais à mes forges des expériences sur la qualité de la fonte, me demanda mes conseils en 1768, et m'invita à travailler sur ce sujet important: je m'y livrai avec zèle; et, de concert avec M. le vicomte de Morogues, homme très-éclairé, je donnai, dans ce temps et dans les deux années suivantes, quelques observations au ministre, avec les expériences faites et celles qui restaient à faire pour perfectionner les canons. J'en ignore aujourd'hui le résultat et le succès; le ministre de la marine ayant changé, je n'ai plus entendu parler ni d'expériences ni de canons. Mais cela ne doit pas m'empêcher de donner, sans qu'on me le demande, les choses utiles que j'ai pu trouver en m'occupant pendant deux à trois ans de ce travail; etc'est ce qui fera le sujet de ce Mémoire, qui tient de si près à celui où j'ai traité de la fusion des mines de fer, qu'on peut l'en regarder comme une suite.

Les canons se fondent en situation perpendiculaire, dans des moules de plusieurs pieds de profondeur, la culasse au fond et la bouche en haut: comme il faut plusieurs milliers de matière en fusion pour faire un

» vres, il y aurait encore beaucoup à gagner, 1° pour la sûreté du service: car ces canons ne crèveraient pas, ou, s'ils venaient à crever, ils n'éclateraient jamais et ne feraient que se fendre, ce qui ne causerait aucun malheur.

» 2°. Ils résisteraient beaucoup plus à la rouille, et dureraient pendant des siècles; ce qui est un avantage très-considérable.

» 3°. Comme on les forerait aisément, la direction de l'âme en serait parfaite.

» 4°. Comme la matière en est homogène partout, il n'y aurait jamais ni cavités ni chambres.

» 5°. Enfin, comme ils seraient beaucoup plus légers, ils chargeraient beaucoup moins, tant sur mer que sur terre, et seraient plus aisés à manœuvrer. »

(1) A Guérigny près de Nevers.

gros canon plein et chargé de la masse qui doit le comprimer à sa partie supérieure, on était dans le préjugé qu'il fallait deux, et même trois fourneaux, pour fondre du gros canon. Comme les plus fortes gueuses que l'on coule dans les plus grands fourneaux ne sont que de deux mille cinq cents, ou tout au plus trois mille livres, et que la matière en fusion ne séjourne jamais que douze ou quinze heures dans le creuset du fourneau, on imaginait que le double ou le triple de cette quantité de matière en fusion, qu'on serait obligé de laisser pendant trente-six ou quarante heures dans le creuset avant de la couler, non-seulement pouvait détruire le creuset, mais même le fourneau, par son bouillonnement et son explosion; au moyen de quoi on avait pris le parti qui paraissait le plus prudent, et on coulait les gros canons, en tirant en même temps ou successivement la fonte de deux ou trois fourneaux, placés de manière que les trois ruisseaux de fonte pouvaient arriver en même temps dans le moule.

Il ne faut pas beaucoup de réflexion pour sentir que cette pratique est mauvaise : il est impossible que la fonte de chacun de ces fourneaux soit au même degré de chaleur, de pureté, de fluidité; par conséquent, le canon se trouve composé de deux ou trois matières différentes, en sorte que plusieurs de ses parties, et souvent un côté tout entier, se trouvent nécessairement d'une matière moins bonne et plus faible que le reste; ce qui est le plus grand de tous les inconvénients en fait de résistance, puisque l'effort de la poudre, agissant également de tous côtés, ne manque jamais de se faire jour par le plus faible. Je voulus donc essayer et voir en effet s'il y avait quelque danger à tenir, pendant plus de temps qu'on ne le fait ordinairement, une plus grande quantité de matière en fusion : j'attendis pour cela que le creuset de mon fourneau, qui avait 17 pouces de largeur, sur 4 pieds de longueur et 18 pouces de hauteur, fût encore élargi par l'action du feu, comme cela arrive toujours vers la fin du fondage; j'y laissai amasser de la fonte pendant trente-six heures; il n'y eut ni explosion ni autre bouillonnement que ceux qui arrivent quelquefois quand il tombe des matières crues dans le creuset : je fis couler après les trente-six heures, et l'on eut trois gueuses, pesant ensemble quatre mille six cents livres, d'une très-bonne fonte.

Par une seconde expérience, j'ai gardé la fonte pendant quarante-huit heures sans aucun inconvénient; ce long séjour ne fait que la purifier davantage, et par conséquent en diminuer le volume en augmentant la masse : comme la fonte contient une grande quantité de parties hétérogènes, dont les unes se brûlent et les autres se convertissent en verre, l'un des plus grands moyens de la dépurer est de la laisser séjourner au fourneau.

M'étant donc bien assuré que le préjugé de la nécessité de deux ou trois fourneaux était très-mal fondé, je proposai de réduire à un seul les fourneaux de Ruelle en Angoumois (1), où l'on fond nos gros canons : ce conseil fut suivi et exécuté par ordre du ministre; on fondait sans inconvénient et avec tout succès, à un seul fourneau, des canons de vingt-quatre; et je ne sais si l'on n'a pas fondu depuis des canons de trente-six, car j'ai tout lieu de présumer qu'on réussirait également. Ce premier point une fois obtenu, je cherchai s'il n'y avait pas

(1) Voici l'extrait de cette proposition faite au ministre :

Comme les canons de gros calibre, tels que ceux de trente-six et de vingt-quatre, supposent un grand volume de fer en fusion, on se sert ordinairement de trois, ou tout au moins de deux fourneaux pour les couler. La mine fondue dans chacun de ces fourneaux arrive dans le moule par autant de ruisseaux particuliers. Or, cette pratique me paraît avoir les plus grands inconvénients; car il est certain que chacun de ces fourneaux donne une fonte de différente espèce; en sorte que leur mélange ne peut se faire d'une manière intime, ni même en approcher. Pour le voir clairement, ne supposons que deux fourneaux, et que la fonte de l'un arrive à droite, et la fonte de l'autre arrive à gauche dans le moule du canon; il est certain que l'une de ces deux fontes, étant ou plus pesante, ou plus légère, ou plus chaude, ou plus froide, ou, etc., que l'autre, elles ne se mêleront pas, et que par conséquent l'un des côtés du canon sera plus dur que l'autre; que dès-lors il résistera moins d'un côté que de l'autre, et qu'ayant le défaut d'être composé de deux matières différentes, le ressort de ces parties, ainsi que leur cohérence, ne sera pas égal, et que par conséquent ils résisteront moins que ceux qui seraient faits d'une matière homogène. Il n'est pas moins certain que, si l'on veut forger ces canons, le foret, trouvant plus de résistance d'un côté que de l'autre, se détournera de la perpendiculaire du côté le plus tendre, et que la direction de l'intérieur du canon prendra de l'obliquité, etc. : il me paraît donc qu'il faudrait tâcher de fondre les canons de fer coulé avec un seul fourneau, et je crois la chose très-possible.

encore d'autres causes qui pouvaient contribuer à la fragilité de nos canons, et j'en trouvai en effet qui y contribuent plus encore que l'inégalité de l'étoffe dont on les composait en les coulant à deux ou trois fourneaux.

La première de ces causes est le mauvais usage qui s'est établi depuis plus de vingt ans de faire tourner la surface extérieure des canons, ce qui les rend plus agréables à la vue. Il en est cependant du canon comme du soldat, il vaut mieux qu'il soit robuste qu'élégant; et ces canons tournés, polis et guillochés, ne devaient point en imposer aux yeux des braves officiers de notre marine; car il me semble qu'on peut démontrer qu'ils sont non-seulement beaucoup plus faibles, mais aussi d'une bien moindre durée. Pour peu qu'on soit versé dans la connaissance de la fusion des mines de fer, on aura remarqué en coulant des enclumes, des boulets, et à plus forte raison des canons, que la force centrifuge de la chaleur pousse à la circonférence la partie la plus massive et la plus pure de la fonte; il ne reste au centre que ce qu'il y a de plus mauvais, et souvent même il s'y forme une cavité: sur un nombre de boulets que l'on fera casser, on en trouvera plus de moitié qui auront une cavité dans le centre, et dans tous les autres une matière plus poreuse que le reste du boulet: on remarquera de plus, qu'il y a plusieurs rayons qui tendent du centre à la circonférence, et que la matière est plus compacte et de meilleure qualité à mesure qu'elle est plus éloignée du centre. On observera encore que l'écorce du boulet, de l'enclume ou du canon, est beaucoup plus dure que l'intérieur; cette dureté plus grande provient de la trempe que l'humidité du moule donne à l'extérieur de la pièce, et elle pénètre jusqu'à trois lignes d'épaisseur dans les petites pièces, et à une ligne et demie dans les grosses. C'est en quoi consiste la plus grande force du canon; car cette couche extérieure réunit les extrémités de tous les rayons divergents dont je viens de parler, qui sont les lignes par où se ferait la rupture; elle sert de cuirasse au canon, elle en est la partie la plus pure; et, par sa grande dureté, elle contient toutes les parties intérieures qui sont plus molles, et céderaient sans cela plus aisément à la force de l'explosion. Or, que fait-on lorsque l'on tourne les canons? on commence par enlever au ciseau, poussé par le marteau, toute

cette surface extérieure que les couteaux du tour ne pourraient entamer; on pénètre dans l'extérieur de la pièce jusqu'au point où elle se trouve assez douce pour se laisser tourner, et on lui enlève en même temps, par cette opération, peut-être un quart de sa force.

Cette couche extérieure, que l'on a si grand tort d'enlever, est en même temps la cuirasse et la sauvegarde du canon; non-seulement elle lui donne toute la force de résistance qu'il doit avoir, mais elle le défend encore de la rouille qui ronge en peu de temps ces canons tournés: on a beau les lustrer avec de l'huile, les peindre ou les polir; comme la matière de la surface extérieure est aussi tendre que tout le reste, la rouille y mord avec mille fois plus d'avantage que sur ceux dont la surface est garantie par la trempe. Lorsque je fus donc convaincu, par mes propres observations, du préjudice que portait à nos canons cette mauvaise pratique, je donnai au ministre mon avis motivé, pour qu'elle fût proscrite: mais je ne croisi pas qu'on ait suivi cet avis, parce qu'il s'est trouvé plusieurs personnes, très-éclairées d'ailleurs, et nommément M. de Morogues, qui ont pensé différemment. Leur opinion, si contraire à la mienne, est fondée sur ce que la trempe rend le fer plus cassant, et dès-lors ils regardent la couche extérieure comme la plus faible et la moins résistante de toutes les parties de la pièce, et concluent qu'on ne lui fait pas grand tort de l'enlever; ils ajoutent que si l'on veut même remédier à ce tort, il n'y a qu'à donner aux canons quelques lignes d'épaisseur de plus.

J'avoue que je n'ai pu me rendre à ces raisons. Il faut distinguer dans la trempe, comme dans toute autre chose, plusieurs états et même plusieurs nuances. Le fer et l'acier chauffés à blanc et trempés subitement dans une eau très-froide deviennent très-cassants; trempés dans une eau moins froide, ils sont beaucoup moins cassants; et dans de l'eau chaude, la trempe ne leur donne aucune fragilité sensible. J'ai sur cela des expériences qui me paraissent décisives. Pendant l'été dernier 1772, j'ai fait tremper dans l'eau de la rivière, qui était assez chaude pour s'y baigner, toutes les barres de fer qu'on forgeait à un des feux de ma forge; et, comparant ce fer avec celui qui n'était pas trempé, la différence du grain n'en était pas sensible, non plus que celle

de leur résistance à la masse lorsqu'on les cassait. Mais ce même fer, travaillé de la même façon par les mêmes ouvriers, et trempé cet hiver dans l'eau de la même rivière, qui était presque glacée partout, est non-seulement devenu fragile, mais a perdu en même temps tout son nerf, en sorte qu'on aurait cru que ce n'était plus le même fer. Or, la trempe qui se fait à la surface du canon, n'est assurément pas une trempe à froid; elle n'est produite que par la petite humidité qui sort du moule déjà bien séché : il ne faut donc pas en raisonner comme d'une autre trempe à froid, ni en conclure qu'elle rend cette couche extérieure beaucoup plus cassante qu'elle ne le serait sans cela. Je supprime plusieurs autres raisons que je pourrais alléguer, parce que la chose me paraît assez claire.

Un autre objet, et sur lequel il n'est pas aussi aisé de prononcer affirmativement, c'est la pratique où l'on est actuellement de couler les canons plein, pour les forer ensuite avec des machines difficiles à exécuter, et encore plus difficiles à conduire, au lieu de les couler creux comme on le faisait autrefois; et dans ce temps nos canons crevaient moins qu'aujourd'hui. J'ai balancé les raisons pour et contre, et je vais les présenter ici. Pour couler un canon creux, il faut établir un noyau dans le moule, et le placer avec la plus grande précision, afin que le canon se trouve partout de l'épaisseur requise, et qu'un côté ne soit pas plus fort que l'autre : comme la matière en fusion tombe entre le noyau et le moule, elle a beaucoup moins de force centrifuge; et dès lors la qualité de la matière est moins inégale dans le canon coulé creux que dans le canon coulé plein; mais aussi, cette matière, par la raison même qu'elle est moins inégale, est au total moins bonne dans le canon creux, parce que les impuretés qu'elle contient s'y trouvent mêlées partout, au lieu que, dans le canon coulé plein, cette mauvaise matière reste au centre, et se sépare ensuite du canon par l'opération des forets. Je penserais donc, par cette première raison, que les canons forés doivent être préférés aux canons à noyau. Si l'on pouvait cependant couler ceux-ci avec assez de précision pour n'être pas obligé de toucher à la surface intérieure; si, lorsqu'on tire le noyau, cette surface se trouvait assez unie, assez égale dans toutes ses directions pour n'avoir pas besoin d'être calibrée, et par conséquent en partie dé-

truite par l'instrument d'acier, ils auraient un grand avantage sur les autres, parce que, dans ce cas, la surface intérieure se trouverait trempée comme la surface extérieure, et dès-lors la résistance de la pièce se trouverait bien plus grande. Mais notre art ne va pas jusque là; on était obligé de ratisser à l'intérieur toutes les pièces coulées creux; afin de les calibrer : en les forant, on ne fait que la même chose, et on a l'avantage d'ôter toute la mauvaise matière qui se trouve autour du centre de la pièce coulée plein; matière qui reste au contraire dispersée dans toute la masse de la pièce coulée creux.

D'ailleurs, les canons coulés plein sont beaucoup moins sujets aux soufflures, aux chambres, aux gerçures ou fausses soudures, etc. Pour bien couler les canons à noyau, et les rendre parfaits, il faudrait des événements, au lieu que les canons pleins n'en ont aucun besoin; comme ils ne touchent à la terre ou au sable dont leur moule est composé que par la surface extérieure; qu'il est rare, si ce moule est bien préparé, bien séché, qu'il s'en détache quelque chose; que, pourvu qu'on ne fasse pas tomber la fonte trop précipitamment, et qu'elle soit bien liquide, elle ne retient ni les bulles de l'air, ni celles des vapeurs qui s'exhalent à mesure que le moule se remplit dans toute sa cavité; il ne doit pas se trouver autant de ces défauts, à beaucoup près, dans cette matière coulée plein, que dans celle où le noyau, rendant à l'intérieur son air et son humidité, ne peut guère manquer d'occasionner des soufflures et des chambres, qui se formeront d'autant plus aisément, que l'épaisseur de la matière est moindre, sa qualité moins bonne et son refroidissement plus subit. Jusqu'ici tout semble donc concourir à donner la préférence à la pratique de couler les canons plein : néanmoins, comme il faut une moindre quantité de matière pour les canons creux, qu'il est dès-lors plus aisé de l'épurer au fourneau avant de la couler, que les frais des machines à forer sont immenses en comparaison de ceux des noyaux, on ferait bien d'essayer si, par le moyen des événements que je viens de proposer, on n'arriverait pas au point de rendre les pièces coulées à noyau assez parfaites pour n'avoir pas à craindre les soufflures, et n'être pas obligé de leur enlever la trempe de leur surface intérieure : ils seraient alors d'une plus grande résistance que les autres, auxquels on peut d'ailleurs

faire quelques reproches par les raisons que je vais exposer.

Plus la fonte du fer est épurée, plus elle est compacte, dure et difficile à forer ; les meilleurs outils d'acier ne l'entament qu'avec peine, et l'ouvrage de la forerie va d'autant moins vite que la fonte est meilleure. Ceux qui ont introduit cette pratique ont donc, pour la commodité de leurs machines, altéré la nature de la matière (1) ; ils ont

(1) Sur la fin de l'année 1762, M. Maritz fit couler aux fourneaux de la Nouée, en Bretagne, des gueuses avec les mines de la Ferrière et de Noyal ; il en examina la fonte, en dressa un procès-verbal ; et, sur les assurances qu'il donna aux entrepreneurs, que leur fer avait toutes les qualités requises pour faire de bons canons, ils se déterminèrent à établir des mouleries, fonderies, décapiteries, centeries, foreries, et les tours nécessaires pour tourner extérieurement les pièces. Les entrepreneurs, après avoir formé leur établissement, ont mis les deux fourneaux en feu le 29 janvier 1765, et le 12 février suivant, on commença à couler du canon de huit. M. Maritz, s'étant rendu à la forge le 21 mars, trouva que toutes ces pièces étaient *trop dures pour souffrir le forage*, et jugea à propos de changer la matière. On coula deux pièces de douze avec un nouveau mélange, et une autre pièce de douze avec un autre mélange, et encore deux autres pièces de douze avec un troisième mélange, qui parurent *si durs sous la scie et au premier foret*, que M. Maritz jugea inutile de fondre avec ces mélanges de différentes mines, et fit un autre essai avec onze mille cinq cent cinquante livres de la mine de Noyal, trois mille trois cent quatre-vingt-dix livres de la mine de la Ferrière, et trois mille six cents livres de la mine des environs, faisant en tout dix-huit mille cinq cent quarante livres, dont on coula le 31 mars une pièce de douze, à trente charges basses. A la décapiterie, ainsi qu'en formant le support de la volée, M. Maritz jugea ce fer de bonne nature ; mais *le forage de cette pièce fut difficile*, ce qui porta M. Maritz à faire une autre expérience.

Les 1^{er} et 3 avril, il fit couler deux pièces de douze, pour chacune desquelles on porta trente-quatre charges, composées chacune de dix-huit mille sept cents livres de mine de Noyal, et de deux mille sept cent vingt livres de mine des environs, en tout vingt et un mille quatre cent vingt livres. Ceci démontra à M. Maritz l'impossibilité qu'il y avait de fondre avec de la mine de Noyal seule ; car, même avec ce mélange, l'intérieur du fourneau s'embarrassa au point que le laitier ne coulait plus, et que les ouvriers avaient une peine incroyable à l'arracher du fond de l'ouvrage : d'ailleurs, les deux pièces provenues de cette expérience *se trouvèrent si dures au forage*, et si profondément chambrées à 18 et 20 pouces de la volée, que, quand même la mine de Noyal pourrait se fondre sans être alliée avec une espèce plus chaude, la fonte qui en proviendrait ne serait cependant pas d'une nature propre à couler des canons forables.

changé l'usage où l'on était de faire de la fonte dure, et n'ont fait couler que des fontes tendres, qu'ils ont appelées *douces*, pour qu'on en sentit moins la différence. Dès-lors, tous nos canons coulés plein ont été fondus de cette matière douce, c'est-à-dire d'une assez mauvaise fonte, et qui n'a pas à beaucoup près la pureté, la densité, la résistance qu'elle devrait avoir ; j'en ai acquis la preuve la plus complète par les expériences que je vais rapporter.

Au commencement de l'année 1767, on m'envoya, de la forge de la Nouée en Bretagne, six tronçons de gros canons coulés plein, pesant ensemble cinq mille trois cent cinquante-huit livres. L'été suivant, je les fis conduire à mes forges ; et en ayant cassé les tourillons, j'en trouvai la fonte d'un assez mauvais grain ; ce que l'on ne pouvait pas reconnaître sur les tranches de ces morceaux, parce qu'ils avaient été sciés avec de l'émeril ou quelque autre matière qui remplissait les pores extérieurs. Ayant pesé cette fonte à la balance hydrostatique, je trouvai qu'elle était trop légère, qu'elle ne pesait que quatre cent soixante-une livres le pied cube, tandis que celle que l'on coulait alors à mon fourneau en pesait cinq cent quatre ; et que, quand je la veux encore épurer,

Le 4 avril 1765, pour septième et dernière expérience, M. Maritz fit couler une neuvième pièce de douze en trente-six charges basses, et composées de onze mille huit cent quatre-vingts livres de mine de Noyal, de sept mille deux cents livres de mine de Phlemet, et de deux mille huit cent quatre-vingts livres de mine des environs, en tout vingt et un mille neuf cent soixante livres de mine.

Après la coulée de cette dernière pièce, les ouvrages des fourneaux se trouvèrent si embarrassés, qu'on fut obligé de mettre hors, et M. Maritz congédia les fondeurs et mouleurs qu'il avait fait venir des forges d'Angoumois.

Cette dernière pièce *se fonda facilement*, en donnant une limaille de belle couleur ; mais, lors du forage, il se trouva des endroits *si tendres et si peu condensés*, qu'il parut plusieurs grelots de la grosseur d'une noisette qui ouvrirent plusieurs chambres dans l'âme de la pièce.

Je n'ai rapporté les faits contenus dans cette note, que pour prouver que les auteurs de la pratique du forage des canons n'ont cherché qu'à faire couler des fontes tendres, et qu'ils ont, par conséquent, sacrifié la matière à la forme, en rejetant toutes les bonnes fontes que leurs forges ne pouvaient entamer aisément, tandis qu'il faut au contraire chercher la matière la plus compacte et la plus dure, si l'on veut avoir des canons d'une bonne résistance.

elle pèse jusqu'à cinq cent vingt livres le pied cube. Cette seule épreuve pouvait me suffire pour juger de la qualité plus que médiocre de cette fonte ; mais je ne m'en tins pas là. En 1770, sur la fin de l'été, je fis construire une chaufferie plus grande que mes chaufferies ordinaires, pour y faire fondre et convertir en fer ces tronçons de canons, et l'on en vint à bout à force de vent et de charbon : je les fis couler en petites gueuses, et, après qu'elles furent refroidies j'en examinai la couleur et le grain en les faisant casser à la masse; j'en trouvai, comme je m'y attendais, la couleur plus grise et le grain plus fin : la matière ne pouvait manquer de s'épurer par cette seconde fusion ; et en effet, l'ayant portée à la balance hydrostatique, elle se trouva peser quatre cent soixante-neuf livres le pied cube ; ce qui cependant n'approche pas encore de la densité requise pour une bonne fonte.

Et en effet, ayant fait convertir en fer successivement, et par mes meilleurs ouvriers, toutes les petites gueuses refondues et provenant de ces tronçons de canons, nous n'obtinmes que du fer d'une qualité très-commune, sans aucun nerf, et d'un grain assez gros, aussi différent de celui de mes forges que le fer commun l'est du bon fer.

En 1770, on m'envoya de la forge de Ruelle, en Angoumois, où l'on fond actuellement la plus grande partie de nos canons, des échantillons de la fonte dont on les coule : cette fonte a la couleur grise, le grain assez fin, et pèse quatre cent quatre-vingt-quinze livres le pied cube (1). Réduite en fer battu

(1) Ces morceaux de fonte envoyés du fourneau de Ruelle étaient de forme cubique de trois pouces, faibles dans toutes leurs dimensions ; le premier, marqué *S*, pesait dans l'air 7 livres 2 onces 4 gros $\frac{1}{2}$, c'est-à-dire 916 gros $\frac{1}{2}$. Le même morceau pesait dans l'eau 6 livres 2 onces 2 gros $\frac{1}{2}$: donc le volume d'eau égal au volume de ce morceau de fonte pesait 130 gros. L'eau dans laquelle il a été pesé pesait elle-même 70 liv. le pied cube. Or, 130 gros : 70 livres :: 916 gros $\frac{1}{2}$: 493 $\frac{5}{15}$ livres, poids du pied cube de cette fonte. Le second morceau, marqué *P*, pesait dans l'air 7 livres 4 onces 1 gros, c'est-à-dire 929 gros. Le même morceau pesait dans l'eau 6 livres 3 onces 6 gros, c'est-à-dire 798 gros : donc le volume d'eau égal au volume de ce morceau de fonte pesait 131 gros. Or, 131 gros : 70 livres :: 929 gros : 496 $\frac{5}{15}$ livres, poids du pied cube de cette fonte. On observera que ces morceaux, qu'on avait voulu couler sur les dimensions d'un cube de 3 pouces, étaient trop faibles : ils auraient dû contenir chacun 27 pouces cubiques ; et par

et forgé avec soin, j'en ai trouvé le grain semblable à celui du fer commun, et ne prenant que peu ou point de nerf, quoique travaillé en petites verges et passé sous le cylindre ; en sorte que cette fonte, quoique meilleure que celle qui m'est venue des forges de la Nouée, n'est pas encore de la bonne fonte. J'ignore si, depuis ce temps, l'on ne coule pas aux fourneaux de Ruelle des fontes meilleures et plus pesantes ; je sais seulement que deux officiers de marine (2), très-habiles et zélés, y ont été envoyés successivement, et qu'ils sont tous deux fort en état de perfectionner l'art et de bien conduire les travaux de cette fonderie. Mais, jusqu'à l'époque que je viens de citer, et qui est bien récente, je suis assuré que les fontes de nos canons coulés plein n'étaient que de médiocre qualité ; qu'une parcelle fonte n'a pas assez de résistance, et qu'en lui ôtant encore le lien qui la contient, c'est-à-dire en enlevant, par les couteaux du tour, la surface trempée, il y a tout à craindre du service de ces canons.

On ne manquera pas de dire que ce sont ici des frayeurs paniques et mal fondées, qu'on ne se sert jamais que des canons qui ont subi l'épreuve, et qu'une pièce une fois éprouvée par une moitié de plus de charge ne doit ni ne peut crever à la charge ordinaire. A ceci je répons que non-seulement cela n'est pas certain, mais encore que le contraire est beaucoup plus probable. En général, l'épreuve des canons par la poudre est peut-être la plus mauvaise méthode que l'on pût employer pour s'assurer de leur résistance. Le canon ne peut subir le trop violent effort des épreuves qu'en y cédant, autant que la cohérence de la matière le permet, sans se rompre ; et, comme il s'en faut bien que cette matière de la fonte soit à ressort parfait, les parties séparées par le trop grand effort ne peuvent se rapprocher ni se rétablir comme elles étaient d'abord : cette cohésion des parties intégrantes de la fonte étant donc fort diminuée par le grand effort des épreuves, il n'est pas étonnant que le canon creve ensuite à la charge ordinaire ; c'est un effet très-simple qui dérive d'une cause tout aussi

conséquent le pied cube du premier n'aurait pesé que 458 livres 4 onces, car 27 pouces : 1728 pouces :: 916 gros $\frac{1}{2}$: 458 livres 4 onces ; et le pied cube du second n'aurait pesé que 464 livres $\frac{1}{4}$, au lieu de 493 livres $\frac{5}{15}$, et de 496 livres $\frac{5}{15}$.

(2) MM. de Souville et de Vialis.

simple. Si le premier coup d'épreuve écarte les parties d'une moitié ou d'un tiers de plus que le coup ordinaire, elles se rétabliront, se réuniront moins dans la même proportion; car, quoique leur cohérence n'ait pas été détruite, puisque la pièce a résisté, il n'en est pas moins vrai que cette cohérence n'est pas si grande qu'elle était auparavant, et qu'elle a diminué dans la même raison que diminue la force d'un ressort imparfait : dès lors, un second ou un troisième coup d'épreuve fera éclater les pièces qui auront résisté au premier, et celles qui auront subi les trois épreuves sans se rompre ne sont guère plus sûres que les autres; après avoir subi trois fois le même mal, c'est-à-dire le trop grand écartement de leurs parties intégrantes, elles en sont nécessairement devenues bien plus faibles, et pourront par conséquent céder à l'effort de la charge ordinaire.

Un moyen bien plus sûr, bien simple, et mille fois moins coûteux, pour s'assurer de la résistance des canons, serait d'en faire peser la fonte à la balance hydrostatique : en coulant le canon, l'on mettrait à part un morceau de la fonte; lorsqu'il serait refroidi on le pèserait dans l'air et dans l'eau; et si la fonte ne pesait pas au moins cinq cent vingt livres le pied cube, on rebouterait la pièce comme non recevable : l'on épargnerait la poudre, la peine des hommes, et on bannirait la crainte très-bien fondée de voir crever les pièces souvent après l'épreuve. Étant une fois sûr de la densité de la matière, on serait également assuré de sa résistance; et, si nos canons étaient faits avec de la fonte pesant cinq cent vingt livres le pied cube, et qu'on ne s'avisât pas de les tourner ni de toucher à leur surface extérieure, j'ose assurer qu'ils résisteraient et dureraient autant qu'on doit se le promettre. J'avoue que, par ce moyen, peut-être trop simple pour être adopté, on ne peut pas savoir si la pièce est saine, s'il n'y a pas dans l'intérieur de la matière des défauts, des soufflures, des cavités; mais connaissant une fois la bonté de la fonte, il suffirait, pour s'assurer du reste, de faire éprouver une seule fois, et à la charge ordinaire, les canons nouvellement fondus, et l'on serait beaucoup plus sûr de leur résistance que de celle de ceux qui ont subi des épreuves violentes.

Plusieurs personnes ont donné des projets pour faire de meilleurs canons : les uns ont proposé de les doubler de cuivre, d'autres de fer battu, d'autres de souder ce fer battu

avec la fonte. Tout cela peut être bon à certains égards; et dans un art dont l'objet est aussi important et la pratique aussi difficile, les efforts doivent être accueillis, et les moindres découvertes récompensées. Je ne ferai point ici d'observations sur les canons de M. Feuty, qui ne laissent pas de demander beaucoup d'art dans leur exécution; je ne parlerai pas non plus des autres tentatives à l'exception de celle de M. de Souville, qui m'a paru la plus ingénieuse, et qu'il a bien voulu me communiquer par sa lettre datée d'Angoulême le 6 avril 1771, dont je donne ici l'extrait (1). Mais je dirai seulement que la soudure du cuivre avec le fer rend celui-ci beaucoup plus aigre; que quand on soude de la fonte avec elle-même par le moyen du soufre, on la change de nature, et que la ligne de jonction des deux parties soudées

(1) « Les canons fabriqués avec des spirales ont op-
 » posé la plus grande résistance à la plus forte charge
 » de poudre, et à la manière la plus dangereuse de les
 » charger. Il ne manque à cette méthode, pour être
 » bonne, que d'empêcher qu'il ne se forme des cham-
 » bres dans ces bouches à feu : cet inconvénient, il est
 » vrai, m'obligerait à l'abandonner si je n'y parvenais ;
 » mais pourquoi ne pas le tenter ? Beaucoup de person-
 » nes ont proposé de faire des canons avec des doublu-
 » res ou des enveloppes de fer forgé ; mais ces doublu-
 » res et ces enveloppes ont toujours été un assemblage
 » de barres inflexibles que leur forme, leur position
 » et leur roideur rendent inutiles. La spirale n'a pas
 » les mêmes défauts ; elle se prête à toutes les formes
 » que prend la matière ; elle s'affaisse avec elle dans
 » le moule : son fer ne perd ni sa ductilité ni son
 » ressort dans la commotion du *tir*, l'effort est dis-
 » tribué sur toute son étendue. Elle enveloppe pres-
 » que toute l'épaisseur du canon, et, dès-lors, s'op-
 » pose à sa rupture avec une résistance de près de
 » trente mille livres de force. Si la fonte éprouve
 » une plus grande dilatation que le fer, elle résiste
 » avec toute cette force ; si cette dilatation est
 » moindre, la spirale ne reçoit que le mouvement
 » qui lui est communiqué : ainsi, dans l'un et l'autre
 » cas, l'effet est le même. L'assemblage des barres,
 » au contraire, ne résiste que par les cercles qui les
 » contiennent. Lorsqu'on en a revêtu l'âme des can-
 » ons, on n'a pas augmenté la résistance de la fonte :
 » sa tendance à se rompre a été la même ; et lorsqu'on
 » a enveloppé son épaisseur, les cercles n'ont pu
 » soutenir également l'effort qui se partage sur tout
 » le développement de la spirale. Les barres d'ail-
 » leurs s'opposent aux vibrations des cercles. La
 » spirale que j'ai mise dans un canon de six, foré et
 » éprouvé au calibre de douze, ne pesait que quatre-
 » vingt-trois livres ; elle avait 2 pouces de largeur et
 » 4 lignes d'épaisseur. La distance d'une hélice à
 » l'autre était aussi de 2 pouces ; elle était roulée à
 » chaud sur un mandrin de fer. »

n'est plus de la fonte de fer, mais de la pyrite très-cassante ; et qu'en général le soufre est un intermède qu'on ne doit jamais employer lorsqu'on veut souder du fer sans en altérer la qualité : je ne donne ceci que pour avis à ceux qui pourraient prendre cette voie comme la plus sûre et la plus aisée, pour rendre le fer fusible et en faire de grosses pièces.

Si l'on conserve l'usage de forer les canons, et qu'on les coule de bonne fonte dure, il faudra en revenir aux machines à forer de M. le marquis de Montalembert, celles de M. Maritz n'étant bonnes que pour le bronze ou la fonte de fer tendre. M. de Montalembert est encore un des hommes de France qui entend le mieux cet art de la fonderie des canons, et j'ai toujours gémi que son zèle, éclairé de toutes les connaissances nécessaires en ce genre, n'ait abouti qu'au détriment de sa fortune. Comme je vis éloigné de lui, j'écrivis ce Mémoire sans le lui communiquer ; mais, je serai plus flatté de son approbation que de celle de qui que ce soit ; car, je ne connais personne qui entende mieux ce dont il est ici question. Si l'on mettait en masse, dans ce royaume, les trésors de lumière que l'on jette à l'écart, ou qu'on a l'air de dédaigner, nous serions bientôt la nation la plus florissante et le peuple le plus riche. Par exemple, il est le premier qui ait conseillé de reconnaître la résistance de la fonte par sa pesanteur spécifique ; il a aussi cherché à perfectionner l'art de la moulerie en sable des canons de fonte de fer, et cet art est perdu depuis qu'on a imaginé de les tourner. Avec les moules en terre, dont on se servait auparavant, la surface des canons était toujours chargée d'aspérités et de rugosités. M. de Montalembert avait trouvé le moyen de faire des moules en sable qui donnaient à la surface du canon tout le lisse et le luisant qu'on pouvait désirer. Ceux qui connaissent les arts en grand sentiront bien les difficultés qu'il a fallu surmonter pour en venir à bout, et les peines qu'il a fallu prendre pour former des ouvriers capables d'exécuter ces moules, auxquels ayant substitué le mauvais usage du tour, on a perdu un art excellent pour adopter une pratique funeste (1).

(1) L'outil à langue de carpe perce la fonte de fer avec une vitesse presque double de celle de l'outil à cylindre. Il n'est point nécessaire, avec ce premier outil, de seringue de l'eau dans la pièce, comme il

Une attention très-nécessaire lorsque l'on coule du canon, c'est d'empêcher les écumes qui surmontent la fonte de tomber avec elle dans le moule. Plus la fonte est légère et plus elle fait d'écumes ; et l'on pourrait juger, à l'inspection même de la coulée, si la fonte est de bonne qualité ; car alors sa surface est lisse et ne porte point d'écume :

est d'usage de le faire en employant le second, qui s'échauffe beaucoup par son frottement très-considérable. L'outil à cylindre serait détrempe en peu de temps sans cette précaution ; elle est même souvent insuffisante ; dès que la fonte se trouve plus compacte et plus dure, cet outil ne peut la forer. La limaille sort naturellement avec l'outil à langue de carpe, tandis qu'avec l'outil à cylindre il faut employer continuellement un crochet pour la tirer : ce qui ne peut se faire assez exactement pour qu'il n'en reste pas entre l'outil et la pièce, ce qui la gêne et augmente encore son frottement.

Il faudrait s'attacher à perfectionner la moulerie. Cette opération est difficile, mais elle n'est pas impossible à quelqu'un d'intelligent. Plusieurs choses sont absolument nécessaires pour y réussir : 1^o des mouleries plus étendues, pour pouvoir y placer plus de chantiers et y faire plus de moules à la fois, afin qu'ils pussent sécher plus lentement ; 2^o une grande fosse pour les recuire debout ; ainsi que cela se pratique pour les canons de cuivre, afin d'éviter que le moule ne soit arqué, et par conséquent le canon ; 3^o un petit chariot à quatre roues fort basses avec des montants assez élevés pour y suspendre le moule recuit, et le transporter de la moulerie à la cuve du fourneau, comme on transporte un lustre ; 4^o un juste mélange d'une terre grasse et d'une terre sableuse, tel qu'il le faut pour qu'au recuit le moule ne se fende pas de mille et mille fentes qui rendent le canon défectueux, et surtout pour que cette terre, avec cette qualité de ne pas se fendre, puisse conserver l'avantage de *s'écaler* (c'est-à-dire de se détacher du canon quand on vient à le nettoyer) : plus la terre est grasse, mieux elle *s'écale*, et plus elle se fend ; plus elle est maigre ou sableuse, moins elle se fend, mais moins elle *s'écale*. Il y a des moules de cette terre qui se tiennent si fort attachés au canon, qu'on ne peut avec le marteau et le ciseau en emporter que la plus grosse partie ; ces sortes de canons restent encore plus vilains que ceux cicatrisés par les fentes innombrables des moules de terre grasse. Ce mélange de terre est donc très-difficile ; il demande beaucoup d'attention, d'expérience : et, ce qu'il y a de fâcheux, c'est que les expériences dans ce genre, faites pour de petits calibres, ne concluent rien pour les gros. Il n'est jamais difficile de faire écaler de petits canons avec un mélange sableux. Mais ce même mélange ne peut plus être employé dès que les calibres passent celui de douze ; pour ceux de trente-six surtout, il est très-difficile d'attraper le point du mélange.

mais, dans tous ces cas, il faut avoir soin de comprimer la matière coulante par plusieurs torches de paille placées dans les coulées : avec cette précaution, il ne passe que peu d'écume dans le moule; et, si la fonte était dense et compacte, il n'y en aurait point du tout. La bourre de la fonte ne vient ordinairement que de ce qu'elle est trop crue et trop précipitamment fondue. D'ailleurs la matière la plus pesante sort la première du fourneau, la plus légère vient la dernière : la culasse du canon est par cette raison toujours d'une meilleure matière que les parties supérieures de la pièce; mais il n'y aura jamais de bourre dans le canon si, d'une part, on arrête les écumes par les torches de paille, et qu'en même temps on lui donne une forte masselote de matière excédante, dont il est même aussi nécessaire qu'utile qu'il reste encore, après la coulée, trois ou quatre quintaux en fusion dans le creuset; cette fonte qui reste y entretient la chaleur; et, comme elle est encore mêlée d'une assez grande quantité de laitier, elle conserve le fond du fourneau, et empêche la mine fondante de brûler en s'y attachant.

Il me paraît qu'en France on a souvent fondu les canons avec des mines en roche, qui toutes contiennent une plus ou moins grande quantité de soufre; et, comme l'on n'est pas dans l'usage de les griller dans nos provinces où le bois est cher, ainsi qu'il se pratique dans les pays du nord où le bois est commun, je présume que la qualité cassante de la fonte de nos canons de la marine pourrait aussi provenir de ce soufre qu'on n'a pas soin d'enlever à la mine avant de la jeter au fourneau de fusion. Les fonderies de Ruelle en Angoumois, de Saint-Gervais en Dauphiné, et de Baigorry dans la Basse-Navarre, sont les seules dont j'aie connaissance, avec celle de la Nouée en Bretagne, dont j'ai parlé, et où je crois que le travail est cessé : dans toutes les quatre, je crois qu'on ne s'est servi et qu'on ne se sert encore que de mine en roche, et je n'ai pas osé dire qu'on les grillât ailleurs qu'à Saint-Gervais et à Baigorry. J'ai tâché de me procurer des échantillons de chacune de ces mines, et, au défaut d'une assez grande quantité de ces échantillons, tous les renseignements que j'ai pu obtenir par la voie de quelques amis intelligents. Voici ce que m'a écrit M. de Morogues au sujet des mines qu'on emploie à Ruelle.

« La première est dure, compacte, pe-

» sante, faisant feu avec l'acier, de couleur
 » rouge-brun, formée par deux couches d'i-
 » négalé épaisseur, dont l'une est spon-
 » gieuse, parsemée de trous ou cavités, d'un
 » velouté violet-foncé, et quelquefois d'un
 » bleu indigo à sa cassure, ayant des ma-
 » melons, teignant en rouge de sanguine;
 » caractères qui peuvent la faire ranger dans
 » la septième classe de l'art des forges,
 » comme une espèce de pierre hématite :
 » mais elle est riche et douce.

» La seconde ressemble assez à la précé-
 » dente pour la pesanteur, la dureté et la
 » couleur; mais elle est un peu *salardée*
 » (on appelle *salard*, ou mine *salardée*,
 » celle qui a des grains de sable clair, et
 » qui est mêlée de sable gris-blanc, de cail-
 » lou et de fer); elle est riche en métal :
 » employée avec de la mine très-douce, elle
 » se fond très-facilement. Son tissu à sa cas-
 » sure est strié et parsemé quelquefois de ca-
 » vités d'un brun noir; elle paraît de la
 » sixième espèce de la mine rougeâtre dans
 » l'art des forges.

» La troisième qu'on nomme dans le pays
 » *glacieuse*, parce qu'elle a ordinairement
 » quelques-unes de ses faces lisses et douces
 » au toucher, n'est ni fort pesante ni fort
 » riche; elle a communément quelques pe-
 » tits points noirs et luisants, d'un grain
 » semblable au maroquin : sa couleur est
 » variée; elle a du rouge assez vif, du brun,
 » du jaune, un peu de vert et quelques ca-
 » vités : elle paraît, à cause de ses faces unies
 » et luisantes, avoir quelque rapport à la
 » mine spéculaire de la huitième espèce.

» La quatrième, qui fournit d'excellent
 » fer, mais en petite quantité, est légère,
 » spongieuse, assez tendre, d'une couleur
 » brune presque noire, ayant quelques ma-
 » melons, et sablonneuse : elle paraît être
 » une sorte de mine limoneuse de la onzième
 » espèce.

» La cinquième est une mine *salardée*,
 » faisant beaucoup de feu avec l'acier, dure,
 » compacte, pesante, parsemée à la cassure
 » de petits points brillants, qui ne sont que
 » du sable de couleur de lie de vin. Cette
 » mine est difficile à fondre : la qualité de
 » son fer passe pour n'être pas mauvaise;
 » mais elle en produit peu. Les ouvriers pré-
 » tendent qu'il n'y pas moyen de la fondre
 » seule, et que l'abondance des crasses qui
 » s'en séparent l'agglutine à l'ouvrage du
 » fourneau. Cette mine ne paraît pas avoir

» de ressemblance bien caractérisée avec celle dont Swedenborg a parlé.]

» On emploie encore un grand nombre d'autres espèces de mines, mais elles ne diffèrent des précédentes que par moins de qualité, à l'exception d'une espèce d'ocre martiale, qui peut fournir ici une sixième classe. Cette mine est assez abondante dans les minières : elle est aisée à tirer ; on l'enlève comme la terre : elle est jaune, et quelquefois mêlée de petites grenailles ; elle fournit peu de fer : elle est très-douce. On peut la ranger dans la douzième espèce de l'art des forges.

» La gangue de toutes les mines du pays est une terre vitrifiable, rarement argileuse. Toutes ces espèces de mines sont mêlées, et le terrain dont on les tire est presque tout sableux.

» On appelle *schiffre* en Angoumois un caillou assez semblable aux pierres à feu, et qui en donne beaucoup quand on le frappe avec l'acier. Il est d'un jaune clair, fort dur : il tient quelquefois à des matières qui peuvent avoir du fer, mais ce n'est point le schiste ;

» La castine est une vraie pierre calcaire assez pure, si l'on en peut juger par l'uniformité de sa cassure et de sa couleur, qui est gris-blanc ; elle est pesante, assez dure, et prend un poli fort doux au toucher. »

Par ce récit de M. de Morogues, il me semble qu'il n'y a que la sixième espèce qui ne demande pas à être grillée, mais seulement bien lavée avant de la jeter au fourneau.

Au reste, quoique généralement parlant,

et comme je l'ai dit, les mines en roche, et qui se trouvent en grandes masses solides, doivent leur origine à l'élément du feu ; néanmoins il se trouve aussi plusieurs mines de fer en assez grosses masses, qui se sont formées par le mouvement et l'intermède de l'eau. On distinguera, par l'épreuve de l'aimant, celles qui ont subi l'action du feu ; car elles seront toujours magnétiques, au lieu que celles qui ont été produites par la stillation des eaux ne le sont point du tout, et ne le deviendront qu'après avoir été bien grillées et presque liquéfiées. Ces mines en roche, qui ne sont point attirables par l'aimant, ne contiennent pas plus de soufre que nos mines en grains : l'opération de les griller, qui est très-couteuse, doit dès-lors être supprimée, à moins qu'elle ne soit nécessaire pour attendrir ces pierres de fer assez pour qu'on puisse les concasser sous les pilons du bocard.

J'ai tâché de présenter dans ce Mémoire tout ce que j'ai cru qui pourrait être utile à l'amélioration des canons de notre marine ; je sens en même temps qu'il reste beaucoup de choses à faire, surtout pour se procurer dans chaque fonderie une fonte pure et assez compacte pour avoir une résistance supérieure à toute explosion. Cependant je ne crois point du tout que cela soit impossible, et je pense qu'en purifiant la fonte de fer autant qu'elle peut l'être, on arriverait au point que la pièce ne ferait que se fendre au lieu d'éclater par une trop forte charge. Si l'on obtenait une fois ce but, il ne nous resterait plus rien à craindre ni rien à désirer à cet égard.

ONZIÈME MÉMOIRE.

EXPÉRIENCES SUR LA FORCE DU BOIS.

Le principal usage du bois dans les bâtiments et dans les constructions de toute espèce est de supporter des fardeaux : la pratique des ouvriers qui l'emploient n'est fondée que sur des épreuves, à la vérité souvent répétées, mais toujours assez grossières; ils ne connaissent que très-imparfaitement la force et la résistance des matériaux qu'ils mettent en œuvre : j'ai tâché de déterminer avec quelque précision, la force du bois, et j'ai cherché les moyens de rendre mon travail utile aux constructeurs et aux charpentiers. Pour y parvenir, j'ai été obligé de faire rompre plusieurs poutres et plusieurs solives de différentes longueurs. On trouvera, dans la suite de ce Mémoire, le détail exact de toutes ces expériences; mais je vais auparavant en présenter les résultats généraux, après avoir dit un mot de l'organisation du bois et de quelques circonstances particulières qui me paraissent avoir échappé aux physiciens qui se sont occupés de ces matières.

Un arbre est un corps organisé, dont la structure n'est point encore bien connue : les expériences de Grew, de Malpighi, et surtout celles de Hales, ont, à la vérité, donné de grandes lumières sur l'économie végétale, et il faut avouer qu'on leur doit presque tout ce qu'on sait en ce genre; mais dans ce genre, comme dans tous les autres, on ignore beaucoup plus de choses qu'on n'en sait. Je ne ferai point ici la description anatomique des différentes parties d'un arbre, cela serait inutile pour mon dessein : il me suffira de donner une idée de la manière dont les arbres croissent, et de la façon dont le bois se forme.

Une semence d'arbre, un gland qu'on jette en terre au printemps, produit, au bout de quelques semaines, un petit jet tendre et herbacé, qui augmente, s'étend, grossit, durcit, et contient déjà, dès la fin de la première année, un filet de substance ligneuse. A l'extrémité de ce petit arbre, est un bouton qui s'épanouit l'année suivante, et dont il sort un second jet, semblable à celui

de la première année, mais plus vigoureux, qui grossit et s'étend davantage, durcit dans le même temps, et produit un autre bouton qui contient le jet de la troisième année, et ainsi des autres, jusqu'à ce que l'arbre soit parvenu à toute sa hauteur : chacun de ces boutons est une espèce de germe qui contient le petit arbre de chaque année. L'accroissement des arbres en hauteur se fait donc par plusieurs productions semblables et annuelles, de sorte qu'un arbre de cent pieds de haut est composé, dans sa longueur, de plusieurs petits arbres mis bout à bout, dont le plus long n'a souvent pas deux pieds de hauteur. Tous ces petits arbres de chaque année ne changent jamais dans leurs dimensions; ils existent dans un arbre de cent ans sans avoir grossi ni grandi; ils sont seulement devenus plus solides. Voilà comment se fait l'accroissement en hauteur; l'accroissement en grosseur en dépend. Ce bouton qui fait le sommet du petit arbre de la première année, tire sa nourriture à travers la substance et le corps même de ce petit arbre, mais les principaux canaux qui servent à conduire la sève se trouvent entre l'écorce et le filet ligneux; l'action de cette sève en mouvement dilate ces canaux et les fait grossir, tandis que le bouton, en s'élevant, les tire et les allonge; de plus, la sève, en y coulant continuellement, y dépose des parties fixes qui en augmentent la solidité; ainsi, dès la seconde année, un petit arbre contient déjà dans son milieu un filet ligneux en forme de cône fort allongé, qui est la production en bois de la première année, et une couche ligneuse aussi conique qui enveloppe ce premier filet et le surmonte, et qui est la production de la seconde année. La troisième couche se forme comme la seconde; il en est de même de toutes les autres qui s'enveloppent successivement et continuellement : de sorte qu'un gros arbre est un composé d'un grand nombre de cônes ligneux qui s'enveloppent et se recouvrent tant que l'arbre grossit; lorsqu'on vient à l'abattre, on compte aisément sur la coupe transversale

du tronc le nombre de ces cônes, dont les sections forment des cercles ou plutôt des couronnes concentriques, et on reconnaît l'âge de l'arbre par le nombre de ces couronnes, car elles sont distinctement séparées les unes des autres. Dans un chêne vigoureux, l'épaisseur de chaque couche ou couronne est de deux ou trois lignes : cette épaisseur est d'un bois dur et solide ; mais la substance qui unit ensemble ces couronnes, dont le prolongement forme les cônes ligneux, n'est pas à beaucoup près aussi fermée ; c'est la partie faible du bois, dont l'organisation est différente de celle des cônes ligneux, et dépend de la façon dont ces cônes s'attachent et s'unissent les uns aux autres, que nous allons expliquer en peu de mots. Les canaux longitudinaux qui portent la nourriture au bouton, non-seulement prennent de l'étendue et acquièrent de la solidité par l'action et le dépôt de la sève, mais ils cherchent encore à s'étendre d'une autre façon ; ils se ramifient dans toute leur longueur et poussent de petits filaments comme de petites branches, qui d'un côté vont produire l'écorce, et de l'autre vont s'attacher au bois de l'année précédente, et forment, entre les deux couches du bois, un tissu spongieux qui, coupé transversalement, même à une assez grande épaisseur, laisse voir plusieurs petits trous, à peu près comme on en voit dans de la dentelle. Les couches du bois sont donc unies les unes aux autres par une espèce de réseau : ce réseau n'occupe pas à beaucoup près autant d'espace que la couche ligneuse : il n'a qu'environ une demi-ligne d'épaisseur ; cette épaisseur est à peu près la même dans tous les arbres de même espèce, au lieu que les couches ligneuses sont plus ou moins épaisses, et varient si considérablement dans la même espèce d'arbre, comme dans le chêne, que j'en ai mesuré qui avaient trois lignes et demie, et d'autres qui n'avaient qu'une demi-ligne d'épaisseur.

Par cette simple exposition de la texture du bois, on voit que la cohérence longitudinale doit être bien plus considérable que l'union transversale ; on voit que, dans les petites pièces de bois, comme dans un barreau d'un pouce d'épaisseur, s'il se trouve quatorze ou quinze couches ligneuses, il y aura treize ou quatorze cloisons, et que, par conséquent, ce barreau sera moins fort qu'un pareil barreau qui ne contiendra que cinq ou six couches et quatre ou cinq cloi-

sons : on voit aussi que, dans ces petites pièces, s'il se trouve une ou deux couches ligneuses qui soient tranchées par la scie, ce qui arrive souvent, leur force sera considérablement diminuée ; mais le plus grand défaut de ces petites pièces de bois, qui sont les seules sur lesquelles on ait jusqu'à ce jour fait des expériences, c'est qu'elles ne sont pas composées comme les grosses pièces ; la position des couches ligneuses et des cloisons dans un barreau est fort différente de la position de ces mêmes couches dans une poutre ; leur figure est même différente et par conséquent on ne peut pas estimer la force d'une grosse pièce par celle d'un barreau. Un moment de réflexion fera sentir ce que je viens de dire. Pour former une poutre, il ne faut qu'équarrir l'arbre, c'est-à-dire enlever quatre segments cylindriques d'un bois blanc et imparfait, qu'on appelle *aubier* ; dans le cœur de l'arbre, la première couche ligneuse reste au milieu de la pièce ; toutes les autres couches enveloppent la première en forme de cercles ou de couronnes cylindriques : le plus grand de ces cercles entiers a pour diamètre l'épaisseur de la pièce ; au-delà de ce cercle, tous les autres sont tranchés, et ne forment plus que des portions de cercles qui vont toujours en diminuant vers les arêtes de la pièce : ainsi une poutre carrée est composée d'un cylindre continu de bon bois bien solide, et de quatre portions angulaires tranchées, d'un bois moins solide et plus jeune. Un barreau tiré du corps d'un gros arbre, ou pris dans une planche, est tout autrement composé : ce sont de petits segments longitudinaux des couches annuelles, dont la courbure est insensible ; des segments qui tantôt se trouvent posés parallèlement à une des surfaces du barreau, et tantôt plus ou moins inclinés ; des segments qui sont plus ou moins longs et plus ou moins tranchés, et par conséquent plus ou moins forts ; de plus, il y a toujours dans un barreau deux positions, dont l'une est plus avantageuse que l'autre, car ces segments de couches ligneuses forment autant de plans parallèles. Si vous posez le barreau de manière que ces plans soient verticaux, il résistera davantage que dans une position horizontale : c'est comme si on faisait rompre plusieurs planches à la fois, elles résisteraient bien davantage étant posées sur le côté que sur le plat. Ces remarques font déjà sentir combien on doit peu compter sur les tables cal-

culées, ou sur les formules que différents auteurs nous ont données de la force du bois, qu'ils n'avaient éprouvée que sur des pièces, dont les plus grosses étaient d'un ou deux pouces d'épaisseur, et dont ils ne donnent ni le nombre des couches ligneuses que ces barreaux contenaient, ni la position de ces couches, ni le sens dans lequel se sont trouvées ces couches lorsqu'ils ont fait rompre le barreau : circonstances cependant essentielles, comme on le verra par mes expériences, et par les soins que je me suis donnés pour découvrir les effets de toutes ces différences. Les physiiciens qui ont fait quelques expériences sur la force du bois n'ont fait aucune attention sur ces inconvénients ; mais il y en a d'autres peut-être encore plus grands, qu'ils ont aussi négligé de prévoir ou de prévenir. Le jeune bois est moins fort que le bois plus âgé ; un barreau tiré du pied d'un arbre résiste plus qu'un barreau qui vient du sommet du même arbre ; un barreau pris à la circonférence, près de l'aubier, est moins fort qu'un pareil morceau pris au centre de l'arbre ; d'ailleurs, le degré de dessèchement du bois fait beaucoup à sa résistance ; le bois vert casse bien plus difficilement que le bois sec ; enfin le temps qu'on emploie à charger les pièces pour les faire rompre doit aussi entrer en considération, parce qu'une pièce qui soutiendra pendant quelques minutes un certain poids, ne pourra pas soutenir ce poids pendant une heure ; et j'ai trouvé que des poutres qui avaient chacune supporté sans se rompre, pendant un jour entier, neuf milliers, avaient rompu, au bout de cinq ou six mois, sous la charge de six milliers, c'est-à-dire qu'elles n'avaient pas pu porter, pendant six mois, les deux tiers de la charge qu'elles avaient portée pendant un jour. Tout cela prouve assez combien les expériences que l'on a faites sur cette matière sont imparfaites ; et peut-être cela prouve aussi qu'il n'est pas trop aisé de les bien faire.

Mes premières épreuves, qui sont en très-grand nombre, n'ont servi qu'à me faire reconnaître tous les inconvénients dont je viens de parler. Je fis d'abord rompre quelques barreaux, et je calculai quelle devait être la force d'un barreau plus long et plus gros que ceux que j'avais mis à l'épreuve ; et ensuite, ayant fait rompre de ces derniers, et ayant comparé le résultat de mon calcul avec la charge actuelle, je trouvai de si grandes différences, que je répétai plusieurs fois la

même chose, sans pouvoir rapprocher le calcul de l'expérience ; j'essayai sur d'autres longueurs et d'autres grosseurs : l'événement fut le même ; enfin je me déterminai à faire une suite complète d'expériences qui pût me servir à dresser une table de la force du bois, sur laquelle je pouvais compter, et que tout le monde pourra consulter au besoin.

Je vais rapporter, en aussi peu de mots qu'il me sera possible, la manière dont j'ai exécuté mon projet.

J'ai commencé par choisir, dans un canton de mes bois, cent chênes sains et bien vigoureux, aussi voisins les uns des autres qu'il a été possible de les trouver, afin d'avoir du bois venu en même terrain, car les arbres de différents pays et de différents terrains ont des résistances différentes : autre inconvénient qui seul semblait d'abord anéantir toute l'utilité que j'espérais tirer de mon travail. Tous ces chênes étaient aussi de la même espèce, de la belle espèce qui produit du gros gland attaché un à un ou deux à deux sur la branche ; les plus petits de ces arbres avaient environ 2 pieds $\frac{1}{2}$ de circonférence, et les plus gros 5 pieds ; je les ai choisis de différente grosseur, afin de me rapprocher davantage de l'usage ordinaire. Lorsque les charpentiers ont besoin d'une pièce de 5 ou 6 pouces d'équarrissage, ils ne la prennent pas dans un arbre qui peut porter un pied, la dépense serait trop grande, et il ne leur arrive que trop souvent d'employer des arbres trop menus et où ils laissent beaucoup d'aubier ; car je ne parle pas ici des solives de sciage, qu'on emploie quelquefois, et qu'on tire d'un gros arbre ; cependant il est bon d'observer en passant que ces solives de sciage sont faibles, et que l'usage en devrait être pros crit. On verra, dans la suite de ce Mémoire, combien il est avantageux de n'employer que du bois de brin.

Comme le degré de dessèchement du bois fait varier très-considérablement celui de sa résistance, et que, d'ailleurs, il est fort difficile de s'assurer de ce degré de dessèchement, puisque souvent de deux arbres abattus en même temps, l'un se dessèche en moins de temps que l'autre, j'ai voulu éviter cet inconvénient qui aurait dérangé la suite comparée de mes expériences, et j'ai cru que j'aurais un terme plus fixe et plus certain en prenant le bois tout vert. J'ai donc fait couper mes arbres un à un, à mesure que j'en avais besoin ; le même jour qu'on abattait

un arbre, on le conduisait au lieu où il devait être rompu; le lendemain les charpentiers l'équarrissaient, et des menuisiers le travaillaient à la varlope, afin de lui donner des dimensions exactes, et le surlendemain on le mettait à l'épreuve.

Voici en quoi consistait la machine avec laquelle j'ai fait le plus grand nombre de mes expériences. Deux forts tréteaux de 7 pouces d'équarrissage, de 3 pieds de hauteur et d'autant de longueur, renforcés dans leur milieu par un bois debout; on posait sur ces tréteaux les deux extrémités de la pièce qu'on voulait rompre. Plusieurs boucles carrées de fer rond, dont la plus grosse portait près de 9 pouces de largeur intérieure, et était d'un fer de 7 à 8 pouces de tour; la seconde boucle portait 7 pouces de largeur, et était faite d'un fer de 5 à 6 pouces de tour, les autres plus petites: on passait la pièce à rompre dans la boucle de fer; les grosses boucles servaient pour les grosses pièces, et les petites boucles pour les barreaux. Chaque boucle, à la partie supérieure, avait intérieurement une arête; elle était faite pour empêcher la boucle de s'incliner, et aussi pour faire voir la largeur du fer qui portait sur les bois à rompre. A la partie inférieure de cette boucle carrée, on avait forgé deux crochets de fer, de même grosseur que le fer de la boucle: ces deux crochets se séparaient, et formaient une boucle ronde d'environ 9 pouces de diamètre, dans laquelle on mettait une clef de bois de même grosseur et de 4 pieds de longueur. Cette clef portait une forte table de 14 pieds de longueur, sur 6 pieds de largeur, qui était faite de solives de 5 pouces d'épaisseur, mises les unes contre les autres, et retenues par de fortes barres: on la suspendait à la boucle par le moyen de la grosse clef de bois, et elle servait à placer les poids, qui consistaient en trois cents quartiers de pierre, taillés et numérotés, qui pesaient chacun 25, 50, 100, 150 et 200 livres; on portait ces pierres sur la table, et on bâtissait un massif de pierres, large et long comme la table, et aussi haut qu'il était nécessaire pour faire rompre la pièce. J'ai cru que cela était assez simple pour pouvoir en donner l'idée nette sans le secours d'une figure.

On avait soin de mettre de niveau la pièce et les tréteaux que l'on cramponnait, afin de les empêcher de reculer; huit hommes chargeaient continuellement la table, et commençaient par placer au centre les poids

de 200 livres, ensuite ceux de 150, ceux de 100, ceux de 50, et enfin au-dessus ceux de 25 livres. Deux hommes, portés par un échafaud suspendu en l'air par des cordes, plaçaient les poids de 50 et 25 livres, qu'on n'aurait pu arranger depuis le bas sans courir risque d'être écrasé; quatre autres hommes appuyaient et soutenaient les quatre angles de la table, pour l'empêcher de vaciller, et pour la tenir en équilibre; un autre, avec une longue règle de bois, observait combien la pièce pliait à mesure qu'on la chargeait, et un autre marquait le temps et écrivait la charge, qui souvent s'est trouvée monter à 20, 25 et jusqu'à près de 28 milliers de livres.

J'ai fait rompre de cette façon plus de cent pièces de bois, tant poutres que solives, sans compter 300 barreaux; et ce grand nombre de pénibles épreuves a été à peine suffisant pour me donner une échelle suivie de la force du bois pour toutes les grosseurs et longueurs; j'en ai dressé une table, que je donne à la fin de ce Mémoire: si on la compare avec celles de M. Musschenbroeck et des autres physiciens qui ont travaillé sur cette matière, on verra combien leurs résultats sont différents des miens.

Afin de donner d'avance une idée juste de cette opération, par laquelle j'ai fait rompre les pièces de bois pour en reconnaître la force, je vais rapporter le procédé exact de l'une de mes expériences, par laquelle on pourra juger de toutes les autres.

Ayant fait abattre un chêne de cinq pieds de circonférence, je l'ai fait amener et travailler le même jour par des charpentiers; le lendemain, des menuisiers l'ont réduit à 8 pouces d'équarrissage et à 12 pieds de longueur. Ayant examiné avec soin cette pièce, je jugeai qu'elle était fort bonne: elle n'avait d'autre défaut qu'un petit nœud à l'une des faces. Le surlendemain, j'ai fait peser cette pièce: son poids se trouva être de 409 livres; ensuite, l'ayant passée dans la boucle de fer, et ayant tourné en haut la face où était le petit nœud, je fis disposer la pièce de niveau sur les tréteaux: elle portait de 6 pouces sur chaque tréteau; cette portée de 6 pouces était celle des pièces de 12 pieds; celles de 24 pieds portaient de 12 pouces, et ainsi des autres, qui portaient toujours d'un demi-pouce par pied de longueur: ayant ensuite fait glisser la boucle de fer jusqu'au milieu de la pièce, on sou-

leva, à force de leviers, la table qui, seule avec les boucles et la clef, pesait 2500 livres. On commença à trois heures cinquante-six minutes : huit hommes chargeaient continuellement la table ; à cinq heures trente-neuf minutes la pièce n'avait encore plié que de 2 pouces, quoique chargée de 16 milliers ; à cinq heures quarante-cinq minutes, elle avait plié de 2 pouces $\frac{1}{2}$, et elle était chargée de 18500 livres ; à cinq heures cinquante-une minutes, elle avait plié de 3 pouces, et était chargée de 21 milliers ; à six heures une minute, elle avait plié de 3 pouces $\frac{1}{2}$, et elle était chargée de 23625 livres : dans cet instant elle fit un éclat comme un coup de pistolet ; aussitôt on discontinua de charger, et la pièce plia d'un demi-pouce de plus, c'est-à-dire de 4 pouces en tout. Elle continua d'éclater avec grande violence pendant plus d'une heure, et il en sortait par les bouts une espèce de fumée avec un sifflement. Elle plia de près de 7 pouces avant que de rompre absolument, et supporta, pendant tout ce temps, la charge de 23625 livres. Une partie des fibres ligneuses était coupée net comme si on l'eût sciée, et le reste s'était rompu en se déchirant, en se tirant et laissant des intervalles à peu près comme on en voit entre les dents d'un peigne ; l'arête de la boucle de fer qui avait trois lignes de largeur, et sur laquelle portait toute la charge, était entrée d'une ligne et demie dans le bois de la pièce, et avait fait refouler de chaque côté un faisceau de fibres, et le petit nœud qui était à la face supérieure n'avait point du tout contribué à la faire rompre.

J'ai un journal où il y a plus de cent expériences aussi détaillées que celle-ci, dont il y en a plusieurs qui sont plus fortes. J'en ai fait sur des pièces de dix, douze, quatorze, seize, dix-huit, vingt, vingt-deux, vingt-quatre, vingt-six et vingt-huit pieds de longueur et de toutes grosseurs, depuis quatre jusqu'à huit pouces d'équarrissage, et j'ai toujours, pour une même longueur et grosseur, fait rompre trois ou quatre pièces pareilles, afin d'être assuré de leur force respective.

La première remarque que j'ai faite, c'est que le bois ne casse jamais sans avertir, à moins que la pièce ne soit fort petite ou fort sèche ; le bois vert casse plus difficilement que le bois sec ; et, en général, le bois qui a du ressort résiste beaucoup plus que celui qui n'en a pas : l'aubier, le bois des branches,

celui du sommet de la tige d'un arbre, tout le bois jeune est moins fort que le bois plus âgé. La force du bois n'est pas proportionnelle à son volume ; une pièce double ou quadruple d'une autre pièce de même longueur, est beaucoup plus du double ou du quadruple plus forte que la première ; par exemple, il ne faut pas quatre milliers pour rompre une pièce de dix pieds de longueur et de quatre pouces d'équarrissage, et il en faut dix pour rompre une pièce double ; il faut vingt-six milliers pour rompre une pièce quadruple, c'est-à-dire une pièce de dix pieds de longueur sur huit pouces d'équarrissage. Il en est de même pour la longueur : il semble qu'une pièce de huit pieds, et de même grosseur qu'une pièce de seize pieds, doit, par les règles de la mécanique, porter juste le double ; cependant elle porte beaucoup moins. Je pourrais donner les raisons physiques de tous ces faits ; mais je me borne à donner des faits : le bois qui, dans le même terrain, croît le plus vite, est le plus fort ; celui qui a crû lentement, et dont les cercles annuels, c'est-à-dire les couches ligneuses, sont minces, est plus faible que l'autre.

J'ai trouvé que la force du bois est proportionnelle à sa pesanteur ; de sorte qu'une pièce de même longueur et grosseur, mais plus pesante qu'une autre pièce, sera aussi plus forte à peu près en même raison. Cette remarque donne les moyens de comparer la force des bois qui viennent de différents pays et de différents terrains, et étend infiniment l'utilité de mes expériences ; car, lorsqu'il s'agira d'une construction importante ou d'un ouvrage de conséquence, on pourra aisément au moyen de ma table, et en pesant les pièces, ou seulement des échantillons de ces pièces, s'assurer de la force du bois qu'on emploie, et on évitera le double inconvénient d'employer trop ou trop peu de cette matière, que souvent on prodigue mal à propos, et que quelquefois on ménage avec encore moins de raison.

On serait porté à croire qu'une pièce qui, comme dans mes expériences, est posée librement sur deux tréteaux, doit porter beaucoup moins qu'une pièce retenue par les deux bouts, et infixée dans une muraille, comme sont les poutres et les solives d'un bâtiment ; mais si on fait réflexion qu'une pièce que je suppose de 24 pieds de longueur, en baissant de 6 pouces dans son milieu, ce qui est souvent plus qu'il n'en faut pour la faire rompre, ne hausse en même temps que

d'un demi-pouce à chaque bout, et que même elle ne hausse guère que de 3 lignes, parce que la charge tire le bout hors de la muraille, souvent beaucoup plus qu'elle ne le fait hausser, on verra bien que mes expériences s'appliquent à la position ordinaire des poutres dans un bâtiment ; la force qui les fait rompre, en les obligeant de plier dans le milieu et de hausser par les bouts, est cent fois plus considérable que celle des plâtres et des mortiers qui cèdent et se dégradent aisément, et je puis assurer, après l'avoir éprouvé, que la différence de force d'une pièce posée sur deux appuis et libre par les bouts, et de celle d'une pièce fixée par les deux bouts dans une muraille bâtie à l'ordinaire, est si petite, qu'elle ne mérite pas qu'on y fasse attention.

J'avoue qu'en retenant une pièce par des ancrs de fer, en la posant sur des pierres de taille dans une bonne muraille, on augmente considérablement sa force. J'ai quelques expériences sur cette position, dont je pourrai donner les résultats. J'avouerai même de plus que, si cette pièce était invinciblement retenue et inébranlablement contenue par les deux bouts dans des enchâtres d'une matière inflexible et parfaitement dure, il faudrait une force presque infinie pour la rompre ; car on peut démontrer que, pour rompre une pièce ainsi posée, il faudrait une force beaucoup plus grande que la force nécessaire pour rompre une pièce de bois debout, qu'on tirerait ou qu'on presserait suivant sa longueur.

Dans les bâtiments et les *contignations* ordinaires, les pièces de bois sont chargées dans toute leur longueur et en différents points, au lieu que dans mes expériences toute la charge est réunie dans un seul point au milieu ; cela fait une différence considérable, mais qu'il est aisé de déterminer au juste ; c'est une affaire de calcul que tout constructeur un peu versé dans la mécanique pourra suppléer aisément.

Pour essayer de comparer les effets du temps sur la résistance du bois, et pour reconnaître combien il diminue de sa force, j'ai choisi quatre pièces de 18 pieds de longueur sur 7 pouces de grosseur ; j'en ai fait rompre deux, qui en nombres ronds, ont porté neuf milliers chacune pendant une heure : j'ai fait charger les deux autres de six milliers seulement, c'est-à-dire des deux tiers de la première charge, et je les ai laissées ainsi chargées, résolu d'attendre l'événement. L'une de ces pièces a cassé au bout

de cinq mois et vingt-cinq jours, et l'autre au bout de six mois et dix-sept jours. Après cette expérience, je fis travailler deux autres pièces toutes pareilles, et je ne les fis charger que de la moitié, c'est-à-dire de 4500 livres ; je les ai tenues pendant plus de deux ans ainsi chargées : elles n'ont pas rompu, mais elles ont plié assez considérablement. Ainsi, dans des bâtiments qui doivent durer long-temps, il ne faut donner au bois tout au plus que la moitié de la charge qui peut le faire rompre, et il n'y a que dans des cas pressants et dans des constructions qui ne doivent pas durer, comme lorsqu'il faut faire un pont pour passer une armée, ou un échafaud pour secourir ou assaillir une ville, qu'on peut hasarder de donner au bois les deux tiers de sa charge.

Je ne sais s'il est nécessaire d'avertir que j'ai rebuté plusieurs pièces qui avaient des défauts, et que je n'ai compris dans ma table que les expériences dont j'ai été satisfait. J'ai encore rejeté plus de bois que je n'en ai employé ; les nœuds, le fil tranché et les autres défauts du bois sont assez aisés à voir ; mais il est difficile de juger de leur effet par rapport à la force d'une pièce : il est sûr qu'ils la diminuent beaucoup, et j'ai trouvé un moyen d'estimer à peu près la diminution de force causée par un nœud. On sait qu'un nœud est une espèce de cheville adhérente à l'intérieur du bois ; on peut même connaître à peu près, par le nombre des cercles annuels qu'il contient, la profondeur à laquelle il pénètre : j'ai fait faire des trous en forme de cône et de même profondeur dans des pièces qui étaient sans nœuds, et j'ai rempli ces trous avec des chevilles de même figure ; j'ai fait rompre ces pièces, et j'ai reconnu par là combien les nœuds ôtent de force au bois, ce qui est beaucoup au-delà de ce qu'on pourrait imaginer : un nœud qui se trouvera ou une cheville qu'on mettra à la face inférieure, et surtout à l'une des arêtes, diminue quelquefois d'un quart la force de la pièce. J'ai aussi essayé de reconnaître, par plusieurs expériences, la diminution de force causée par le fil tranché du bois. Je suis obligé de supprimer les résultats de ces épreuves qui demandent beaucoup de détail ; qu'il me soit permis cependant de rapporter un fait qui paraîtra singulier, c'est qu'ayant fait rompre des pièces courbes, telles qu'on les emploie pour la construction des vaisseaux, des dômes, etc., j'ai trouvé qu'elles résistent davantage en opposant à la charge le côté concave ; on imaginerait d'abord le contraire, et

on penserait qu'en opposant le côté convexe, comme la pièce fait voûte, elle devrait résister davantage; cela serait vrai pour une pièce dont les fibres longitudinales seraient courbes naturellement, c'est-à-dire pour une pièce courbe, dont le fil du bois serait continu et non tranché; mais comme les pièces courbes dont je me suis servi, et presque toutes celles dont on se sert dans la construction, sont prises dans un arbre qui a de l'épaisseur, la partie intérieure de ces couches est beaucoup plus tranchée que la partie extérieure, et par conséquent elle résiste moins, comme je l'ai trouvé par mes expériences.

Il semblerait que des épreuves faites avec tant d'appareil et en si grand nombre ne devraient rien laisser à désirer, surtout dans une matière aussi simple que celle-ci; cependant je dois convenir, et je l'avouerai volontiers, qu'il reste encore bien des choses à trouver: je n'en citerai que quelques-unes. On ne connaît pas le rapport de la force de la cohérence longitudinale du bois à la force de son union transversale, c'est-à-dire quelle force il faut pour rompre, et quelle force il faut pour fendre une pièce. On ne connaît pas la résistance du bois dans des positions différentes de celle que supposent mes expériences, positions cependant assez ordinaires dans les bâtiments, et sur lesquelles il serait très-important d'avoir des règles certaines; je veux parler de la force des bois debout, des bois inclinés, des bois retenus par une seule de leurs extrémités, etc. Mais en partant des résultats de mon travail, on pourra parvenir aisément à ces connaissances qui nous manquent. Passons maintenant au détail de mes expériences.

J'ai d'abord recherché quels étaient la densité et le poids du bois de chêne dans les différents âges, quelle proportion il y a entre la pesanté du bois qui occupe le centre, et la pesanté du bois de la circonférence, et encore entre la pesanté du bois parfait et celle de l'aubier, etc. M. Duhamel m'a dit qu'il avait fait des expériences à ce sujet; l'attention scrupuleuse avec laquelle les mien-nes ont été faites me donne lieu de croire qu'elles se trouveront d'accord avec les siennes.

J'ai fait tirer un bloc du pied d'un chêne abattu le même jour, et ayant posé la pointe d'un compas au centre des cercles annuels, j'ai décrit une circonférence de cercle autour de ce centre; et ensuite, ayant posé la pointe du compas au milieu de l'épaisseur de l'au-

bier, j'ai décrit un pareil cercle dans l'aubier; j'ai fait ensuite tirer de ce bloc deux petits cylindres, l'un de cœur de chêne, et l'autre d'aubier, et les ayant posés dans les bassins d'une bonne balance hydrostatique, et qui penchait sensiblement à un quart de grain, je les ai ajustés en diminuant peu à peu le plus pesant des deux, et lorsqu'ils m'ont paru parfaitement en équilibre, je les ai pesés: ils pesaient également chacun 371 grains; les ayant ensuite pesés séparément dans l'eau, où je ne fis que les plonger un moment, j'ai trouvé que le morceau de cœur perdait dans l'eau 317 grains, et le morceau d'aubier 344 des mêmes grains. Le peu de temps qu'ils demeurèrent dans l'eau rendit insensible la différence de leur augmentation de volume par l'imbibition de l'eau, qui est très-différente dans le cœur du chêne et dans l'aubier.

Le même jour j'ai fait faire deux autres cylindres, l'un de cœur et l'autre d'aubier de chêne, tirés d'un autre bloc, pris dans un arbre à peu près de même âge que le premier, et à la même hauteur de terre; ces deux cylindres pesaient chacun 1978 grains; le morceau de cœur de chêne perdit dans l'eau 1635 grains, et le morceau d'aubier 1784. En comparant cette expérience avec la première, on trouve que le cœur de chêne ne perd dans cette seconde expérience que 307 ou environ sur 371, au lieu de 317 $\frac{1}{2}$; et de même que l'aubier ne perd sur 371 grains que 330, au lieu de 344, ce qui est à peu près la même proportion entre le cœur et l'aubier: la différence réelle ne vient que de la densité différente tant du cœur que de l'aubier du second arbre, dont tout le bois en général était plus solide et plus dur que le bois du premier.

Trois jours après j'ai pris dans un des morceaux d'un autre chêne, abattu le même jour que les précédents, trois cylindres, l'un au centre de l'arbre, l'autre à la circonférence du cœur, et le troisième à l'aubier, qui pesaient tous trois 975 grains dans l'air; et les ayant pesés dans l'eau, le bois du centre perdit 873 grains, celui de la circonférence du cœur perdit 906, et l'aubier 938 grains. En comparant cette troisième expérience avec les deux précédentes, on trouve que 371 grains du cœur du premier chêne perdant 317 grains $\frac{1}{2}$, 371 grains du cœur du second chêne auraient dû perdre 332 grains à peu près; et de même que 371 grains d'aubier du premier chêne perdant 344 grains, 371 grains du se-

cond chêne auraient dû perdre 330 grains, et 371 grains de l'aubier du troisième chêne auraient dû perdre 356 grains, ce qui ne s'éloigne pas beaucoup de la première proposition; la différence réelle de la perte, tant du cœur que de l'aubier de ce troisième chêne, venant de ce que son bois était plus léger et un peu plus sec que celui des deux autres. Prenant donc la mesure moyenne entre ces trois différents bois de chêne, on trouve que 371 grains de cœur perdent dans l'eau 319 grains $\frac{2}{3}$ de leur poids, et que 371 grains d'aubier perdent 343 grains de leur poids : donc le volume du cœur de chêne est au volume de l'aubier :: $319 \frac{2}{3} : 343$, et les masses :: $343 : 319 \frac{2}{3}$, ce qui fait environ un quinzième pour la différence entre les poids spécifiques du cœur et de l'aubier.

J'avais choisi, pour faire cette troisième expérience, un morceau de bois dont les couches ligneuses m'avaient paru assez égales dans leur épaisseur, et j'enlevai mes trois cylindres de telle façon, que le centre de mon cylindre du milieu, qui était pris à la circonférence du cœur, était également éloigné du centre de l'arbre où j'avais enlevé mon premier cylindre de cœur, et du centre du cylindre d'aubier; par là j'ai reconnu que la pesanteur du bois décroît à peu près en progression arithmétique, car la perte du cylindre du centre étant 873, et celle du cylindre d'aubier étant 938, on trouvera, en prenant la moitié de la somme de ces deux nombres, que le bois de la circonférence du cœur doit perdre $905 \frac{1}{2}$, et par l'expérience je trouve qu'il a perdu 906; ainsi le bois, depuis le centre jusqu'à la dernière circonférence de l'aubier, diminue de densité en progression arithmétique.

Je me suis assuré, par des épreuves semblables à celles que je viens d'indiquer, de la diminution de pesanteur du bois dans sa longueur; le bois du pied d'un arbre pèse plus que le bois du tronc au milieu de sa hauteur, et celui de ce milieu pèse plus que le bois du sommet, et cela à peu près en progression arithmétique, tant que l'arbre prend de l'accroissement; mais il vient un temps où le bois du centre et celui de la circonférence du cœur pèsent à peu près également, et c'est le temps auquel le bois est dans sa perfection.

Les expériences ci-dessus ont été faites sur des arbres de soixante ans, qui croissaient encore, tant en hauteur qu'en grosseur; et les ayant répétées sur des arbres de quarante-

six ans, et encore sur des arbres de trente-trois ans, j'ai toujours trouvé que le bois du centre à la circonférence, et du pied de l'arbre au sommet, diminuait de pesanteur à peu près en progression arithmétique.

Mais, comme je viens de l'observer, dès que les arbres cessent de croître, cette proportion commence à varier. J'ai pris dans le tronc d'un arbre d'environ cent ans trois cylindres, comme dans les épreuves précédentes, qui tous trois pesaient 2004 grains dans l'air; celui du centre perdit dans l'eau 1713 grains, celui de la circonférence du cœur 1718 grains, et celui de l'aubier 1779 grains.

Par une seconde épreuve, j'ai trouvé que de trois autres cylindres, pris dans le tronc d'un arbre d'environ cent dix ans, et qui pesaient dans l'air 1122 grains, celui du centre perdit 1002 grains dans l'eau, celui de la circonférence du cœur 997 grains, et celui de l'aubier 1023 grains. Cette expérience prouve que le cœur n'était plus la partie la plus solide de l'arbre, et elle prouve en même temps que l'aubier est plus pesant et plus solide dans les vieux que dans les jeunes arbres.

J'avoue que dans les différents climats, dans les différents terrains, et même dans le même terrain, cela varie prodigieusement, et qu'on peut trouver des arbres situés assez heureusement pour prendre encore de l'accroissement en hauteur à l'âge de cent cinquante ans : ceux-ci font une exception à la règle; mais, en général, il est constant que le bois augmente de pesanteur jusqu'à un certain âge dans la proportion que nous avons établie; qu'après cet âge le bois des différentes parties de l'arbre devient à peu près d'égale pesanteur, et c'est alors qu'il est dans sa perfection; et, enfin, que sur son déclin le centre de l'arbre venant à obstruer, le bois du cœur se dessèche faute de nourriture suffisante, et devient plus léger que le bois de la circonférence à proportion de la profondeur, de la différence du terrain et du nombre des circonstances qui peuvent prolonger ou raccourcir le temps de l'accroissement des arbres.

Ayant reconnu par les expériences précédentes la différence de la densité du bois dans les différents âges et dans les différents états où il se trouve avant que d'arriver à sa perfection, j'ai cherché quelle était la différence de la force, aussi dans les mêmes différents âges; et pour cela j'ai fait tirer du centre de plusieurs arbres, tous de même âge, c'est-à-dire d'environ soixante ans, plusieurs bar-

reaux de trois pieds de longueur sur un pouce d'équarrissage, entre lesquels j'en ai choisi quatre qui étaient les plus parfaits; ils pesaient :

1er	2e	3e	4e
barreau.			
26 $\frac{3}{32}$	26 $\frac{1}{32}$	26 $\frac{6}{32}$	26 $\frac{5}{32}$
Ils ont rompu sous la charge de			
301.	289.	272.	272.

Ensuite j'ai pris plusieurs morceaux du bois de la circonférence du cœur, de même longueur et de même équarrissage, c'est-à-dire de 3 pieds sur 1 pouce, entre lesquels j'ai choisi quatre des plus parfaits; ils pesaient :

1er	2e	3e	4e
onces.	onces.	onces.	onces.
25 $\frac{6}{32}$	25 $\frac{2}{32}$	25 $\frac{4}{32}$	25 $\frac{11}{32}$
Ils ont rompu sous la charge de			
liv.	liv.	liv.	liv.
262.	258.	255.	253.

Et de même ayant pris quatre morceaux d'aubier, ils pesaient :

1er	2e	3e	4e
onces.	onces.	onces.	onces.
25 $\frac{5}{32}$	24 $\frac{3}{32}$	24 $\frac{6}{32}$	24 $\frac{4}{32}$
Ils ont rompu sous la charge de			
liv.	liv.	liv.	liv.
248.	242.	241.	250.

Ces épreuves me firent soupçonner que la force du bois pourrait bien être proportionnelle à sa pesanteur; ce qui s'est trouvé vrai, comme on le verra par la suite de ce Mémoire. J'ai répété les mêmes expériences sur des barreaux de 2 pieds, sur d'autres de 18 pouces de longueur et d'un pouce d'équarrissage. Voici le résultat de ces expériences.

BARREAUX DE DEUX PIEDS (1).

<i>Poids.</i>				
	1er	2e	3e	4e
	onces.	onces.	onces.	onces.
Centre	17 $\frac{2}{32}$	16 $\frac{3}{32}$	16 $\frac{4}{32}$	16 $\frac{2}{32}$
Circonférence	15 $\frac{2}{32}$	15 $\frac{1}{32}$	15 $\frac{7}{32}$	15 $\frac{6}{32}$
Aubier	14 $\frac{2}{32}$	14 $\frac{6}{32}$	14 $\frac{4}{32}$	14 $\frac{2}{32}$
<i>Charges.</i>				
	liv.	liv.	liv.	liv.
Centre	439.	428.	415.	405.
Circonférence	356.	350.	346.	346.
Aubier	340.	334.	325.	316.

(1) Il faut remarquer que, comme l'arbre était assez gros, le bois de la circonférence était beaucoup plus éloigné du bois du centre que de celui de l'aubier.

BARREAUX DE DIX-HUIT POUCES.

<i>Poids.</i>				
	1er	2e	3e	4e
	onces.	onces.	onces.	onces.
Centre	13 $\frac{10}{32}$	13 $\frac{6}{32}$	13 $\frac{4}{32}$	13
Circonférence	12 $\frac{6}{32}$	12 $\frac{3}{32}$	12 $\frac{8}{32}$	12 $\frac{4}{32}$
Aubier	11 $\frac{2}{32}$	11 $\frac{3}{32}$	11 $\frac{1}{32}$	11 $\frac{6}{32}$
<i>Charges.</i>				
	liv.	liv.	liv.	liv.
Centre	488.	486.	478.	477.
Circonférence	460.	451.	443.	441.
Aubier	439.	438.	428.	428.

BARREAUX D'UN PIED.

<i>Poids.</i>				
	1er	2e	3e	4e
	onces.	onces.	onces.	onces.
Centre	8 $\frac{10}{32}$	8 $\frac{10}{32}$	8 $\frac{6}{32}$	8 $\frac{5}{32}$
Circonférence	8 $\frac{1}{32}$	7 $\frac{2}{32}$	7 $\frac{2}{32}$	7 $\frac{2}{32}$
Aubier	7 $\frac{10}{32}$	7 $\frac{2}{32}$	7.	6 $\frac{3}{32}$
<i>Charges.</i>				
	liv.	liv.	liv.	liv.
Centre	764.	761.	750.	751.
Circonférence	721.	700.	693.	698.
Aubier	668.	652.	651.	643.

En comparant toutes ces expériences, on voit que la force du bois ne suit pas bien exactement la même proportion que sa pesanteur; mais on voit toujours que cette pesanteur diminue, comme dans les premières expériences, du centre à la circonférence. On ne doit pas s'étonner de ce que ces expériences ne sont pas suffisantes pour juger exactement de la force du bois; car les barreaux tirés du centre de l'arbre sont autrement composés que les barreaux de la circonférence ou de l'aubier, et je ne fus pas long-temps sans m'apercevoir que cette différence dans la position, tant des couches ligneuses que des cloisons qui les unissent, devait influer beaucoup sur la résistance du bois.

J'examinai donc avec plus d'attention la forme et la situation des couches ligneuses dans les différents barreaux tirés des différentes parties du tronc de l'arbre; je vis que les barreaux tirés du centre contenaient dans le milieu un cylindre de bois rond, et qu'ils n'étaient tranchés qu'aux arêtes; je vis que ceux de la circonférence du cœur formaient des plans presque parallèles entre eux avec une courbure assez sensible, et que ceux de l'aubier étaient presque absolument

parallèles avec une courbure insensible. J'observai de plus que le nombre des couches ligneuses variait très-considérablement dans les différents barreaux, de sorte qu'il y en avait qui ne contenaient que sept couches ligneuses, et d'autres en contenaient quatorze dans la même épaisseur d'un pouce. Je m'aperçus aussi que la position de ces couches ligneuses, et le sens où elles se trouvaient lorsqu'on faisait rompre le barreau, devaient encore faire varier leur résistance, et je cherchai les moyens de connaître au juste la proportion de cette variation.

J'ai fait tirer du même pied d'arbre, à la circonférence du cœur, deux barreaux de 3 pieds de longueur sur 1 pouce $\frac{1}{2}$ d'équarrissage; chacun de ces deux barreaux contenait quatorze couches ligneuses, presque parallèles entre elles. Le premier pesait 3 livres 2 onces $\frac{1}{3}$, et le second 3 livres 2 onces $\frac{1}{2}$. J'ai fait rompre ces deux barreaux, en les exposant de façon que dans le premier les couches ligneuses se trouvaient posées horizontalement, et dans le second elles étaient situées verticalement. Je prévoyais que cette dernière position devait être avantageuse; et, en effet, le premier rompit sous la charge de 832 livres, et le second ne rompit que sous celle de 972 livres.

J'ai de même fait tirer plusieurs petits barreaux d'un pouce d'équarrissage sur un pied de longueur: l'un de ces barreaux, qui pesait 7 onces $\frac{2}{3}$, et contenait douze couches ligneuses posées horizontalement, a rompu sous 784 livres; l'autre qui pesait 8 onces, et contenait aussi douze couches ligneuses posées verticalement, n'a rompu que sous 860 livres.

Des deux autres pareils barreaux, dont le premier pesait 7 onces, et contenait huit couches ligneuses, et le second 7 onces $\frac{5}{8}$, et contenait aussi huit couches ligneuses: le premier, dont les couches ligneuses étaient posées horizontalement, a rompu sous 778 livres; et l'autre, dont les couches étaient posées verticalement, a rompu sous 828 livres.

J'ai de même fait tirer des barreaux de 2 pieds de longueur sur un pouce $\frac{1}{2}$ d'équarrissage. L'un de ces barreaux, qui pesait 2 livres 7 onces $\frac{1}{6}$, et contenait douze couches ligneuses posées horizontalement, a rompu sous 1217 livres; et l'autre, qui pesait 2 livres 7 onces $\frac{1}{8}$, et qui contenait aussi

douze couches ligneuses, a rompu sous 1294 livres.

Toutes ces expériences concourent à prouver qu'un barreau ou une solive résiste bien davantage lorsque les couches ligneuses qui le composent sont situées perpendiculairement; elles prouvent aussi que, plus il y a de couches ligneuses dans les barreaux ou autres petites pièces de bois, plus la différence de la force de ces pièces dans les deux positions opposées est considérable. Mais comme je n'étais pas encore pleinement satisfait à cet égard, j'ai fait la même expérience sur des planches mises les unes contre les autres, et je les rapporterai dans la suite, ne voulant point interrompre ici l'ordre des temps de mon travail, parce qu'il me paraît plus naturel de donner les choses comme on les a faites.

Les expériences précédentes ont servi à me guider pour celles qui doivent suivre; elles m'ont appris qu'il y a une différence considérable entre la pesanteur et la force du bois dans un même arbre, selon que ce bois est pris au centre ou à la circonférence de l'arbre; elles m'ont fait voir que la situation des couches ligneuses faisait varier la résistance de la même pièce de bois. Elles m'ont encore appris que le nombre des couches ligneuses influe sur la force du bois, et dès-lors j'ai reconnu que les tentatives qui ont été faites jusqu'à présent sur cette matière sont insuffisantes pour déterminer la force du bois; car toutes ces tentatives ont été faites sur de petites pièces d'un pouce ou d'un pouce et demi d'équarrissage, et on a fondé sur ces expériences le calcul des tables qu'on nous a données pour la résistance des poutres, solives et pièces de toute grosseur et longueur, sans avoir fait aucune des remarques que nous avons énoncées ci-dessus.

Après ces premières connaissances de la force du bois, qui ne sont encore que des notions assez peu complètes, j'ai cherché à en acquérir de plus précises; j'ai voulu m'assurer d'abord si, de deux morceaux de bois de même longueur et de même figure, mais dont le premier était double du second pour la grosseur, le premier avait une résistance double; et pour cela j'ai choisi plusieurs morceaux, pris dans les mêmes arbres et à la même distance du centre, ayant le même nombre d'années, situés de la même façon, avec toutes les circonstances nécessaires pour établir une juste comparaison.

J'ai pris, à la même distance du centre

d'un arbre, quatre morceaux de bois parfait, chacun de 2 pouces d'équarrissage sur 18 pouces de longueur; ces quatre morceaux ont rompu sous 3226, 3062, 2983 et 2890 livres, c'est-à-dire sous la charge moyenne de 3040 livres. J'ai de même pris quatre morceaux de 17 lignes, faibles d'équarrissage, sur la même longueur, ce qui fait à très-peu près la moitié de grosseur des quatre premiers morceaux, et j'ai trouvé qu'ils ont rompu sous 1304, 1274, 1331, 1198 livres, c'est-à-dire, au pied moyen, sous 1252 livres. Et de même j'ai pris quatre morceaux d'un pouce d'équarrissage sur la même longueur de 18 pouces, ce qui fait le quart de grosseur des premiers, et j'ai trouvé qu'ils ont rompu sous 526, 517, 500, 496 livres, c'est-à-dire, au pied moyen, sous 510 livres. Cette expérience fait voir que la force d'une pièce n'est pas proportionnelle à sa grosseur, car ces grosseurs étant 1, 2, 4, les charges devraient être 510, 1020, 2040, au lieu qu'elles sont en effet 510, 1252, 3040, ce qui est fort différent, comme l'avaient déjà remarqué quelques auteurs qui ont écrit sur la résistance des solides.

J'ai pris de même plusieurs barreaux d'un pied, de 18 pouces, de 2 pieds et de 3 pieds de longueur, pour reconnaître si les barreaux d'un pied porteraient une fois autant que ceux de 2 pieds, et pour m'assurer si la résistance des pièces diminue justement dans la même raison que leur longueur augmente. Les barreaux d'un pied supportèrent, au pied moyen, 765 livres; ceux de 18 pouces, 500 livres; ceux de 2 pieds, 369 livres; et ceux de 3 pieds, 230 livres. Cette expérience me laissa dans le doute, parce que les charges n'étaient pas fort différentes de ce qu'elles devaient être, car au lieu de 765, 500, 369 et 230, la règle du levier demandait 765, 510 $\frac{1}{2}$, 382 et 255 livres, ce qui ne s'éloigne pas assez pour pouvoir conclure que la résistance des pièces de bois ne diminue pas en même raison que leur longueur augmente; mais d'un autre côté cela s'éloigne assez pour qu'on suspende son jugement, et en effet on verra par la suite que l'on a ici raison de douter.

J'ai ensuite cherché quelle était la force du bois, en supposant la pièce inégale dans ses dimensions, par exemple, en la supposant d'un pouce d'épaisseur, sur 1 pouce $\frac{1}{2}$ de largeur, et en la plaçant sur l'une et ensuite sur l'autre de ces dimensions; et pour cela j'ai fait faire quatre barreaux d'aubier de 18

pouces de longueur sur 1 pouce $\frac{1}{2}$ d'une face, et sur 1 pouce de l'autre face : ces quatre barreaux, posés sur la face d'un pouce, ont supporté, au pied moyen, 723 livres, et quatre autres barreaux tous semblables, posés sur la face d'un pouce $\frac{1}{2}$, ont supporté, au pied moyen, 935 livres $\frac{1}{2}$. Quatre barreaux de bois parfait, posés sur la face d'un pouce, ont supporté, au pied moyen, 775; et sur la face d'un pouce $\frac{1}{2}$, 998 livres. Il faut toujours se souvenir que, dans ces expériences, j'avais soin de choisir des morceaux de bois à peu près de même pesanteur, et qui contenaient le même nombre de couches ligneuses posées du même sens.

Avec toutes ces précautions et toute l'attention que je donnais à mon travail, j'avais souvent peine à me satisfaire; je m'apercevais quelquefois d'irrégularités et de variations qui dérangerait les conséquences que je voulais tirer de mes expériences, et j'en ai plus de mille rapportées sur un registre, que j'ai faites à plusieurs desseins, dont cependant je n'ai pu rien tirer, et qui m'ont laissé dans une incertitude manifeste à bien des égards. Comme toutes ces expériences se faisaient avec des morceaux de bois d'un pouce, d'un pouce $\frac{1}{2}$ ou de deux pouces d'équarrissage, il fallait une attention très-scrupuleuse dans le choix du bois, une égalité presque parfaite dans la pesanteur, le même nombre dans les couches ligneuses; et, outre cela, il y avait un inconvénient presque inévitable, c'était l'obliquité de la direction des fibres, qui, souvent, rendait les morceaux de bois tranchés les uns d'une couche, les autres d'une demi-couche, ce qui diminuait considérablement la force du barreau; je ne parle pas des nœuds, des défauts du bois, de la direction très-oblique des couches ligneuses : on sent bien que tous ces morceaux étaient rejetés sans se donner la peine de les mettre à l'épreuve; enfin, de ce grand nombre d'expériences que j'ai faites sur de petits morceaux, je n'en ai pu tirer rien d'assuré que les résultats que j'en ai donnés ci-dessus, et je n'ai pas cru devoir hasarder d'en tirer des conséquences générales pour faire des tables sur la résistance du bois.

Ces considérations et les regrets des peines perdues me déterminèrent à entreprendre de faire des expériences en grand; je voyais clairement la difficulté de l'entreprise, mais je ne pouvais me résoudre à l'abandonner, et, heureusement, j'ai été beaucoup plus satisfait que je ne l'espérais d'abord.

EXPÉRIENCES.

1.

J'ai fait abattre un chêne de 3 pieds de circonférence, et d'environ 25 pieds de hauteur, il était droit et sans branches jusqu'à la hauteur de 15 à 16 pieds; je l'ai fait scier à 14 pieds, afin d'éviter les défauts du bois, causés par l'éruption des branches, et ensuite j'ai fait scier par le milieu cette pièce de 14 pieds, cela m'a donné deux pièces de 7 pieds chacune; je les ai fait équarrir le lendemain par des charpentiers, et le surlendemain je les ai fait travailler à la varlope par des menuisiers, pour les réduire à quatre pouces juste d'équarrissage; ces deux pièces étaient fort saines et sans aucun nœud apparent; celle qui provenait du pied de l'arbre pesait 60 livres, celle qui venait du dessus du tronc pesait 56 livres: on employa à charger la première vingt-neuf minutes de temps, elle plia dans son milieu de 3 pouces $\frac{1}{2}$ avant que d'éclater; à l'instant que la pièce eut éclaté, on discontinua de la charger: elle continua d'éclater et de faire beaucoup de bruit pendant vingt-deux minutes; elle baissa dans son milieu de 4 pouces $\frac{1}{2}$, et rompit sous la charge de 5350 livres: la seconde pièce, c'est-à-dire celle qui provenait de la partie supérieure du tronc, fut chargée en vingt-deux minutes; elle plia dans son milieu de 4 pouces 6 lignes avant que d'éclater; alors on cessa de la charger, elle continua d'éclater pendant huit minutes, et elle baissa dans son milieu de 6 pouces 6 lignes, et rompit sous la charge de 5275 livres.

2.

Dans le même terrain où j'avais fait couper l'arbre qui m'a servi à l'expérience précédente, j'en ai fait abattre un autre presque semblable au premier, il était seulement un peu plus élevé, quoique un peu moins gros; sa tige était assez droite, mais elle laissait paraître plusieurs petites branches de la grosseur d'un doigt dans la partie supérieure, et à la hauteur de 17 pieds elle se divisait en deux grosses branches; j'ai fait tirer de cet arbre deux solives de 8 pieds de longueur sur 4 pouces d'équarrissage, et je les ai fait rompre deux jours après, c'est-à-dire immédiatement après qu'on les eut travaillées et réduites à la juste mesure; la première solive qui provenait du pied de l'arbre pesait 68 livres, et la seconde, tirée de la partie supérieure de la tige, ne pesait que 63 livres; on chargea cette première solive en quinze

minutes: elle plia dans son milieu de 3 pouces 9 lignes avant que d'éclater; dès qu'elle eut éclaté, on cessa de charger; la solive continua d'éclater pendant dix minutes; elle baissa dans son milieu de 8 pouces; après quoi elle rompit, en faisant beaucoup de bruit, sous le poids de 4600 livres; la seconde solive fut chargée en treize minutes: elle plia de 4 pouces 8 lignes avant que d'éclater, et après le premier éclat, qui se fit à 3 pieds 2 pouces du milieu, elle baissa de 11 pouces en six minutes, et rompit au bout de ce temps, sous la charge de 4500 livres.

3.

Le même jour, je fis abattre un troisième chêne voisin des deux autres, et j'en fis scier la tige par le milieu: on en tira deux solives de 9 pieds de longueur chacune sur 4 pouces d'équarrissage; celle du pied pesait 77 livres, et celle du sommet 71 livres; et les ayant fait mettre à l'épreuve, la première fut chargée en quatorze minutes: elle plia de 4 pouces 10 lignes avant que d'éclater, et ensuite elle baissa de 7 pouces $\frac{1}{2}$, et rompit sous la charge de 4100 livres; celle du dessus de la tige, qui fut chargée en douze minutes, plia de 5 pouces $\frac{1}{4}$, éclata; ensuite, elle baissa jusqu'à 9 pouces, et rompit net sous la charge de 3950 livres.

Ces expériences font voir que le bois du pied d'un arbre est plus pesant que le bois du haut de la tige; elles apprennent aussi que le bois du pied est plus fort et moins flexible que celui du sommet.

4.

J'ai choisi, dans le même canton où j'avais déjà pris les arbres qui m'ont servi aux expériences précédentes, deux chênes de même espèce, de même grosseur, et à peu près semblables en tout; leur tige avait 3 pieds de tour, et n'avait guère que 11 à 12 pieds de hauteur jusqu'aux premières branches; je les fis équarrir et travailler tous deux en même temps, et on tira de chacun une solive de 10 pieds de longueur sur 4 pouces d'équarrissage; l'une de ces solives pesait 84 livres, et l'autre 82: la première rompit sous la charge de 3625 livres, et la seconde sous celle de 3600 livres. Je dois observer ici qu'on employa un temps égal à les charger, et qu'elles éclatèrent toutes deux au bout de quinze minutes; la plus légère plia un peu plus que l'autre, c'est-à-dire de 6 pouces $\frac{1}{2}$, et l'autre de 5 pouces 10 lignes.

5.

J'ai fait abattre, dans le même endroit, deux autres chênes de 2 pieds 10 à 11 pouces de grosseur, et d'environ 15 pieds de tige; j'en ai fait tirer deux solives de 12 pieds de longueur et de 4 pouces d'équarrissage : la première pesait 100 livres, et la seconde 98; la plus pesante a rompu sous la charge de 3050 livres, et l'autre sous celle de 2925 livres après avoir plié dans leur milieu, la première jusqu'à 7, et la seconde jusqu'à 8 pouces.

Voilà toutes les expériences que j'ai faites sur des solives de 4 pouces d'équarrissage; je n'ai pas voulu aller au-delà de la longueur de 12 pieds, parce que, dans l'usage ordinaire, les constructeurs et les charpentiers n'emploient que très-rarement des solives de 12 pieds sur 4 pouces d'équarrissage, et qu'il n'arrive jamais qu'ils se servent de pièces de 14 ou 15 pieds de longueur, et de 4 pouces de grosseur seulement.

En comparant la différente pesanteur des solives employées à faire les expériences ci-dessus, on trouve, par la première de ces expériences, que le pied cube de ce bois pesait 74 livres $\frac{4}{7}$, par la seconde 73 livres $\frac{6}{8}$, par la troisième 74, par la quatrième 74 $\frac{7}{10}$, et par la cinquième 74 $\frac{1}{2}$, ce qui marque que le pied cube de ce bois pesait, en nombres moyens, 74 livres $\frac{3}{10}$.

En comparant les différentes charges des pièces avec leur longueur, on trouve que les pièces de 7 pieds de longueur supportent 5313 livres, celles de 8 pieds 4550, celles de 9 pieds 4025, celles de 10 pieds 3612, et celles de 12 pieds 2987; au lieu que, par les règles ordinaires de la mécanique, celles de 7 pieds ayant supporté 5313 livres, celles de 8 pieds auraient dû supporter 4649 livres, celles de 9 pieds 4121, celles de 10 pieds 3719, et celles de 12 pieds 3099 livres; d'où l'on peut déjà soupçonner que la force du bois décroît plus qu'en raison inverse de sa longueur. Comme il me paraissait important d'acquiescer une certitude entière sur ce fait, j'ai entrepris de faire les expériences suivantes sur des solives de 5 pouces d'équarrissage, et de toutes longueurs, depuis 7 pieds jusqu'à 28.

6.

Comme je m'étais astreint à prendre dans le même terrain tous les arbres que je destinai à mes expériences, je fus obligé de me

borner à des pièces de 28 pieds de longueur; n'ayant pu trouver dans ce canton des chênes plus élevés, j'en ai choisi deux dont la tige avait 28 pieds sans grosses branches, et qui, en tout, avaient plus de 45 à 50 pieds de hauteur; ces chênes avaient à peu près 5 pieds de tour au pied; je les ai fait abattre le 14 mars 1740, et les ayant fait amener le même jour, je les ai fait équarrir le lendemain; on tira de chaque arbre une solive de 28 pieds de longueur sur cinq pouces d'équarrissage; je les examinai avec attention pour reconnaître s'il n'y aurait pas quelque nœud ou quelque défaut de bois vers le milieu, et je trouvai que ces deux longues pièces étaient fort saines : la première pesait 364 livres, et la seconde 360. Je fis charger la plus pesante avec un équipage léger : on commença à deux heures cinquante-cinq minutes; à trois heures, c'est-à-dire au bout de cinq minutes, elle avait déjà plié de 3 pouces dans son milieu, quoiqu'elle ne fût encore chargée que de 500 livres; à trois heures cinq minutes, elle avait plié de 7 pouces, et elle était chargée de 1000 livres; à trois heures dix minutes, elle avait plié de 14 pouces sous la charge de 1500 livres; enfin, à trois heures douze à treize minutes, elle avait plié de 18 pouces, et elle était chargée de 1800 livres. Dans cet instant, la pièce éclata violemment; elle continua d'éclater pendant quatorze minutes, et baissa de 25 pouces, après quoi elle rompit net au milieu sous ladite charge de 1800 livres. La seconde pièce fut chargée de la même façon : on commença à quatre heures cinq minutes, on la chargea d'abord de 500 livres : en cinq minutes elle avait plié de 5 pouces; dans les cinq minutes suivantes on la chargea encore de 500 livres, elle avait plié de 11 pouces $\frac{1}{2}$; au bout de cinq autres minutes, elle avait plié de 18 pouces $\frac{1}{2}$, sous la charge de 1500 livres; deux minutes après, elle éclata sous celle de 1750 livres, et dans ce moment elle avait plié de 22 pouces; on cessa de la charger : elle continua d'éclater pendant six minutes, et baissa jusqu'à 28 pouces avant que de rompre entièrement sous cette charge de 1750 livres.

7.

Comme la plus pesante des deux pièces de l'expérience précédente avait rompu net dans son milieu, et que le bois n'était point éclaté ni fendu dans les parties voisines de la rupture, je pensai que les deux morceaux de

cette pièce rompue pourraient me servir pour faire des expériences sur la longueur de 14 pieds; je prévoyais que la partie supérieure de cette pièce pèserait moins, et romprait plus aisément que l'autre morceau qui provenait de la partie inférieure du tronc; mais en même temps je voyais bien qu'en prenant le terme moyen entre les résistances de ces deux solives, j'aurais un résultat qui ne s'éloignerait pas de la résistance réelle d'une pièce de 14 pieds, prise dans un arbre de cette hauteur ou environ. J'ai donc fait scier le reste des fibres qui unissaient encore les deux parties; celle qui venait du pied de l'arbre se trouva peser 185 livres, et celle du sommet 178 livres $\frac{1}{2}$; la première fut chargée d'un millier dans les cinq premières minutes: elle n'avait pas plié sensiblement sous cette charge; on l'augmenta d'un second millier de livres dans les cinq minutes suivantes: ce poids de deux milliers la fit plier d'un pouce dans son milieu; un troisième millier en cinq autres minutes la fit plier en tout de 2 pouces; un quatrième millier la fit plier jusqu'à 3 pouces $\frac{1}{2}$, et un cinquième millier jusqu'à 5 pouces $\frac{1}{2}$: on allait continuer à la charger; mais après avoir ajouté 250 aux cinq milliers dont elle était chargée, il se fit un éclat à une des arêtes inférieures; on discontinua de charger: les éclats continuèrent, et la pièce baissa dans le milieu jusqu'à 10 pouces avant de rompre entièrement sous cette charge de 5250 livres: elle avait supporté tout ce poids pendant quarante-une minutes.

On chargea la seconde pièce comme on avait chargé la première, c'est-à-dire d'un millier par cinq minutes: le premier millier la fit plier de 3 lignes, le second d'un pouce 4 lignes, le troisième de 3 pouces, le quatrième de 5 pouces 9 lignes; on chargeait le cinquième millier lorsque la pièce éclata tout à coup sous la charge de 4650 livres: elle avait plié de 8 pouces; après ce premier éclat on cessa de charger: la pièce continua d'éclater pendant une demi-heure, et elle baissa jusqu'à 13 pouces avant que de rompre entièrement sous cette charge de 4650 livres.

La première pièce, qui provenait du pied de l'arbre, avait porté 5250 livres, et la seconde, qui venait du sommet, 4650 livres; cette différence me parut trop grande pour statuer sur cette expérience, c'est pourquoi je crus qu'il fallait réitérer, et je me servis de la seconde pièce de 28 pieds de la sixième

expérience; elle avait rompu en éclatant à 2 pieds du milieu, du côté de la partie supérieure de la tige, mais la partie inférieure ne paraissait pas avoir beaucoup souffert de la rupture, elle était seulement fendue de 4 à 5 pieds de longueur, et la fente, qui n'avait pas un quart de ligne d'ouverture, pénétrait jusqu'à la moitié ou environ de l'épaisseur de la pièce: je résolus, malgré ce petit défaut, de la mettre à l'épreuve, je la pesai et je trouvai qu'elle pesait 183 livres; je la fis charger comme les précédentes, on commença à midi vingt minutes: le premier millier la fit plier de près d'un pouce, le second de 2 pouces 10 lignes, le troisième de 5 pouces 3 lignes; et un poids de 150 livres ajouté aux trois milliers la fit éclater avec grande force; l'éclat fut rejoindre la fente occasionée par la première rupture, et la pièce baissa de 15 pouces avant que de rompre entièrement sous cette charge de 3150 livres. Cette expérience m'apprit à me défier beaucoup des pièces qui avaient été rompues ou chargées auparavant, car il se trouve ici une différence de près de deux milliers sur cinq dans la charge, et cette différence ne doit être attribuée qu'à la fente de la première rupture qui avait affaibli la pièce.

Étant donc encore moins satisfait, après cette troisième épreuve, que je ne l'étais après les deux premières, je cherchai dans le même terrain deux arbres dont la tige pût me fournir deux solives de la même longueur de 14 pieds sur 5 pouces d'équarrissage; et les ayant fait couper le 17 mars, je les fis rompre le 19 du même mois; l'une des pièces pesait 178 et l'autre 176; elles se trouvèrent heureusement fort saines et sans aucun défaut apparent ou caché: la première ne plia point sous le premier millier, elle plia d'un pouce sous le second, de 2 pouces $\frac{1}{2}$ sous le troisième, de 4 pouces $\frac{1}{2}$ sous le quatrième, et de 7 pouces $\frac{1}{4}$ sous le cinquième; on la chargea encore de 400 livres, après quoi elle fit un éclat violent, et continua d'éclater pendant vingt-une minutes; elle baissa jusqu'à 13 pouces, et rompit enfin sous la charge de 5400 livres: la seconde plia un peu sous le premier millier, elle plia d'un pouce 3 lignes sous le second, de 3 pouces sous le troisième, de 5 pouces sous le quatrième, et de près de 8 pouces sous le cinquième: 200 livres de plus la firent éclater; elle continua à faire du bruit et à baisser pendant dix-huit minutes,

et rompit au bout de ce temps sous la charge de 5200 livres. Ces deux dernières expériences me satisfirent pleinement, et je fus alors convaincu que les pièces de 14 pieds de longueur, sur 5 pouces d'équarrissage, peuvent porter au moins cinq milliers, tandis que, par la loi du levier, elles n'auraient dû porter que le double des pièces de 28 pieds, c'est-à-dire 3600 livres ou environ.

8.

J'avais fait abattre le même jour deux autres chênes, dont la tige avait environ 16 à 17 pieds de hauteur sans branches, et j'avais fait scier ces deux arbres en deux parties égales : cela me donna quatre solives de 7 pieds de longueur sur 5 pouces d'équarrissage ; de ces quatre solives je fus obligé d'en rebuter une qui provenait de la partie inférieure de l'un de ces arbres, à cause d'une tare assez considérable ; c'était un ancien coup de cognée que cet arbre avait reçu dans sa jeunesse, à trois pieds $\frac{1}{2}$ au-dessus de terre ; cette blessure s'était recouverte avec le temps, mais la cicatrice n'était pas réunie et subsistait en entier, ce qui faisait un défaut très-considérable ; je jugeai donc que cette pièce devait être rejetée. Les trois autres étaient assez saines et n'avaient aucun défaut : l'une provenait du pied, et les deux autres du sommet des arbres ; la différence de leur poids le marquait assez ; car celle qui venait du pied pesait 94 livres, et, des deux autres, l'une pesait 90 livres, et l'autre 88 livres $\frac{1}{2}$. Je les fis rompre toutes trois le même jour 19 mars ; on employa près d'une heure pour charger la première ; d'abord on la chargeait de deux milliers par cinq minutes, on se servit d'un gros équipage qui pesait seul 2500 livres : au bout de quinze minutes, elle était chargée de sept milliers ; elle n'avait encore plié que de 5 lignes. Comme la difficulté de charger augmentait, on ne put, dans les cinq minutes suivantes, la charger que de 1500 livres : elle avait plié de 9 lignes ; mille livres, qu'on mit ensuite dans les cinq minutes suivantes, la firent plier d'un pouce 3 lignes ; autres mille livres en cinq minutes l'amènèrent à 1 pouce 11 lignes ; encore mille livres, à 2 pouces 6 lignes : on continuait de charger, mais la pièce éclata tout à coup et très-violentement sous la charge de 11775 livres ; elle continua d'éclater avec grande violence pendant dix minutes, baissa jusqu'à 3 pouces 7 lignes, et rompit net au milieu.

THÉORIE DE LA TERRE. *Tome II.*

La seconde pièce, qui pesait 90 livres, fut chargée comme la première : elle plia plus aisément, et rompit au bout de trente-cinq minutes sous la charge de 10950 livres ; mais il y avait un petit nœud à la surface inférieure qui avait contribué à la faire rompre.

La troisième pièce, qui ne pesait que 88 livres $\frac{1}{2}$, ayant été chargée en cinquante-trois minutes, rompit sous la charge de 11275 livres. J'observai qu'elle avait encore plus plié que les deux autres, mais on manqua de marquer exactement les quantités dont ces deux dernières pièces plièrent à mesure qu'on les chargeait. Par ces trois épreuves, il est aisé de voir que la force d'une pièce de bois de 7 pieds de longueur, qui ne devait être que quadruple de la force d'une pièce de bois de 28 pieds, est à peu près sextuple.

9.

Pour suivre plus loin ces épreuves et m'assurer de cette augmentation de force en détail et dans toutes les longueurs des pièces de bois, j'ai fait abattre, toujours dans le même canton, deux chênes fort lisses, dont la tige portait plus de 25 pieds sans aucunes grosses branches ; j'en ai fait tirer deux solives de 24 pieds de longueur sur 5 pouces d'équarrissage ; ces deux pièces étaient fort saines et d'un bois liant qui se travaillait avec facilité. La première pesait 310 livres, et la seconde n'en pesait que 307 ; je les ai fait charger avec un petit équipage de 500 livres par cinq minutes ; la première a plié de 2 pouces sous une charge de 500 livres, de 4 pouces $\frac{1}{2}$ sous celle d'un millier, de 7 pouces $\frac{1}{2}$ sous 1500 livres, et de près de 11 pouces sous 2000 livres. La pièce éclata sous 2200, et rompit au bout de cinq minutes, après avoir baissé jusqu'à 15 pouces. La seconde pièce plia de 3 pouces, 6 pouces, 9 pouces $\frac{1}{2}$, 13 pouces sous les charges successives et accumulées de 500, 1000, 1500 et 2000 livres, et rompit sous 2125 livres, après avoir baissé jusqu'à 16 pouces.

10.

Il me fallait deux pièces de 12 pieds de longueur sur 5 pouces d'équarrissage, pour comparer leur force avec celle des pièces de 24 pieds de l'expérience précédente ; j'ai choisi pour cela deux arbres qui étaient à la vérité un peu trop gros, mais que j'ai été obligé d'employer faute d'autres ; je les ai

fait abattre le même jour avec huit autres arbres ; savoir , deux de 22 pieds , deux de 20 , et quatre de 12 à 13 pieds de hauteur : j'ai fait travailler le lendemain ces deux premiers arbres , et en ayant fait tirer deux solives de 12 pieds de longueur sur 5 pouces d'équarrissage , j'ai été un peu surpris de trouver que l'une des solives pesait 156 , et que l'autre ne pesait que 138 livres. Je n'avais pas encore trouvé d'aussi grandes différences , même à beaucoup près , dans le poids de deux pièces semblables ; je pensai d'abord , malgré l'examen que j'en avais fait , que l'une des pièces était trop forte et l'autre trop faible d'équarrissage ; mais , les ayant bien mesurées partout avec un troussequin de menuisier , et ensuite avec un compas courbe , je reconnus qu'elles étaient parfaitement égales ; et comme elles étaient saines et sans aucun défaut , je ne laissai pas de les faire rompre toutes deux , pour reconnaître ce que cette différence de poids produirait. On les chargea toutes deux de la même façon , c'est-à-dire d'un millier en cinq minutes ; la plus pesante plia de $\frac{1}{4}$, $\frac{3}{8}$, $1\frac{1}{2}$, $2\frac{3}{4}$, 4 , 5 pouces $\frac{1}{2}$ dans les cinq , dix , quinze , vingt , vingt-cinq et trente minutes qu'on employa à la charger , et elle éclata sous la charge de 6050 livres , après avoir baissé jusqu'à 13 pouces avant que de rompre absolument. La moins pesante des deux pièces plia de $\frac{4}{5}$ 1 , 2 , $3\frac{1}{2}$, $5\frac{1}{4}$, dans les cinq , dix , quinze , vingt et vingt-cinq minutes , et elle éclata sous la charge de 5225 livres , sous laquelle , au bout de 7 à 8 minutes , elle rompit entièrement ; on voit que la différence est ici à peu près aussi grande dans les charges que dans les poids , et que la pièce légère était très-faible. Pour lever les doutes que j'avais sur cette expérience , je fis tout de suite travailler un autre arbre de 13 pieds de longueur , et j'en fis tirer une solive de 12 pieds de longueur sur 5 pouces d'équarrissage : elle se trouva peser 154 livres , et elle éclata après avoir plié de 5 pouces 9 lignes , sous la charge de 6100 livres. Cela me fit voir que les pièces de 12 pieds sur 5 pouces peuvent supporter environ 6000 livres , tandis que les pièces de 24 pieds ne portent que 2200 , ce qui fait un poids beaucoup plus fort que le double de 2200 qu'elles auraient dû porter par la loi du levier. Il me restait , pour me satisfaire sur toutes les circonstances de cette expérience , à trouver pourquoi , dans un même terrain , il se trouve quelquefois des arbres dont le bois est si différent en pesan-

teur et en résistance ; j'allai , pour le découvrir , visiter le lieu , et , ayant sondé le terrain auprès du tronc de l'arbre qui avait fourni la pièce légère , je reconnus qu'il y avait un peu d'humidité qui séjournait au pied de cet arbre par la pente naturelle du lieu , et j'attribuai la faiblesse de ce bois au terrain humide où il était crû , car je ne m'aperçus pas que la terre fût d'une qualité différente ; et , ayant sondé dans plusieurs endroits , je trouvai partout une terre semblable. On verra , par l'expérience suivante , que les différents terrains produisent des bois qui sont quelquefois de pesanteur et de force encore plus inégales.

11.

J'ai choisi , dans le même terrain où je prenais tous les arbres qui me servaient à faire mes expériences , un arbre à peu près de la même grosseur que ceux de l'expérience neuvième , et en même temps j'ai cherché un autre arbre à peu près semblable au premier , dans un terrain différent ; la terre est forte et mêlée de glaise dans le premier terrain ; et dans le second ce n'est qu'un sable presque sans aucun mélange de terre. J'ai fait tirer de chacun de ces arbres une solive de 22 pieds sur 5 pouces d'équarrissage : la première solive , qui venait du terrain fort , pesait 281 livres ; l'autre , qui venait du terrain sablonneux , ne pesait que 232 livres , ce qui fait une différence de près d'un sixième dans le poids. Ayant mis à l'épreuve la plus pesante de ces deux pièces , elle plia de 11 pouces 3 lignes avant que d'éclater , et elle baissa jusqu'à 19 pouces avant que de rompre absolument ; elle supporta , pendant 18 minutes , une charge de 2975 livres ; mais la seconde pièce , qui venait du terrain sablonneux , ne plia que de 5 pouces avant que d'éclater , et ne baissa que de 8 pouces $\frac{1}{2}$ dans son milieu , et elle rompit , au bout de 3 minutes , sous la charge de 2350 livres , ce qui fait une différence de plus d'un cinquième dans la charge. Je rapporterai dans la suite quelques autres expériences à ce sujet ; mais revenons à notre échelle des résistances suivant les différentes longueurs.

12.

De deux solives de 20 pieds de longueur sur 5 pouces d'équarrissage , prises dans le même terrain et mises à l'épreuve le même jour , la première , qui pesait 263 livres , supporta pendant dix minutes une charge de

3275 livres, et ne rompit qu'après avoir plié dans son milieu de 16 pouces 2 lignes; la seconde solive, qui pesait 259 livres, supporta, pendant huit minutes, une charge de 3175 livres, et rompit après avoir plié de 20 pouces $\frac{1}{2}$.

13.

J'ai ensuite fait faire trois solives de 10 pieds de longueur et du même équarrissage de 5 pouces : la première pesait 132 livres, et a rompu sous la charge de 7225 livres au bout de vingt minutes, et après avoir baissé de 7 pouces $\frac{1}{2}$; la seconde pesait 130 livres : elle a rompu, après vingt minutes, sous la charge de 7050 livres, et elle a baissé de 6 pouces 9 lignes; la troisième pesait 128 livres $\frac{1}{2}$: elle a rompu sous la charge de 7100 livres, après avoir baissé de 8 pouces 7 lignes, et cela au bout de dix-huit heures.

En comparant cette expérience avec la précédente, on voit que les pièces de 20 pieds sur 5 pouces d'équarrissage peuvent porter une charge de 3225 livres, et celles de 10 pieds de longueur et du même équarrissage de 5 pouces, une charge de 7125 livres, au lieu que, par les règles de la mécanique, elles n'auraient dû porter que 6450 livres.

14.

Ayant mis à l'épreuve deux solives de 18 pieds de longueur sur 5 pouces d'équarrissage, j'ai trouvé que la première pesait 232 livres, et qu'elle a supporté, pendant onze minutes, une charge de 3750 livres, après avoir baissé de 17 pouces; et que la seconde, qui pesait 231 livres, a supporté une charge de 3650 livres pendant dix minutes, et n'a rompu qu'après avoir baissé de 15 pouces.

15.

Ayant de même mis à l'épreuve trois solives de 9 pieds de longueur sur 5 pouces d'équarrissage, j'ai trouvé que la première, qui pesait 118 livres, a porté, pendant cinquante-huit minutes, une charge de 8400 livres, après avoir plié dans son milieu de 6 pouces; la seconde, qui pesait 116 livres a supporté, pendant quarante-six minutes, une charge de 8325 livres, après avoir plié dans son milieu de 5 pouces 4 lignes; et la troisième, qui pesait 115 livres, a supporté, pendant quarante minutes, une charge de 8200 livres, et elle a plié de 5 pouces dans son milieu.

Comparant cette expérience avec la précédente, on voit que les pièces de 18 pieds de longueur sur 5 pouces d'équarrissage portent 3700 livres, et que celles de 9 pieds portent 8308 livres $\frac{1}{3}$, au lieu qu'elles n'auraient dû porter, selon les règles du levier, que 7400 livres.

16.

Enfin, ayant mis à l'épreuve deux solives de 16 pieds de longueur sur 5 pouces d'équarrissage, la première, qui pesait 209 livres, a porté, pendant dix-sept minutes, une charge de 4425 livres, et elle a rompu après avoir baissé de 16 pouces; la seconde, qui pesait 205 livres, a porté, pendant 15 minutes, une charge de 4275 livres, et elle a rompu après avoir baissé de 12 pouces $\frac{1}{2}$.

17.

Et ayant mis à l'épreuve deux solives de 8 pieds de longueur sur 5 pouces d'équarrissage, la première, qui pesait 104 livres, porta, pendant quarante minutes, une charge de 9900 livres, et rompit après avoir baissé de 5 pouces; la seconde, qui pesait 102 livres, porta, pendant trente-neuf minutes, une charge de 9675 livres, et rompit après avoir plié de 4 pouces 7 lignes.

Comparant cette expérience avec la précédente, on voit que la charge moyenne des pièces de 16 pieds de longueur sur 5 pouces d'équarrissage est de 4350 livres, et que celle des pièces de 8 pieds et du même équarrissage est de 9787 $\frac{1}{2}$, au lieu que, par la règle du levier, elle devrait être de 8700 livres.

Il résulte de toutes ces expériences, que la résistance du bois n'est point en raison inverse de sa longueur, comme on l'a cru jusqu'ici; mais que cette résistance décroît très-considérablement à mesure que la longueur des pièces augmente, ou, si l'on veut, qu'elle augmente beaucoup à mesure que cette longueur diminue; il n'y a qu'à jeter les yeux sur la table ci-après pour s'en convaincre : on voit que la charge d'une pièce de 10 pieds est le double et un neuvième de celle d'une pièce de 20 pieds; que la charge d'une pièce de 9 pieds est le double et environ le huitième de celle d'une pièce de 18 pieds; que la charge d'une pièce de 8 pieds est le double et un huitième presque juste de celle d'une pièce de 16 pieds; que la charge d'une pièce de 7 pieds est le double et beaucoup plus d'un huitième de celle de 14 pieds; de sorte

qu'à mesure que la longueur des pièces diminue, la résistance augmente, et cette augmentation de résistance croît de plus en plus.

On peut objecter ici que cette règle de l'augmentation de la résistance, qui croît de plus en plus à mesure que les pièces sont moins longues, ne s'observe pas au-delà de la longueur de 20 pieds, et que les expériences rapportées ci-dessus sur des pièces de 24 et de 28 pieds prouvent que la résistance du bois augmente plus dans une pièce de 14 pieds, comparée à une pièce de 28, que dans une pièce de 7 pieds, comparée à une pièce de 14; et que de même cette résistance augmente, plus que la règle ne le demande, dans une pièce de 12 pieds, comparée à une pièce de 24 pieds; mais il n'y a rien là qui se contrarie, et cela n'arrive ainsi que par un effet bien naturel: c'est que la pièce de 28 pieds et celle de 24 pieds, qui n'ont que 5 pouces d'équarrissage, sont trop disproportionnées dans leurs dimensions, et que le poids de la pièce même est une partie considérable du poids total qu'il faut pour la rompre; car il ne faut que 1775 livres pour rompre une pièce de 28 pieds, et cette pièce pèse 362 livres. On voit bien que le poids de la pièce devient dans ce cas une partie considérable de la charge qui la fait rompre; et d'ailleurs ces longues pièces minces pliant beaucoup avant de rompre, les plus petits défauts du bois, et surtout le fil tranché contribuent beaucoup plus à la rupture.

Il serait aisé de faire voir qu'une pièce pourrait rompre par son propre poids, et que la longueur qu'il faudrait supposer à cette pièce, proportionnellement à sa grosseur, n'est pas à beaucoup près aussi grande qu'on pourrait l'imaginer; par exemple, en partant du fait acquis par les expériences ci-dessus, que la charge d'une pièce de 7 pieds de longueur sur 5 pouces d'équarrissage est de 11525, on conclurait tout de suite que la charge d'une pièce de 14 pieds est de 5762 livres; que celle d'une pièce de 28 pieds est de 2881; que celle d'une pièce de 56 pieds est de 1440 livres, c'est-à-dire la huitième partie de la charge de 7 pieds, parce que la pièce de 56 pieds est huit fois plus longue; cependant, bien loin qu'il fût besoin d'une charge de 1440 livres pour rompre une pièce de 56 pieds, sur 5 pouces seulement d'équarrissage, j'ai de bonnes raisons pour croire qu'elle pourrait rompre par son propre poids. Mais ce n'est pas ici le lieu de

rapporter les recherches que j'ai faites à ce sujet, et je passe à une autre suite d'expériences sur des pièces de 6 pouces d'équarrissage, depuis 8 pieds jusqu'à 20 pieds de longueur.

18.

J'ai fait rompre deux solives de 20 pieds de longueur sur 6 pouces d'équarrissage; l'une de ces solives pesait 377 livres et l'autre 375: la plus pesante a rompu au bout de douze minutes sous la charge de 5025 livres, après avoir plié de 17 pouces; la seconde, qui était la moins pesante, a rompu en onze minutes, sous la charge de 4875 livres, après avoir plié de 14 pouces.

J'ai ensuite mis à l'épreuve deux pièces de 10 pieds de longueur sur le même équarrissage de 6 pouces: la première, qui pesait 188 livres, a supporté pendant quarante-six minutes une charge de 11475 livres, et n'a rompu qu'en se fendant jusqu'à l'une de ses extrémités: elle a plié de 8 pouces; la seconde, qui pesait 186 livres, a supporté pendant quarante-quatre minutes une charge de 11025 livres: elle a plié de 6 pouces avant que de rompre.

19.

Ayant mis à l'épreuve deux solives de 18 pieds de longueur sur 6 pouces d'équarrissage, la première, qui pesait 334 livres, a porté pendant seize minutes une charge de 5625 livres: elle avait éclaté avant ce temps, mais je ne pus apercevoir de rupture dans les fibres, de sorte qu'au bout de deux heures et demie, voyant qu'elle était toujours au même point, et qu'elle ne baissait plus dans son milieu où elle avait plié de 12 pouces 3 lignes, je voulus voir si elle pourrait se redresser, et je fis ôter peu à peu tous les poids dont elle était chargée: quand tous les poids furent enlevés, elle ne demeura courbe que de deux pouces, et le lendemain elle s'était redressée au point qu'il n'y avait que 5 lignes de courbure dans son milieu. Je la fis recharger tout de suite, et elle rompit au bout de quinze minutes sous une charge de 5475 livres, tandis qu'elle avait supporté le jour précédent une charge plus forte de 250 livres pendant deux heures et demie. Cette expérience s'accorde avec les précédentes, où l'on a vu qu'une pièce qui a supporté un grand fardeau pendant quelque temps perd de sa force, même

sans avertir et sans éclater. Elle prouve aussi que le bois a un ressort qui se rétablit jusqu'à un certain point, mais que ce ressort, étant bandé autant qu'il peut l'être sans rompre, ne peut pas se rétablir parfaitement. La seconde solive qui pesait 331 livres, supporta pendant quatorze minutes la charge de 5500 livres, et rompit après avoir plié de 10 pouces.

Ensuite, ayant éprouvé deux solives de 9 pieds de longueur sur 6 pouces d'équarrissage, la première, qui pesait 166 livres, supporta pendant cinquante-six minutes la charge de 13450 livres, et rompit après avoir plié de 5 pouces 2 lignes; la seconde, qui pesait 164 livres $\frac{1}{2}$, supporta, pendant cinquante-une minutes, une charge de 12850 livres, et rompit après avoir plié de 5 pouces.

20.

J'ai fait rompre deux solives de 16 pieds de longueur sur 6 pouces d'équarrissage; la première, qui pesait 294 livres, a supporté pendant vingt-six minutes une charge de 6250 livres, et elle a rompu après avoir plié de 8 pouces; la seconde, qui pesait 293 livres, a supporté pendant vingt-deux minutes une charge de 6475 livres, et elle a rompu après avoir plié de 10 pouces.

Ensuite, ayant mis à l'épreuve deux solives de 8 pieds de longueur, sur le même équarrissage de 6 pouces, la première solive, qui pesait 149 livres, supporta, pendant une heure vingt minutes, une charge de 15700 livres, et rompit après avoir baissé de 3 pouces 7 lignes; la seconde solive, qui pesait 146 livres, porta, pendant deux heures cinq minutes, une charge de 15350 livres, et rompit après avoir plié dans le milieu de 4 pouces 2 lignes.

21.

Ayant pris deux solives de 14 pieds de longueur sur 6 pouces d'équarrissage, la première, qui pesait 255 livres, a supporté, pendant quarante-six minutes, la charge de 7450 livres, et elle a rompu après avoir plié dans le milieu de 10 pouces; la seconde, qui ne pesait que 254 livres, a supporté, pendant une heure quatorze minutes, la charge de 7500 livres, et n'a rompu qu'après avoir plié de 11 pouces 4 lignes.

Ensuite, ayant mis à l'épreuve deux solives de 7 pieds de longueur sur six pouces d'équarrissage, la première, qui pesait 128

livres, a supporté, pendant deux heures dix minutes, une charge de 19250 livres, et a rompu après avoir plié dans le milieu de 2 pouces 8 lignes; la seconde, qui pesait 126 livres $\frac{1}{2}$, a supporté, pendant une heure quarante-huit minutes, une charge de 18650 livres; elle a rompu après avoir plié de 2 pouces.

22.

Enfin, ayant mis à l'épreuve deux solives de 12 pieds de longueur sur 6 pouces d'équarrissage, la première, qui pesait 224 livres, a supporté, pendant quarante-six minutes, la charge de 9200 livres, et a rompu après avoir plié de 7 pouces; la seconde, qui pesait 221 livres, a supporté, pendant cinquante-trois minutes, la charge de 9000 livres, et a rompu après avoir plié de 5 pouces 10 lignes.

J'aurais bien voulu faire rompre des solives de 6 pieds de longueur, pour les comparer avec celles de 12 pieds, mais il aurait fallu un nouvel équipage, parce que celui dont je me servais était trop large, et ne pouvait passer entre les deux tréteaux sur lesquels portaient les deux extrémités de la pièce.

En comparant les résultats de toutes ces expériences, on voit que la charge d'une pièce de 10 pieds de longueur sur 6 pouces d'équarrissage est le double et beaucoup plus d'un septième de celle d'une pièce de 20 pieds; que la charge d'une pièce de 9 pieds est le double et beaucoup plus d'un sixième de celle d'une pièce de 18 pieds; que la charge d'une pièce de 8 pieds est le double et beaucoup plus d'un cinquième de celle d'une pièce de 16 pieds; et enfin que la charge d'une pièce de 7 pieds est le double et beaucoup plus d'un quart de celle d'une pièce de 14 pieds sur 6 pouces d'équarrissage: ainsi l'augmentation de la résistance est encore beaucoup plus grande à proportion que dans les pièces de 5 pouces d'équarrissage. Voyons maintenant les expériences que j'ai faites sur des pièces de 7 pouces d'équarrissage.

23.

J'ai fait rompre deux solives de 20 pieds de longueur sur 7 pouces d'équarrissage: la première de ces deux solives, qui pesait 505 livres, a supporté, pendant trente-sept minutes, une charge de 8550 livres, et a rompu après avoir plié de 12 pouces 7 lignes; la seconde solive, qui pesait 500 livres, a sup-

porté, pendant vingt minutes, une charge de 8000 livres, et a rompu après avoir plié de 12 pouces.

Ensuite, ayant mis à l'épreuve deux solives de 10 pieds de longueur sur 7 pouces d'équarrissage, la première, qui pesait 254 livres, a supporté, pendant deux heures six minutes, une charge de 19650 livres, et elle a rompu après avoir plié de 2 pouces 7 lignes avant que d'éclater, et baissé de 13 pouces avant que de rompre absolument; la seconde solive, qui pesait 252 livres, a supporté, pendant une heure quarante-neuf minutes, une charge de 19300 livres, et elle a rompu après avoir plié de 3 pouces avant que d'éclater, et de 9 pouces avant que de rompre entièrement.

24.

J'ai fait rompre deux solives de 18 pieds de longueur sur 7 pouces d'équarrissage; la première, qui pesait 454 livres, a supporté, pendant une heure huit minutes, une charge de 9450 livres, et elle a rompu après avoir plié de 5 pouces 6 lignes avant que d'éclater, et de 12 pouces avant que de rompre; la seconde, qui pesait 450 livres, a supporté, pendant cinquante-quatre minutes, une charge de 9400 livres, et elle a rompu après avoir plié de 5 pouces 10 lignes avant que d'éclater, et ensuite de 9 pouces 6 lignes avant que de rompre absolument.

Ensuite, ayant mis à l'épreuve deux solives de 9 pieds de longueur sur le même équarrissage de 7 pouces, la première solive, qui pesait 227 livres, a supporté, pendant deux heures, une charge de 22800 livres, et elle a rompu après avoir plié de 3 pouces une ligne avant que d'éclater, et de 5 pouces 6 lignes avant que de rompre absolument; la seconde solive, qui pesait 225 livres, a supporté, pendant deux heures dix-huit minutes, une charge de 21900 livres, et elle a rompu après avoir plié de 2 pouces 11 lignes avant que d'éclater, et de 5 pouces 2 lignes avant que de rompre entièrement.

25.

J'ai fait rompre deux solives de 16 pieds de longueur sur 7 pouces d'équarrissage: la première, qui pesait 406 livres, a supporté, pendant quarante-sept minutes, une charge de 11100 livres, et elle a rompu après avoir plié de 4 pouces 10 lignes avant que d'éclater, et de 10 pouces avant que de rompre absolument; la seconde, qui pesait 403 livres, a supporté, pendant cinquante-cinq minutes, une charge de 10900 livres, et elle a rompu

après avoir plié de 5 pouces 3 lignes avant que d'éclater, et de 11 pouces 5 lignes avant que de rompre entièrement.

Ensuite, ayant mis à l'épreuve deux solives de 8 pieds de longueur sur le même équarrissage de 7 pouces, la première, qui pesait 204 livres, a supporté, pendant trois heures dix minutes, une charge de 26150 livres, et elle a rompu après avoir plié de 2 pouces 9 lignes avant que d'éclater, et de 4 pouces avant que de rompre entièrement; la seconde solive, qui pesait 201 livres $\frac{1}{2}$, a supporté, pendant trois heures quatre minutes, une charge de 25950 livres, et elle a rompu après avoir plié de 2 pouces 6 lignes avant que d'éclater, et de 3 pouces 9 lignes avant que de rompre entièrement.

26.

J'ai fait rompre deux solives de 14 pieds de longueur sur 7 pouces d'équarrissage: la première, qui pesait 351 livres, a supporté, pendant quarante-une minutes, une charge de 13600 livres, et elle a rompu après avoir plié de 4 pouces 2 lignes avant que d'éclater, et de 7 pouces 3 lignes avant que de rompre; la seconde solive, qui pesait aussi 351 livres, a supporté, pendant cinquante-huit minutes, une charge de 12850 livres, et elle a rompu après avoir plié de 3 pouces 9 lignes avant que d'éclater, et de huit pouces une ligne avant que de rompre absolument.

Ensuite, ayant fait faire deux solives de 7 pieds de longueur sur 7 pouces d'équarrissage, et ayant mis la première à l'épreuve, elle était chargée de 28 milliers, lorsque tout à coup la machine écroula: c'était la boucle de fer qui avait cassé net dans ses deux branches, quoiqu'elle fût d'un bon fer quarré, de 18 lignes $\frac{2}{3}$ de grosseur, ce qui fait 348 lignes quarrées pour chacune des branches, en tout 696 lignes de fer qui ont cassé sous ce poids de 28 milliers, qui tirait perpendiculairement; cette boucle avait environ 10 pouces de largeur sur treize pouces de hauteur, et elle était à très-peu près de la même grosseur partout. Je remarquai qu'elle avait cassé presque au milieu des branches perpendiculaires, et non pas dans les angles, où naturellement j'aurais pensé qu'elle aurait dû rompre; je remarquai aussi, avec quelque surprise, qu'on pouvait conclure de cette expérience, qu'une ligne quarrée de fer ne devait porter que 40 livres; ce qui me parut si contraire à la vérité, que je me déterminai à faire quelques expériences sur la

force du fer, que je rapporterai dans la suite.

Je n'ai pu venir à bout de faire rompre mes solives de 7 pieds de longueur sur 7 pouces d'équarrissage. Ces expériences ont été faites à ma campagne, où il me fut impossible de trouver du fer plus gros que celui que j'avais employé, et je fus obligé de me contenter de faire faire une autre boucle pareille à la précédente, avec laquelle j'ai fait le reste de mes expériences sur la force du bois.

27.

Ayant mis à l'épreuve deux solives de 12 pieds de longueur sur 7 pouces d'équarrissage, la première, qui pesait 302 livres, a supporté, pendant une heure deux minutes, la charge de 16800 livres, et elle a rompu après avoir plié de 2 pouces 11 lignes avant que d'éclater, et de 7 pouces 6 lignes avant que de rompre totalement; la seconde solive, qui pesait 301 livres, a supporté, pendant cinquante-cinq minutes, une charge de 15550 livres, et elle a rompu après avoir plié de 3 pouces 4 lignes avant que d'éclater, et de 7 pouces avant que de rompre entièrement.

En comparant toutes ces expériences sur des pièces de 7 pouces d'équarrissage, je trouve que la charge d'une pièce de 10 pieds de longueur est le double et plus d'un sixième de celle d'une pièce de 20 pieds; que la charge d'une pièce de 9 pieds est le double et près d'un cinquième de celle d'une pièce de 18 pieds; que la charge d'une pièce de 8 pieds est le double et beaucoup plus d'un cinquième de celle d'une pièce de 16 pieds; d'où l'on voit que non-seulement l'unité qui sert de mesure à l'augmentation de la résistance, et qui est ici le rapport entre la résistance d'une pièce de 10 pieds est le double de la résistance d'une pièce de 20 pieds; que non-seulement, dis-je, cette unité augmente, mais même que l'augmentation de la résistance accroît toujours à mesure que les pièces deviennent plus grosses. On doit observer ici que les différences proportionnelles des augmentations de la résistance des pièces de 7 pouces sont moindres, en comparaison des augmentations de la résistance des pièces de 6 pouces, que celles-ci ne le sont en comparaison de celles de 5 pouces; mais cela doit être, comme on le verra par la comparaison que nous ferons des résistances avec les épaisseurs des pièces.

Venons enfin à la dernière suite de mes expériences sur des pièces de 8 pouces d'équarrissage.

28.

J'ai fait rompre deux solives de 20 pieds de longueur sur 8 pouces d'équarrissage; la première, qui pesait 664 livres, a supporté, pendant quarante-sept minutes, une charge de 11775 livres, et elle a rompu après avoir d'abord plié de 6 pouces $\frac{1}{2}$ avant que d'éclater, et de 11 pouces avant que de rompre absolument; la seconde solive, qui pesait 660 livres $\frac{1}{2}$, a supporté, pendant quarante-quatre minutes, une charge de 11200 livres, et elle a rompu après avoir plié de 6 pouces juste avant que d'éclater, et de 9 pouces 3 lignes avant que de rompre entièrement.

Ensuite, ayant mis à l'épreuve deux pièces de 10 pieds de longueur sur huit pouces d'équarrissage, la première, qui pesait 331 livres, a supporté, pendant trois heures vingt minutes, la charge énorme de 27800 livres, après avoir plié de 3 pouces avant que d'éclater, et de 5 pouces 9 lignes avant que de rompre absolument; la seconde pièce, qui pesait 330 livres, a supporté, pendant quatre heures cinq ou six minutes, la charge de 27700 livres, et elle a rompu après avoir d'abord plié de 2 pouces 3 lignes avant que d'éclater, et de 4 pouces 5 lignes avant que de rompre. Ces deux pièces ont fait un bruit terrible en rompant, c'était comme autant de coups de pistolet à chaque éclat qu'elles faisaient, et ces expériences ont été les plus pénibles et les plus fortes que j'aie faites; il fallut user de mille précautions pour mettre les derniers poids, parce que je craignais que la boucle de fer ne cassât sous cette charge de 27 milliers, puisqu'il n'avait fallu que 28 milliers pour rompre une semblable boucle. J'avais mesuré la hauteur de cette boucle avant que de faire ces deux expériences, afin de voir si le fer s'allongerait par le poids d'une charge si considérable et si rapprochant de celle qu'il fallait pour le faire rompre; mais, ayant mesuré une seconde fois la boucle, et cela après les expériences faites, je n'ai pas trouvé la moindre différence: la boucle avait comme auparavant 12 pouces $\frac{1}{2}$ de longueur, et les angles étaient aussi droits qu'ils l'étaient avant l'épreuve.

Ayant mis à l'épreuve deux solives de 18 pieds de longueur sur 8 pouces d'équarrissage, la première, qui pesait 594 livres, a supporté, pendant cinquante-quatre minutes, la charge de 13500 livres, et elle a rompu après avoir plié de 4 pouces $\frac{1}{2}$ avant que d'éclater, et de 10 pouces 2 lignes avant que de rompre; la seconde solive, qui pesait 593 livres, a supporté, pendant quarante-huit mi-

minutes, la charge de 12900 livres, et elle a rompu après avoir plié de 4 pouces 1 ligne avant que d'éclater, et de 7 pouces 9 lignes avant que de rompre absolument.

29.

J'ai fait rompre deux solives de 16 pieds de longueur sur huit pouces d'équarrissage; la première de ces solives, qui pesait 528 livres, a supporté, pendant une heure huit minutes, la charge de 16800 livres, et elle a plié de 5 pouces 2 lignes avant que d'éclater, et de 10 pouces environ avant que de rompre; la seconde pièce, qui ne pesait que 524 livres, a supporté, pendant cinquante-huit minutes, une charge de 15950 livres, et elle a rompu après avoir plié de 3 pouces 9 lignes avant que d'éclater, et de 7 pouces 5 lignes avant que de rompre totalement.

Ensuite, j'ai fait rompre deux solives de 14 pieds de longueur sur huit pouces d'équarrissage; la première, qui pesait 461 livres, a supporté, pendant une heure vingt-six minutes, une charge de 20050 livres, et elle a rompu après avoir plié de 3 pouces 10 lignes avant que d'éclater, et de 8 pouces $\frac{1}{2}$ avant que de rompre absolument; la seconde solive, qui pesait 459 livres, a supporté, pendant une heure et demie, la charge de 19500 livres, et elle a rompu après avoir plié de 3 pouces 2 lignes avant que d'éclater, et de 8 pouces avant que de rompre entièrement.

Enfin, ayant mis à l'épreuve deux solives de 12 pieds de longueur sur 8 pouces d'équarrissage, la première, qui pesait 397 livres, a supporté, pendant deux heures cinq minutes, la charge de 23900 livres, et elle a rompu après avoir plié de 3 pouces juste avant que de rompre; la seconde, qui pesait 395 livres $\frac{1}{2}$, a supporté, pendant deux heures quarante-neuf minutes, la charge de 23000 livres, et elle a rompu après avoir plié de 2 pouces 11 lignes avant que d'éclater, et de 6 pouces 8 lignes avant que de rompre entièrement.

Voilà toutes les expériences que j'ai faites sur des pièces de 8 pouces d'équarrissage. J'aurais désiré pouvoir faire rompre des pièces de 9, de 8 et de 7 pieds de longueur et de cette même grosseur de 8 pouces, mais cela me fut impossible, parce que je manquais des commodités nécessaires, et qu'il m'aurait fallu des équipages bien plus forts que ceux dont je me suis servi, et sur lesquels, comme on vient de le voir, on mettait près de 28 milliers en équilibre; car je

présume qu'une pièce de 7 pieds de longueur sur 8 pouces d'équarrissage aurait porté plus de 45 milliers. On verra, dans la suite, si les conjectures que j'ai faites sur la résistance du bois, pour les dimensions que je n'ai pas éprouvées, sont justes ou non.

Tous les auteurs qui ont écrit sur la résistance des solides en général, et du bois en particulier, ont donné, comme fondamentale, la règle suivante : *La résistance est en raison inverse de la longueur, en raison directe de la largeur, et en raison doublée de la hauteur.* Cette règle est celle de Galilée, adoptée par tous les mathématiciens, et elle serait vraie pour des solides qui seraient absolument inflexibles, et qui rompraient tout à coup, mais dans les solides élastiques, tels que le bois, il est aisé d'apercevoir que cette règle doit être modifiée à plusieurs égards. M. Bernoulli a fort bien observé que, dans la rupture des corps élastiques, une partie des fibres s'allonge, tandis que l'autre partie se raccourcit, pour ainsi dire, en refoulant sur elle-même (*voyez* son Mémoire dans ceux de l'Académie, année 1705). On voit, par les expériences précédentes, que, dans les pièces de même grosseur, la règle de la résistance de la raison inverse de la longueur s'observe d'autant moins que les pièces sont plus courtes. Il en est tout autrement de la résistance en raison directe de la largeur et du carré de la hauteur; j'ai calculé la table septième, à dessein de m'assurer de la variation de cette règle : on voit dans cette table les résultats des expériences, et au-dessous les produits que donne cette règle; j'ai pris pour unités les expériences faites sur les pièces de 5 pouces d'équarrissage, parce que j'en ai fait un plus grand nombre sur cette dimension que sur les autres. On peut observer, dans cette table, que plus les pièces sont courtes et plus la règle approche de la vérité, et que, dans les plus longues pièces, comme celles de 18 à 20 pieds, elle s'en éloigne; cependant, à tout prendre, on peut se servir de la règle générale avec les modifications nécessaires pour calculer la résistance des pièces de bois plus grosses et plus longues que celles dont j'ai éprouvé la résistance; car, en jetant les yeux sur cette même table, on voit un grand accord entre la règle et les expériences pour les différentes grosseurs, et il règne un ordre assez constant dans les différences, par rapport aux longueurs et aux grosseurs, pour juger de la modification qu'on doit faire à cette règle.

TABLES

DES EXPÉRIENCES SUR LA FORCE DU BOIS.

PREMIÈRE TABLE.

POUR LES PIÈCES DE QUATRE POUCES D'ÉQUARRISSAGE.

LONGUEUR des PIÈCES.		POIDS des PIÈCES.		CHARGES.		TEMPS employé à charger les PIÈCES.		FLÈCHES de la courbure des pièces dans l'instant où elles commencent à rompre.	
Pieds.	Livres.	Livres.		Heures.	Minutes.	Pouces.	Lignes.		
7.....	60.....	5550.....		0.	29.....	3.	6.		
	56.....	5275.....		0.	22.....	4.	6.		
8.....	68.....	4600.....		0.	15.....	3.	9.		
	63.....	4500.....		0.	13.....	4.	8.		
9.....	77.....	4100.....		0.	14.....	4.	10.		
	71.....	3950.....		0.	12.....	5.	6.		
10.....	84.....	3625.....		0.	15.....	5.	10.		
	82.....	3600.....		0.	15.....	6.	6.		
12.....	100.....	3050.....		0.	0.....	7.	0.		
	98.....	2925.....		0.	0.....	7.	0.		

SECONDE TABLE.

POUR LES PIÈCES DE CINQ POUCES D'ÉQUARRISSAGE.

LONGUEUR des PIÈCES.		POIDS des PIÈCES.		CHARGES.		TEMPS depuis le premier éclat jusqu'à l'instant de la rupture.		FLÈCHES de la courbure avant que d'éclater.	
Pieds.	Livres.	Livres.		Heures.	Minutes.	Pouces.	Lignes.		
7.....	94.....	11775.....		0.	58.....	2.	6.		
	88 $\frac{1}{2}$	11275.....		0.	53.....	2.	6.		
8.....	104.....	9900.....		0.	40.....	2.	8.		
	102.....	9675.....		0.	39.....	2.	11.		
9.....	118.....	8400.....		0.	28.....	3.	0.		
	116.....	8325.....		0.	28.....	3.	3.		
	115.....	8200.....		0.	26.....	3.	6.		
10.....	132.....	7225.....		0.	21.....	3.	2.		
	130.....	7050.....		0.	20.....	3.	6.		
	128 $\frac{1}{2}$	7100.....		0.	18.....	4.	0.		
12.....	156.....	6050.....		0.	30.....	5.	6.		
	154.....	6100.....		0.	9.....	5.	9.		
14.....	178.....	5400.....		0.	21.....	8.	0.		
	176.....	5200.....		0.	18.....	8.	3.		
16.....	209.....	4425.....		0.	17.....	8.	1.		
	205.....	4275.....		0.	15.....	8.	2.		
18.....	232.....	3750.....		0.	11.....	8.	0.		
	231.....	3650.....		0.	10.....	8.	2.		
20.....	263.....	3275.....		0.	10.....	8.	10.		
	259.....	3175.....		0.	8.....	10.	0.		
22.....	281.....	2975.....		0.	18.....	11.	3.		
24.....	310.....	2200.....		0.	16.....	11.	0.		
	307.....	2125.....		0.	15.....	13.	6.		
26.....									
28.....	364.....	1800.....		0.	17.....	18.....			
	360.....	1750.....		0.	17.....	22.....			

TROISIÈME TABLE.

POUR LES PIÈCES DE SIX POUCES D'ÉQUARRISSAGE.

LONGUEUR des PIÈCES.		POIDS des PIÈCES.		CHARGES.		TEMPS depuis le premier éclat jusqu'à l'instant de la rupture.		FLÈCHES de la courbure avant que d'éclater.	
Pieds.	Livres.	Livres.		Heures.	Minutes.	Pouces.	Lignes.	On n'a pas pu observer la quantité dont les pièces de 7 pieds ont plié dans leur milieu, à cause de l'épaisseur de la boucle.	
7.....	128.....	19250.....		1.	49.....	2.	4.		
	126 $\frac{1}{2}$	18650.....		1.	38.....	2.	5.		
8.....	149.....	15700.....		1.	12.....	2.	4.		
	146.....	15350.....		1.	10.....	2.	5.		
9.....	166.....	13450.....		0.	56.....	2.	6.		
	164 $\frac{1}{2}$	12850.....		0.	51.....	2.	10.		
10.....	188.....	11475.....		0.	46.....	3.	0.		
	186.....	11025.....		0.	44.....	3.	6.		
12.....	224.....	9200.....		0.	31.....	4.	0.		
	221.....	9000.....		0.	32.....	4.	1.		
14.....	255.....	7450.....		0.	25.....	4.	6.		
	254.....	7500.....		0.	22.....	4.	2.		
16.....	294.....	6250.....		0.	20.....	5.	6.		
	293.....	6475.....		0.	19.....	5.	10.		
18.....	334.....	5625.....		0.	16.....	7.	5.		
	331.....	5500.....		0.	14.....	8.	6.		
20.....	377.....	5025.....		0.	12.....	9.	6.		
	375.....	4875.....		0.	11.....	8.	10.		

QUATRIÈME TABLE.

POUR LES PIÈCES DE SEPT POUCES D'ÉQUARRISSAGE.

LONGUEUR des PIÈCES.		POIDS des PIÈCES.		CHARGES.		TEMPS depuis le premier éclat jusqu'à l'instant de la rupture.		FLÈCHES de la courbure avant que d'éclater.	
Pieds.	Livres.	Livres.		Heures.	Minutes.	Pouces.	Lignes.		
7.....	0.....	0.....		0.	0.....	0.	0.		
8.....	204.....	26150.....		2.	6.....	2.	9.		
	201 $\frac{1}{2}$	25950.....		2.	13.....	2.	6.		
9.....	227.....	22800.....		1.	40.....	3.	1.		
	225.....	21900.....		1.	37.....	2.	11.		
10.....	254.....	19650.....		1.	13.....	2.	7.		
	252.....	19300.....		1.	16.....	3.	0.		
12.....	302.....	16800.....		1.	3.....	2.	11.		
	301.....	15550.....		1.	0.....	3.	4.		
14.....	351.....	13600.....		0.	55.....	4.	2.		
	351.....	12850.....		0.	48.....	3.	9.		
16.....	406.....	11100.....		0.	41.....	4.	10.		
	403.....	10900.....		0.	36.....	5.	5.		
18.....	454.....	9450.....		0.	27.....	5.	6.		
	450.....	9400.....		0.	22.....	5.	10.		
20.....	505.....	8550.....		0.	15.....	7.	10.		
	500.....	8000.....		0.	13.....	8.	6.		

CINQUIÈME TABLE.

POUR LES PIÈCES DE HUIT POUCES D'ÉQUARRISSAGE.

LONGUEUR des PIÈCES.	POIDS des PIÈCES.	CHARGES.	TEMPS		FLÈCHES	
			depuis le premier <i>éclat</i> jusqu'à l'instant de la <i>rupture</i> .		de la courbure avant que d'éclater.	
Pieds.	Livres.	Livres.	Heures.	Minutes.	Pouces.	Lignes.
10.....	351.....	27800.....	2.....	50.....	3.....	0.....
	351.....	27700.....	2.....	58.....	2.....	3.....
12.....	397.....	23900.....	1.....	30.....	3.....	0.....
	395 1/2.....	23000.....	1.....	23.....	2.....	11.....
14.....	461.....	20050.....	1.....	6.....	3.....	10.....
	459.....	19300.....	1.....	2.....	3.....	2.....
16.....	528.....	16800.....	0.....	47.....	5.....	2.....
	524.....	15950.....	0.....	50.....	3.....	9.....
18.....	594.....	13500.....	0.....	32.....	4.....	6.....
	595.....	12900.....	0.....	30.....	4.....	1.....
20.....	664.....	11775.....	0.....	24.....	6.....	6.....
	660 1/2.....	12200.....	0.....	28.....	6.....	0.....

SIXIÈME TABLE.

POUR LES CHARGES MOYENNES DE TOUTES LES EXPÉRIENCES PRÉCÉDENTES.

LONGUEUR des PIÈCES.	GROSSEURS.				
	4 pouces.	5 pouces.	6 pouces.	7 pouces.	8 pouces.
Pieds.	Livres.	Livres.	Livres.	Livres.	Livres.
7.....	5312.....	11525.....	18950.....	.....	.....
8.....	4550.....	9787 1/2.....	15525.....	26050.....	.....
9.....	4025.....	3508 1/5.....	13150.....	22350.....	.....
10.....	3612.....	7125.....	11250.....	19475.....	27750.....
12.....	2987 1/2.....	6075.....	9100.....	16175.....	23450.....
14.....	.....	5300.....	7475.....	13225.....	19775.....
16.....	.....	4350.....	6362 1/2.....	11000.....	16375.....
18.....	.....	3700.....	5562 1/2.....	9245.....	13200.....
20.....	.....	3225.....	4950.....	8375.....	11487 1/2.....
22.....	.....	2975.....	.....	.....	.....
24.....	.....	2162 1/2.....	.....	.....	.....
28.....	.....	1775.....	.....	.....	.....

INTROD. A L'HIST. DES MINÉRAUX,
SEPTIÈME TABLE.

COMPARAISON DE LA RÉSISTANCE DU BOIS, TROUVÉE PAR LES EXPÉRIENCES PRÉCÉDENTES, ET DE LA RÉSISTANCE DU BOIS SUIVANT LA RÈGLE QUE CETTE RÉSISTANCE EST COMME LA LARGEUR DE LA PIÈCE, MULTIPLIÉE PAR LE QUARRÉ DE LA HAUTEUR, EN SUPPOSANT LA MÊME LONGUEUR.

* Les astérisques marquent que les expériences n'ont pas été faites.

LONGUEUR des PIÈCES.	GROSSEURS.				
	4 pouces.	5 pouces.	6 pouces.	7 pouces.	8 pouces.
Pieds.	Livres.	Livres.	Livres.	Livres.	Livres.
7	5312 5901 }	11525 }	18950 19915 ² / ₅ }	*32200 31624 ⁵ / ₅ }	48100. 47649 ¹ / ₅ . 47198 ² / ₅ .
8	4550 5011 ¹ / ₅ }	9787 }	15525 16912 ⁴ / ₅ }	26050 26856 ⁹ / ₁₀ }	*39750. 40089 ⁵ / ₅ .
9	4025 4253 ¹³ / ₁₅ }	8508 ¹ / ₅ }	13150 14356 ⁴ / ₅ }	22350 22798 ¹ / ₅ }	*32800. 34051.
10	3612 3648 }	7125 }	11250 12312 }	19475 19551 }	27750. 29184.
12	2987 ¹ / ₂ 3110 ² / ₅ }	6075 }	9100 10497 ³ / ₅ }	16175 16669 ⁴ / ₅ }	23450. 24885 ¹ / ₅ .
14	..... ..... }	5100 }	7475 8812 ⁴ / ₅ }	13225 13995 ¹ / ₅ }	19775. 20889 ⁵ / ₅ .
16	..... ..... }	4350 }	6362 ¹ / ₄ 9516 ⁴ / ₅ }	11000 11936 ² / ₅ }	16375. 17817 ⁵ / ₅ .
18	..... ..... }	3700 }	5562 ¹ / ₂ 6395 ³ / ₅ }	9425 10152 ⁴ / ₅ }	13200. 15155 ¹ / ₅ .
20	..... ..... }	3225 }	4950 5572 ⁴ / ₅ }	8275 8849 ² / ₅ }	11487 ¹ / ₂ . 13209 ⁵ / ₅ .

DOUZIÈME MÉMOIRE.

ARTICLE PREMIER.

MOYEN FACILE D'AUGMENTER LA SOLIDITÉ, LA FORCE ET LA DURÉE DU BOIS.

IL ne faut pour cela qu'écorcer l'arbre du haut en bas, dans le temps de la sève, et le laisser sécher entièrement sur pied avant que de l'abattre; cette préparation ne demande qu'une très-petite dépense : on va voir les précieux avantages qui en résultent.

Les choses aussi simples, et aussi aisées à trouver que l'est celle-ci, n'ont ordinairement aux yeux des physiiciens qu'un mérite bien léger; mais leur utilité suffit pour les rendre dignes d'être présentées, et peut-être que l'exactitude et les soins que j'ai joints à mes recherches leur feront trouver grâce devant ceux même qui ont le mauvais goût de n'estimer d'une découverte que la peine et le temps qu'elle a coûtés. J'avoue que je suis surpris de me trouver le premier à annoncer celle-ci, surtout depuis que j'ai lu ce que Vitruve et Évelin rapportent à cet égard. Le premier nous dit, dans son *Architecture*, qu'avant d'abattre les arbres, il faut les cerner par le pied jusque dans le cœur du bois, et les laisser ainsi sécher sur pied, après quoi ils sont bien meilleurs pour le service, auquel on peut même les employer tout de suite. Le second rapporte, dans son *Traité des Forêts*, que le docteur Plot assez, dans son *Histoire naturelle*, qu'autour de Haffon, en Angleterre, on écorce les gros arbres sur pied dans le temps de la sève, qu'on les laisse sécher jusqu'à l'hiver suivant, qu'on les coupe alors; qu'ils ne laissent pas que de vivre sans écorce; que le bois en devient bien plus dur, et qu'on se sert de l'aubier comme du cœur. Ces faits sont assez précis, et sont rapportés par des auteurs d'un assez grand crédit, pour avoir mérité l'attention des physiiciens et même des architectes; mais il y a tout lieu de croire qu'outre la négligence qui a pu les empêcher jusqu'ici de s'assurer de la vérité de ces faits, la crainte de contrevenir à l'Ordonnance des eaux et forêts a pu retarder leur curiosité. Il est défendu, sous peine de grosses amendes, d'écorcer aucun arbre et de le laisser

sécher sur pied : cette défense, qui d'ailleurs est fondée, a dû faire un préjugé contraire, qui sans doute aura fait regarder ce que nous venons de rapporter comme des faits faux, ou du moins hasardés; et je serais encore moi-même dans l'ignorance à cet égard, si les attentions de M. le comte de Maurepas pour les sciences ne m'eussent procuré la liberté de faire mes expériences, sans avoir à craindre de les payer trop cher.

Dans un bois taillis nouvellement abattu, et où j'avais fait réserver quelques beaux arbres, le 3 de mai 1733, j'ai fait écorcer sur pied quatre chênes d'environ trente à quarante pieds de hauteur, et de cinq à six pieds de pourtour : ces arbres étaient tous quatre très-vigoureux, bien en sève, et âgés d'environ soixante-dix ans; j'ai fait enlever l'écorce, depuis le sommet de la tige jusqu'au pied de l'arbre, avec une serpe : cette opération est aisée, l'écorce se séparant très-facilement du corps de l'arbre dans le temps de la sève. Ces chênes étaient de l'espèce, commune dans les forêts, qui porte le plus gros gland. Quand ils furent entièrement dépouillés de leur écorce, je fis abattre quatre autres chênes de la même espèce dans le même terrain, et aussi semblables aux premiers que je pus les trouver. Mon dessein était d'en faire écorcer le même jour encore six, et en abattre six autres; mais je ne pus achever cette opération que le lendemain : de ces six chênes écorcés, il s'en trouva deux qui étaient beaucoup moins en sève que les quatre autres. Je fis conduire sous un hangar les six arbres abattus, pour les laisser sécher dans leur écorce jusqu'au temps que j'en aurais besoin, pour les comparer avec ceux que j'avais fait dépouiller. Comme je m'imaginai que cette opération leur avait fait grand tort, et qu'elle devait produire un grand changement, j'allai, plusieurs jours de suite, visiter très-curieusement mes arbres écorcés, mais je n'aperçus aucune altération sensible pendant plus de deux mois. Enfin, le 10 juillet, l'un de ces chênes, celui qui était le moins en sève dans le temps de l'écorcement, laissa voir les premiers symptômes de la maladie qui devait bientôt

le détruire. Ses feuilles commencèrent à jaunir du côté du midi, et bientôt jaunirent entièrement, séchèrent et tombèrent, de sorte qu'au 26 août il ne lui en restait pas une. Je le fis abattre le 30 du même mois, j'étais présent : il était devenu si dur, que la cognée avait peine à entrer, et qu'elle cassa sans que la maladresse du bûcheron me parût y avoir part; l'aubier semblait être plus dur que le cœur du bois, qui était encore humide et plein de sève.

Celui de mes arbres qui dans le temps de l'écorcement n'était pas plus en sève que le précédent, ne tarda guère à le suivre : ses feuilles commencèrent à changer de couleur au 13 de juillet, et il s'en défit entièrement avant le 10 de septembre. Comme je craignais d'avoir fait abattre trop tôt le premier, et que l'humidité que j'avais remarquée au dedans indiquait encore quelque reste de vie; je fis réserver celui-ci, pour voir s'il pousserait des feuilles au printemps suivant.

Mes quatre autres chênes résistèrent vigoureusement, ils ne quittèrent leurs feuilles que quelques jours avant le temps ordinaire; et même l'un des quatre, dont la tête était légère et peu chargée de branches, ne les quitta qu'au temps juste de leur chute naturelle; mais je remarquai que les feuilles, et même quelques rejetons de tous quatre, s'étaient desséchés, du côté du midi, plusieurs jours auparavant.

Au printemps suivant, tous ces arbres devancèrent les autres, et n'attendirent pas le temps ordinaire du développement des feuilles pour en faire paraître : ils se couvrirent de verdure huit à dix jours avant la saison. Je prévis tout ce que cet effort devait leur coûter; j'observai les feuilles : leur accroissement fut assez prompt, mais bientôt arrêté faute de nourriture suffisante; cependant elles vécutent, mais celui de mes arbres qui, l'année précédente, s'était dépouillé le premier, sentit aussi le premier tout l'effet de l'état d' inanition et de sécheresse où il était réduit; ses feuilles se fanèrent bientôt et tombèrent pendant les chaleurs de juillet 1734. Je le fis abattre le 30 août, c'est-à-dire une année après celui qui l'avait précédé; je jugeai qu'il était au moins aussi dur que l'autre, et beaucoup plus dur dans le cœur du bois qui était à peine encore un peu humide : je le fis conduire sous un hangar, où l'autre était déjà avec les six arbres dans leur écorce, auxquels je voulais les comparer.

Trois des quatre arbres qui me restaient quittèrent leurs feuilles au commencement de septembre, mais le chêne à tête légère les conserva plus long-temps, et il ne s'en défit entièrement qu'au 22 du même mois. Je le fis réserver pour l'année suivante, avec celui des trois autres qui me parut le moins malade, et je fis abattre les deux plus faibles en octobre 1734. Je laissai deux de ces arbres exposés à l'air et aux injures du temps, et je fis conduire l'autre sous le hangar : ils furent trouvés très-durs à la cognée, et le cœur du bois était presque sec.

Au printemps 1735, le plus vigoureux de mes deux arbres réservés donna encore quelques signes de vie; les boutons se gonflèrent, mais les feuilles ne purent se développer. L'autre me parut tout-à-fait mort; en effet, l'ayant fait abattre au mois de mai, je reconnus qu'il n'avait plus d'humide radical, et je le trouvai d'une très-grande dureté, tant en dehors qu'en dedans. Je fis abattre le dernier quelque temps après, et je le fis conduire tous deux au hangar, pour être mis avec les autres à un nouveau genre d'épreuve.

Pour mieux comparer la force du bois des arbres écorcés avec celle du bois ordinaire, j'eus soin de mettre ensemble chacun des six chênes que j'avais fait amener en grume, avec un chêne écorcé, de même grosseur à peu près; car j'avais déjà reconnu, par expérience, que le bois dans un arbre d'une certaine grosseur était plus pesant et plus fort que le bois d'un arbre plus petit, quoique de même âge. Je fis scier tous mes arbres par pièces de quatorze pieds de longueur; j'en marquai les centres au-dessus et au-dessous; je fis tracer, aux deux bouts de chaque pièce, un carré de 6 pouces $\frac{1}{2}$, et je fis scier et enlever les quatre faces, de sorte qu'il ne me resta, de chacune de ces pièces, qu'une solive de 14 pieds de longueur sur 6 pouces très-juste d'équarrissage. Je les fis travailler à la varlope, et réduire avec beaucoup de précaution à cette mesure dans toute leur longueur, et j'en fis rompre quatre de chaque espèce, afin de reconnaître leur force, et d'être bien assuré de la grande différence que j'y trouvai d'abord.

La solive tirée du corps de l'arbre qui avait péri le premier après l'écorcement pesait 242 livres; elle se trouva la moins forte de toutes, et rompit sous 7940 livres.

Celle de l'arbre en écorce que je lui com-

parai pesait 234 livres; elle rompit sous 7320 livres.

La solive du second arbre écorcé pesait 249 livres; elle plia plus que la première, et rompit sous la charge de 8362 livres.

Celle de l'arbre en écorce que je lui comparai pesait 236 livres; elle rompit sous la charge de 7385 livres.

La solive de l'arbre écorcé et laissé aux injures du temps pesait 258 livres; elle plia encore plus que la seconde, et ne rompit que sous 8926 livres.

Celle de l'arbre en écorce que je lui comparai pesait 239 livres, et rompit sous 7420 livres.

Enfin, la solive de mon arbre à tête légère, que j'avais toujours jugé le meilleur, se trouva en effet peser 263 livres, et porta avant que de rompre, 9046 livres.

L'arbre que je lui comparai pesait 238 livres, et rompit sous 7500 livres.

Les deux autres arbres écorcés se trouvèrent défectueux dans leur milieu, où il se trouva quelques nœuds, de sorte que je ne voulus pas les faire rompre: mais les épreuves ci-dessus suffisent pour faire voir que le bois écorcé et séché sur pied est toujours plus pesant, et considérablement plus fort que le bois gardé dans son écorce. Ce que je vais rapporter ne laissera aucun doute sur ce fait.

Du haut de la tige de mon arbre écorcé et laissé aux injures de l'air, j'ai fait tirer une solive de 6 pieds de longueur et de cinq pouces d'équarrissage; il se trouva qu'à l'une des faces il y avait un petit abreuvoir, mais qui ne pénétrait guère que d'un demi-pouce, et à la face opposée une tache large d'un pouce, d'un bois plus brun que le reste. Comme ces défauts ne me parurent pas considérables, je la fis peser et charger: elle pesait 75 livres; on la chargea, en une heure cinq minutes, de 8500 livres, après quoi elle craqua assez violemment; je crus qu'elle allait casser quelque temps après avoir craqué, comme cela arrivait toujours; mais, ayant eu la patience d'attendre trois heures, et voyant qu'elle ne baissait ni ne pliait, je continuai à la faire charger, et au bout d'une autre heure elle rompit enfin, après avoir craqué pendant une demi-heure sous la charge de 12745 livres. Je n'ai rapporté le détail de cette épreuve, que pour faire voir que cette solive aurait porté davantage sans les petits défauts qu'elle avait à deux de ses faces.

Une solive toute pareille, tirée d'un pied d'un des arbres en écorce, ne se trouva peser que 72 livres; elle était très-saine et sans aucun défaut, on la chargea en une heure trente-huit minutes, après quoi elle craqua très-légèrement, et continua de craquer de quart d'heure en quart d'heure pendant trois heures entières, et rompit au bout de ce temps sous la charge de 11889 livres.

Cette expérience est très-avantageuse au bois écorcé, car elle prouve que le bois du dessus de la tige d'un arbre écorcé, même avec des défauts assez considérables, s'est trouvé plus pesant et plus fort que le bois tiré du pied d'un autre arbre non écorcé, qui d'ailleurs n'avait aucun défaut; mais ce qui suit est encore plus favorable.

De l'aubier d'un de mes arbres écorcés, j'ai fait tirer plusieurs barreaux de 3 pieds de longueur sur un pouce d'équarrissage, entre lesquels j'en ai choisi cinq des plus parfaits pour les rompre; le premier pesait 23 onces $\frac{5}{32}$, et rompit sous 287 livres; le second pesait 23 onces $\frac{6}{32}$, et rompit sous 291 livres $\frac{1}{2}$; le troisième pesait 23 onces $\frac{4}{32}$, et rompit sous 275 livres; le quatrième pesait 23 onces $\frac{28}{32}$, et rompit sous 291 livres, et le cinquième pesait 23 onces $\frac{14}{32}$, et rompit sous 291 livres $\frac{1}{2}$. Le poids moyen est à peu près 23 onces $\frac{11}{32}$, et la charge moyenne à peu près 287 livres. Ayant fait les mêmes épreuves sur plusieurs barreaux d'aubier d'un des chênes en écorce, le poids moyen se trouva de 23 onces $\frac{2}{32}$, et la charge moyenne de 248 livres; et ensuite ayant fait aussi la même chose sur plusieurs barreaux de cœur du même chêne en écorce, le poids moyen s'est trouvé de 25 onces $\frac{10}{32}$, et la charge moyenne de 256 livres.

Ceci prouve que l'aubier du bois écorcé est non-seulement plus fort que l'aubier ordinaire, mais même beaucoup plus que le cœur de chêne non écorcé, quoiqu'il soit moins pesant que ce dernier.

Pour en être plus sûr encore, j'ai fait tirer de l'aubier d'un autre de mes arbres écorcés, plusieurs petites solives de 2 pieds de longueur sur 1 pouce $\frac{1}{2}$ d'équarrissage, entre lesquelles je ne pus en trouver que trois d'assez parfaites pour les soumettre à l'épreuve. La première rompit sous 1294 livres; la seconde, sous 1219 livres; la troisième, sous 1247 livres, c'est-à-dire, au pied moyen, sous 1253 livres: mais, de plusieurs solives

semblables que je tirai de l'aubier d'un autre arbre en écorce, le pied moyen de la charge ne se trouva que de 997 livres, ce qui fait une différence encore plus grande que dans l'expérience précédente.

De l'aubier d'un autre arbre écorcé et séché sur pied, j'ai fait encore tirer plusieurs barreaux de 2 pieds de longueur sur 1 pouce d'équarrissage, parmi lesquels j'en ai choisi six, qui, au pied moyen, ont rompu sous la charge de 501 livres; et il n'a fallu que 353 livres, au pied moyen, pour rompre plusieurs solives d'aubier d'un arbre en écorce qui portait la même longueur et le même équarrissage; et même il n'a fallu que 379 livres, au pied moyen, pour rompre plusieurs solives de cœur de chêne en écorce.

Enfin, de l'aubier d'un de mes arbres écorcés, j'ai fait tirer plusieurs barreaux d'un pied de longueur sur un pouce d'équarrissage, parmi lesquels j'en ai trouvé dix-sept assez parfaits pour être mis à l'épreuve; ils pesaient 7 onces $\frac{29}{32}$ au pied moyen, et il a fallu, pour les rompre, la charge de 798 livres; mais le poids moyen de plusieurs barreaux d'aubier d'un de mes arbres en écorce n'était que de 6 onces $\frac{28}{32}$, et la charge moyenne qu'il a fallu pour les rompre de 629 livres; et la charge moyenne, pour rompre de semblables barreaux de cœur de chêne en écorce, par huit différentes épreuves, s'est trouvée de 731 livres. L'aubier des arbres écorcés et séchés sur pied est donc considérablement plus pesant que l'aubier des bois ordinaires, et beaucoup plus fort que le cœur même du meilleur bois. Je ne dois pas oublier de dire que j'ai remarqué, en faisant toutes ces épreuves, que la partie extérieure de l'aubier était celle qui résistait davantage; en sorte qu'il fallait constamment une plus grande charge pour rompre un barreau d'aubier pris à la dernière circonférence de l'arbre écorcé, que pour rompre un pareil barreau pris au-dedans. Cela est tout-à-fait contraire à ce qui arrive dans les arbres traités à l'ordinaire dont le bois est plus léger et plus faible à mesure qu'il est le plus près de la circonférence. J'ai déterminé la proportion de cette diminution, en pesant à la balance hydrostatique des morceaux du centre des arbres, des morceaux de la circonférence du bois parfait, et des morceaux d'aubier; mais ce n'est pas ici le lieu d'en rapporter le détail: je me contenterai de dire que, dans les arbres écorcés, la diminution de solidité du

centre de l'arbre à la circonférence n'est pas à beaucoup près aussi sensible, et qu'elle ne l'est même point du tout dans l'aubier.

Les expériences que nous venons de rapporter sont trop multipliées pour qu'on puisse douter du fait qu'elles concourent à établir; il est donc très-certain que le bois des arbres écorcés et séchés sur pied est plus dur, plus solide, plus pesant, et plus fort que le bois des arbres abattus dans leur écorce; et de là je pense qu'on peut conclure qu'il est aussi plus durable. Des expériences immédiates sur la durée du bois seraient encore plus concluantes; mais notre propre durée est si courte, qu'il ne serait pas raisonnable de les tenter; il en est ici comme de l'âge des souches, et en général comme d'un très-grand nombre de vérités importantes, que la brièveté de notre vie semble nous dérober à jamais: il faudrait laisser à la postérité des expériences commencées; il faudrait la mieux traiter que l'on ne nous a traités nous-mêmes; car le peu de traditions physiques que nous ont laissé nos ancêtres devient inutile par le défaut d'exactitude, ou par le peu d'intelligence des auteurs, et plus encore par les faits hasardés ou faux qu'ils n'ont pas eu honte de nous transmettre.

La cause physique de cette augmentation de solidité et de force dans le bois écorcé sur pied se présente d'elle-même: il suffit de savoir que les arbres augmentent en grosseur par des couches additionnelles de nouveau bois qui se forment à toutes les sèves entre l'écorce et le bois ancien; nos arbres écorcés ne forment point de ces nouvelles couches, et, quoiqu'ils vivent après l'écorcement, ils ne peuvent grossir. La substance destinée à former le nouveau bois se trouve donc arrêtée et contrainte de se fixer dans tous les vides de l'aubier et du cœur même de l'arbre; ce qui en augmente nécessairement la solidité, et doit par conséquent, augmenter la force du bois; car j'ai trouvé, par plusieurs épreuves, que le bois le plus pesant est aussi le plus fort.

Je ne crois pas que l'explication de cet effet ait besoin d'être plus détaillée; mais, à cause de quelques circonstances particulières qui restent à faire entendre, je vais donner le résultat de quelques autres expériences qui ont rapport à cette matière.

Le 18 décembre, j'ai fait enlever des ceintures d'écorce de trois pouces de largeur, à trois pieds au-dessus de terre, à plusieurs chênes de différents âges, en sorte que l'au-

bier paraissait à nu et entièrement découvert; j'interceptais par ce moyen le cours de la sève qui devait passer par l'écorce et entre l'écorce et le bois; cependant, au printemps suivant, ces arbres poussèrent des feuilles comme les autres, et ils leur ressemblaient en tout, je n'y trouvai même rien de remarquable qu'au 22 de mai; j'aperçus alors des petits bourrelets d'environ une ligne de hauteur au-dessus de la ceinture, qui sortaient d'entre l'écorce et l'aubier tout autour de ces arbres; au-dessous de cette ceinture, il ne paraissait et il ne parut jamais rien. Pendant l'été, ces bourrelets augmentèrent d'un pouce en descendant et en s'appliquant sur l'aubier; les jeunes arbres formèrent des bourrelets plus étendus que les vieux, et tous conservèrent leurs feuilles, qui ne tombèrent que dans le temps ordinaire de leur chute. Au printemps suivant, elles reparurent un peu avant celles des autres arbres; je crus remarquer que les bourrelets se gonflèrent un peu, mais ils ne s'étendirent plus; les feuilles résistèrent aux ardeurs de l'été, et ne tombèrent que quelques jours avant les autres. Au troisième printemps, mes arbres se parèrent encore de verdure et devancèrent les autres; mais les plus jeunes, ou plutôt les plus petits, ne la conservèrent pas long-temps, les sécheresses de juillet les dépouillèrent; les plus gros arbres ne perdirent leurs feuilles qu'en automne, et j'en ai eu deux qui en avaient encore après le quatrième printemps; mais tous ont péri, à la troisième ou dans cette quatrième année, depuis l'enlèvement de leur écorce. J'ai essayé la force du bois de ces arbres: elle m'a paru plus grande que celle des bois abattus à l'ordinaire; mais la différence qui, dans les bois entièrement écorcés, est de plus d'un quart, n'est pas à beaucoup près aussi considérable ici, et même n'est pas assez sensible pour que je rapporte les épreuves que j'ai faites à ce sujet. Et, en effet, ces arbres n'avaient pas laissé que de grossir au-dessus de la ceinture; ces bourrelets n'étaient qu'une expansion du *liber* qui s'était formé entre le bois et l'écorce; ainsi la sève qui, dans les arbres entièrement écorcés, se trouvait contrainte de se fixer dans les pores du bois et d'en augmenter la solidité, suivit ici sa route ordinaire, et ne déposa qu'une petite partie de sa substance dans l'intérieur de l'arbre, le reste fut employé à la formation de ce bois imparfait, dont les bourrelets faisaient l'appendice et la nourriture de l'é-

corce, qui vécut aussi long-temps que l'arbre même; au-dessous de la ceinture, l'écorce vécut aussi, mais il ne se forma ni bourrelets ni nouveau bois, l'action des feuilles et des parties supérieures de l'arbre pompait trop puissamment la sève pour qu'elle pût se porter vers l'écorce de la partie inférieure: et j'imagine que cette écorce du pied de l'arbre a plutôt tiré sa nourriture de l'humidité de l'air, que de celle de la sève que les vaisseaux latéraux sur l'aubier pouvaient lui fournir.

J'ai fait les mêmes épreuves sur plusieurs espèces d'arbres fruitiers: c'est un moyen sûr de hâter leur production; ils fleurissent quelquefois trois semaines avant les autres, et donnent des fruits hâtifs et assez bons la première année. J'ai même eu des fruits sur un poirier dont j'avais enlevé, non-seulement l'écorce, mais même tout l'aubier, et ces fruits prématurés étaient aussi bons que les autres. J'ai aussi fait écorcer du haut en bas de gros pommiers et des pruniers vigoureux: cette opération a fait mourir dès la première année les plus petits de ces arbres, mais les gros ont quelquefois résisté pendant deux ou trois ans; ils se couvraient, avant la saison, d'une prodigieuse quantité de fleurs; mais le fruit qui leur succédait ne venait jamais en maturité, jamais même à une grosseur considérable. J'ai aussi essayé de rétablir l'écorce des arbres, qui ne leur est que trop souvent enlevée par différents accidents, et je n'ai pas travaillé sans succès; mais cette matière est toute différente de celle que nous traitons ici, et demande un détail particulier. Je me suis servi des idées que ces expériences m'ont fait naître, pour mettre à fruit des arbres gourmands, et qui poussaient trop vigoureusement en bois. J'ai fait le premier essai sur un cognassier: le 3 avril, j'ai enlevé en spirale l'écorce de deux branches de cet arbre; ces deux seules branches donnèrent des fruits, le reste de l'arbre poussa trop vigoureusement et demeura stérile: au lieu d'enlever l'écorce, j'ai quelquefois serré la branche ou le tronc de l'arbre avec une petite corde ou de la filasse: l'effet était le même, et j'avais le plaisir de recueillir des fruits sur ces arbres, stériles depuis long-temps. L'arbre en grossissant ne rompt pas le lien qui le serre; il se forme seulement deux bourrelets, le plus gros au-dessus et le moindre au-dessous de la petite corde, et souvent, dès la première ou la seconde année, elle se trouve recou-

verte et incorporée à la substance même de l'arbre.

De quelque façon qu'on intercepte donc la sève, on est sûr de hâter les productions des arbres, surtout l'épanouissement des fleurs et la production des fruits. Je ne donnerai pas l'explication de ce fait, on la trouvera dans la *Statique des Végétaux*; cette interception de la sève durcit aussi le bois, de quelque façon qu'on la fasse, et plus elle est grande, plus le bois devient dur. Dans les arbres entièrement écorcés, l'aubier ne devient si dur que parce qu'étant plus poreux que le bois parfait, il tire la sève avec plus de force et en plus grande quantité; l'aubier extérieur la pompe plus puissamment que l'aubier intérieur; tout le corps de l'arbre tire jusqu'à ce que les tuyaux capillaires se trouvent remplis et obstrués; il faut une plus grande quantité de parties fixes de la sève pour remplir la capacité des larges pores de l'aubier, que pour achever d'occuper les petits interstices du bois parfait, mais tout se remplit à peu près également; et c'est ce qui fait que dans ces arbres la diminution de la pesanteur et de la force du bois, depuis le centre à la circonférence, est bien moins considérable que dans les arbres revêtus de leur écorce; et ceci prouve en même temps que l'aubier de ces arbres écorcés ne doit plus être regardé comme un bois imparfait, puisqu'il a acquis en une année ou deux, par l'écorcement, la solidité et la force qu'autrement il n'aurait acquises qu'en douze ou quinze ans; car il faut à peu près ce temps, dans les meilleurs terrains, pour transformer l'aubier en bois parfait: on ne sera donc pas contraint de retrancher l'aubier, comme on l'a toujours fait jusqu'ici, et de le rejeter; on emploiera les arbres dans toute leur grosseur, ce qui fait une différence prodigieuse, puisque l'on aura souvent quatre solives dans un pied d'arbre, duquel on n'aurait pu en tirer que deux: un arbre de quarante ans pourra servir à tous les usages auxquels on emploie un arbre de soixante ans; en un mot, cette pratique aisée donne le double avantage d'augmenter non-seulement la force et la solidité, mais encore le volume du bois.

Mais, dira-t-on, pourquoi l'Ordonnance a-t-elle défendu l'écorcement avec tant de sévérité? N'y aurait-il pas quelque inconvénient à le permettre, et cette opération ne fait-elle pas périr les souches? Il est vrai qu'elle leur fait tort; mais ce tort est bien moindre qu'on ne l'imagine, et d'ailleurs il

n'est que pour les jeunes souches, et n'est sensible que dans les taillis. Les vues de l'Ordonnance sont justes à cet égard, et la sévérité est sage: les marchands de bois font écorcer les jeunes chênes dans les taillis, pour vendre l'écorce qui s'emploie à tanner les cuirs; c'est là le seul motif de l'écorcement. Comme il est plus aisé d'enlever l'écorce lorsque l'arbre est sur pied qu'après qu'il est abattu, et que de cette façon un plus petit nombre d'ouvriers peut faire la même quantité d'écorce, l'usage d'écorcer sur pied se serait rétabli souvent sans la rigueur des lois: or, pour un très-léger avantage, pour une façon un peu moins chère d'enlever l'écorce, on faisait un tort considérable aux souches. Dans un canton que j'ai fait écorcer et sécher sur pied, j'en ai compté plusieurs qui ne repoussaient plus, quantité d'autres qui poussaient plus faiblement que les souches ordinaires: leur longueur a même été durable; car, après trois ou quatre ans, j'ai vu leurs rejetons ne pas égaler la moitié de la hauteur des rejetons ordinaires de même âge. La défense d'écorcer sur pied est donc fondée en raison, il conviendrait seulement de faire quelques exceptions à cette règle trop générale. Il en est tout autrement des futaies que des taillis: il faudrait permettre d'écorcer les baliveaux et tous les arbres de service; car on sait que les futaies abattues ne repoussent presque rien; que plus un arbre est vieux lorsqu'on l'abat, moins sa souche épuisée peut produire; ainsi, soit qu'on écorce ou non, les souches des arbres de service produiront peu lorsqu'on aura attendu le temps de la vieillesse de ces arbres pour les abattre. A l'égard des arbres de moyen âge, qui laissent ordinairement à leur souche la force de reproduire, l'écorcement ne la détruit pas; car ayant observé les souches de mes six arbres écorcés et séchés sur pied, j'ai eu le plaisir d'en voir quatre couvertes d'un assez grand nombre de rejetons; les deux autres n'ont poussé que très-faiblement, et ces deux souches sont précisément celles des deux arbres qui, dans le temps de l'écorcement, étaient moins en sève que les autres. Trois ans après l'écorcement, tous ces rejetons avaient trois à quatre pieds de hauteur; et je ne doute pas qu'ils ne se fussent élevés bien plus haut, si le taillis qui les environne et qui les a devancés ne les privait pas des influences de l'air libre, si nécessaire à l'accroissement de toutes les plantes.

Ainsi, l'écorcement ne fait pas autant de mal aux souches qu'on pourrait le croire : cette crainte ne doit donc pas empêcher l'établissement de cet usage facile et très-avantageux ; mais il faut le restreindre aux arbres destinés pour le service, et il faut choisir le temps de la plus grande sève pour faire cette opération : car alors les canaux sont plus ouverts, la force de succion est plus grande, les liqueurs coulent plus aisément, passent plus librement, et par conséquent les tuyaux capillaires conservent plus longtemps leur puissance d'attraction, et tous les canaux ne se ferment que long-temps après l'écorcement ; au lieu que, dans les arbres écorcés avant la sève, le chemin des liqueurs ne se trouve pas frayé, et la route la plus commode se trouvant rompue avant que d'avoir servi, la sève ne peut se faire passage aussi facilement, la plus grande partie des canaux ne s'ouvre pas pour la recevoir, son action pour y pénétrer est impuissante, et ces tuyaux sevrés de nourriture sont obstrués faute de tension ; les autres ne s'ouvrent jamais autant qu'ils l'auraient fait dans l'état naturel de l'arbre, et à l'arrivée de la sève ils ne présentent que de petits orifices, qui à la vérité doivent pomper avec beaucoup de force, mais qui doivent toujours être plutôt remplis et obstrués que les tuyaux ouverts et distendus des arbres que la sève a humectés et préparés avant l'écorcement : c'est ce qui a fait que, dans nos expériences, les deux arbres qui n'étaient pas aussi en sève que les autres ont péri les premiers, et que leurs souches n'ont pas eu la force de reproduire ; il faut donc attendre le temps de la plus grande sève pour écorcer ; on gagnera encore à cette attention une fa-

cilité très-grande de faire cette opération, qui, dans un autre temps, ne laisserait pas d'être assez longue, et qui, dans cette saison de la sève, devient un très-petit ouvrage, puisqu'un seul homme monté au-dessus d'un grand arbre peut l'écorcer du haut en bas en moins de deux heures.

Je n'ai pas eu occasion de faire les mêmes épreuves sur d'autres bois que le chêne ; mais je ne doute pas que l'écorcement et le dessèchement sur pied ne rende tous les bois, de quelque espèce qu'ils soient, plus compacts et plus fermes ; de sorte que je pense qu'on ne peut trop étendre et trop recommander cette pratique.

ARTICLE II.

EXPÉRIENCES SUR LE DESSÈCHEMENT DU BOIS A L'AIR, ET SUR SON IMBIBITION DANS L'EAU.

I.

Pour reconnaître le temps et la gradation du dessèchement.

Le 22 mai 1733, j'ai fait abattre un chêne âgé d'environ quatre-vingt-dix ans, je l'ai fait scier et équarrir tout de suite, et j'en ai fait tirer un bloc en forme de parallépipède de 14 pouces 2 lignes $\frac{1}{2}$ de hauteur, de 8 pouces 2 lignes d'épaisseur, et de 9 pouces 5 lignes de largeur. Je m'étais trouvé réduit à ces mesures, parce que je ne voulais me servir que du bois parfait, qu'on appelle *le cœur*, et que j'avais fait enlever exactement tout l'aubier ou bois blanc. Ce morceau de cœur de chêne pesait d'abord 45 livres 10 onces, ce qui revient à très-peu près à 72 livres 3 onces le pied cube.

TABLE DU DESSÈCHEMENT DE CE MORCEAU DE BOIS.

Nota. Il était sous un hangar à l'abri du soleil.

ANNÉES, MOIS ET JOURS.	POIDS du bois.	ANNÉES, MOIS ET JOURS.	POIDS du bois.
	liv. onc.		liv. onc.
1733. Mai.....23.....	45 10	1734. Mai.....26.....	34 7
24.....	45 1	Juin.....26.....	33 14
25.....	44 10	Juillet.....26.....	33 6 1/2
26.....	44 5	Août.....26.....	33
27.....	44 1/4	Septembre.....26.....	32 11
28.....	43 11 5/4	Octobre.....26.....	32 7
29.....	43 7 5/4	Novembre.....26.....	32 11
30.....	43 4	Décembre.....26.....	32 12 1/2
Juin.....2.....	42 11	1735. Janvier.....26.....	32 12
6.....	42 1	Février.....26.....	32 12 1/2
10.....	41 6	Mars.....26.....	32 13
14.....	40 14	Avril.....26.....	32 8
18.....	40 7	Mai.....26.....	32 7
26.....	39 15	Juin.....26.....	32 6
Juillet.....4.....	39 8	Juillet.....26.....	32 4
16.....	38 12	Août.....26.....	32 1/4
26.....	38 6	Septembre.....26.....	32 1/2
Août.....26.....	37 3	Octobre.....26.....	32 1
Septembre.....26.....	36 1	Novembre.....26.....	32 3
Octobre.....26, temps sec.	35 5	Décembre.....26.....	32 5 1/2
Novembre.....3, sec.....	35 4 1/4	1736. Février.....26.....	32 1
17, pluie.....	35 4	Mai.....27.....	32
Décembre.....1er, pluie.....	35 4	Août.....26.....	31 13
15, gelée.....	35 3 1/4	1737. Février.....26.....	31 10 1/2
29, humidité.....	35 3 1/4	1738. Février.....27.....	31 7
1734. Janvier.....12, variable.....	35 3 1/4	1739. Février.....26.....	31 5 1/4
26, gelée.....	35 1 1/2	1740. Février.....25.....	31 3
Février.....9, pluie.....	35 1/4	1741. Février.....26.....	31 1 1/2
25, vent.....	35 3/4	1742. Février.....26.....	31 1
Mars.....9, temps doux	34 15 3/4	1743. Février.....26.....	31 1
25, pluie.....	34 10 1/4	1744. Février.....26.....	31 1 1/4
Avril.....26.....	34 10		

Cette table contient, comme l'on voit, la quantité et la proportion du dessèchement pendant dix années consécutives. Dès la septième année, le dessèchement était entier; ce morceau de bois, qui pesait d'abord 45 livres 10 onces, a perdu, en se desséchant, 14 livres 8 onces, c'est-à-dire près d'un tiers de son poids. On peut remarquer qu'il a fallu sept ans pour son dessèchement entier, mais qu'en onze jours il a été sec au quart, et qu'en deux mois il a été à moitié sec, puisqu'au 2 juin il avait déjà perdu 3 livres 9 onces, et qu'au 26 juillet 1733, il avait déjà perdu 7 livres 4 onces, et qu'enfin il était aux trois quarts sec au bout de dix mois. On doit observer aussi que, dès que ce morceau a été sec aux deux tiers ou environ, il repompait autant et même plus d'humidité qu'il n'en exhalait.

2.

Pour comparer le temps et la gradation du dessèchement.

Le 22 mai 1734, j'ai fait scier, dans le tronc du même arbre qui m'avait servi à l'expérience précédente, un bloc dont j'ai fait tirer un morceau tout pareil au premier, et qu'on a réduit exactement aux mêmes dimensions. Ce tronc d'arbre était depuis un an, c'est-à-dire depuis le 22 mai 1733, exposé aux injures de l'air; on l'avait laissé dans son écorce, et, pour l'empêcher de pourrir, on avait eu soin de retourner le tronc de temps en temps. Ce second morceau de bois a été pris tout auprès et au-dessous du premier.

TABLE DU DESSÈCHEMENT DE CE MORCEAU.

ANNÉES, MOIS ET JOURS.		POIDS du bois.	ANNÉES, MOIS ET JOURS.		POIDS du bois.	
		liv. onc.			liv. onc.	
1734. Mai.....	23, à 8 h. du m.	42 8	1735. Janvier.....	26	35 2 1/4	
	24, à 8 h. du m.	42		Février.....	26	35 1
	24, à 8 h. du s..	41 12 1/2		Mars.....	26	35 1/4
	25, à 8 h. du m.	41 10 1/2		Avril.....	26	34 11
	26, <i>idem</i>	41 6		Mai.....	26	34 5
	27.....	41 3 1/4		Juin.....	26	34 1
	28.....	40 15 1/2		Juillet.....	26	33 11
	29.....	40 13 1/4		Août.....	26	33 2 1/2
	30.....	40 11		Septembre.....	26	32 14
	Juin.....	40 7		Octobre.....	26	32 14 1/2
6.....	40 1 1/4	Novembre.....	26	32 15 1/4		
10.....	39 10 1/4	Décembre.....	26	33 1/2		
14.....	39 5 1/4	1736. Février.....	26	32 13		
18.....	39 1 1/4	Mai.....	26	32 6		
26.....	38 12	Août.....	26	32 1/2		
Juillet.....	37 15 5/4	1737. Février.....	26	32		
16.....	37 7	1738. <i>idem</i>	26	31 13 1/2		
26.....	37 3 5/4	1739. <i>idem</i>	26	31 10 1/4		
Août.....	36 6 1/4	1740. <i>idem</i>	26	31 8		
Septembre.....	35 10	1741. <i>idem</i>	26	31 6		
Octobre.....	35 1 1/4	1742. <i>idem</i>	26	31 5		
Novembre.....	35 3 1/4	1743. <i>idem</i>	26	31 4 1/2		
Décembre.....	35 4 1/2	1744. <i>idem</i>	26	31 4		

En comparant cette table avec la première, on voit qu'en une année entière le bois en grume ne s'est pas plus desséché que le bois travaillé s'est desséché en onze jours ; on voit de plus qu'il a fallu huit ans pour l'entier dessèchement de ce morceau de bois qui avait été conservé en grume et dans son écorce pendant un an ; au lieu que le bois travaillé d'abord s'est trouvé entièrement sec au bout de sept ans. Je suppose que ce morceau de bois pesait autant et peut-être un peu plus que le premier, et cela lorsqu'il était en grume et que l'arbre venait d'être abattu, le 23 mai 1733, c'est-à-dire qu'il pesait alors 45 livres 10 ou 12 onces : cette supposition est fondée, parce qu'on a coupé et travaillé ce morceau de bois de la même façon et exactement sur les mêmes dimensions, et qu'au bout de dix années, et après son dessèchement entier, il s'est trouvé ne différer du premier que de 3 onces, ce qui est une bien petite différence, et que j'attribue à la solidité ou densité du premier morceau, parce que le second avait été pris immédiatement au-dessous du premier, du côté du pied de l'arbre ; or on sait que plus on approche du pied de l'arbre, plus le bois a de densité. A l'égard du dessèchement de ce morceau de bois depuis qu'il a été travaillé, on voit qu'il a fallu sept ans pour le dessé-

cher entièrement comme le premier morceau ; qu'il a fallu vingt jours pour dessécher au quart ce second morceau, deux mois et demi environ pour le dessécher à moitié, et treize mois pour le dessécher aux trois quarts. Enfin on voit qu'il s'est réduit, comme le premier morceau, aux deux tiers environ de sa pesanteur.

Il faut remarquer que cet arbre était en sève lorsqu'on le coupa le 23 mai 1733, et que par conséquent la quantité de la sève se trouve par cette expérience être un tiers de la pesanteur du bois, et qu'ainsi il n'y a dans le bois que deux tiers de parties solides et ligneuses, et un tiers de parties liquides et peut-être moins, comme on le verra par la suite de ces expériences. Ce dessèchement et cette perte considérable de pesanteur n'a rien changé au volume ; les deux morceaux de bois ont encore les mêmes dimensions, et je n'y ai remarqué ni raccourcissement ni rétrécissement : ainsi la sève est logée dans les interstices des parties ligneuses, et ces interstices restent vides et les mêmes après l'évaporation des parties humides qu'ils contiennent.

On n'a point observé que ce bois, quoique coupé en pleine sève, ait été piqué des vers ; il est très-sain, et les deux morceaux ne sont gercés ni l'un ni l'autre.

3.

Pour reconnaître si le dessèchement se fait proportionnellement aux surfaces.

Le 8 avril 1733, j'ai fait enlever par un menuisier un petit morceau de bois blanc ou aubier d'un chêne qui venait d'être abattu; et tandis qu'on le façonnait en forme de pa-

rallépipède, un autre menuisier en façonnait un autre morceau en forme de petites planches d'égale épaisseur : sept de ces petites planches se trouvèrent peser autant que le premier morceau, et la superficie de ce morceau était à celles des planches comme 10 est à 34 à très-peu près.

TABLE DE LA PROPORTION DU DESSÈCHEMENT.

Nota. Les pesanteurs ont été prises par le moyen d'une balance qui penchait à un quart de grain.

MOIS ET JOURS.		POIDS du seul morceau.	POIDS des sept mor- ceaux.	MOIS ET JOURS.		POIDS du seul morceau.	POIDS des sept mor- ceaux.	
		grains.	grains.			grains.	grains.	
1734. Avril.	8 à 2 h. du soir.	2189	2189	1734. Avril.	27, sec.	1518 $\frac{1}{2}$	1458	
	8 à 10 h. du soir.	2130	1981		28, sec.	1509	1449 $\frac{1}{2}$	
	9 à 10 h. du mat.	2070	1851		29, vent.	1504	1447 $\frac{1}{2}$	
	10 même heure.	1973	1712		30, pluie.	1504	1461	
	11.....	1887	1628		Mai.....	1er, humide.	1507	1468
	12.....	1825	1589			5, pluie.	1512	1478
	13, temps serein.	1778 $\frac{1}{2}$	1565			9, beau.	1510 $\frac{1}{2}$	1475
	14, sec.	1741	1540 $\frac{1}{2}$			13, humide.	1511	1476
	15, sec.	1708	1525 $\frac{1}{2}$			21, beau.	1504 $\frac{1}{2}$	1465
	16, sec.	1684	1518		29, vent et pluie.	1503	1466	
	17, sec.	1656 $\frac{1}{2}$	1505 $\frac{1}{2}$		Juin.....	6, pluie.	1517	1489
	18, sec.	1630	1502			Juillet.....	6, beau.	1507	1479
	19, couvert.	1608 $\frac{1}{2}$	1497 $\frac{1}{2}$		Août.....	6, sec.	1500	1468
	20, humide.	1590	1493			10, sec.	1489	1461
	21.....	1576	1486			12, sec.	1479	1450
	22, variable.	1564	1481			14, sec.	1470	1448
	23, chaud.	1556	1485			15, sec.	1461	1460 $\frac{1}{2}$
	24.....	1550 $\frac{1}{2}$	1486			16, pluie.	1464	1468
	25, sec.	1543	1482			17, beau.	1463	1450
	26, sec.	1532 $\frac{1}{2}$	1479					

Avant que d'examiner ce qui résulte de cette expérience, il faut observer qu'il fallait 492 des grains dont je me suis servi pour faire une once, et que le pied cube de ce bois, qui était de l'aubier, pesait à très-peu près 66 livres; que le morceau dont je me suis servi contenait à peu près 7 pouces cubiques, et chaque petit morceau un pouce, et que les surfaces étaient comme 10 est à 34. En consultant la table, on voit que le dessèchement, dans les huit premières heures, est, pour le morceau seul, de 59 grains, et pour les sept morceaux, de 208 grains; ainsi la proportion du dessèchement est plus grande que celle des surfaces, car le morceau perdant 59, les sept morceaux n'auraient dû perdre que $200\frac{3}{5}$. Ensuite, on voit que, depuis dix heures du soir jusqu'à sept heures du matin, le morceau seul a perdu 60 grains, et que les sept morceaux en ont perdu 130; et que, par conséquent, le des-

sèchement, qui d'abord était trop grand, proportionnellement aux surfaces, est maintenant trop petit; parce qu'il aurait fallu, pour que la proportion fût juste, que le morceau seul perdant 60, les sept morceaux eussent perdu 204, au lieu qu'ils n'ont perdu que 130.

En comparant le terme suivant, c'est-à-dire le quatrième de la table, on voit que cette proportion diminuée très-considérablement, en sorte que les sept morceaux ne perdent que très-peu en comparaison de leur surface; et dès le cinquième terme, il se trouve que le morceau seul perd plus que les sept morceaux, puisque son dessèchement est de 93 grains, et que celui des sept morceaux n'est que de 84 grains. Ainsi le dessèchement se fait ici d'abord dans une proportion un peu plus grande que celle des surfaces, ensuite dans une proportion plus petite, et enfin il devient plus grand où

la surface est la plus petite. On voit qu'il n'a fallu que cinq jours pour dessécher les sept morceaux, au point que le morceau seul perdait plus ensuite que les sept morceaux.

On voit aussi qu'il n'a fallu que vingt-un jours aux sept morceaux pour se dessécher entièrement, puisqu'au 29 avril ils ne pesaient que 1447 grains $\frac{1}{2}$, ce qui est le plus grand degré de légèreté qu'ils aient acquis, et qu'en moins de vingt-quatre heures, ils étaient à moitié secs; au lieu que le morceau seul ne s'est entièrement desséché qu'en quatre mois et sept jours, puisque c'est au 15 d'août que se trouve sa plus grande légèreté son poids n'étant alors que de 1461 grains, et qu'en trois fois vingt-quatre heures il était à moitié sec. On voit aussi que les sept morceaux ont perdu par le dessèchement plus du tiers de leur pesanteur, et le morceau seul à très-peu près le tiers.

4.

Sur le même sujet que la précédente.

Le 9 avril 1734, j'ai fait prendre dans le tronc d'un chêne qui avait été coupé et abattu trois jours auparavant un morceau de bois en forme de cylindre, dont j'avais déterminé la grosseur en mettant la pointe du compas dans le centre des couches annuelles, afin d'avoir la partie la plus solide de cet arbre qui avait plus de soixante ans. J'ai fait scier en deux ce cylindre pour avoir deux cylindres égaux, et j'ai fait scier de la même façon en trois l'un de ces cylindres. La superficie des trois morceaux cylindriques était à la superficie du cylindre, dont ils n'avaient que le tiers de la hauteur, comme 43 est à 27, et le poids était égal, en sorte que le cylindre seul pesait, aussi-bien que les trois cylindres, 28 onces $\frac{13}{16}$, et ils auraient pesé environ un livre 14 onces si on les eût travaillés le même jour que l'arbre avait été abattu.

TABLE DU DESSÈCHEMENT DE CE MORCEAU DE BOIS.

MOIS ET JOURS.	POIDS		MOIS ET JOURS.	POIDS	
	du seul morceau.	des trois morceaux.		du seul morceau.	des trois morceaux.
	onces.	onces.		onces.	onces.
1734. Avril. 9 à 10 h. du m.	28 $\frac{13}{16}$	28 $\frac{13}{16}$	1734. Avril. 30.....	23 $\frac{17}{32}$	21 $\frac{25}{32}$
10 à 6 h. du m.	28 $\frac{10}{16}$	28 $\frac{6}{16}$	Mai..... 1er.....	23 $\frac{15}{32}$	21 $\frac{25}{32}$
11 même heure.	28 $\frac{4}{16}$	27 $\frac{15}{16}$	2.....	23 $\frac{14}{32}$	21 $\frac{25}{32}$
12.....	27 $\frac{15}{16}$	27 $\frac{6}{16}$	3.....	23 $\frac{11}{32}$	21 $\frac{19}{32}$
13.....	27 $\frac{10}{16}$	26 $\frac{15}{16}$	5.....	23 $\frac{8}{32}$	21 $\frac{17}{32}$
14.....	27 $\frac{4}{16}$	26 $\frac{7}{16}$	9.....	22 $\frac{28}{32}$	21 $\frac{7}{32}$
15.....	26 $\frac{5}{32}$	26 $\frac{1}{32}$	13.....	22 $\frac{21}{32}$	21 $\frac{1}{32}$
16.....	26 $\frac{22}{32}$	25 $\frac{20}{32}$	17.....	22 $\frac{16}{32}$	20 $\frac{25}{32}$
17.....	26 $\frac{10}{32}$	25 $\frac{6}{32}$	21.....	22 $\frac{5}{32}$	20 $\frac{19}{32}$
18.....	26	24 $\frac{24}{32}$	25.....	21 $\frac{29}{32}$	20 $\frac{16}{32}$
19.....	25 $\frac{24}{32}$	24 $\frac{14}{32}$	29.....	21 $\frac{25}{32}$	20 $\frac{15}{32}$
20.....	25 $\frac{17}{32}$	24 $\frac{4}{32}$	Juin..... 2.....	21 $\frac{18}{32}$	20 $\frac{11}{32}$
21.....	25 $\frac{6}{32}$	23 $\frac{25}{32}$	6.....	21 $\frac{18}{32}$	20 $\frac{14}{32}$
22.....	24 $\frac{7}{32}$	23 $\frac{18}{32}$	14.....	21 $\frac{13}{32}$	20 $\frac{13}{32}$
23.....	24 $\frac{25}{32}$	23 $\frac{8}{32}$	26.....	21 $\frac{7}{32}$	20 $\frac{14}{32}$
24.....	24 $\frac{19}{32}$	23 $\frac{6}{32}$	Juillet..... 26.....	20 $\frac{26}{32}$	20 $\frac{12}{32}$
25.....	24 $\frac{14}{32}$	22 $\frac{31}{32}$	août..... 26.....	20 $\frac{25}{32}$	20 $\frac{9}{32}$
26.....	24 $\frac{7}{32}$	22 $\frac{27}{32}$	Septembre. 26.....	20 $\frac{20}{32}$	20 $\frac{8}{32}$
27.....	24	22 $\frac{14}{32}$	Octobre. 26.....	20 $\frac{28}{32}$	20 $\frac{19}{32}$
28.....	23 $\frac{25}{32}$	22 $\frac{6}{32}$	Novembre. 26.....	21 $\frac{3}{32}$	20 $\frac{50}{32}$
29.....	23 $\frac{22}{32}$	22 $\frac{1}{32}$	Décembre. 26.....	21 $\frac{2}{32}$	20 $\frac{50}{32}$

On voit par cette expérience, comparée avec la précédente, que le bois du centre ou cœur de chêne ne se dessèche pas tout-à-fait autant que l'aubier, en supposant même que les morceaux eussent pesé 30 onces, au lieu de 28 $\frac{13}{16}$, et cela à cause du dessèchement

qui s'est fait pendant trois jours, depuis le 6 avril qu'on a abattu l'arbre dont ces morceaux ont été tirés, jusqu'au 9 du même mois, jour auquel ils ont été tirés du centre de l'arbre et travaillés. Mais en partant de 28 onces $\frac{13}{16}$, ce qui était leur poids réel, on voit

que la proportion du dessèchement est d'abord beaucoup plus grande que celle des surfaces; car le morceau seul ne perd, le premier jour, que $\frac{3}{16}$ d'once, et les trois morceaux perdent $\frac{7}{16}$, au lieu qu'ils n'auraient dû perdre que $\frac{4}{16} + \frac{7}{9} \times 16$. En prenant le dessèchement du second jour, on voit que le morceau seul a perdu $\frac{4}{16}$ et les trois morceaux $\frac{9}{15}$, et que, par conséquent, il est à très-peu près dans la même proportion avec les surfaces qu'il était le jour précédent, et la différence est en diminution; mais, dès le troisième jour, le dessèchement est en moindre proportion que celle des surfaces; car les surfaces étant 27 et 43, les dessèchements seraient comme 5 et $7\frac{26}{27}$, s'ils étaient en même proportion; au lieu que les dessèchements sont comme 5 et 7 ou $\frac{5}{16}$ et $\frac{7}{16}$. Ainsi, dès le troisième jour, le dessèchement, qui d'abord s'était fait dans une plus grande proportion que celle des surfaces, devient plus petit, et, au douzième jour, le dessèchement des trois morceaux est égal à celui du morceau seul; et ensuite les trois morceaux continuent à perdre moins que le morceau seul: ainsi le dessèchement se fait comme dans l'expérience précédente, d'abord dans une plus grande raison que celle des surfaces, ensuite dans

une moindre proportion; et enfin il devient absolument moindre pour la surface plus grande. L'expérience suivante confirmera encore cette espèce de règle sur le dessèchement du bois.

5.

J'ai pris, dans le même arbre qui m'avait servi à l'expérience précédente, deux morceaux cylindriques de cœur de chêne, tous deux de 4 pouces 2 lignes de diamètre et d'un pouce 4 lignes d'épaisseur; j'ai divisé l'un de ces morceaux en huit parties, par huit rayons tirés du centre, et j'ai fait fendre ce morceau en huit, selon la direction de ces rayons; suivant ces mesures, la superficie des huit morceaux est à très-peu près double de celle du seul morceau, et ce morceau seul, aussi-bien que les huit morceaux, pesaient chacun 11 onces $\frac{11}{16}$, ce qui revient à très-peu près à 70 livres le pied cube: voici la table de leur dessèchement. On doit observer, comme dans l'expérience précédente, qu'il y avait trois jours que l'arbre dont j'ai tiré ces morceaux de bois était abattu, et que, par conséquent, la quantité totale du dessèchement doit être augmentée de quelque chose.

TABLE DU DESSÈCHEMENT D'UN MORCEAU DE BOIS, ET DE HUIT MORCEAUX, DESQUELS LA SUPERFICIE ÉTAIT DOUBLE DE CELLE DU PREMIER MORCEAU, LE POIDS ÉTANT LE MÊME.

MOIS ET JOURS.		POIDS du seul morceau.	POIDS des huit mor- ceaux.	MOIS ET JOURS.		POIDS du seul morceau.	POIDS des huit mor- ceaux.		
		onces.	onces.			onces.	onces.		
1734. Avril.	9 à 8 h. du soir.	11 $\frac{11}{16}$	11 $\frac{11}{16}$	1734. Avril.	29	8 $\frac{29}{32}$	8 $\frac{7}{32}$		
	10 à 6 h. du mat.	11 $\frac{19}{32}$	11 $\frac{14}{32}$		30	8 $\frac{27}{32}$	8 $\frac{7}{32}$		
	11 même heure.	11 $\frac{11}{32}$	11		Mai	1 ^{er}	8 $\frac{26}{32}$	8 $\frac{7}{32}$	
	12	11 $\frac{4}{32}$	10 $\frac{23}{32}$			2	8 $\frac{25}{32}$	8 $\frac{7}{32}$	
	13	10 $\frac{50}{32}$	10 $\frac{14}{32}$			3	8 $\frac{24}{32}$	8 $\frac{7}{32}$	
	14	10 $\frac{25}{32}$	10 $\frac{5}{32}$			8	8 $\frac{21}{32}$	8 $\frac{7}{32}$	
	15	10 $\frac{19}{32}$	9 $\frac{28}{32}$			9	8 $\frac{19}{32}$	8 $\frac{7}{32}$	
	16	10 $\frac{13}{32}$	9 $\frac{19}{32}$			13	8 $\frac{16}{32}$	8 $\frac{7}{32}$	
	17	10 $\frac{7}{32}$	9 $\frac{11}{32}$			17	8 $\frac{15}{32}$	8 $\frac{6}{32}$	
	18	9 $\frac{3}{32}$	9 $\frac{7}{32}$			21	8 $\frac{9}{32}$	8 $\frac{6}{32}$	
	19	9 $\frac{29}{32}$	9 $\frac{1}{32}$			25	8 $\frac{7}{32}$	8 $\frac{4}{32}$	
	20	9 $\frac{24}{32}$	8 $\frac{29}{32}$			29	8 $\frac{5}{32}$	8 $\frac{4}{32}$	
	21	9 $\frac{20}{32}$	8 $\frac{29}{32}$			Juin	6	8 $\frac{6}{32}$	8 $\frac{6}{32}$
	22	9 $\frac{16}{32}$	8 $\frac{25}{32}$				26	8 $\frac{5}{32}$	8 $\frac{7}{32}$
	23	9 $\frac{13}{32}$	8 $\frac{21}{32}$		Juillet		26	8 $\frac{4}{32}$	8 $\frac{5}{32}$
	24	9 $\frac{10}{32}$	8 $\frac{19}{32}$				26	8 $\frac{5}{32}$	8 $\frac{5}{32}$
	25	9 $\frac{7}{32}$	8 $\frac{17}{32}$		Septembre		26	8 $\frac{3}{32}$	8 $\frac{5}{32}$
	26	9 $\frac{5}{32}$	8 $\frac{14}{32}$				Octobre	26	8 $\frac{5}{32}$
	27	9 $\frac{1}{32}$	8 $\frac{13}{32}$		Novembre	26		8 $\frac{7}{32}$	8 $\frac{13}{32}$
	28	8 $\frac{30}{32}$	8 $\frac{9}{32}$			Décembre	26	8 $\frac{7}{32}$	8 $\frac{13}{32}$

On voit ici, comme dans les expériences précédentes, que la proportion du dessèchement est d'abord beaucoup plus grande que celle des surfaces, ensuite moindre, puis beaucoup moindre, et enfin que la plus petite surface vient bientôt à perdre plus que la plus grande.

On peut observer aussi, par les derniers termes de cette table, qu'après le dessèchement entier, au 26 août, ces morceaux de bois ont augmenté de pesantier par l'humidité des mois de septembre, octobre et novembre, et que cette augmentation s'est faite proportionnellement aux surfaces.

6.

Pour comparer le dessèchement du bois par fait qu'on appelle le cœur, avec le dessèchement du bois imparfait qu'on appelle l'aubier.

Le 1^{er} avril 1734, j'ai fait tirer du corps d'un chêne abattu la veille, deux parallépipèdes, l'un de cœur et l'autre d'aubier, qui pesaient tous deux 6 onces $\frac{1}{4}$; ils étaient de même figure, mais le morceau d'aubier était d'environ un quinzième plus gros que le morceau de cœur, parce que la densité du cœur de chêne nouvellement abattu est à très-peu près d'une quinzième partie plus grande que la densité de l'aubier.

TABLE DU DESSÈCHEMENT DE CES MORCEAUX DE BOIS.

MOIS ET JOURS.	POIDS du cœur de chêne.	POIDS du morceau d'aubier.	MOIS ET JOURS.	POIDS du cœur de chêne.	POIDS du morceau d'aubier.
	onces.	onces.		onces.	onces.
1734. Avril. 1 ^{er} à midi.....	6 $\frac{1}{4}$	6 $\frac{1}{4}$	1734. Avril. 24.....	4 $\frac{65}{64}$	4 $\frac{52}{64}$
2.....	6 $\frac{5}{32}$	6 $\frac{1}{32}$	25.....	4 $\frac{62}{64}$	4 $\frac{50}{64}$
3.....	6 $\frac{1}{32}$	5 $\frac{50}{32}$	26.....	4 $\frac{59}{64}$	4 $\frac{48}{64}$
4.....	5 $\frac{51}{32}$	5 $\frac{26}{32}$	27.....	4 $\frac{58}{64}$	4 $\frac{46}{64}$
5.....	5 $\frac{29}{32}$	5 $\frac{22}{32}$	28.....	4 $\frac{54}{64}$	4 $\frac{24}{64}$
6.....	5 $\frac{28}{32}$	5 $\frac{20}{32}$	29.....	4 $\frac{52}{64}$	4 $\frac{22}{64}$
7.....	5 $\frac{25}{32}$	5 $\frac{15}{32}$	30.....	4 $\frac{50}{64}$	4 $\frac{20}{64}$
8.....	5 $\frac{22}{32}$	5 $\frac{2}{32}$	Mai..... 1 ^{er}	4 $\frac{50}{64}$	4 $\frac{20}{64}$
9.....	5 $\frac{18}{32}$	5 $\frac{2}{32}$	5.....	4 $\frac{46}{64}$	4 $\frac{18}{64}$
10.....	5 $\frac{17}{32}$	3 $\frac{2}{32}$	9.....	4 $\frac{45}{64}$	4 $\frac{15}{64}$
11.....	5 $\frac{16}{32}$	5 $\frac{2}{64}$	13.....	4 $\frac{42}{64}$	4 $\frac{14}{64}$
12.....	5 $\frac{15}{32}$	5	17.....	4 $\frac{40}{64}$	4 $\frac{12}{64}$
13.....	5 $\frac{29}{64}$	5 $\frac{65}{64}$	25.....	4 $\frac{35}{64}$	4 $\frac{10}{64}$
14.....	5 $\frac{26}{64}$	4 $\frac{60}{64}$	Juin..... 2.....	4 $\frac{32}{64}$	4 $\frac{8}{64}$
15.....	5 $\frac{25}{64}$	4 $\frac{58}{64}$	10.....	4 $\frac{32}{64}$	4 $\frac{8}{64}$
16.....	5 $\frac{24}{64}$	4 $\frac{56}{64}$	26.....	4 $\frac{32}{64}$	4 $\frac{8}{64}$
17.....	5 $\frac{20}{64}$	4 $\frac{52}{64}$	Juillet..... 26.....	4 $\frac{29}{64}$	4 $\frac{8}{64}$
18.....	5 $\frac{18}{64}$	4 $\frac{50}{64}$	26.....	4 $\frac{31}{64}$	4 $\frac{7}{64}$
19.....	5 $\frac{14}{64}$	4 $\frac{46}{64}$	Septembre. 26.....	4 $\frac{30}{64}$	4 $\frac{6}{64}$
20.....	5 $\frac{10}{64}$	4 $\frac{44}{64}$	Octobre. 26.....	4 $\frac{34}{64}$	4 $\frac{10}{64}$
21.....	5 $\frac{6}{64}$	4 $\frac{40}{64}$	Novembre. 26.....	4 $\frac{37}{64}$	4 $\frac{15}{64}$
22.....	5 $\frac{4}{64}$	4 $\frac{36}{64}$	Décembre. 26.....	4 $\frac{37}{64}$	4 $\frac{14}{64}$
23.....	5	4 $\frac{54}{64}$			

On voit, par cette table, que, sur 6 onces $\frac{1}{4}$, la quantité totale du dessèchement du morceau de cœur de chêne est 1 once $\frac{25}{32}$, et que la quantité totale du dessèchement du morceau d'aubier est de 2 onces $\frac{5}{32}$; de sorte que ces quantités sont entre elles, comme 57 est à 69, et comme 14 $\frac{1}{4}$ est à 16 $\frac{1}{4}$, ce qui n'est pas fort différent de la proportion de densité du cœur et de l'aubier qui est de 15 à 14. Cela prouve que le bois le plus dense est aussi celui qui se dessèche le moins. J'ai d'autres expériences qui confirment ce fait : un morceau cylindrique d'alizier, qui pesait 15 onces $\frac{1}{2}$ le 1^{er} avril 1734, ne pesait plus

que 10 onces $\frac{1}{2}$ le 26 septembre suivant, et, par conséquent, ce morceau avait perdu plus d'un tiers de son poids. Un morceau cylindrique de bouleau, qui pesait 7 onces $\frac{1}{2}$ le même jour 1^{er} avril, ne pesait plus que 4 onces $\frac{4}{4}$ le 26 septembre suivant. Ces bois sont plus légers que le chêne, et perdent aussi un peu plus par le dessèchement, mais la différence n'est pas grande, et on peut prendre pour règle générale de la quantité du dessèchement, dans les bois de toute espèce, la diminution d'un tiers de leur pesantier, en comptant du jour que le bois a été abattu.

On voit encore, par l'expérience précédente, que l'aubier se dessèche d'abord beaucoup plus promptement que le cœur de chêne; car l'aubier était déjà à la moitié de son dessèchement au bout de sept jours, et il a fallu vingt-quatre jours au morceau de cœur pour se dessécher à moitié; et par une table que je ne donne pas ici, pour ne pas trop grossir ce Mémoire, je vois que l'alizier avait, en huit jours, acquis la moitié de son dessèchement, et le bouleau en sept jours; d'où l'on doit conclure que la quantité qui s'évapore par le dessèchement dans les différentes espèces de bois est à peu près proportionnelle à leur densité, mais que le temps nécessaire pour que les bois acquièrent un certain degré de dessèchement, par exemple, celui qui est nécessaire pour qu'on les puisse travailler aisément, que ce temps, dis-je, est bien plus long pour les bois pesants que pour les bois légers, quoiqu'ils arrivent à perdre à peu près également un tiers et plus de leur pesanteur.

7.

Le 26 février 1744, j'ai fait exposer au soleil les deux morceaux de bois qui m'ont servi aux deux premières expériences, et que j'ai gardés pendant vingt ans. Le plus ancien de ces morceaux, c'est-à-dire celui qui a servi à la première expérience sur le dessè-

chement, pesait, le 26 février 1744, 31 livres 1 once 2 gros; et l'autre, c'est-à-dire celui qui avait servi à la seconde expérience, pesait le même jour 26 février 1744, 31 livres 4 onces; ils avaient d'abord été desséchés à l'air pendant dix ans, ensuite, ayant été exposés au soleil depuis le 26 février jusqu'au 8 mars, et toujours garantis de la pluie, ils se séchèrent encore, et ne pesaient plus, le premier, que 30 livres 5 onces 4 gros, et le second, 30 livres 6 onces 2 gros; pour les dessécher encore davantage, je les fis mettre tous deux dans un four chauffé à 47 degrés au-dessus de la congélation; il était neuf heures quarante minutes du matin: on les a tirés du four deux heures après, c'est-à-dire à onze heures quarante minutes, on les a mesurés exactement, leurs dimensions n'avaient pas changé sensiblement. J'ai seulement remarqué qu'il s'était fait des gerçures sur les quatre faces les plus longues qui les rendaient d'une demi-ligne ou d'une ligne plus larges; mais la hauteur était absolument la même. On les a pesés en sortant du four: le morceau de la première expérience ne pesait plus que 29 livres 6 onces 7 gros, et celui de la seconde, 29 livres 6 onces; dans le moment même je les ai fait jeter dans un grand vaisseau rempli d'eau, et on a chargé chaque morceau d'une pierre pour les assujétir au fond du vaisseau.

TABLE DE L'IMBIBITION DE CES DEUX MORCEAUX DE BOIS QUI ÉTAIENT ENTIÈREMENT DESSÉCHÉS LORSQU'ON LES A PLONGÉS DANS L'EAU.

MOIS et JOURS.	TEMPS pendant lequel les bois ont resté au four et à l'eau.	POIDS des deux morceaux de bois.	MOIS et JOURS.	TEMPS pendant lequel les bois ont resté à l'eau.	POIDS des deux morceaux de bois.
1744.		liv. o. g.	1744.		liv. o. g.
Mars.. 8.....		1er 30 5 4 2e 30 6 2	Mars.. 9.....	1 h. 45'...	1er 33 9 1 2e 34 5 2
9.....	Mis au four* à 9 h. 40; tiré à 11 h. 40.	1er 29 6 7 2e 29 6 7	9.....	1 h. 55'...	1er 33 16 4 2e 34 6 6
9.....	Jeté dans l'eau à 11 h. 40; tiré à midi 40.	1er 32 0 2 2e 32 12 0	9.....	1 h. 55'...	1er 33 11 4 2e 34 7 2
9.....	1 heure...	1er 32 8 6 2e 33 4 6	9.....	1 heure...	1er 32 13 2 2e 34 8 7
9.....	1 heure...	1er 32 13 6 2e 33 9 1	9.....	1 heure...	1er 33 13 6 2e 34 10 2
9.....	1 heure...	1er 33 1 3 2e 33 13 1	10.....	11 heures...	1er 34 6 6 2e 35 2 6
9.....	1 heure...	1er 35 3 4 2e 34 0 0	10.....	12 heures...	1er 34 11 2 2e 35 7 5
9.....	1 heure...	1er 33 6 0 2e 34 1 7	11.....	12 heures...	1er 35 0 0 2e 35 12 1
9.....	1 h. 15'...	1er 33 8 0 2e 34 4 2	11.....	12 heures...	1er 35 3 1 2e 35 14 1

* Le thermomètre a monté à 47 degrés, il était au degré de la congélation.

MOIS et JOURS.	TEMPS pendant lequel les bois ont resté à l'eau.	POIDS des deux morceaux de bois.	MOIS et JOURS.	TEMPS pendant lequel les bois ont resté à l'eau.	POIDS des deux morceaux de bois.
1744.		liv. o. g.	1744.		liv. o. g.
Mars.. 12.....	12 heures...	1 ^{er} 35 6 5 2 ^e 36 2 6	Avril.. 3.....	24 heures...	1 ^{er} 38 0 6 2 ^e 38 14 0
12.....	12 heures...	1 ^{er} 35 9 3 2 ^e 36 5 3	4.....	24 heures...	1 ^{er} 38 1 2 2 ^e 38 14 2
13.....	12 heures...	1 ^{er} 35 11 6 2 ^e 36 7 6	5.....	24 heures...	1 ^{er} 38 1 7 2 ^e 38 15 1
13.....	12 heures...	1 ^{er} 35 14 2 2 ^e 36 10 1	6, pluie.	24 heures...	1 ^{er} 38 5 0 2 ^e 39 0 7
14.....	12 heures...	1 ^{er} 36 1 2 2 ^e 36 13 1	7, pluie.	24 heures...	1 ^{er} 38 3 6 2 ^e 39 1 0
14.....	12 heures...	1 ^{er} 36 3 1 2 ^e 36 15 0	8, pluie.	24 heures...	1 ^{er} 38 3 6 2 ^e 39 1 2
15.....	12 heures...	1 ^{er} 36 4 6 2 ^e 37 0 7	9, pluie.	24 heures...	1 ^{er} 38 4 6 2 ^e 39 1 5
15.....	12 heures...	1 ^{er} 36 6 2 2 ^e 37 2 2	10, pluie.	24 heures...	1 ^{er} 38 5 1 2 ^e 39 2 1
16.....	12 heures...	1 ^{er} 36 8 1 2 ^e 37 3 4	11, pluie.	24 heures...	1 ^{er} 38 6 7 2 ^e 39 3 4
16.....	12 heures...	1 ^{er} 36 9 0 2 ^e 37 5 3	12, froid.	24 heures...	1 ^{er} 38 7 5 2 ^e 39 5 0
17.....	12 heures...	1 ^{er} 36 10 2 2 ^e 37 6 0	13, sec...	24 heures...	1 ^{er} 38 8 7 2 ^e 39 6 4
17.....	12 heures...	1 ^{er} 36 11 2 2 ^e 37 7 3	14, froid.	24 heures...	1 ^{er} 38 9 6 2 ^e 39 6 6
18.....	12 heures...	1 ^{er} 36 12 6 2 ^e 37 8 4	15, pluie.	24 heures...	1 ^{er} 38 10 2 2 ^e 39 7 4
18.....	12 heures...	1 ^{er} 36 13 2 2 ^e 37 9 4	16, vent..	24 heures...	1 ^{er} 38 10 7 2 ^e 39 7 7
19.....	12 heures...	1 ^{er} 36 14 7 2 ^e 37 10 7	17, pluie.	24 heures...	1 ^{er} 38 11 4 2 ^e 39 8 2
19.....	12 heures...	1 ^{er} 37 0 2 2 ^e 37 12 2	18, beau.	24 heures...	1 ^{er} 38 12 1 2 ^e 39 9 0
20.....	12 heures...	1 ^{er} 37 1 1 2 ^e 37 13 6	19, pluie.	24 heures...	1 ^{er} 38 13 1 2 ^e 39 9 4
20.....	12 heures...	1 ^{er} 37 2 0 2 ^e 37 14 3	20, pluie.	24 heures...	1 ^{er} 38 13 2 2 ^e 39 10 7
21.....	12 heures...	1 ^{er} 37 3 7 2 ^e 37 15 2	21, beau.	24 heures...	1 ^{er} 38 14 0 2 ^e 39 11 0
21.....	12 heures...	1 ^{er} 37 3 6 2 ^e 38 0 7	22, beau.	24 heures...	1 ^{er} 38 14 6 2 ^e 39 11 6
22.....	12 heures...	1 ^{er} 37 4 5 2 ^e 38 1 4	23, vent.	24 heures...	1 ^{er} 38 15 6 2 ^e 39 12 5
22.....	12 heures...	1 ^{er} 37 5 2 2 ^e 38 2 4	24, pluie.	24 heures...	1 ^{er} 39 0 3 2 ^e 39 13 5
23.....	24 heures...	1 ^{er} 37 6 4 2 ^e 38 3 2	25, pluie.	24 heures...	1 ^{er} 39 1 5 2 ^e 39 13 7
24.....	24 heures...	1 ^{er} 37 7 7 2 ^e 38 5 0	26, sec..	24 heures...	1 ^{er} 39 1 6 2 ^e 39 14 2
25.....	24 heures...	1 ^{er} 37 9 2 2 ^e 38 6 6	27, vent.	24 heures...	1 ^{er} 39 3 0 2 ^e 39 15 4
26.....	24 heures...	1 ^{er} 37 10 3 2 ^e 38 7 5	28, pluie.	24 heures...	1 ^{er} 39 4 1 2 ^e 40 1 0
27.....	24 heures...	1 ^{er} 37 11 3 2 ^e 38 8 7	29, beau.	24 heures...	1 ^{er} 39 4 3 2 ^e 40 1 0
28.....	24 heures...	1 ^{er} 37 12 2 2 ^e 38 10 0	30, sec...	24 heures...	1 ^{er} 39 5 1 2 ^e 40 1 7
29.....	24 heures...	1 ^{er} 37 13 1 2 ^e 38 10 3	Mai.. 1 ^{er} , beau.	24 heures...	1 ^{er} 39 6 0 2 ^e 40 2 7
30.....	24 heures...	1 ^{er} 37 13 6 2 ^e 38 11 3	2, chaud.	24 heures...	1 ^{er} 39 6 4 2 ^e 40 4 3
31.....	24 heures...	1 ^{er} 37 14 3 2 ^e 38 11 5	3, beau.	24 heures...	1 ^{er} 39 6 7 2 ^e 40 3 7
Avril.. 1 ^{er}	24 heures...	1 ^{er} 37 14 7 2 ^e 38 12 4	4, beau.	24 heures...	1 ^{er} 39 7 0 2 ^e 40 4 7
2.....	24 heures...	1 ^{er} 38 0 1 2 ^e 38 13 1	5, beau.	24 heures...	1 ^{er} 39 7 5 2 ^e 40 4 4

MOIS et JOURS.	TEMPS pendant lequel les bois ont resté à l'eau.	POIDS des deux morceaux de bois.	MOIS et JOURS.	TEMPS pendant lequel les bois ont resté à l'eau.	POIDS des deux morceaux de bois.
1744.		liv. o. g.	1744.		liv. o. g.
6, vent.	24 heures...	1er 39 7 4 2e 40 4 1	Juill. 8, vent..	2 jours...	1er 41 1 0 2e 41 10 0
7, pluie.	24 heures...	1er 39 7 5 2e 40 5 3	Le 10, on a été obligé de les changer de cuvier, deux cercles s'étant brisés.		
8, pluie.	24 heures...	1er 39 8 5 2e 40 5 3	12, pluie..	4 jours...	1er 41 2 6 2e 41 10 6
9, beau.	24 heures...	1er 39 9 2 2e 40 6 0	16, pluie..	4 jours...	1er 41 4 1 2e 41 12 0
11, vent.	2 jours....	1er 39 9 1 2e 40 5 3	20, pluie..	4 jours...	1er 41 5 0 2e 41 13 0
13, vent.	2 jours....	1er 39 9 3 2e 40 5 6	24, couv..	4 jours...	1er 41 6 6 2e 41 4 5
15, vent.	2 jours....	1er 39 9 7 2e 40 5 7	28, beau..	4 jours...	1er 41 8 4 2e 42 0 0
17, pluie.	2 jours....	1er 39 10 5 2e 40 6 3	Août. 1er, vent.	4 jours...	1er 41 9 4 2e 42 1 0
19, pluie..	2 jours....	1er 39 11 5 2e 40 7 2	5, couv..	4 jours...	1er 41 10 0 2e 42 2 3
21, tonn..	2 jours....	1er 39 12 5 2e 40 8 3	9, chal...	4 jours...	1er 41 11 4 2e 42 3 2
25, beau..	2 jours....	1er 39 13 3 2e 40 9 0	13, pluie..	4 jours...	1er 41 12 1 2e 42 3 7
25, pluie..	2 jours....	1er 39 14 4 2e 40 10 0	17, vent..	4 jours...	1er 41 12 7 2e 42 5 3
27, beau..	2 jours....	1er 40 1 1 2e 40 12 3	21, pluie..	4 jours...	1er 41 13 5 2e 42 5 4
29, beau..	2 jours....	1er 40 2 0 2e 40 12 4	25, variab.	4 jours...	1er 41 14 7 2e 42 6 7
31, beau..	2 jours....	1er 40 1 2 2e 40 12 5	29, beau..	4 jours...	1er 42 0 4 2e 42 7 2
Juin.. 2, sec...	2 jours....	1er 40 2 4 2e 40 13 2	Sept. 2, beau..	4 jours...	1er 42 1 0 2e 42 8 0
4, pluie..	2 jours....	1er 40 4 1 2e 40 14 1	6, beau..	4 jours...	1er 42 2 4 2e 42 9 2
6, sec...	2 jours....	1er 40 5 0 2e 40 14 7	10, variab.	4 jours...	1er 42 3 5 2e 42 10 5
8, sec...	2 jours....	1er 40 5 0 2e 40 14 5	14, beau..	4 jours...	1er 42 5 3 2e 42 11 4
10, sec....	2 jours....	1er 40 5 6 2e 40 0 0	18, chaud.	4 jours...	1er 42 5 4 2e 42 12 0
12.....	2 jours....	1er 40 6 5 2e 41 0 4	22, beau..	4 jours...	1er 42 4 7 2e 42 11 6
14, chaud.	2 jours....	1er 40 7 2 2e 41 1 0	26, chaud.	4 jours...	1er 42 5 4 2e 42 12 2
16, pluie..	2 jours....	1er 40 8 3 2e 41 1 5	30, beau..	4 jours...	1er 42 6 7 2e 42 13 1
18, couv..	2 jours....	1er 40 10 1 2e 41 2 7	Oct. 4, vent..	4 jours...	1er 42 7 4 2e 42 14 2
20, pluie..	2 jours....	1er 40 10 4 2e 41 3 5	8, pluie..	4 jours...	1er 42 7 5 2e 42 14 2
22, couv..	2 jours....	1er 40 11 5 2e 41 5 3	12, pluie..	4 jours...	1er 42 9 0 2e 42 15 0
24, chaud.	2 jours....	1er 40 11 7 2e 41 5 0	16, pluie..	4 jours...	1er 42 9 6 2e 43 0 3
26, sec...	2 jours....	1er 40 13 0 2e 41 6 2	20, pluie..	4 jours...	1er 42 10 2 2e 43 1 3
28, sec...	2 jours....	1er 40 13 3 2e 41 6 5	24, pluie..	4 jours...	1er 42 12 0 2e 43 2 4
30, sec...	2 jours....	1er 40 14 6 2e 41 6 7	28, gelée..	4 jours...	1er 42 12 2 2e 43 3 0
Juillet. 2, chaud.	2 jours....	1er 40 14 1 2e 41 7 0	Nov. 1er, beau..	4 jours...	1er 42 12 6 2e 43 3 2
4, pluie..	2 jours....	1er 40 15 3 2e 41 8 5	5, pluie..	4 jours...	1er 42 13 2 2e 43 4 0
6, pluie..	2 jours....	1er 41 0 4 2e 41 8 7	9, beau..	4 jours...	1er 42 14 0 2e 43 4 6

MOIS et JOURS.	TEMPS pendant lequel les bois ont resté à l'eau.	POIDS des deux morceaux de bois.	MOIS et JOURS.	TEMPS pendant lequel les bois ont resté à l'eau.	POIDS des deux morceaux de bois.
1744.		liv. o. g.	1745.		liv. o. g.
Nov. 15, beau..	4 jours....	1 ^{er} 42 14 4 2 ^e 43 5 2	Mai.. 8, pluie (3)•	8 jours....	1 ^{er} 43 14 3 2 ^e 44 7 2
17, pluie..	4 jours....	1 ^{er} 42 15 2 2 ^e 45 5 6	16, beau , pluie.	8 jours....	1 ^{er} 43 15 0 2 ^e 44 7 0
21, variab.	4 jours....	1 ^{er} 43 0 2 2 ^e 45 6 2	24, chaud, pluie.	8 jours....	1 ^{er} 44 1 0 2 ^e 44 8 7
25, beau..	4 jours....	1 ^{er} 43 1 0 2 ^e 45 7 0	24, chaud, pluie.	8 jours....	1 ^{er} 44 2 3 2 ^e 44 8 7
29, neige et gelée.	4 jours....	1 ^{er} 43 2 0 2 ^e 45 8 0	24, chaud, pluie.	8 jours....	1 ^{er} 44 3 0 2 ^e 44 9 4
Déc.. 3, dégel..	4 jours....	1 ^{er} 43 2 2 2 ^e 45 8 2	9, frais, chaud.	8 jours....	1 ^{er} 44 2 0 2 ^e 44 9 7
7, variab.	4 jours....	1 ^{er} 45 2 6 2 ^e 45 8 4	17, frais, vent.	8 jours....	1 ^{er} 44 3 4 2 ^e 44 11 1
11, gelée..	4 jours....	1 ^{er} 45 3 0 2 ^e 43 9 0	25, pluie, vent.	8 jours....	1 ^{er} 44 3 4 2 ^e 44 11 1
15, pluie, neige.	4 jours....	1 ^{er} 45 2 6 2 ^e 43 9 0	25, pluie, vent.	8 jours....	1 ^{er} 44 4 6 2 ^e 44 11 2
19, pluie, brouill.	4 jours....	1 ^{er} 45 3 4 2 ^e 43 9 4	11, variab.	8 jours....	1 ^{er} 44 5 5 2 ^e 44 13 0
23, pluie, neige.	8 jours....	1 ^{er} 45 3 5 2 ^e 43 10 0	19, pluie, chaud.	8 jours....	1 ^{er} 44 6 6 2 ^e 44 12 0
31, neige, dégel.	8 jours....	1 ^{er} 45 5 0 2 ^e 43 10 6	27, beau..	8 jours....	1 ^{er} 44 7 4 2 ^e 44 12 0
1745.			Août.. 4, pluie.	8 jours....	1 ^{er} 44 7 4 2 ^e 44 13 4
Janv. 8, brouil. et pluie.	8 jours....	1 ^{er} 45 5 4 2 ^e 43 11 2	12, pluie.	8 jours....	1 ^{er} 44 8 3 2 ^e 44 14 2
16, gelée..	8 jours....	1 ^{er} 45 7 4 2 ^e 43 13 6	20, pluie..	8 jours....	1 ^{er} 44 9 0 2 ^e 44 15 1
24, gelée, dégel (1).	8 jours....	1 ^{er} 45 7 3 2 ^e 43 14 0	28, pluie, beau.	8 jours....	1 ^{er} 44 10 1 2 ^e 45 1 0
Fév. 1 ^{er} , neige..	8 jours....	1 ^{er} 45 7 7 2 ^e 43 15 4	Sept.. 5, beau..	16 jours....	1 ^{er} 44 10 4 2 ^e 45 2 4
9, pluie..	8 jours....	1 ^{er} 45 8 3 2 ^e 43 15 3	21, beau..	16 jours....	1 ^{er} 44 11 6 2 ^e 45 4 1
17, pluie, vent, gelée.	8 jours....	1 ^{er} 45 8 3 2 ^e 44 0 0	Octob. 7, sec...	16 jours....	1 ^{er} 44 13 1 2 ^e 45 5 7
27, beau..	8 jours....	1 ^{er} 45 9 6 2 ^e 44 1 0	25, beau..	16 jours....	1 ^{er} 44 15 6 2 ^e 45 6 1
Mars. 5, beau(2), gelée.	8 jours....	1 ^{er} 45 11 4 2 ^e 44 4 0	Nov.. 8, variab.	16 jours....	1 ^{er} 45 1 4 2 ^e 45 8 2
15, gelée..	8 jours....	1 ^{er} 44 12 2 2 ^e 44 5 0	24, humid.	16 jours....	1 ^{er} 45 4 0 2 ^e 45 9 0
21, vent..	8 jours....	1 ^{er} 45 11 0 2 ^e 44 3 1	Déc. 10, gelée..	16 jours....	1 ^{er} 45 4 6 2 ^e 45 10 1
29, beau..	8 jours....	1 ^{er} 45 11 0 2 ^e 44 3 2	26, humid.	16 jours....	1 ^{er} 45 5 0 2 ^e 45 10 4
Avril. 6, sec....	8 jours....	1 ^{er} 45 11 2 2 ^e 44 3 4	1746.		1 ^{er} 45 4 4 2 ^e 45 9 0
14, sec....	8 jours....	1 ^{er} 45 13 4 2 ^e 44 5 0	Janv. 11, variab.	16 jours....	1 ^{er} 45 6 8 2 ^e 45 12 0
22, pluie..	8 jours....	1 ^{er} 45 13 0 2 ^e 44 6 0	27, gelée, pluie.	16 jours....	1 ^{er} 45 6 4 2 ^e 45 12 0
30, beau..	8 jours....	1 ^{er} 45 13 2 2 ^e 44 5 3	Fév.. 12, pluie, neige.	16 jours....	1 ^{er} 45 8 0 2 ^e 45 12 4
			28, dégel..	16 jours....	1 ^{er} 45 8 0 2 ^e 45 12 4

(1) Le baquet était entièrement gelé; il n'y avait qu'une pinte d'eau qui ne fût point glacée. On avait changé les bois deux jours auparavant pour reliaer le baquet.

(2) Les bois étaient si fort serrés par la glace, qu'il a fallu y jeter de l'eau chaude. Ils ont passé la nuit dans la cuisine auprès de la cheminée, et ils ont été pesés douze heures après l'eau chaude mise dans ce cuvier.

(3) Il est visible ici que c'est la vicissitude du temps qui détermine le plus ou le moins d'augmentation, après un pareil nombre de jours; les bois ont considérablement augmenté cette fois, parce que les deux jours qui ont précédé celui qu'on les a pesés il a fait une pluie continuelle par un vent du couchant, et le lendemain il a encore continué de pleuvoir un peu, et ensuite un temps couvert et humide.

MOIS et JOURS.	TEMPS pendant lequel les bois ont resté à l'eau.	POIDS des deux morceaux de bois.	MOIS et JOURS.	TEMPS pendant lequel les bois ont resté à l'eau.	POIDS des deux morceaux de bois.
1746.		liv. o. g.	1747.		liv. o. g.
Mars. 16, gelée, dégel.	16 jours....	1 ^{er} 45 9 0 2 ^e 45 13 0	Août. 26, chaud, pluie.	16 jours....	1 ^{er} 46 12 0 2 ^e 46 15 0
Avril. 1 ^{er} , vent, neige.	16 jours....	1 ^{er} 45 9 0 2 ^e 45 13 0	Sept. 11, sec... 27, pluv..	16 jours....	1 ^{er} 46 11 0 2 ^e 46 13 0
17, sec...	16 jours....	1 ^{er} 45 9 0 2 ^e 45 14 0	Oct.. 27, beau, couvert.	16 jours....	1 ^{er} 46 11 0 2 ^e 46 13 4
Mai.. 3, variab.	16 jours....	1 ^{er} 45 10 0 2 ^e 45 13 0	Nov.. 27, bruin, pend. 8 j.	50 jours....	1 ^{er} 46 12 0 2 ^e 46 15 0
19, sec et chaud.	16 jours....	1 ^{er} 45 10 0 2 ^e 46 0 0	Déc.. 27, pluv. 1748.	30 jours....	1 ^{er} 46 14 0 2 ^e 47 0 4
Juin. 4, pluie..	16 jours....	1 ^{er} 45 9 4 2 ^e 45 14 2	Janv. 27, gelée, neige et dég.	30 jours....	1 ^{er} 46 15 0 2 ^e 47 1 7
20, variab.	16 jours....	1 ^{er} 45 10 6 2 ^e 46 0 0	Févr. 27, dégel et doux.	30 jours....	1 ^{er} 47 0 0 2 ^e 47 2 0
Juill. 6, variab. chaud.	16 jours....	1 ^{er} 45 10 5 2 ^e 46 0 1	Mars. 27, froid	30 jours....	1 ^{er} 47 1 0 2 ^e 47 2 4
22, sec....	16 jours....	1 ^{er} 45 10 5 2 ^e 46 0 0	Avril. 27, froid et pluv.	30 jours....	1 ^{er} 47 0 4 2 ^e 47 4 0
Août. 7, humid.	16 jours....	1 ^{er} 45 12 0 2 ^e 46 0 7	Mai. 27, sec et froid.	30 jours....	1 ^{er} 47 2 0 2 ^e 47 3 0
23, chaud.	16 jours....	1 ^{er} 45 15 3 2 ^e 46 2 5	Juin. 27, sec... Juill. 27, chal. et pluv.	30 jours....	1 ^{er} 47 4 0 2 ^e 47 4 0
Sept.. 8, pluie..	16 jours....	1 ^{er} 45 15 6 2 ^e 46 3 0	Août. 27, chal. brouil.	30 jours....	1 ^{er} 46 16 2 2 ^e 47 2 1
24, sec...	16 jours....	1 ^{er} 46 0 6 2 ^e 46 3 6	Sept. 27, pluv.	30 jours....	1 ^{er} 47 2 0 2 ^e 47 4 0
Oct. 10, humid.	16 jours....	1 ^{er} 46 1 3 2 ^e 46 4 3	Oct. 27, humid.	30 jours....	1 ^{er} 47 3 0 2 ^e 47 5 5
26, beau..	16 jours....	1 ^{er} 46 1 0 2 ^e 46 5 0	Nov. 27, gelée..	30 jours....	1 ^{er} 47 7 3 2 ^e 47 7 4
Nov. 11, variab.	16 jours....	1 ^{er} 46 2 0 2 ^e 46 6 0	Déc. 27, pluie et 1749. vent.	30 jours....	1 ^{er} 47 4 1 2 ^e 47 7 4
27, frimas.	16 jours....	1 ^{er} 46 3 1 2 ^e 46 6 6	Janv. 27, pluv..	30 jours....	1 ^{er} 47 6 7 2 ^e 47 6 4
Déc. 13, humid.	16 jours....	1 ^{er} 46 4 4 2 ^e 46 7 4	Févr. 27, pluie, ensuite sec.	50 jours....	1 ^{er} 47 6 0 2 ^e 47 8 2
29, humid.	16 jours....	1 ^{er} 46 3 0 2 ^e 46 7 0	Mars. 27, pluv..	30 jours....	1 ^{er} 47 8 0 2 ^e 47 9 4
1747. Janv. 14, gelée..	16 jours....	1 ^{er} 46 3 0 2 ^e 46 8 0	Avril. 27, vent..	30 jours....	1 ^{er} 47 7 0 2 ^e 47 9 0
30, humid.	16 jours....	1 ^{er} 46 2 0 2 ^e 46 7 0	Mai.. 27, chaud.	30 jours....	1 ^{er} 47 6 0 2 ^e 47 8 0
Fév.. 15, tempé.	16 jours....	1 ^{er} 46 1 2 2 ^e 46 6 0	Juin. 27, variab.	30 jours....	1 ^{er} 47 6 4 2 ^e 47 8 0
Mars.. 3, dégel..	16 jours....	1 ^{er} 46 3 0 2 ^e 46 8 0	Juill. 27, variab.	30 jours....	1 ^{er} 47 7 2 2 ^e 47 8 2
19, froid..	16 jours....	1 ^{er} 46 2 8 2 ^e 46 8 8	Août. 27, pluv..	30 jours....	1 ^{er} 47 10 0 2 ^e 47 11 0
Avril. 4, pluie..	16 jours....	1 ^{er} 46 5 1 2 ^e 46 9 5	Sept. 27, sec... Oct. 27, sec...	30 jours....	1 ^{er} 47 8 0 2 ^e 47 10 0
20, sec....	16 jours....	1 ^{er} 46 4 7 2 ^e 46 8 1	Nov.. 27, pluv..	30 jours....	1 ^{er} 47 6 0 2 ^e 47 7 0
Mai.. 6, tempé.	16 jours....	1 ^{er} 46 6 4 2 ^e 46 9 4	Déc.. 27, gelée, 1750. dégel.	30 jours....	1 ^{er} 47 12 0 2 ^e 48 0 0
22, variab.	16 jours....	1 ^{er} 46 7 5 2 ^e 46 9 0	Janv. 27, humid.	30 jours....	1 ^{er} 47 14 0 2 ^e 47 15 0
Juin.. 7, pluv..	16 jours....	1 ^{er} 46 8 2 2 ^e 46 10 3	Févr. 27, variab.	30 jours....	1 ^{er} 47 15 4 2 ^e 47 15 6
23, tempé., pluvieux.	16 jours....	1 ^{er} 46 9 1 2 ^e 46 12 1	Mars. 27, beau..	30 jours....	1 ^{er} 47 14 0 2 ^e 48 2 0
Juill. 9, variab.	16 jours....	1 ^{er} 46 10 0 2 ^e 46 13 0			
25, chaud et humid.	16 jours....	1 ^{er} 46 12 0 2 ^e 46 14 4			
Août. 10, chaud, vent.	16 jours....	1 ^{er} 46 11 0 2 ^e 46 13 2			

MOIS et JOURS.	TEMPS pendant lequel les bois ont resté à l'eau.	POIDS des deux morceaux de bois.	MOIS et JOURS.	TEMPS pendant lequel les bois ont resté à l'eau.	POIDS des deux morceaux de bois.
1750.		liv. o. g.	1751.		liv. o. g.
Avril. 27, sec...	30 jours...	1 ^{er} 47 12 4 2 ^e 47 13 4	Juin. 27, chal..	30 jours...	1 ^{er} 48 8 0 2 ^e 48 12 0
Mai. 27, pluv.	30 jours...	1 ^{er} 47 14 0 2 ^e 47 15 0	Août. 27, tempé.	60 jours...	1 ^{er} 48 7 0 2 ^e 48 8 0
Juin. 27, bruin..	30 jours...	1 ^{er} 47 13 4 2 ^e 47 13 4	Oct. 27, pluv..	60 jours...	1 ^{er} 49 0 0 2 ^e 49 0 0
Juill. 27, chal..	30 jours...	1 ^{er} 47 13 0 2 ^e 47 14 0	Déc. 27, gelée..	60 jours...	1 ^{er} 48 10 0 2 ^e 48 10 0
Août. 27, pluv..	30 jours...	1 ^{er} 48 0 0 2 ^e 48 0 0	1752.		
Sept. 27, bruin.	30 jours...	1 ^{er} 48 1 0 2 ^e 48 1 0	Fév. 27, variab.	60 jours...	1 ^{er} 48 9 0 2 ^e 48 11 0
Oct. 27, beau couvert.	30 jours...	1 ^{er} 48 1 0 2 ^e 48 1 0	Avril. 27, sec...	60 jours...	1 ^{er} 48 6 0 2 ^e 48 6 0
Nov. 27, pluv..	30 jours...	1 ^{er} 48 2 0 2 ^e 48 2 0	Juin. 27, chaud, pluvieux.	60 jours...	1 ^{er} 48 8 0 2 ^e 48 8 0
1751*.			Août. 27, variab.	60 jours...	1 ^{er} 48 10 0 2 ^e 48 10 0
Janv. 27, pluv..	61 jours...	1 ^{er} 48 10 0 2 ^e 48 13 0	Oct. 27, beau.	60 jours...	1 ^{er} 48 10 4 2 ^e 48 11 4
Fév. 27, gelée..	30 jours...	1 ^{er} 48 9 0 2 ^e 48 10 0	Déc. 27, pluv..	60 jours...	1 ^{er} 48 11 0 2 ^e 48 12 0
Mars. 27, pluv..	30 jours...	1 ^{er} 48 13 0 2 ^e 48 14 0	1753.		
Avril. 27, pluie.	30 jours...	1 ^{er} 48 15 0 2 ^e 48 14 0	Fév. 27, humid. et doux.	60 jours...	1 ^{er} 48 10 6 2 ^e 48 11 6
Mai. 27, variab.	30 jours...	1 ^{er} 48 15 0 2 ^e 48 15 0	Avril. 27, pluv..	60 jours...	1 ^{er} 48 11 4 2 ^e 48 12 0

* On a oublié de peser les deux morceaux de bois dans le mois de décembre.

On voit par cette expérience qui a duré vingt ans :

1^o. Qu'après le dessèchement à l'air pendant dix ans, et ensuite au soleil et au feu pendant dix jours, le bois de chêne, parvenu au dernier degré de son dessèchement, perd plus d'un tiers de son poids lorsqu'on le travaille tout vert, et moins d'un tiers lorsqu'on le garde dans son écorce pendant un an avant de le travailler. Car le morceau de la première expérience s'est en dix ans réduit de 45 livres 10 onces à 29 livres 6 onces 7 gros ; et le morceau de la seconde expérience s'est réduit, en neuf ans, de 42 livres 8 onces à 29 livres 6 onces.

2^o. Que le bois, gardé dans son écorce avant d'être travaillé, prend plus promptement et plus abondamment l'eau, et par conséquent l'humidité de l'air, que le bois travaillé tout vert. Car le premier morceau, qui pesait 29 livres 6 onces 7 gros, lorsqu'on l'a mis dans l'eau, n'a pris en une heure que 2 livres 8 onces 3 gros, tandis que le second morceau, qui pesait 29 livres 6 onces, a pris dans le même temps 3 livres 6 onces. Cette différence, dans la plus prompte et la plus

abondante imbibition, s'est soutenue très-long-temps. Car au bout de vingt-quatre heures de séjour dans l'eau, le premier morceau n'avait pris que 4 livres 15 onces 7 gros, tandis que le second a pris dans le même temps 5 livres 4 onces 6 gros. Au bout de huit jours, le premier morceau n'avait pris que 7 livres 1 once 2 gros, tandis que le second a pris dans le même temps 7 livres 12 onces 2 gros. Au bout d'un mois, le premier morceau n'avait pris que 8 livres 12 onces, tandis que le second a pris dans le même temps 9 livres 11 onces 2 gros. Au bout de trois mois de séjour dans l'eau, le premier morceau n'avait pris que 10 livres 14 onces 1 gros, tandis que le second a pris dans le même temps 11 livres 8 onces 5 gros. Enfin ce n'a été qu'au bout de quatre ans sept mois que les deux morceaux se sont trouvés à très-peu près égaux en pesanteur.

3^o. Qu'il a fallu vingt mois pour que ces morceaux de bois, d'abord desséchés jusqu'au dernier degré, aient repris dans l'eau autant d'humidité qu'ils en avaient sur pied et au moment qu'on venait d'abattre l'arbre dont ils ont été tirés. Car au bout de ces

vingt mois de séjour dans l'eau, ils pesaient 45 livres quelques onces, à peu près autant que quand on les a travaillés.

4°. Qu'après avoir pris, pendant vingt mois de séjour dans l'eau, autant d'humidité qu'ils en avaient d'abord, ces bois ont continué à pomper l'eau pendant cinq ans. Car au mois d'octobre 1751, ils pesaient tous deux également 49 livres. Ainsi, le bois plongé dans l'eau tire non-seulement autant d'humidité qu'il contenait de sève, mais encore près d'un quart au-delà; et la différence en poids de l'entier dessèchement à la pleine imbibition est de trente à cinquante, ou de trois à cinq environ. Un morceau de bois bien sec qui ne pèse que 3 livres, en pèsera 5 lorsqu'il aura séjourné plusieurs années dans l'eau.

5°. Lorsqu'il imbibition du bois dans l'eau est plénier, le bois suit au fond de l'eau les vicissitudes de l'atmosphère; il se trouve toujours plus pesant lorsqu'il pleut, et plus léger lorsqu'il fait beau, comme on le voit

par les pesées de ces bois dans les dernières années des expériences, en 1751, 1752 et 1753; en sorte qu'on pourrait dire, avec juste raison, qu'il fait plus humide dans l'eau lorsqu'il pleut que quand il fait beau temps.

8.

Pour reconnaître la différence de l'imbibition des bois, dont la solidité est plus ou moins grande.

Le 2 avril 1735, j'ai fait prendre dans un chêne âgé de soixante ans, qui venait d'être abattu, trois petits cylindres, l'un dans le centre de l'arbre, le second à la circonférence du bois parfait, et l'autre dans l'aubier; ces trois cylindres pesaient chacun 985 grains. Je les ai mis dans un vase rempli d'eau douce tous trois en même temps, et je les ai pesés tous les jours pendant un mois, pour voir dans quelle proportion se faisait leur imbibition.

TABLE DE L'IMBIBITION DE CES TROIS CYLINDRES DE BOIS.

DATES des PESÉES.	POIDS DES TROIS CYLINDRES.			DATES des PESÉES.	POIDS DES TROIS CYLINDRES.		
	COEUR.	circonfér. du COEUR.	AUBIER.		COEUR.	circonfér. du COEUR.	AUBIER.
1735.	grains.	grains.	grains.	1735.	grains.	grains.	grains.
Avril, le 2.....	985	985	985	Avril... 22, couv..	1057 $\frac{1}{2}$	1075 $\frac{1}{2}$	1078 $\frac{1}{2}$
3 à 6 h. m.	1011	1016	1065	25, couv..	1058	1077	1074 $\frac{1}{2}$
4.....	1021	1027	1065	24, sec....	1059	1078 $\frac{1}{2}$	1074
5, pluie..	1023	1054	1075 $\frac{1}{2}$	25, sec....	1060	1079	1074
6, humid..	1030	1040	1081	29, sec....	1065	1087	1074 $\frac{1}{2}$
7, humid..	1035	1044	1085	Mai.... 5, chaud.	1068 $\frac{1}{2}$	1091	1071
8, pluie..	1036	1048	1088 $\frac{1}{2}$	9, sec....	1072	1095	1071
9, humid..	1037	1051	1090	15, chaud.	1075	1095 $\frac{1}{2}$	1070
10, couv..	1039	1055	1092 $\frac{1}{2}$	21, pluie..	1075	1101	1070
11, sec....	1040	1056	1084	25, pluie..	1077 $\frac{1}{2}$	1105 $\frac{1}{2}$	1084
12, sec....	1042	1059	1078	Juin... 2, sec....	1078	1105 $\frac{1}{2}$	1071
13, sec....	1045	1061	1078 $\frac{1}{2}$	10, humid..	1082	1108	1078 $\frac{1}{2}$
14, couv..	1048 $\frac{1}{2}$	1064	1079 $\frac{1}{2}$	18, sec....	1080	1105	1064
15, sec....	1050 $\frac{3}{4}$	1065	1078	Juillet.. 6, pluie..	1088	1109	1069
16, chaud.	1051	1066	1074	15, pluie..	1096	1112	1077
17, chaud.	1051 $\frac{1}{2}$	1067	1072	25, pluie..	1115	1126	1098
18, sec....	1052	1068	1073	août... 25, sec....	1112	1122	1065
19, sec....	1055	1069	1071	Sept... 25, pluie..	1120	1126	1092
20, couv..	1056	1072	1072	Octob... 25, pluie..	1128	1130	1124
21, pluie..	1057	1073	1079				

Cette expérience présente quelque chose de fort singulier; on voit que, pendant le premier jour, l'aubier, qui est le moins solide des trois morceaux, tire 80 grains pesant d'eau, tandis que le morceau de la circonférence du cœur n'en tire que 31, le morceau du centre 26; et que le lendemain

ce même morceau d'aubier cesse de tirer l'eau, en sorte que, pendant vingt-quatre heures entières, son poids n'a pas augmenté d'un seul grain, tandis que les deux autres morceaux continuent à tirer l'eau et à augmenter de poids; et en jetant les yeux sur la table de l'imbibition de ces trois mor-

ceux, on voit que celui du centre et celui de la circonférence prennent des augmentations de pesanteur depuis le 2 avril jusqu'au 10 juin, au lieu que le morceau d'aubier augmente et diminue de pesanteur par des variations fort irrégulières. Il a été mis dans l'eau le 1^{er} avril à midi, le ciel était couvert et l'air humide; ce morceau pesait, comme les deux autres, 985 grains. Le lendemain, à six heures du matin, il pesait 1065 grains; ainsi, en dix-huit heures, il avait augmenté de 80 grains, c'est-à-dire environ $\frac{1}{12}$ de son poids total. Il était naturel de penser qu'il continuerait à augmenter de poids; cependant au bout de dix-huit heures il a cessé tout d'un coup de tirer de l'eau, et il s'est passé vingt-quatre heures sans qu'il ait augmenté; ensuite ce morceau d'aubier a repris de l'eau, et a continué d'en tirer pendant six jours, en sorte qu'au 10 avril il avait tiré 107 grains $\frac{1}{2}$ d'eau; mais les deux jours suivants, le 11 et le 12, il a reperdu 14 grains $\frac{1}{2}$, ce qui fait plus de la moitié de ce qu'il avait tiré les six jours précédents; il a demeuré presque stationnaire et au même point pendant les trois jours suivants, les 13, 14 et 15, après quoi il a continué à rendre l'eau qu'il a tirée, en sorte que le 19 du même mois il se trouve qu'il avait rendu 21 grains $\frac{1}{2}$ depuis le 10. Il a diminué encore plus aux 13 et 21

du mois suivant, et encore plus au 18 de juin, car il se trouve qu'il a perdu 28 grains $\frac{1}{2}$ depuis le 10 avril. Après cela il a augmenté pendant le mois de juillet, et au 25 de ce mois il s'est trouvé avoir tiré en total 113 grains pesant d'eau. Pendant le mois d'août il en a repris 33 grains; et enfin il a augmenté en septembre et surtout en octobre si considérablement, que, le 25 de ce dernier mois, il avait tiré en total 139 grains.

Une expérience que j'avais faite dans une autre vue a confirmé celle-ci; je vais en rapporter le détail pour en faire la comparaison.

J'avais fait faire quatre petits cylindres d'aubier de l'arbre dont j'avais tiré les petits morceaux de bois qui m'ont servi à l'expérience rapportée ci-dessus. Je les avais fait travailler le 8 avril, et je les avais mis dans le même vase. Deux de ces petits cylindres avaient été coupés dans le côté de l'arbre qui était exposé au nord lorsqu'il était sur pied, et les deux autres petits cylindres avaient été pris dans le côté de l'arbre qui était exposé au midi. Mon but, dans cette expérience, était de savoir si le bois de la partie de l'arbre qui est exposée au midi est plus ou moins solide que le bois qui est exposé au nord. Voici la proportion de leur imbibition.

TABLE DE L'IMBIBITION DE CES QUATRE CYLINDRES.

DATES des PESÉES.	POIDS DES MORCEAUX septentrionaux.		POIDS DES MORCEAUX méridionaux.		DATES des PESÉES.	POIDS DES MORCEAUX septentrionaux.		POIDS DES MORCEAUX méridionaux.	
	L'un.	L'autre.	L'un.	L'autre.		L'un.	L'autre.	L'un.	L'autre.
1755.	grains.	grains.	grains.	grains.	1755.	grains.	grains.	grains.	grains.
Avril..... 8	64	64	64	64	Avril..... 21	78 $\frac{1}{4}$	77	75	75
9	76 $\frac{1}{4}$	76	75 $\frac{1}{2}$	75 $\frac{1}{2}$	25	77	76	74	74
10	76 $\frac{1}{2}$	76	75 $\frac{3}{4}$	75 $\frac{1}{2}$	29	77 $\frac{1}{2}$	76 $\frac{1}{2}$	74 $\frac{1}{4}$	74
11	76 $\frac{3}{4}$	76	74	74	Mai..... 5	77 $\frac{1}{2}$	76 $\frac{1}{2}$	74	74
12	77	76	74	74	15	77 $\frac{3}{4}$	77 $\frac{1}{2}$	74	74
13	77 $\frac{3}{4}$	76 $\frac{1}{2}$	74 $\frac{1}{2}$	74 $\frac{1}{2}$	28	78	77	75	75
14	76 $\frac{3}{4}$	76 $\frac{1}{4}$	75	74 $\frac{1}{2}$	Juin..... 30	78	76 $\frac{3}{4}$	75	75
15	77 $\frac{1}{4}$	77	75 $\frac{1}{4}$	75 $\frac{1}{4}$	Juillet.... 25	80 $\frac{1}{2}$	80	78 $\frac{1}{2}$	78
16	77	76 $\frac{1}{4}$	74 $\frac{1}{2}$	74 $\frac{1}{2}$	25	76 $\frac{3}{4}$	76 $\frac{1}{4}$	74 $\frac{3}{4}$	74
17	76 $\frac{1}{2}$	76	74 $\frac{1}{4}$	75 $\frac{3}{4}$	25	80 $\frac{3}{4}$	80 $\frac{1}{4}$	79 $\frac{1}{2}$	79 $\frac{1}{4}$
18	77	76 $\frac{1}{2}$	74 $\frac{1}{4}$	75 $\frac{3}{4}$	25	84 $\frac{1}{4}$	84	83	83
19	77	76	74	75 $\frac{3}{4}$					

Cette expérience s'accorde avec l'autre, et on voit que ces quatre morceaux d'aubier augmentent et diminuent de poids les mêmes

THÉORIE DE LA TERRE. *Tome II.*

jours que le morceau d'aubier de l'autre expérience augmente ou diminue, et que par conséquent il y a une cause générale qui

produit ces variations. On en sera encore plus convaincu après avoir jeté les yeux sur la table suivante.

Le 11 avril de la même année, j'ai pris un

morceau d'aubier du même arbre qui pesait, avant que d'avoir été mis dans l'eau, 7 onces 3 gros. Voici la proportion de son imbibition :

MOIS ET JOURS.	POIDS du morceau.	MOIS ET JOURS.	POIDS du morceau.
1735.	onces.	1735.	onces.
Avril..... 11	7 $\frac{25}{56}$	Avril..... 21	7 $\frac{56}{64}$
12	7 $\frac{50}{64}$	25	7 $\frac{56}{64}$
13	7 $\frac{56}{64}$	Mai..... 5	7 $\frac{56}{64}$
14	7 $\frac{56}{64}$	25	7 $\frac{58}{64}$
15	7 $\frac{59}{64}$	Juin..... 25	7 $\frac{58}{64}$
16	7 $\frac{58}{64}$	Juillet..... 25	8 $\frac{6}{64}$
17	7 $\frac{56}{64}$	Août..... 25	7 $\frac{58}{64}$
18	7 $\frac{54}{64}$	Septembre..... 25	7 $\frac{60}{64}$
19	7 $\frac{53}{64}$	Octobre..... 25	8 $\frac{8}{64}$

Cette expérience confirme encore les autres, et on ne peut pas douter, à la vue de ces tables, des variations singulières qui arrivent au bois dans l'eau. On voit que tous ces morceaux de bois ont augmenté considérablement au 25 juillet, qu'ils ont tous diminué considérablement au 25 août, et qu'ensuite ils ont tous augmenté encore plus considérablement aux mois de septembre et d'octobre.

Il est donc très-certain que le bois, plongé dans l'eau, en tire et rejette alternativement dans une proportion dont les quantités sont très-considérables par rapport au total de l'imbibition; ce fait, après que je l'eus absolument vérifié, m'étonna. J'imaginai d'abord que ces variations pouvaient dépendre de la pesanteur de l'air; je pensai que l'air étant plus pesant dans le temps qu'il fait sec et chaud, l'eau chargée alors d'un plus grand poids devait pénétrer dans les pores du bois avec une force plus grande, et qu'au contraire, lorsque l'air est plus léger, l'eau qui y était entrée par la force du plus grand poids de l'atmosphère pouvait en ressortir;

mais cette explication ne va pas avec les observations; car il paraît au contraire, par les tables précédentes, que le bois dans l'eau augmente toujours de poids dans les temps secs et chauds; et c'est ce qui me fit proposer, quelques années après, à M. Dalibard de faire ces expériences sur le bois plongé dans l'eau, en comparant les variations de la pesanteur du bois avec les mouvements du baromètre, du thermomètre et de l'hygromètre, ce qu'il a exécuté avec succès et publié dans le premier volume des Mémoires étrangers, imprimés par ordre de l'Académie.

9.

Sur l'imbibition du bois vert.

Le 9 avril 1735, j'ai pris dans le centre d'un chêne abattu le même jour, âgé d'environ soixante ans, un morceau de bois cylindrique qui pesait 11 onces; je l'ai mis tout de suite dans un vase plein d'eau, que j'ai eu soin de tenir toujours rempli à la même hauteur.

TABLE DE L'IMBIBITION DE CE MORCEAU DE COEUR DE CHÊNE (1).

ANNÉE, MOIS ET JOURS.	POIDS du cœur de chêne.	ANNÉE, MOIS ET JOURS.	POIDS du cœur de chêne.
1735.	onces.	1735.	onces.
Avril..... 9	11	Avril..... 22	11 $\frac{56}{64}$
10	11 $\frac{16}{64}$	25	11 $\frac{57}{64}$
11	11 $\frac{24}{64}$	29	11 $\frac{40}{64}$
12	11 $\frac{26}{64}$	Mai..... 5	11 $\frac{42}{64}$
13	11 $\frac{28}{64}$	13	11 $\frac{46}{64}$
14	11 $\frac{29}{64}$	29	11 $\frac{54}{64}$
15	11 $\frac{52}{64}$	Juin..... 14	11 $\frac{53}{64}$
16	11 $\frac{54}{64}$	30	11 $\frac{58}{64}$
17	11 $\frac{54}{64}$	Juillet..... 25	11 $\frac{60}{64}$ (2)
18	11 $\frac{54}{64}$	août..... 25	11 $\frac{60}{64}$
19	11 $\frac{54}{64}$	Septembre..... 25	12
20	11 $\frac{54}{64}$	Octobre..... 25	12 $\frac{6}{64}$
21	11 $\frac{55}{64}$		

Il paraît, par cette expérience, qu'il y a dans le bois une matière grasse que l'eau dissout fort aisément; il paraît aussi qu'il y a des parties de fer dans cette matière grasse qui donnent la couleur noire.

On voit que le bois qui vient d'être coupé n'augmente pas beaucoup en pesanteur dans l'eau, puisqu'en six mois l'augmentation n'est ici que d'une douzième partie de la pesanteur totale.

10.

Sur l'imbibition du bois sec, tant dans l'eau douce que dans l'eau salée.

Le 22 avril 1735, j'ai pris dans une solive

de chêne, travaillée plus de vingt ans auparavant, et qui avait toujours été à couvert, deux petits parallépipèdes d'un pouce d'équarrissage sur deux pouces de hauteur. J'avais auparavant fait fondre, dans une quantité de 15 onces d'eau, une once de sel marin; après avoir pesé les morceaux de bois dont je viens de parler, et avoir écrit leur poids qui était de 450 grains chacun, j'ai mis l'un de ces morceaux dans l'eau salée, et l'autre dans une égale quantité d'eau commune.

Chaque morceau pesait, avant que d'être dans l'eau, 450 grains; ils y ont été mis à cinq heures du soir, et on les a laissés surnager librement.

TABLE DE L'IMBIBITION DE CES DEUX MORCEAUX DE BOIS.

ANNÉE, MOIS ET JOURS.	POIDS du bois im- bibé d'eau commune.	POIDS du bois im- bibé d'eau salée.	ANNÉE, MOIS ET JOURS.	POIDS du bois im- bibé d'eau commune.	POIDS du bois im- bibé d'eau salée.
1735.	grains.	grains.	1735.	grains.	grains.
Avril... 22 à 7 h. du soir.	485	481	Mai..... 5.....	628	585
à 10 h du soir.	495	487	9.....	648 $\frac{1}{2}$	597
23 à 6 h. du matin.	506 $\frac{1}{2}$	495	13.....	667	607
à 6 h. du soir..	521 $\frac{1}{2}$	502	17.....	682	616
24 à 6 h. du matin.	551 $\frac{1}{2}$	509 $\frac{1}{2}$	21.....	684	625
25 mêmeheure....	547	517 $\frac{1}{2}$ (2)	29.....	704	650
26.....	560	528	Juin..... 6.....	712 $\frac{1}{2}$	640
27 à 6 h. du matin.	575	555	14.....	732	648
28.....	582	559 $\frac{1}{2}$	30.....	755 $\frac{1}{2}$	665 $\frac{1}{2}$
29.....	589 $\frac{1}{2}$	545 $\frac{1}{2}$	Juillet... 25.....	770	701
30.....	598	549	août..... 25.....	782 $\frac{1}{2}$	736
Mai..... 1 ^{er}	605	551	Septembre. 25.....	788 $\frac{1}{2}$	756 $\frac{1}{2}$
2.....	609 $\frac{1}{2}$	555 $\frac{1}{2}$	Octobre... 25.....	796 $\frac{1}{2}$	760

(1) L'eau, quoique changée très-souvent, prenait une couleur noire peu de temps après que le bois y était plongé; quelquefois cette eau était recouverte d'une espèce de pellicule huileuse, et le bois a toujours été gluant jusqu'au 29 avril, quoique l'eau se soit clarifiée quelques jours auparavant.

(2) On voit que, dans les temps auxquels les au-

biers des expériences précédentes diminuent au lieu d'augmenter de pesanteur dans l'eau, le bois de cœur de chêne n'augmente ni ne diminue.

(3) Il s'était formé de petits cristaux de sel tout autour du morceau, un peu au-dessous de la ligne de l'eau dans laquelle il surnageait.

J'ai observé, dans le cours de cette expérience, que le bois devient plus glissant et plus huileux dans l'eau douce que dans l'eau salée; l'eau douce devient aussi plus noire. Il se forme dans l'eau salée de petits cristaux qui s'attachent au bois sur la surface supérieure, c'est-à-dire sur la surface qui est la plus voisine de l'air. Je n'ai jamais vu de cristaux sur la surface inférieure. On voit, par cette expérience, que le bois tire l'eau douce en plus grande quantité que l'eau salée. On

en sera convaincu en jetant les yeux sur les tables suivantes.

Le même jour, 22 avril, j'ai pris dans la même solive six morceaux de bois d'un pouce d'équarrissage, qui pesaient chacun 430 grains; j'en ai mis trois dans 45 onces d'eau salée de 3 onces de sel, et j'ai mis les trois autres dans 45 onces d'eau douce et dans des vases semblables. Je les avais numérotés : 1, 2, 3, étaient dans l'eau salée, et les numéros 4, 5, 6, étaient dans l'eau douce.

TABLE DE L'IMBIBITION DE CES SIX MORCEAUX.

Nota. Avant d'avoir été mis dans l'eau, ils pesaient tous 430 grains; on les a mis dans l'eau à cinq heures et demie du soir.

MOIS ET JOURS DES PESÉES.	POIDS	POIDS	MOIS ET JOURS DES PESÉES.	POIDS	POIDS
	des	des		des	des
	numéros	numéros		numéros	numéros
	1, 2, 3.	4, 5, 6.		1, 2, 3.	4, 5, 6.
1755.	grains.	grains.	1755.	grains.	grains.
Avril.... 22 à 6 h. et demie.	450 449 1/2 448 1/2 453 452 451 459 458 455 1/2 463 462 459 1/2 466 465 462 479 1/2 476 1/2 475 494 1/2 474 491 471 488 482 505 1/2 480 503 479 501 490 5/4 518 1/2 486 1/2 516 485 1/2 513 501 532 497 529 495 527 1/2 507 1/2 545 504 540 499 1/2 539 514 555 509 552 505 1/2 551 517 560 1/2 513 557 1/2 507 555 1/2 522 571 50 520 1/2 568 512 1/2 567 527 575 525 571 1/2 515 570	454 452 451 459 458 455 1/2 463 462 459 1/2 466 465 462 479 1/2 476 1/2 475 494 1/2 491 488 505 1/2 503 501 518 1/2 516 513 532 529 527 1/2 545 540 539 555 552 551 560 1/2 557 1/2 555 1/2 571 568 567 575 571 1/2 570	Mai..... 2.....	530 1/2 529 519 1/2 567 564 555 573 570 561 1/2 581 578 570 589 582 575 597 584 583 619 1/2 618 612 622 620 1/2 613 628 627 620 645 642 634 663 1/2 657 648 688 694 686 718 711 704 725 713 1/2 707 1/2	582 577 575 600 594 593 621 1/2 613 1/2 606 634 1/2 632 1/2 624 1/2 653 648 637 670 655 649 682 667 664 694 680 679 1/2 703 696 691 1/2 724 715 713 1/2 737 3/4 751 1/2 729 747 742 756 752 748 740 757 1/2 751 742
Avril.... 22 à 7 h. et demie.	451 456 455	458 463 466	Mai..... 5.....	564 555 573	594 593 621 1/2
Avril.... 22 à 8 h. et demie.	455 453 458	462 459 1/2 466	Mai..... 9 à 6 h. du soir...	570 561 1/2 581	613 1/2 606 634 1/2
Avril.... 22 à 9 h. et demie.	457 455 467	465 462 479 1/2	Mai..... 13.....	578 570 589	632 1/2 624 1/2 653
23 à 6 h. du matin.	464 463 475	476 1/2 475 494 1/2	Mai..... 17.....	582 575 597	648 637 670
23 à 6 h. du soir.	474 471 482	491 488 505 1/2	Mai..... 21.....	584 583 619 1/2	655 649 682
24, même heure.	480 479 490 5/4	503 501 518 1/2	Mai..... 29.....	618 612 622	667 664 694
25.....	486 1/2 485 1/2 501	516 513 532	Juin..... 6.....	620 1/2 613 628	680 679 1/2 703
26.....	497 495 507 1/2	529 527 1/2 545	Juin..... 14 à 6 h. du soir...	627 620 645	696 691 1/2 724
27.....	504 499 1/2 514	540 539 555	Juin..... 30.....	642 634 663 1/2	715 713 1/2 737 3/4
28.....	509 505 1/2 517	552 551 560 1/2	Juillet.... 25.....	657 648 688	751 1/2 729 747
29.....	513 507 522	557 1/2 555 1/2 571	Août..... 25.....	694 686 718	742 756 752
30.....	520 1/2 512 1/2 527	568 567 575	Septemb.. 25.....	711 704 725	748 740 757 1/2
Mai..... 1 ^{er}	525 515	571 1/2 570	Octobre.. ..	713 1/2 707 1/2	751 742

Il résulte de cette expérience et de toutes les précédentes :

1^o. Que le bois de chêne perd environ un tiers de son poids par le dessèchement, et que les bois moins solides que le chêne, perdent plus d'un tiers de leur poids ;

2^o. Qu'il faut sept ans au moins pour dessécher des solives de 8 à 9 pouces de grosseur, et que par conséquent il faudrait beaucoup plus du double de temps, c'est-à-dire plus de quinze ans pour dessécher une poutre de 16 à 18 pouces d'équarrissage ;

3^o. Que le bois abattu et gardé dans son écorce, se dessèche si lentement, que le temps qu'on le garde dans son écorce est en pure perte pour le dessèchement, et que par conséquent il faut équarrir les bois peu de temps après qu'ils auront été abattus ;

4^o. Que, quand le bois est parvenu aux deux tiers de son dessèchement, il commence à repomper l'humidité de l'air, et qu'il faut par conséquent conserver dans des lieux fermés les bois secs qu'on veut employer à la menuiserie ;

5^o. Que le dessèchement du bois ne diminue pas sensiblement son volume, et que la quantité de la sève est le tiers de celle des parties solides de l'arbre ;

6^o. Que le bois de chêne abattu en pleine sève, s'il est sans aubier, n'est pas plus sujet aux vers que le bois de chêne abattu dans toute autre saison ;

7^o. Que le dessèchement du bois est d'abord en raison plus grande que celle des surfaces, et ensuite en moindre raison ; que le dessèchement total d'un morceau de bois de volume égal, et de surface double d'un autre, se fait en deux ou trois fois moins de temps ; que le dessèchement total du bois à volume égal et surface triple, se fait en cinq ou six fois environ moins de temps.

8^o. Que l'augmentation de pesanteur que le bois sec acquiert en repomant l'humidité de l'air, est proportionnelle à la surface ;

9^o. Que le dessèchement total des bois, est proportionnel à leur légèreté, en sorte que l'aubier se dessèche plus que le cœur de chêne, dans la raison de sa densité relative, qui est à peu près de $\frac{1}{15}$ moindre que celle du cœur.

10^o. Que, quand le bois est entièrement desséché à l'ombre, la quantité dont on peut encore le dessécher en l'exposant au soleil, et ensuite dans un four échauffé à 47 degrés, ne sera guère que d'une dix-septième ou dix-

huitième partie du poids total du bois, et que par conséquent ce dessèchement artificiel est coûteux et inutile ;

11^o. Que les bois secs et légers, lorsqu'ils sont plongés dans l'eau, s'en remplissent en très-peu de temps ; qu'il ne faut, par exemple, qu'un jour à un petit morceau d'aubier pour se remplir d'eau, au lieu qu'il faut vingt jours à un pareil morceau de cœur de chêne ;

12^o. Que le bois de cœur de chêne n'augmente que d'une douzième partie de son poids total, lorsqu'on l'a plongé dans l'eau au moment qu'on vient de le couper, et qu'il faut même un très-long temps pour qu'il augmente de cette douzième partie en pesanteur ;

13^o. Que le bois plongé dans l'eau douce la tire plus promptement et plus abondamment que le bois plongé dans l'eau salée ne tire l'eau salée ;

14^o. Que le bois plongé dans l'eau s'imbibe bien plus promptement qu'il ne se dessèche à l'air, puisqu'il n'a fallu que douze jours aux morceaux des deux premières expériences pour reprendre dans l'eau la moitié de toute l'humidité qu'ils avaient perdue par le dessèchement en sept ans, et qu'en vingt-deux mois ils se sont chargés d'autant d'humidité qu'ils en avaient jamais eu ; en sorte, qu'au bout de ces vingt-deux mois de séjour dans l'eau, ils pesaient autant que quand on les avait coupés douze ans auparavant ;

15^o. Enfin, que quand les bois sont entièrement remplis d'eau, ils éprouvent, au fond de l'eau, des variations relatives à celles de l'atmosphère, et qui se reconnaissent à la variation de leur pesanteur ; et quoiqu'on ne sache pas bien à quoi correspondent ces variations, on voit cependant en général que le bois plongé dans l'eau est plus humide lorsque l'air est humide, et moins humide lorsque l'air est sec, puisqu'il pèse constamment plus dans les temps de pluie que dans les beaux temps.

ARTICLE III.

SUR LA CONSERVATION ET LE RÉTABLISSEMENT DES FORÊTS.

Le bois, qui était autrefois très-commun en France, maintenant suffit à peine aux usages indispensables, et nous sommes menacés pour l'avenir d'en manquer absolument ; ce serait une vraie perte pour l'État, d'être

obligé d'avoir recours à ses voisins, et de tirer de chez eux à grands frais ce que nos soins, et quelque légère économie peuvent nous procurer. Mais il faut s'y prendre à temps, il faut commencer dès aujourd'hui; car si notre indolence dure, si l'envie pressante que nous avons de jouir continue à augmenter notre indifférence pour la postérité; enfin si la police des bois n'est pas réformée, il est à craindre que les forêts, cette partie la plus noble du domaine de nos rois, ne deviennent des terres incultes, et que le bois de service, dans lequel consiste une partie des forces maritimes de l'État, ne se trouve consommé et détruit sans espérance prochaine de renouvellement.

Ceux qui sont préposés à la conservation des bois, se plaignent eux-mêmes de leur dépérissement; mais ce n'est pas assez de se plaindre d'un mal qu'on ressent déjà, et qui ne peut qu'augmenter avec le temps; il en faut chercher le remède, et tout bon citoyen doit donner au public les expériences et les réflexions qu'il peut avoir faites à cet égard. Tel a toujours été le principal objet de l'Académie, l'utilité publique est le but de ses travaux. Ces raisons ont engagé feu M. de Réaumur à nous donner, en 1721, de bonnes remarques sur l'état des bois du royaume. Il pose des faits incontestables, il offre des vues saines, et il indique des expériences qui feront honneur à ceux qui les exécuteront. Engagé par les mêmes motifs, et me trouvant à portée des bois, je les ai observés avec une attention particulière; et enfin, animé par les ordres de M. le comte de Maurepas, j'ai fait plusieurs expériences sur ce sujet. Des vues d'utilité particulière, autant que de curiosité de physicien, m'ont porté à faire exploiter mes bois taillis sous mes yeux; j'ai fait des pépinières d'arbres forestiers, j'ai semé et planté plusieurs cantons de bois, et ayant fait toutes ces épreuves en grand, je suis en état de rendre compte du peu de succès de plusieurs pratiques qui réussissaient en petit, et que les auteurs d'agriculture avaient recommandées. Il en est ici comme de tous les autres arts, le modèle qui réussit le mieux en petit, souvent ne peut s'exécuter en grand:

Tous nos projets sur les bois doivent se réduire à tâcher de conserver ceux qui nous restent, et à renouveler une partie de ceux que nous avons détruits. Commençons par examiner les moyens de conservation, après quoi nous viendrons à ceux de renouvellement.

Les bois de service du royaume consistent dans les forêts qui appartiennent à Sa Majesté, dans les réserves des ecclésiastiques et des gens de main-morte, et enfin dans les baliveaux que l'Ordonnance oblige de laisser dans tous les bois.

On sait, par une expérience déjà trop longue, que le bois des baliveaux n'est pas de bonne qualité et que d'ailleurs ces baliveaux font tort aux taillis. J'ai observé fort souvent les effets de la gelée du printemps dans deux cantons de bois taillis voisins l'un de l'autre. On avait conservé dans l'un tous les baliveaux de quatre coupes successives, dans l'autre, on n'avait conservé que les baliveaux de la dernière coupe; j'ai reconnu que la gelée avait fait un si grand tort au taillis surchargé de baliveaux, que l'autre taillis l'a devancé de cinq ans sur douze. L'exposition était la même; j'ai sondé le terrain en différents endroits, il était semblable. Ainsi je ne puis attribuer cette différence qu'à l'ombre et à l'humidité que les baliveaux jetaient sur le taillis, et à l'obstacle qu'ils formaient au dessèchement de cette humidité, en interrompant l'action du vent et du soleil.

Les arbres qui poussent vigoureusement en bois, produisent rarement beaucoup de fruit; les baliveaux se chargent d'une grande quantité de glands, et annoncent par là leur faiblesse. On imaginerait que ce gland devrait repeupler et garnir les bois, mais cela se réduit à bien peu de chose; car de plusieurs millions de ces graines qui tombent au pied des arbres, à peine en voit-on lever quelques centaines, et ce petit nombre est bientôt étouffé par l'ombre continuelle et le manque d'air, ou supprimé par le *dégouttement* de l'arbre, et par la gelée qui est toujours plus vive près de la surface de la terre, ou enfin détruit par les obstacles que ces jeunes plantes trouvent dans un terrain traversé d'une infinité de racines d'herbes de toute espèce; on voit, à la vérité, quelques arbres de brin dans les taillis, ces arbres viennent de graines, car le chêne ne se multiplie pas par rejetons au loin, et ne pousse pas de la racine; mais ces arbres de brin sont ordinairement dans les endroits clairs des bois, loin des gros baliveaux, et sont dus aux mulots ou aux oiseaux, qui, en transportant les glands, en sèment une grande quantité. J'ai su mettre à profit ces graines que les oiseaux laissent tomber. J'avais observé dans un champ qui, depuis trois ou

quatre ans, était demeuré sans culture, qu'autour de quelques petits buissons, qui s'y trouvaient fort loin les uns des autres, plusieurs petits chênes avaient paru tout d'un coup, je reconnus bientôt par mes yeux, que cette plantation appartenait à des geais, qui, en sortant des bois, venaient d'habitude se placer sur ces buissons pour manger leur gland, et en laissaient tomber la plus grande partie, qu'ils ne se donnaient jamais la peine de ramasser. Dans un terrain que j'ai planté dans la suite, j'ai eu soin d'y mettre de petits buissons, les oiseaux s'en sont emparés, et ont garni les environs d'une grande quantité de jeunes chênes.

Il faut qu'il y ait déjà du temps qu'on ait commencé à s'apercevoir du dépérissement des bois, puisque autrefois nos rois ont donné des ordres pour leur conservation. La plus utile de ces Ordonnances est celle qui établit, dans les bois des ecclésiastiques et gens de main-morte, la réserve du quart pour croître en futaie; elle est ancienne et a été donnée, pour la première fois, en 1573, confirmée en 1597, et cependant demeurée sans exécution jusqu'à l'année 1669. Nous devons souhaiter qu'on ne se relâche point à cet égard; ces réserves sont un fonds, un bien réel pour l'État, un bien de bonne nature, car elles ne sont pas sujettes aux défauts des baliveaux; rien n'a été mieux imaginé, et on en aurait bien senti les avantages, si, jusqu'à présent, le crédit, plutôt que le besoin n'en eût pas disposé. On préviendrait cet abus en supprimant l'usage arbitraire des permissions, et en établissant un temps fixe pour la coupe des réserves: ce temps serait plus ou moins long, selon la qualité du terrain, ou plutôt selon la profondeur du sol, car cette attention est absolument nécessaire. On pourrait donc en régler les coupes à cinquante ans dans un terrain de deux pieds et demi de profondeur, à soixante-dix ans dans un terrain de trois pieds et demi, et à cent ans dans un terrain de quatre pieds et demi et au-delà de profondeur. Je donne ces termes d'après les observations que j'ai faites, au moyen d'une tarière haute de cinq pieds, avec laquelle j'ai sondé quantité de terrains, où j'ai examiné en même temps la hauteur, la grosseur et l'âge des arbres; cela se trouvera assez juste pour les terres fortes et pétrissables. Dans les terres légères et sablonneuses, on pourrait fixer les termes des coupes à quarante, soixante et quatre-vingts ans; on perdrait à attendre plus long-temps,

et il vaudrait infiniment mieux garder du bois de service dans des magasins, que de le laisser sur pied dans les forêts, où il ne peut manquer de s'altérer après un certain âge.

Dans quelques provinces maritimes du royaume, comme dans la Bretagne près d'Ancenis, il y a des terrains de communes qui n'ont jamais été cultivés, et qui, sans être en nature de bois, sont couverts d'une infinité de plantes inutiles, comme de fougères, de genêts et de bruyères, mais qui sont en même temps plantés d'une assez grande quantité de chênes isolés. Ces arbres, souvent gâtés par l'abrouissement du bétail, ne s'élevant pas, ils se courbent, ils se tortillent, et ils portent une mauvaise figure, dont cependant on tire quelque avantage, car ils peuvent fournir un grand nombre de pièces courbes pour la marine, et, par cette raison, ils méritent d'être conservés. Cependant on dégrade tous les jours ces espèces de plantations naturelles; les seigneurs donnent ou vendent aux paysans la liberté de couper dans ces communes, et il est à craindre que ces magasins de bois courbes ne soient bientôt épuisés. Cette perte serait considérable, car les bois courbes, de bonne qualité, tels que sont ceux dont je viens de parler, sont fort rares. J'ai cherché les moyens de faire des bois courbes, et j'ai sur cela des expériences commencées qui pourront réussir, et que je vais rapporter en deux mots. Dans un taillis, j'ai fait couper à différentes hauteurs, savoir, à 2, 4, 6, 8, 10 et 12 pieds au-dessus de terre, les tiges de plusieurs jeunes arbres, et, quatre années ensuite, j'ai fait couper le sommet des jeunes branches que ces arbres étetés ont produites; la figure de ces arbres est devenue, par cette double opération, si irrégulière, qu'il n'est pas possible de la décrire, et je suis persuadé qu'un jour ils fourniront du bois courbe. Cette façon de courber le bois serait bien plus simple et bien plus aisée à pratiquer, que celle de charger d'un poids, ou d'assujétir par une corde la tête des jeunes arbres, comme quelques gens l'ont proposé (1).

Tous ceux qui connaissent un peu les bois savent que la gelée du printemps est le fléau

(1) Ces jeunes arbres que j'avais fait étêter en 1734, et dont on avait encore coupé la principale branche en 1737, m'ont fourni, en 1769, plusieurs courbes très-bonnes, et dont je me suis servi pour les roues des marteaux et des soufflets de mes forges.

des taillis ; c'est elle qui , dans les endroits bas et dans les petits vallons , supprime continuellement les jeunes rejetons , et empêche le bois de s'élever ; en un mot , elle fait au bois un aussi grand tort qu'à toutes les autres productions de la terre , et si ce tort a jusqu'ici été moins connu , moins sensible , c'est que la jouissance d'un taillis étant éloignée , le propriétaire y fait moins d'attention , et se console plus aisément de la perte qu'il fait ; cependant cette perte n'en est pas moins réelle , puisqu'elle recule son revenu de plusieurs années. J'ai tâché de prévenir , autant qu'il est possible , les mauvais effets de la gelée , en étudiant la façon dont elle agit , et j'ai fait sur cela des expériences qui m'ont appris que la gelée agit bien plus violemment à l'exposition du midi qu'à l'exposition du nord ; qu'elle fait tout périr à l'abri du vent , tandis qu'elle épargne tout dans les endroits où il peut passer librement. Cette observation , qui est constante , fournit un moyen de préserver de la gelée quelques endroits des taillis , au moins pendant les deux ou trois premières années , qui sont le temps critique , et où elle les attaque avec plus d'avantage ; ce moyen consiste à observer , quand on les abat , de commencer la coupe du côté du nord ; il est aisé d'y obliger les marchands de bois en mettant cette clause dans leur marché , et je me suis déjà très-bien trouvé d'avoir pris cette précaution pour quelques-uns de mes taillis.

Un père de famille , un homme arrangé qui se trouve propriétaire d'une quantité un peu considérable de bois taillis , commence par les faire arpenter , borner , diviser et mettre en coupe réglée , il s' imagine que c'est là le plus haut point d'économie ; tous les ans il vend le même nombre d'arpents ; de cette façon , ses bois deviennent un revenu annuel ; il se sait bon gré de cette règle , et c'est cette apparence d'ordre qui a fait prendre faveur aux coupes réglées : cependant il s'en faut bien que ce soit là le moyen de tirer de ses taillis tout le profit qu'on en pourrait obtenir ; ces coupes réglées ne sont bonnes que pour ceux qui ont des terres éloignées qu'ils ne peuvent visiter ; la coupe réglée de leurs bois est une espèce de ferme , ils comptent sur le produit , et le reçoivent sans se donner aucun soin : cela doit convenir à grand nombre de gens ; mais pour ceux dont l'habitation se trouve fixée à la campagne , et même pour ceux qui y vont passer un certain temps toutes les années , il

leur est facile de mieux ordonner les coupes de leurs bois taillis. En général on peut assurer que , dans les bons terrains , on gagnera à les attendre , et que , dans les terrains où il n'y a pas de fond , il faut les couper fort jeunes ; mais il serait à souhaiter qu'on pût donner de la précision à cette règle , et déterminer au juste l'âge où l'on doit couper les taillis ; cet âge est celui où l'accroissement du bois commence à diminuer. Dans les premières années , le bois croît de plus en plus , c'est-à-dire que la production de la seconde année est plus considérable que celle de la première année ; l'accroissement de la troisième année est plus grand que celui de la seconde ; ainsi , l'accroissement du bois augmente jusqu'à un certain âge , après quoi il diminue ; c'est ce point , ce *maximum* , qu'il faut saisir pour tirer de son taillis tout l'avantage et tout le profit possible. Mais comment le reconnaître , comment s'assurer de cet instant ? Il n'y a que des expériences faites en grand , des expériences longues et pénibles , des expériences telles que M. de Réaumur les a indiquées , qui puissent nous apprendre l'âge où les bois commencent à croître de moins en moins ; ces expériences consistent à couper et peser tous les ans le produit de quelques arpents de bois , pour comparer l'augmentation annuelle , et reconnaître , au bout de plusieurs années , l'âge où elle commence à diminuer.

J'ai fait plusieurs autres remarques sur la conservation des bois , et sur les changements qu'on devrait faire aux réglemens des forêts , que je supprime comme n'ayant aucun rapport avec des matières de physique : mais je ne dois pas passer sous silence ni cesser de recommander le moyen que j'ai trouvé d'augmenter la force et la solidité du bois de service , et que j'ai rapporté dans le premier article de ce Mémoire ; rien n'est plus simple , car il ne s'agit que d'écorcer les arbres , et les laisser ainsi sécher et mûrir sur pied avant que de les abattre. L'aubier devient , par cette opération , aussi dur que le cœur de chêne , il augmente considérablement de force et de densité , comme je m'en suis assuré par un grand nombre d'expériences , et les souches de ces arbres écorcés et séchés sur pied , ne laissent pas que de repousser et de reproduire des rejetons ; ainsi il n'y a pas le moindre inconvénient à établir cette pratique , qui , en augmentant la force et la durée du bois mis en œuvre , doit en diminuer la consommation , et , par conséquent ,

doit être mise au nombre des moyens de conserver les bois. Venons maintenant à ceux qu'on doit employer pour les renouveler.

Cet objet n'est pas moins important que le premier; combien y a-t-il, dans le royaume, de terres inutiles, de landes, de bruyères, de communes qui sont absolument stériles? La Bretagne, le Poitou, la Guyenne, la Bourgogne, la Champagne et plusieurs autres provinces ne contiennent que trop de ces terres inutiles; quel avantage pour l'État si on pouvait les mettre en valeur! La plupart de ces terrains étaient autrefois en nature de bois, comme je l'ai remarqué dans plusieurs de ces cantons déserts, où l'on trouve encore quelques vieilles souches presque entièrement pourries. Il est à croire qu'on a peu à peu dégradé les bois de ces terrains, comme on dégrade aujourd'hui les communes de Bretagne, et que, par la succession des temps, on les a absolument dégarnis. Nous pouvons donc raisonnablement espérer de rétablir ce que nous avons détruit. On n'a pas de regret à voir des rochers nus, des montagnes couvertes de glace ne rien produire; mais comment peut-on s'accoutumer à souffrir, au milieu des meilleures provinces d'un royaume, de bonnes terres en friche, des contrées entières mortes pour l'État? Je dis de bonnes terres, parce que j'en ai vu et j'en ai fait défricher, qui non-seulement étaient de qualité à produire de bon bois, mais même des grains de toute espèce. Il ne s'agirait donc que de semer ou de planter ces terrains, mais il faudrait que cela pût se faire sans grande dépense, ce qui ne laisse pas que d'avoir quelques difficultés, comme on jugera par le détail que je vais faire.

Comme je souhaitais de m'instruire à fond sur la manière de semer et de planter des bois, après avoir lu le peu que nos auteurs d'agriculture disent sur cette matière, je me suis attaché à quelques auteurs anglais, comme Evelyn, Miller, etc., qui me paraissaient être plus au fait, et parler d'après l'expérience. J'ai voulu d'abord suivre leurs méthodes en tout point, et j'ai planté et semé des bois à leur façon, mais je n'ai pas été long-temps sans m'apercevoir que cette façon était ruineuse, et qu'en suivant leurs conseils, les bois, avant que d'être en âge, m'auraient coûté dix fois plus que leur valeur. J'ai reconnu alors que toutes leurs expériences avaient été faites en petit dans des jardins, dans des pépinières, ou tout au plus

dans quelques parcs, où l'on pouvait cultiver et soigner les jeunes arbres; mais ce n'est point ce qu'on cherche quand on veut planter des bois; on a bien de la peine à se résoudre à la première dépense nécessaire, comment ne se refuserait-on pas à toutes les autres, comme celles de la culture, de l'entretien, qui, d'ailleurs, deviennent immenses lorsqu'on plante de grands cantons? J'ai donc été obligé d'abandonner ces auteurs et leurs méthodes, et de chercher à m'instruire par d'autres moyens, et j'ai tenté une grande quantité de façons différentes, dont la plupart, je l'avouerai, ont été sans succès, mais qui du moins m'ont appris des faits, et m'ont mis sur la voie de réussir.

Pour travailler, j'avais toutes les facilités qu'on peut souhaiter, des terrains de toutes espèces, en friche et cultivés; une grande quantité de bois taillis et des pépinières d'arbres forestiers, où je trouvais tous les jeunes plants dont j'avais besoin; enfin j'ai commencé par vouloir mettre en nature de bois une espèce de terrain de quatre-vingts arpents, dont il y en avait environ vingt en friche, et soixante en terres labourables, produisant tous les ans du froment et d'autres grains, même assez abondamment. Comme mon terrain était naturellement divisé en deux parties presque égales par une haie de bois taillis, que l'une des moitiés était d'un niveau fort uni, et que la terre me paraissait être partout de même qualité, quoique de profondeur assez inégale, je pensai que je pourrais profiter de ces circonstances pour commencer une expérience dont le résultat est fort éloigné, mais qui sera fort utile, c'est de savoir dans le même terrain la différence que produit sur un bois l'inégalité de profondeur du sol, afin de déterminer, plus juste que je ne l'ai fait ci-devant, à quel âge on doit couper les bois de futaie. Quoique j'aie commencé fort jeune, je n'espère pas que je puisse me satisfaire pleinement à cet égard, même en me supposant une fort longue vie; mais j'aurai au moins le plaisir d'observer quelque chose de nouveau tous les ans, et pourquoi ne pas laisser à la postérité des expériences commencées! J'ai donc fait diviser mon terrain par quart d'arpent, et, à chaque angle, j'ai fait sonder la profondeur avec ma tarière, j'ai rapporté sur un plan tous les points où j'ai sondé, avec la note de la profondeur du terrain et de la qualité de la pierre qui se trouvait au-dessous, dont la mèche de la tarière ramenait toujours des

échantillons, et, de cette façon, j'ai le plan de la superficie et du fond de ma plantation, plan qu'il sera aisé quelques jours de comparer avec la production (1).

Après cette opération préliminaire, j'ai partagé mon terrain en plusieurs cantons, que j'ai fait travailler différemment. Dans l'un, j'ai fait donner trois labours à la charrue, dans un autre; deux labours, dans un troisième un labour seulement; dans d'autres, j'ai fait planter les glands à la pioche et sans avoir labouré; dans d'autres, j'ai fait simplement jeter les glands, ou je les ai fait placer à la main dans l'herbe; dans d'autres, j'ai planté de petits arbres, que j'ai tirés de mes bois; dans d'autres, des arbres de même espèce, tirés de mes pépinières; j'en ai fait semer et planter quelques-uns à un pouce de profondeur, quelques autres à six pouces; dans d'autres, j'ai semé des glands que j'avais auparavant fait tremper dans différentes liqueurs, comme dans l'eau pure, dans la lie de vin, dans l'eau qui s'était égouttée d'un fumier, dans de l'eau salée. Enfin, dans plusieurs cantons, j'ai semé des glands avec de l'avoine; dans plusieurs autres, j'en ai semé que j'avais fait germer auparavant dans la terre. Je vais rapporter en peu de mots le résultat de toutes ces épreuves, et de plusieurs autres que je supprime ici, pour ne pas rendre cette énumération trop longue.

La nature du terrain où j'ai fait ces essais, m'a paru semblable dans toute son étendue; c'est une terre fort pétrissable, un tant soit peu mêlée de glaise, retenant l'eau longtemps, et se séchant assez difficilement, formant par la gelée et par la sécheresse une espèce de croûte avec plusieurs petites fentes à sa surface, produisant naturellement une grande quantité d'hièbles dans les en-

droits cultivés, et de genièvres dans les endroits en friche : ce terrain est environné de tous côtés de bois d'une belle venue. J'ai fait semer avec soin tous les glands un à un, et à un pied de distance les uns des autres, de sorte qu'il en est entré environ douze mesures ou boisseaux de Paris dans chaque arpent. Je crois qu'il est nécessaire de rapporter ces faits pour qu'on puisse juger plus sainement de ceux qui doivent suivre.

L'année d'après, j'ai observé avec grande attention l'état de ma plantation, et j'ai reconnu que, dans le canton dont j'espérais le plus, et que j'avais fait labourer trois fois, et semer avant l'hiver, la plus grande partie des glands n'avaient pas levé, les pluies de l'hiver avaient tellement battu et corroyé la terre, qu'ils n'avaient pu percer; le petit nombre de ceux qui avaient pu trouver issue, n'avait paru que fort tard, environ à la fin de juin; ils étaient faibles, effilés, la feuille était jaunâtre, languissante, et ils étaient si loin les uns des autres, le canton était si peu garni, que j'eus quelque regret aux soins qu'ils avaient coûtés. Le canton qui n'avait eu que deux labours, et qui avait aussi été semé avant l'hiver, ressemblait assez au premier; cependant il y avait un plus grand nombre de jeunes chênes, parce que la terre était moins divisée par le labour, la pluie n'avait pu la battre autant que celle du premier canton. Le troisième, qui n'avait eu qu'un seul labour, était, par la même raison, un peu mieux peuplé que le second; mais cependant il l'était si mal, que plus des trois quarts de mes glands avaient encore manqué.

Cette épreuve me fit connaître que, dans les terrains forts et mêlés de glaise, il ne faut pas labourer et semer avant l'hiver; j'en fus entièrement convaincu, en jetant les yeux sur les autres cantons. Ceux que j'avais fait labourer et semer au printemps, étaient bien mieux garnis; mais ce qui me surprit, c'est que les endroits où j'avais fait planter le gland à la pioche, sans aucune culture précédente, étaient considérablement plus peuplés que les autres; ceux même où l'on n'avait fait que cacher les glands sous l'herbe, étaient assez bien fournis, quoique les mulots, les pigeons ramiers, et d'autres animaux en eussent emporté une grande quantité. Les cantons où les glands avaient été semés à six pouces de profondeur, se trouvèrent beaucoup moins garnis que ceux où on les avait fait semer à un pouce ou deux de profondeur. Dans un petit canton où j'en avais

(1) Cette opération ayant été faite en 1734, et le bois semé la même année, on a recépé les jeunes plants en 1738 pour leur donner plus de vigueur. Vingt ans après, c'est-à-dire en 1758, ils formaient un bois dont les arbres avaient communément 8 à 9 pouces de tour au pied du tronc; on a coupé ce bois la même année, c'est-à-dire vingt-quatre ans après l'avoir semé. Le produit n'a pas été tout-à-fait moitié du produit d'un bois ancien de pareil âge dans un même terrain; mais aujourd'hui, en 1774, ce même bois qui n'a que seize ans, est aussi garni, et produira tout autant que les bois anciennement plantés; et, malgré l'inégalité de la profondeur du terrain qui varie depuis un pied $\frac{1}{2}$ jusqu'à quatre pieds $\frac{1}{2}$, on ne s'aperçoit d'aucune différence dans la grosseur des baliveaux réservés dans le taillis.

fait semer à un pied de profondeur, il n'en parut pas un, quoique, dans un autre endroit où j'en avais fait mettre à neuf pouces, il en eût levé plusieurs. Ceux qui avaient été trempés pendant huit jours dans la lie de vin et dans l'égout du fumier, sortirent de terre plutôt que les autres. Presque tous les arbres, gros et petits, que j'avais fait tirer de mes taillis, ont péri à la première ou à la seconde année, tandis que ceux que j'avais tirés de mes pépinières ont presque tous réussi. Mais ce qui me donna le plus de satisfaction, ce fut le canton où j'avais fait planter au printemps les glands que j'avais fait auparavant germer dans de la terre, il n'en avait presque point manqué; à la vérité, ils ont levé plus tard que les autres, ce que j'attribue à ce qu'en les transportant ainsi tout germés, on cassa la radicule de plusieurs de ces glands.

Les années suivantes n'ont apporté aucun changement à ce qui s'est annoncé dès la première année. Les jeunes chênes du canton labouré trois fois, sont demeurés toujours un peu au-dessous des autres; ainsi je crois pouvoir assurer que, pour semer une terre forte et glaiseuse, il faut conserver le gland pendant l'hiver dans la terre, en faisant un lit de deux pouces de glands sur un lit de terre d'un demi-pied, puis un lit de terre et un lit de glands, toujours alternativement, et enfin en couvrant le magasin d'un pied de terre pour que la gelée ne puisse y pénétrer. On en tirera le gland au commencement de mars, et on le plantera à un pied de distance. Ces glands, qui ont germé, sont déjà autant de jeunes chênes, et le succès d'une plantation faite de cette façon n'est pas douteux; la dépense même n'est pas considérable, car il ne faut qu'un seul labour. Si l'on pouvait se garantir des mulots et des oiseaux, on réussirait tout de même et sans aucune dépense, en mettant en automne le gland sous l'herbe, car il perce et s'enfonce de lui-même, et réussit à merveille sans aucune culture dans les friches dont le gazon est fin, serré et bien garni, ce qui indique presque toujours un terrain ferme et glaiseux.

Comme je pense que la meilleure façon de semer du bois dans un terrain fort et mêlé de glaise, est de faire germer les glands dans la terre, il est bon de rassurer sur le petit inconvénient dont j'ai parlé. On transporte le gland germé dans des mannequins, des corbeilles, des paniers, et on ne peut éviter

de rompre la radicule de plusieurs de ces glands, mais cela ne leur fait d'autre mal que de retarder leur sortie de terre de quinze jours ou trois semaines, ce qui même n'est pas un mal, parce qu'on évite par là celui que la gelée des matinées de mai fait aux graines qui ont levé de bonne heure, et qui est bien plus considérable. J'ai pris des glands germés auxquels j'ai coupé le tiers, la moitié, les trois quarts, et même toute la radicule; je les ai semés dans un jardin où je pouvais les observer à toute heure, ils ont tous levé, mais les plus mutilés ont levé les derniers. J'ai semé d'autres glands germés auxquels, outre la radicule, j'avais encore ôté l'un des lobes, ils ont encore levé; mais si on retranche les deux lobes ou si l'on coupe la plume, qui est la partie essentielle de l'embryon végétal, ils périssent également.

Dans l'autre moitié de mon terrain, dont je n'ai pas encore parlé, il y a un canton dont la terre est bien moins forte que celle que j'ai décrite, et où elle est même mêlée de quelques pierres à un pied de profondeur; c'était un champ qui rapportait beaucoup de grain, et qui avait été bien cultivé. Je le fis labourer avant l'hiver; et aux mois de novembre, décembre et février, j'y plantai une collection nombreuse de toutes les espèces d'arbres des forêts, que je fis arracher dans mes bois taillis de toute grandeur, depuis trois pieds jusqu'à dix et douze de hauteur. Une grande partie de ces arbres n'a pas repris, et de ceux qui ont poussé à la première sève, un grand nombre a péri pendant les chaleurs du mois d'août, plusieurs ont péri à la seconde, et encore d'autres la troisième et la quatrième année; de sorte que de tous ces arbres, quoique plantés et arrachés avec soin, et même avec des précautions peu communes, il ne m'est resté que des cerisiers, des alisiers, des cormiers, des frênes et des ormes; encore les alisiers et les frênes sont-ils languissants, ils n'ont pas augmenté d'un pied de hauteur en cinq ans; les cormiers sont plus vigoureux, mais les merisiers et les ormes sont ceux qui de tous ont le mieux réussi. Cette terre se couvrit pendant l'été d'une prodigieuse quantité de mauvaises herbes, dont les racines détruisirent plusieurs de mes arbres. Je fis semer aussi dans ce canton des glands germés, les mauvaises herbes en étouffèrent une grande partie; ainsi je crois que, dans les bons terrains qui sont d'une nature moyenne, entre les terres

fortes et les terres légères, il convient de semer de l'avoine avec les glands, pour prévenir la naissance des mauvaises herbes, dont la plupart sont vivaces, et qui font beaucoup plus de tort aux jeunes chênes que l'avoine qui cesse de pousser des racines au mois de juillet. Cette observation est sûre, car dans le même terrain les glands que j'avais fait semer avec l'avoine avaient mieux réussi que les autres. Dans le reste de mon terrain, j'ai fait planter de jeunes chênes, de l'ormille et d'autres jeunes plants, tirés de mes pépinières, qui ont bien réussi; ainsi je crois pouvoir conclure, avec connaissance de cause, que c'est perdre de l'argent et du temps, que de faire arracher des jeunes arbres dans les bois, pour les transplanter dans des endroits où on est obligé de les abandonner et de les laisser sans culture, et que, quand on veut faire des plantations considérables d'autres arbres que de chêne ou de hêtre, dont les graines sont fortes, et surmontent presque tous les obstacles, il faut des pépinières où l'on puisse élever et soigner les jeunes arbres pendant les deux premières années, après quoi on les pourra planter avec succès pour faire du bois.

M'étant donc un peu instruit à mes dépens en faisant cette plantation, j'entrepris, l'année suivante, d'en faire une autre presque aussi considérable, dans un terrain tout différent; la terre y est sèche, légère, mêlée de gravier, et le sol n'a pas huit pouces de profondeur, au-dessous duquel on trouve la pierre. J'y fis aussi un grand nombre d'épreuves, dont je ne rapporterai pas le détail; je me contenterai d'avertir qu'il faut labourer ces terrains, et les semer avant l'hiver. Si l'on ne sème qu'au printemps, la chaleur du soleil fait périr les graines; si on se contente de les jeter ou de les placer sur la terre, comme dans les terrains forts, elles se dessèchent et périssent, parce que l'herbe qui fait le gazon de ces terres légères, n'est pas assez garnie et assez épaisse pour les garantir de la gelée de l'hiver et de lardeur du soleil au printemps. Les jeunes arbres arrachés dans les bois, réussissent encore moins dans ces terrains que dans les terres fortes; et si on veut les planter, il faut le faire avant l'hiver avec de jeunes plans pris en pépinière.

Je ne dois pas oublier de rapporter une expérience qui a un rapport immédiat avec notre sujet. J'avais envie de connaître les espèces de terrains qui sont absolument con-

traires à la végétation, et pour cela j'ai fait remplir une demi-douzaine de grandes caisses à mettre des orangers, de matières toutes différentes; la première, de glaise bleue; la seconde, de graviers gros comme des noisettes; la troisième, de glaise couleur d'orange; la quatrième, d'argile blanche; la cinquième, de sable blanc, et la sixième, de fumier de vache bien pourri. J'ai semé dans chacune de ces caisses un nombre égal de glands, de châtaignes et de graines de frênes, et j'ai laissé les caisses à l'air sans les soigner et sans les arroser; la graine de frêne n'a levé dans aucune de ces terres, les châtaignes ont levé et ont vécu, mais sans faire de progrès dans la caisse de glaise bleue. A l'égard des glands, il en est levé une grande quantité dans toutes les caisses, à l'exception de celle qui contenait la glaise orangée qui n'a rien produit du tout. J'ai observé que les jeunes chênes qui avaient levé dans la glaise bleue et dans l'argile, quoique un peu effilés au sommet, étaient forts et vigoureux en comparaison des autres; ceux qui étaient dans le fumier pourri, dans le sable et dans le gravier, étaient faibles, avaient la feuille jaune et paraissaient languissants. En automne, j'en fis enlever deux dans chaque caisse; l'état des racines répondait à celui de la tige; car dans les glaises la racine était forte, et n'était proprement qu'un pivot gros et ferme, long de trois à quatre pouces, qui n'avait qu'une ou deux ramifications. Dans le gravier, au contraire, et dans le sable, la racine s'était fort allongée, et s'était prodigieusement divisée; elle ressemblait, si je puis m'exprimer ainsi, à une longue coupe de cheveux. Dans le fumier, la racine n'avait guère qu'un pouce ou deux de longueur, et s'était divisée, dès sa naissance, en deux ou trois cornes courtes et faibles. Il est aisé de donner les raisons de ces différences, mais je ne veux ici tirer de cette expérience qu'une vérité utile, c'est que le gland peut venir dans tous les terrains. Je ne dissimulerai pas cependant que j'ai vu dans plusieurs provinces de France, des terrains d'une vaste étendue, couverts d'une petite espèce de bruyère, où je n'ai pas vu un chêne, ni aucune autre espèce d'arbres; la terre de ces cantons est légère comme de la cendre noire, poudreuse, sans aucune liaison. J'ai fait ultérieurement des expériences sur ces espèces de terres, que je rapporterai dans la suite de ce Mémoire, et qui m'ont convaincu que, si les chênes n'y peu-

vent croître, les pins, les sapins, et peut-être quelques autres arbres utiles peuvent y venir. J'ai élevé de graine, et je cultive actuellement une grande quantité de ces arbres; j'ai remarqué qu'ils demandent un terrain semblable à celui que je viens de décrire. Je suis donc persuadé qu'il n'y a point de terrain, quelque mauvais, quelque ingrat qu'il paraisse, dont on ne pût tirer parti, même pour planter des bois; il ne s'agirait que de connaître les espèces d'arbres qui conviendraient aux différents terrains.

ARTICLE IV.

SUR LA CULTURE ET L'EXPLOITATION DES FORÊTS.

Dans les arts qui sont de nécessité première, tels que l'agriculture, les hommes, même les plus grossiers, arrivent, à force d'expériences, à des pratiques utiles: la manière de cultiver le blé, la vigne, les légumes et les autres productions de la terre que l'on recueille tous les ans, est mieux et plus généralement connue que la façon d'entretenir et cultiver une forêt; et quand même la culture des champs serait défectueuse à plusieurs égards, il est pourtant certain que les usages établis sont fondés sur des expériences continuellement répétées, dont les résultats sont des espèces d'approximations du vrai. Le cultivateur, éclairé par un intérêt toujours nouveau, apprend à ne pas se tromper ou du moins à se tromper peu sur les moyens de rendre son terrain plus fertile.

Ce même intérêt se trouvant partout, il serait naturel de penser que les hommes ont donné quelque attention à la culture des bois; cependant rien n'est moins connu, rien n'est plus négligé: le bois paraît être un présent de la nature, qu'il suffit de recevoir tel qu'il sort de ses mains. La nécessité de le faire valoir ne s'est pas fait sentir, et la manière d'en jouir n'étant pas fondée sur des expériences assez répétées, on ignore jusqu'aux moyens les plus simples de conserver les forêts, et d'augmenter leur produit.

Je n'ai garde de vouloir insinuer par là que les recherches et les observations que j'ai faites sur cette matière, soient des découvertes admirables; je dois avertir au contraire que ce sont des choses communes, mais que leur utilité peut rendre importantes. J'ai déjà donné, dans l'article précédent, mes vues sur ce sujet; je vais, dans celui-ci, étendre ces vues, en présentant de nouveaux faits.

Le produit d'un terrain peut se mesurer par la culture: plus la terre est travaillée, plus elle rapporte de fruits; mais cette vérité, d'ailleurs si utile, souffre quelques exceptions, et, dans les bois, une culture prématurée et mal entendue cause la disette au lieu de produire l'abondance; par exemple, on imagine, et je l'ai cru long-temps, que la meilleure manière de mettre un terrain en nature de bois, est de nettoyer ce terrain, et de le bien cultiver avant que de semer le gland ou les autres graines qui doivent un jour le couvrir de bois, et je n'ai été désabusé de ce préjugé, qui paraît raisonnable, que par une longue suite d'observations. J'ai fait des semis considérables et des plantations assez vastes, je les ai faites avec précaution, j'ai souvent fait arracher les genièvres, les bruyères, et jusqu'aux moindres plantes que je regardais comme nuisibles, pour cultiver à fond et par plusieurs labours les terrains que je voulais ensemer; je ne doutais pas du succès d'un semis fait avec tous ces soins; mais, au bout de quelques années, j'ai reconnu que ces mêmes semis n'avaient servi qu'à retarder l'accroissement de mes jeunes plants, et que cette culture précédente, qui m'avait donné tant d'espérance, m'avait causé des pertes considérables: ordinairement on dépense pour acquérir, ici la dépense nuit à l'acquisition.

Si l'on veut donc réussir à faire croître du bois dans un terrain de quelque qualité qu'il soit, il faut imiter la nature, il faut y planter et y semer des épines et des buissons qui puissent rompre la force du vent, diminuer celle de la gelée et s'opposer à l'intempérie des saisons; ces buissons sont des abris qui garantissent les jeunes plants, et les protègent contre l'ardeur du soleil et la rigueur des frimas. Un terrain couvert, ou plutôt à demi couvert de genièvres, de bruyères, est un bois à moitié fait, et qui a peut-être dix ans d'avance sur un terrain net et cultivé: voici les observations qui m'en ont assuré.

J'ai deux pièces de terres d'environ quarante arpents chacune, semées en bois depuis neuf ans; ces deux pièces sont environnées de tous côtés de bois taillis; l'une était un champ cultivé, on a semé également et en même temps plusieurs cantons dans cette pièce, les uns dans le milieu de la pièce, les autres le long des bois taillis: tous les cantons du milieu sont dépeuplés; tous ceux qui avoisinent les bois sont bien garnis: cette différence n'était pas sensible à la première

année, pas même à la seconde, mais je me suis aperçu, à la troisième année, d'une petite diminution dans le nombre des jeunes plants du canton du milieu; et les ayant observés exactement, j'ai vu qu'à chaque été et à chaque hiver des années suivantes, il en a péri considérablement et les fortes gelées de 1740 ont achevé de désoler ces cantons, tandis que tout est florissant dans les parties qui s'étendent le long des bois taillis, les jeunes arbres y sont verts, vigoureux, plantés tous les uns contre les autres, et ils se sont élevés sans aucune culture à quatre ou cinq pieds de hauteur: il est évident qu'ils doivent leur accroissement au bois voisin qui leur a servi d'abri contre les injures des saisons. Cette pièce de quarante arpents est actuellement environnée d'une lisière de largeur d'un bois naissant qui donne les plus belles espérances; à mesure qu'on s'éloigne pour gagner le milieu, le terrain est moins garni, et, quand on arrive à douze ou quinze perches de distance des bois taillis, à peine s'aperçoit-on qu'il ait été planté; l'exposition trop découverte est la seule cause de cette différence, car le terrain est absolument le même au milieu de la pièce et le long du bois; ces terrains avaient en même temps reçu les mêmes cultures, ils avaient été semés de la même façon et avec les mêmes graines. J'ai eu occasion de répéter cette observation dans des semis encore plus vastes, où j'ai reconnu que le milieu des pièces est toujours dégarni, et que, quelque attention qu'on ait à resumer cette partie du terrain tous les ans, elle ne peut se couvrir de bois, et reste en pure perte au propriétaire.

Pour remédier à cet inconvénient, j'ai fait faire deux fossés qui se coupent à angles droits dans le milieu de ces pièces, et j'ai fait planter des épines, du peuplier et d'autres bois blancs tout le long de ces fossés; cet abri, quoique léger, a suffi pour garantir les jeunes plants voisins du fossé; et par cette petite dépense j'ai prévenu la perte totale de la plus grande partie de ma plantation.

L'autre pièce de quarante arpents, dont j'ai parlé, était, avant la plantation, composée de vingt arpents d'un terrain net et bien cultivé, et de vingt autres arpents en friche et recouverts d'un grand nombre de genièvres et d'épines; j'ai fait semer en même temps la plus grande partie de ces deux terrains; mais comme on ne pouvait pas cul-

tiver celui qui était couvert de genièvres, je me suis contenté d'y faire jeter des glands à la main sous les genièvres, et j'ai fait mettre, dans les places découvertes, le gland sous le gazon au moyen d'un seul coup de pioche; on y avait même épargné la graine dans l'incertitude du succès, et je l'avais fait prodiguer dans le terrain cultivé. L'événement a été tout différent de ce que j'avais pensé, le terrain découvert et cultivé se couvrit à la première année d'une grande quantité de jeunes chênes, mais peu à peu cette quantité a diminué, et elle serait aujourd'hui presque réduite à rien, sans les soins que je me suis donnés pour en conserver le reste. Le terrain, au contraire, qui était couvert d'épines et de genièvres, est devenu en neuf ans un petit bois, où les jeunes chênes se sont élevés à cinq à six pieds de hauteur. Cette observation prouve, encore mieux que la première, combien l'abri est nécessaire à la conservation et à l'accroissement des jeunes plants; car je n'ai conservé ceux qui étaient dans le terrain trop découvert qu'en plantant au printemps des boutures de peupliers et des épines, qui, après avoir pris racine, ont fait un peu de couvert, et ont défendu les jeunes chênes trop faibles pour résister par eux-mêmes à la rigueur des saisons.

Pour convertir en bois un champ, ou tout autre terrain cultivé, le plus difficile est donc de faire du couvert. Si l'on abandonne un champ, il faut vingt ou trente ans à la nature pour y faire croître des épines et des bruyères; ici il faut une culture qui, dans un an ou deux, puisse mettre le terrain au même état où il se trouve après une non culture de vingt ans.

J'ai fait à ce sujet différentes tentatives, j'ai fait semer de l'épine, du genièvre et plusieurs autres graines avec le gland, mais il faut trop de temps à ces graines pour lever et s'élever; la plupart demeurent en terre pendant deux ans, et j'ai aussi inutilement essayé des graines qui me paraissaient plus hâtives, il n'y a que la graine de marseau qui réussisse et qui croisse assez promptement sans culture; mais je n'ai rien trouvé de mieux, pour faire du couvert, que de planter des boutures de peuplier, ou quelques pieds de tremble en même temps qu'on sème le gland dans un terrain humide, et, dans des terrains secs, des épines, du sureau et quelques pieds de sumac de Virginie; ce dernier arbre surtout, qui est à peine connu

des gens qui ne sont pas botanistes, se multiplie de rejetons avec une telle facilité, qu'il suffira d'en mettre un pied dans un jardin pour que tous les ans on puisse en porter un grand nombre dans ses plantations, et les racines de cet arbre s'étendent si loin, qu'il n'en faut qu'une douzaine de pieds par arpent, pour avoir du couvert au bout de trois ou quatre ans: on observera seulement de les faire couper jusqu'à terre à la seconde année, afin de faire pousser un plus grand nombre de rejetons. Après le sumac, le tremble est le meilleur, car il pousse des rejetons à quarante ou cinquante pas, et j'ai garni plusieurs endroits de mes plantations, en faisant seulement abattre quelques trembles qui s'y trouvaient par hasard. Il est vrai que cet arbre ne se transplante pas aisément, ce qui doit faire préférer le sumac; de tous les arbres que je connais, c'est le seul qui, sans aucune culture, croisse et se multiplie au point de garnir un terrain en aussi peu de temps; ses racines courent presque à la surface de la terre, ainsi elles ne font aucun tort à celles des jeunes chênes qui pivotent et s'enfoncent dans la profondeur du sol. On ne doit pas craindre que ce sumac ou les autres mauvaises espèces de bois, comme le tremble, le peuplier et le marseau, puissent nuire aux bonnes espèces comme le chêne et le hêtre: ceux-ci ne sont faibles que dans leur jeunesse; et après avoir passé les premières années à l'ombre et à l'abri des autres arbres, bientôt ils s'éleveront au-dessus, et, devenant plus forts, ils étoufferont tout ce qui les environnera.

Je l'ai dit, et je le répète: on ne peut trop cultiver la terre, lorsqu'elle nous rend tous les ans le fruit de nos travaux; mais lorsqu'il faut attendre vingt-cinq ou trente ans pour jouir, lorsqu'il faut faire une dépense considérable pour arriver à cette jouissance, on a raison d'examiner, on a peut-être raison de se dégoûter. Le fonds ne vaut que par le revenu, et quelle différence d'un revenu annuel à un revenu éloigné, même incertain!

J'ai voulu m'assurer, par des expériences constantes, des avantages de la culture par rapport au bois, et pour arriver à des connaissances précises, j'ai fait semer dans un jardin quelques glands de ceux que je semais en même temps et en quantité dans mes bois; j'ai abandonné ceux-ci aux soins de la nature, et j'ai cultivé ceux-là avec toutes les recherches de l'art. En cinq années les chênes de mon jardin avaient acquis une tige

de dix pieds, et de deux à trois pouces de diamètre, et une tête assez formée pour pouvoir se mettre aisément à l'ombre dessous; quelques-uns de ces arbres ont même donné, dès la cinquième année, du fruit, qui, étant semé au pied de ses pères, a produit d'autres arbres redevables de leur naissance à la force d'une culture assidue et étudiée. Les chênes de mes bois, semés en même temps, n'avaient, après cinq ans, que deux ou trois pieds de hauteur (je parle des plus vigoureux, car le plus grand nombre n'avait pas un pied), leur tige était à peu près grosse comme le doigt, leur forme était celle d'un petit buisson, leur mauvaise figure, loin d'annoncer de la postérité, laissait douter s'ils auraient assez de force pour se conserver eux-mêmes. Encouragé par ces succès de culture, et ne pouvant souffrir les avortons de mes bois, lorsque je les comparais aux arbres de mon jardin, je cherchai à me tromper moi-même sur la dépense, et j'entrepris de faire dans mes bois un canton assez considérable, où j'élèverais les arbres avec les mêmes soins que dans mon jardin: il ne s'agissait pas moins que de faire fouiller la terre à deux pieds et demi de profondeur, de la cultiver d'abord comme on cultive un jardin, et, pour améliorations, de faire conduire dans ce terrain, qui me paraissait un peu trop ferme et trop froid, plus de deux cents voitures de mauvais bois de recoupe et de copeaux que je fis brûler sur la place, et dont on mêla les cendres avec la terre. Cette dépense allait déjà beaucoup au-delà du quadruple de la valeur du fonds, mais je me satisfaisais, et je voulais avoir du bois en cinq ans: mes espérances étaient fondées sur ma propre expérience, sur la nature d'un terrain choisi entre cent autres terrains, et plus encore sur la résolution de ne rien épargner pour réussir, car c'était une expérience; cependant elles ont été trompées, j'ai été contraint, dès la première année, de renoncer à mes idées, et à la troisième j'ai abandonné ce terrain avec un dégoût égal à l'empressement que j'avais eu pour le cultiver. On n'en sera pas surpris lorsque je dirai qu'à la première année, outre les ennemis que j'eus à combattre, comme les mulots, les oiseaux, etc., la quantité des mauvaises herbes fut si grande, qu'on était obligé de sarcler continuellement, et qu'en le faisant à la main et avec la plus grande précaution, on ne pouvait cependant s'empêcher de déranger les racines des petits arbres naissants,

ce qui leur causait un préjudice sensible ; je me souvins alors , mais trop tard , de la remarque des jardiniers qui , la première année , n'attendent rien d'un jardin neuf , et qui ont bien de la peine , dans les trois premières années , à purger le terrain des mauvaises herbes dont il est rempli . Mais ce ne fut pas là le plus grand inconvénient , l'eau me manqua pendant l'été ; et ne pouvant arroser mes jeunes plants , ils en souffrirent d'autant plus qu'ils y avaient été accoutumés au printemps ; d'ailleurs le grand soin avec lequel on ôtait les mauvaises herbes , par de petits labours réitérés , avait rendu le terrain net , et sur la fin de l'été la terre était devenue brûlante et d'une sécheresse affreuse , ce qui ne serait point arrivé si on ne l'avait pas cultivée aussi souvent , et si on eût laissé les mauvaises herbes qui avaient crû depuis le mois de juillet . Mais le tort irréparable fut celui que causa la gelée du printemps suivant : mon terrain , quoique bien situé , n'était pas assez éloigné des bois pour que la transpiration des feuilles naissantes des arbres ne se répandît pas sur mes jeunes plants ; cette humidité , accompagnée d'un vent de nord , les fit geler au 16 de mai , et dès ce jour je perdis presque toutes mes espérances ; cependant je ne voulus point encore abandonner entièrement mon projet , je tâchai de remédier au mal causé par la gelée , en faisant couper toutes les parties mortes ou malades ; cette opération fit un grand bien , mes jeunes arbres reprirent de la vigueur , et , comme je n'avais qu'une certaine quantité d'eau à leur donner , je la réservai pour le besoin pressant ; je diminuai aussi le nombre de labours , crainte de trop dessécher la terre , et je fus assez content du succès de ces petites attentions : la sève d'août fut abondante ; et mes jeunes plants poussèrent plus vigoureusement qu'au printemps ; mais le but principal était manqué , le grand et prompt accroissement que je désirais , se réduisit au quart de ce que j'avais vu dans mon jardin : cela ralentit beaucoup mon ardeur , et je me contentai , après avoir fait un peu élaguer mes jeunes plants , de leur donner deux labours l'année suivante ; et encore y eut-il un espace d'environ un quart d'arpent qui fut oublié et qui ne reçut aucune culture . Cet oubli me valut une connaissance , car j'observai avec quelque surprise , que les jeunes plants de ce canton étaient aussi vigoureux que ceux du canton cultivé ; et cette remarque changea mes

idées au sujet de la culture , et me fit abandonner ce terrain qui m'avait tant coûté . Avant que de le quitter , je dois avertir que ces cultures ont cependant fait avancer considérablement l'accroissement des jeunes arbres , et que je ne me suis trompé sur cela que du plus au moins : mais la grande erreur de tout ceci est la dépense , le produit n'est point du tout proportionné , et plus on répand d'argent dans un terrain qu'on veut convertir en bois , plus on se trompe ; c'est un intérêt qui décroît à mesure qu'on fait de plus grands fonds .

Il faut donc tourner ses vues d'un autre côté ; la dépense devenant trop forte , il faut renoncer à ces cultures extraordinaires , et même à ces cultures qu'on donne ordinairement aux jeunes plants deux fois l'année en serfouillant légèrement la terre à leur pied ; outre des inconvénients réels de cette dernière espèce de culture , celui de la dépense est suffisant pour qu'on s'en dégoûte aisément , surtout si l'on peut y substituer quelque chose de meilleur et qui coûte beaucoup moins .

Le moyen de suppléer aux labours et presqu'à toutes les autres espèces de cultures , c'est de couper les jeunes plants jusqu'à près de terre ; ce moyen , tout simple qu'il paraît , est d'une utilité infinie , et , lorsqu'il est mis en œuvre à propos , il accélère de plusieurs années le succès d'une plantation . Qu'on me permette , à ce sujet , un peu de détail qui peut-être ne déplaira pas aux amateurs de l'agriculture .

Tous les terrains peuvent se réduire à deux espèces , savoir , les terrains forts et les terrains légers ; cette division , quelque générale qu'elle soit , suffit à mon dessein . Si l'on veut semer dans un terrain léger , on peut le faire labourer ; cette opération fait d'autant plus d'effet , et cause d'autant moins de dépense que le terrain est plus léger : il ne faut qu'un seul labour , et on sème le gland en suivant la charrue . Comme ces terrains sont ordinairement secs et brûlants , il ne faut point arracher les mauvaises herbes que produit l'été suivant , elles entretiennent une fraîcheur bienfaisante , et garantissent les petits chênes de l'ardeur du soleil ; ensuite , venant à périr et à sécher pendant l'automne , elles servent de chaume et d'abri pendant l'hiver , et empêchent les racines de geler ; il ne faut donc aucune espèce de culture dans ces terrains sablonneux . J'ai semé en bois un grand nombre

d'arpents de cette nature de terrain, et j'ai réussi au-delà de mes espérances; les racines des jeunes arbres, trouvant une terre légère et aisée à diviser, s'étendent et profitent de tous les suc qui leur sont offerts; les pluies et les rosées pénètrent facilement jusqu'aux racines, il ne faut qu'un peu de couvert et d'abri pour faire réussir un semis dans des terrains de cette espèce; mais il est bien plus difficile de faire croître du bois dans des terrains forts, et il faut une pratique toute différente; dans ces terrains les premiers labours sont inutiles et souvent nuisibles, la meilleure manière est de planter les glands à la pioche sans aucune culture précédente; mais il ne faut pas les abandonner comme les premiers, au point de les perdre de vue et de n'y plus penser, il faut au contraire les visiter souvent; il faut observer la hauteur à laquelle ils se seront élevés la première année, observer ensuite s'ils ont poussé plus vigoureusement à la seconde année qu'à la première, et à la troisième qu'à la seconde: tant que l'accroissement va en augmentant ou même tant qu'il se soutient sur le même pied, il ne faut pas y toucher; mais on s'apercevra ordinairement, à la troisième année, que l'accroissement va en diminuant, et si on attend la quatrième, la cinquième, la sixième, etc., on reconnaîtra que l'accroissement de chaque année est toujours plus petit; ainsi, dès qu'on s'apercevra que, sans qu'il y ait eu de gelées ou d'autres accidents, les jeunes arbres commencent à croître de moins en moins, il faut les faire couper jusqu'à terre au mois de mars, et l'on gagnera un grand nombre d'années. Le jeune arbre, livré à lui-même dans un terrain fort et serré ne peut étendre ses racines, la terre trop dure les fait refouler sur elles-mêmes, les petits filets tendres et herbacés qui doivent nourrir l'arbre et former la nouvelle production de l'année, ne peuvent pénétrer la substance trop ferme de la terre; ainsi, l'arbre languit privé de nourriture, et la production annuelle diminue souvent jusqu'au point de ne donner que des feuilles et quelques boutons. Si vous coupez cet arbre, toute la force de la sève se porte aux racines, en développe tous les germes, et, agissant avec plus de puissance contre le terrain qui leur résiste, les jeunes racines s'ouvrent des chemins nouveaux, et divisent, par le surcroît de leur force, cette terre qu'elles avaient jusqu'alors vainement attaquée, elles y trouvent abon-

damment des suc nourriciers; et, dès qu'elles poussent avec vigueur au-dehors la surabondance de leur nourriture, et produisent, dès la première année, un jet plus vigoureux et plus élevé que ne l'était l'ancienne tige de trois ans. J'ai si souvent réitéré cette expérience, que je dois la donner comme un fait sûr, et comme la pratique la plus utile que je connaisse dans la culture des bois.

Dans un terrain qui n'est que ferme sans être trop dur, il suffira de recevoir une seule fois les jeunes plants pour les faire réussir. J'ai des cantons assez considérables d'une terre ferme et pétrissable, où les jeunes plants n'ont été coupés qu'une fois, où ils croissent à merveille, et où j'aurai du bois taillis prêt à couper dans quelques années. Mais j'ai remarqué, dans un autre endroit où la terre est extrêmement forte et dure, qu'ayant fait couper à la seconde année mes jeunes plants, parce qu'ils étaient languissants, cela n'a pas empêché qu'au bout de quatre autres années on n'ait été obligé de les couper une seconde fois, et je vais rapporter une autre expérience qui fera voir la nécessité de couper deux fois dans de certains cas.

J'ai fait planter depuis dix ans un nombre très-considérable d'arbres de plusieurs espèces, comme des ormes, des frênes, des charmes, etc. La première année, tous ceux qui reprirent poussèrent assez vigoureusement; la seconde année ils ont poussé plus faiblement; la troisième année, plus languissamment; ceux qui me parurent les plus malades, étaient ceux qui étaient les plus gros et les plus âgés lorsque je les fis planter. Je voyais que la racine n'avait pas la force de nourrir ces grandes tiges, cela me détermina à les faire couper; je fis faire la même opération aux plus petits les années suivantes, parce que leur langueur devint telle, que, sans un prompt secours, elle ne laissait plus rien à espérer; cette première coupe renouvela mes arbres et leur donna beaucoup de vigueur, surtout pendant les deux premières années; mais à la troisième je m'aperçus d'un peu de diminution dans l'accroissement; je l'attribuai d'abord à la température des saisons de cette année, qui n'avait pas été aussi favorable que celle des années précédentes; mais je reconnus clairement pendant l'année suivante, qui fut heureuse pour les plantes, que le mal n'avait pas été causé par la seule intempérie des saisons; l'accroissement de mes arbres con-

tinuait à diminuer, et aurait toujours diminué, comme je m'en suis assuré en laissant sur pied quelques-uns d'entre eux, si je ne les avais pas fait couper une seconde fois. Quatre ans se sont écoulés depuis cette seconde coupe, sans qu'il y ait eu de diminution dans l'accroissement; et ces arbres, qui sont plantés dans un terrain qui est en friche depuis plus de vingt ans, et qui n'ont jamais été cultivés au pied, ont autant de force, et la feuille aussi verte que les arbres de pépinière : preuve évidente que la coupe faite à propos peut suppléer à toute autre culture.

Les auteurs d'agriculture sont bien éloignés de penser comme nous sur ce sujet; ils répètent tous les uns après les autres que, pour avoir une futaie, pour avoir des arbres d'une belle venue, il faut bien se garder de couper le sommet des jeunes plants, et qu'il faut conserver avec grand soin le *montant*, c'est-à-dire le jet principal. Ce conseil n'est bon que dans de certains cas particuliers; mais il est généralement vrai, et je puis l'assurer après un très-grand nombre d'expériences, que rien n'est plus efficace pour redresser les arbres, et pour leur donner une tige droite et nette, que la coupe faite au pied. J'ai même observé souvent que les futaies venues de graines ou de jeunes plants; n'étaient pas si belles ni si droites que les futaies venus sur les jeunes souches; ainsi on ne doit pas hésiter à mettre en pratique cette espèce de culture si facile et si peu coûteuse.

Il n'est pas nécessaire d'avertir qu'elle est encore plus indispensable lorsque les jeunes plants ont été gelés, il n'y a pas d'autre moyen pour les rétablir que de les receper. On aurait dû, par exemple, receper tous les taillis de deux ou trois ans qui ont été gelés au mois d'octobre 1740, jamais gelée d'automne n'a fait autant de mal : la seule façon d'y remédier c'est de couper, on sacrifie trois ans pour n'en pas perdre dix ou douze.

A ces observations générales sur la culture du bois, qu'il me soit permis de joindre quelques remarques utiles, et qui doivent même précéder toute culture.

Le chêne et le hêtre sont les seuls arbres, à l'exception des pins et de quelques autres de moindre valeur, qu'on puisse semer avec succès dans des terrains incultes. Le hêtre peut être semé dans des terrains légers, la graine ne peut pas sortir dans une terre

forte, parce qu'elle pousse au-dehors son enveloppe au-dessus de la tige naissante; ainsi il lui faut une terre meuble et facile à diviser, sans quoi elle reste et pourrit. Le chêne peut être semé dans presque tous les terrains; toutes les autres espèces d'arbres veulent être semées en pépinière, et ensuite transplantées à l'âge de deux ou trois ans.

Il faut éviter de mettre ensemble les arbres qui ne se conviennent pas; le chêne craint le voisinage des pins, des sapins, des hêtres et de tous les arbres qui poussent de grosses racines dans la profondeur du sol. En général, pour tirer le plus grand avantage d'un terrain, il faut planter ensemble des arbres qui tirent la substance du fond en poussant leurs racines à une grande profondeur, et d'autres arbres qui puissent tirer leur nourriture presque de la surface de la terre, comme sont les trembles, les tilleuls, les marseaux et les autres dont les racines s'étendent et courent à quelques pouces seulement de profondeur sans pénétrer plus avant.

Lorsqu'on veut semer du bois, il faut attendre une année abondante en glands, non-seulement parce qu'ils sont meilleurs et moins chers, mais encore parce qu'ils ne seront pas dévorés par les oiseaux, les mulots et les sangliers, qui, trouvant abondamment du gland dans les forêts, ne viendront pas attaquer votre semis, ce qui ne manque jamais d'arriver dans des années de disette. On n'imaginerait pas jusqu'à quel point les seuls mulots peuvent détruire un semis; j'en avais fait un, il y a deux ans, de quinze à seize arpents, j'avais semé au mois de novembre; au bout de quelques jours je m'aperçus que les mulots emportaient tous les glands : ils habitent seuls ou deux à deux, et quelquefois trois à quatre dans un même trou; je fis découvrir quelques-uns de ces trous, et je fus épouvanté de voir dans chacun un demi-boisseau et souvent un boisseau de glands que ces petits animaux avaient ramassés. Je donnai ordre sur-le-champ qu'on dressât dans ce canton un grand nombre de pièges, où, pour toute amorce, on mit une noix grillée; en moins de trois semaines de temps, on m'apporta près de treize cents mulots. Je ne rapporte ce fait que pour faire voir combien ils sont nuisibles, et par leur nombre et par leur diligence à serrer autant de glands qu'il peut en entrer dans leurs trous.

ARTICLE V.

ADDITION AUX OBSERVATIONS PRÉCÉDENTES.

I.

Dans un grand terrain très-ingrat et mal situé, où rien ne voulait croître, où le chêne, le hêtre et les autres arbres forestiers que j'avais semés n'avaient pu réussir, où tous ceux que j'avais plantés ne pouvaient s'élever, parce qu'ils étaient tous les ans saisis par les gelées, je fis planter en 1734 des arbres toujours verts; savoir, une centaine de petits pins (1), autant d'épicéas et de sapins que j'avais élevés dans des caisses pendant trois ans; la plupart des sapins périrent dès la première année, et les épicéas dans les années suivantes; mais les pins ont résisté, et se sont emparés d'eux-mêmes d'un assez grand terrain. Dans les quatre ou cinq premières années leur accroissement était à peine sensible; on ne les a ni cultivés ni recepés; entièrement abandonnés aux soins de la nature, ils ont commencé au bout de dix ans à se montrer en forme de petits buissons; dix ans après, ces buissons, devenus bien plus gros, rapportaient des cônes, dont le vent dispersait les graines au loin; dix ans après, c'est-à-dire au bout de trente ans, ces buissons avaient pris de la tige, et aujourd'hui, en 1774, c'est-à-dire au bout de quarante ans, ces pins forment d'assez grands arbres dont les graines ont peuplé le terrain à plus de cent pas de distance de chaque arbre. Comme ces petits pins venus de graine étaient en trop grand nombre, surtout dans le voisinage de chaque arbre, j'en ai fait enlever un très-grand nombre pour les transplanter plus loin, de manière qu'aujourd'hui ce terrain, qui contient près de quarante arpents, est entièrement couvert de pins et forme un petit bois toujours vert, dans un grand espace qui de tout temps avait été stérile.

Lorsqu'on aura donc des terres ingrates, où le bois refuse de croître, et des parties de terrain situées dans des petits vallons en montagne, où la gelée supprime les rejetons des chênes et des autres arbres qui quittent leurs feuilles, la manière la plus sûre et la moins coûteuse de peupler ces terrains, est d'y planter des jeunes pins à vingt ou vingt-cinq pas les uns des autres. Au bout de trente ans, tout l'espace sera couvert de pins, et

vingt ans après on jouira du produit de la coupe de ce bois, dont la plantation n'aura presque rien coûté. Et quoique la jouissance de cette espèce de culture soit fort éloignée, la très-petite dépense qu'elle suppose, et la satisfaction de rendre vivantes des terres absolument mortes, sont des motifs plus que suffisants pour déterminer tout père de famille et tout bon citoyen à cette pratique utile pour la postérité; l'intérêt de l'État, et à plus forte raison celui de chaque particulier, est qu'il ne reste aucune terre inculte; celles-ci, qui de toutes sont les plus stériles, et paraissent se refuser à toute culture, deviendront néanmoins aussi utiles que les autres. Car un bois de pins peut rapporter autant et peut-être plus qu'un bois ordinaire, et, en l'exploitant convenablement, devenir un fonds non-seulement aussi fructueux, mais aussi durable qu'aucun autre fonds de bois.

La meilleure manière d'exploiter les taillis ordinaires est de faire coupe nette, en laissant le moins de baliveaux qu'il est possible; il est très-certain que ces baliveaux font plus de tort à l'accroissement des taillis, plus de perte au propriétaire qu'ils ne donnent de bénéfice, et par conséquent il y aurait de l'avantage à les tous supprimer. Mais, comme l'Ordonnance prescrit d'en laisser au moins seize par arpent, les gens les plus soigneux de leurs bois, ne pouvant se dispenser de cette servitude mal entendue, ont au moins grande attention à n'en pas laisser davantage, et font abattre à chaque coupe subséquente ces baliveaux réservés. Dans un bois de pins l'exploitation doit se faire tout autrement; comme cette espèce d'arbre ne repousse pas sur souche ni des rejetons au loin, et qu'il ne se propage et multiplie que par les graines qu'il produit tous les ans, qui tombent au pied ou sont transportées par le vent aux environs de chaque arbre, ce serait détruire ce bois que d'en faire coupe nette; il faut y laisser cinquante ou soixante arbres par arpent, ou, pour mieux faire encore, ne couper que la moitié ou le tiers des arbres alternativement, c'est-à-dire éclaircir seulement le bois d'un tiers ou de moitié, ayant soin de laisser les arbres qui portent le plus de graines; tous les dix ans on fera, pour ainsi dire, une demi-coupe, ou même on pourra, tous les ans, prendre dans ce taillis le bois dont on aura besoin: cette dernière manière, par laquelle on jouit annuellement d'une partie du produit de son

(1) *Pinus sylvestris genevensis*.

fonds , est de toutes la plus avantageuse.

L'épreuve que je viens de rapporter a été faite en Bourgogne , dans ma terre de Buffon , au-dessus des collines les plus froides et les plus stériles ; la graine m'était venue des montagnes voisines de Genève ; on ne connaissait point cette espèce d'arbre en Bourgogne , qui y est maintenant naturalisé et assez multiplié pour en faire à l'avenir de très-grands cantons de bois dans toutes les terres où les autres arbres ne peuvent réussir. Cette espèce de pin pourra croître et se multiplier avec le même succès dans toutes nos provinces , à l'exception peut-être des plus méridionales , où l'on trouve une autre espèce de pin , dont les cônes sont plus allongés , et qu'on connaît sous le nom de *pin maritime* , ou *pin de Bordeaux* , comme l'on connaît celui dont j'ai parlé , sous le nom de *pin de Genève*. Je fis venir et semer , il y a trente-deux ans , une assez grande quantité de ces pins de Bordeaux , ils n'ont pas à beaucoup près aussi bien réussi que ceux de Genève ; cependant il y en a quelques-uns qui sont même d'une très-belle venue parmi les autres , et qui produisent des graines depuis plusieurs années , mais on ne s'aperçoit pas que ces graines réussissent sans culture , et peuplent les environs de ces arbres , comme les graines du pin de Genève.

A l'égard des sapins et des épicéas dont j'ai voulu faire des bois par cette même méthode si facile et si peu dispendieuse , j'avouerai qu'ayant fait souvent jeter des graines de ces arbres en très-grande quantité dans ces mêmes terres où le pin a si bien réussi , je n'en ai jamais vu le produit , ni même eu la satisfaction d'en voir germer quelques-unes autour des arbres que j'avais fait planter , quoiqu'ils portent des cônes depuis plusieurs années. Il faut donc un autre procédé , ou du moins ajouter quelque chose à celui que je viens de donner , si l'on veut faire des bois de ces deux dernières espèces d'arbres toujours verts.

2.

Dans les bois ordinaires , c'est-à-dire dans ceux qui sont plantés de chênes , de hêtres , de charmes , de frênes , et d'autres arbres dont l'accroissement est plus prompt , tels que les trembles , les bouleaux , les marsaux , les coudriers , etc. , il y a du bénéfice à faire couper , au bout de douze à quinze ans , ces dernières espèces d'arbres , dont on

peut faire des cercles ou d'autres menus ouvrages ; on coupe en même temps les épinets et autres mauvais bois : cette opération ne fait qu'éclaircir le taillis , et , bien loin de lui porter préjudice , elle en accélère l'accroissement ; le chêne , le hêtre et les autres bons arbres n'en croissent que plus vite , en sorte qu'il y a le double avantage de tirer d'avance une partie de son revenu par la vente de ces bois blancs , propres à faire des cercles , et de trouver ensuite un taillis tout composé de bois de bonne essence , et d'un plus grand volume. Mais ce qui peut dégoûter de cette pratique utile , c'est qu'il faudrait , pour ainsi dire , la faire par ses mains ; car en vendant le *cercelage* de ces bois aux bûcherons ou aux petits ouvriers qui emploient cette denrée , on risque toujours la dégradation du taillis , il est presque impossible de les empêcher de couper furtivement des chênes ou d'autres bons arbres , et dès lors le tort qu'ils vous font , fait une grande déduction sur le bénéfice , et quelquefois l'excède.

3.

Dans les mauvais terrains , qui n'ont que six pouces ou tout au plus un pied de profondeur , et dont la terre est graveleuse et maigre , on doit faire couper les taillis à seize ou dix-huit ans ; dans les terrains médiocres , à vingt-trois ou vingt-quatre ans , et dans les meilleurs fonds , il faut les attendre jusqu'à trente : une expérience de quarante ans m'a démontré que ce sont à très-peu près les termes du plus grand profit. Dans mes terres , et dans toutes celles qui les environnent , même à plusieurs lieues de distance , on choisit tout le gros bois , depuis sept pouces de tour et au-dessus , pour le faire flotter et l'envoyer à Paris , et tout le menu bois est consommé par le chauffage du peuple ou par les forges ; mais dans d'autres cantons de la province , où il n'y a point de forges , et où les villages éloignés les uns des autres ne font que peu de consommation , tout le menu bois tomberait en pure perte si l'on n'avait trouvé le moyen d'y remédier en changeant les procédés de l'exploitation. On coupe ces taillis à peu près comme j'ai conseillé de couper les bois de pins , avec cette différence qu'au lieu de laisser les grands arbres , on ne laisse que les petits : cette manière d'exploiter les bois en les *jardinant* , est en usage dans plusieurs endroits ; on abat tous les plus beaux brins , et on laisse subsister les

autres, qui, dix ans après, sont abattus à leur tour, et ainsi de dix ans en dix ans, ou de douze ans en douze ans, on a plus de moitié coupe, c'est-à-dire plus de moitié de produit. Mais cette manière d'exploitation, quoique utile, ne laisse pas d'être sujette à des inconvénients. On ne peut abattre les plus grands arbres sans faire souffrir les petits. D'ailleurs, le bûcheron, étant presque toujours mal à l'aise, ne peut couper la plupart de ces arbres qu'à un demi-pied, et souvent plus d'un pied au-dessus de terre, ce qui fait un grand tort aux revenus; ces souches élevées ne poussent jamais des rejetons aussi vigoureux ni en aussi grand nombre que les souches coupées à fleur de terre; et l'une des plus utiles attentions qu'on doive donner à l'exploitation des taillis, est de faire couper tous les arbres le plus près de terre qu'il est possible.

4.

Les bois occupent presque partout le haut des coteaux et les sommets des collines et des montagnes d'une médiocre hauteur. Dans ces espèces de plaines au-dessus des montagnes, il se trouve des terrains enfoncés, des espèces de vallons secs et froids, qu'on appelle des *combes*. Quoique le terrain de ces combes ait ordinairement plus de profondeur, et soit d'une meilleure qualité que celui des parties élevées qui les environnent, le bois, néanmoins, n'y est jamais aussi beau, il ne pousse qu'un mois plus tard, et souvent il y a de la différence de plus de moitié dans l'accroissement total. A quarante ans le bois du fond de la combe ne vaut pas plus que celui des coteaux qui l'environnent vaut à vingt ans. Cette prodigieuse différence est occasionnée par la gelée qui, tous les ans et presque en toute saison, se fait sentir dans ces combes, et supprimant en partie les jeunes rejetons, rend les arbres raffaus, rabougris et galeux. J'ai remarqué dans plusieurs coupes où l'on avait laissé quelques bouquets de bois, que tout ce qui était auprès de ces bouquets et situé à l'abri du vent de nord était entièrement gâté par l'effet de la gelée, tandis que tous les endroits exposés au vent du nord n'étaient point du tout gelés; cette observation me fournit la véritable raison pourquoi les combes et les lieux bas dans les bois, sont si sujets à la gelée, et si tardifs à l'égard des terrains plus élevés, où les bois deviennent

très-beaux, quoique souvent la terre y soit moins bonne que dans les combes; c'est parce que l'humidité et les brouillards qui s'élèvent de la terre, séjournent dans les combes, s'y condensent, et par ce froid humide occasionent la gelée; tandis que, sur les lieux plus élevés, les vents divisent et chassent les vapeurs nuisibles, et les empêchent de tomber sur les arbres, ou du moins de s'y attacher en aussi grande quantité et en aussi grosses gouttes. Il y a de ces lieux bas où il gèle tous les mois de l'année, aussi le bois n'y vaut jamais rien; j'ai quelquefois parcouru en été, la nuit à la chasse, ces différents pays de bois, et je me souviens parfaitement que, sur les lieux élevés, j'avais chaud, mais qu'aussitôt que je descendais dans ces combes un froid vif et inquiétant, quoique sans vent, me saisissait, de sorte que souvent, à dix pas de distance, on aurait cru changer de climat; des charbonniers qui marchaient nu-pieds trouvaient la terre chaude sur ces éminences, et d'une froideur insupportable dans ces petits vallons. Lorsque ces combes se trouvent situées de manière à être enfilées par les vents froids et humides du nord-ouest, la gelée s'y fait sentir même aux mois de juillet et d'août; le bois ne peut y croître, les genièvres même ont bien de la peine à s'y maintenir, et ces combes n'offrent, au lieu d'un beau taillis semblable à ceux qui les environnent, qu'un espace stérile, qu'on appelle *une chaume*, et qui diffère d'une friche, en ce qu'on peut rendre celle-ci fertile par la culture, au lieu qu'on ne sait comment cultiver ou peupler ces chaumes qui sont au milieu des bois. Les grains qu'on pourrait y semer, sont toujours détruits par les grands froids de l'hiver ou par les gelées du printemps, il n'y a guère que le blé noir ou sarrasin qui puisse y croître, et encore le produit ne vaut pas la dépense de la culture. Ces terrains restent donc déserts, abandonnés, et sont en pure perte. J'ai une de ces combes au milieu de mes bois, qui seule contient cent cinquante arpents, dont le produit est presque nul. Le succès de ma plantation de pins, qui n'est qu'à une lieue de cette grande combe, m'a déterminé à y planter de jeunes arbres de cette espèce; je n'ai commencé que depuis quelques années; je vois déjà, par le progrès de ces jeunes plants, que quelque jour cet espace, stérile de temps immémorial, sera un bois de pins tout aussi fourni que le premier que j'ai décrit.

5.

J'ai fait écorcer sur pied des pins, des sapins, et d'autres espèces d'arbres toujours verts, j'ai reconnu que ces arbres, dépouillés de leur écorce, vivent plus long-temps que les chênes auxquels on fait la même opération, et leur bois acquiert de même plus de dureté, plus de force et de solidité. Il serait donc très-utile de faire écorcer sur pied les sapins qu'on destine aux mâtures des vaisseaux, en les laissant deux, trois et même quatre ans sécher ainsi sur pied; ils acquerront une force et une durée bien plus grande que dans leur état naturel. Il en est de même de toutes les grosses pièces de chêne que l'on emploie dans la construction des vaisseaux, elles seraient plus résistantes, plus solides et plus durables si on les tirait d'arbres écorcés et séchés sur pied avant de les abattre.

A l'égard des pièces courbes, il vaut mieux prendre des arbres de brin, de la grosseur nécessaire pour faire une seule pièce courbe, que de scier ces courbes dans de plus grosses pièces, celles-ci sont toujours tranchées et faibles, au lieu que les pièces de brin, étant courbées dans du sable chaud, conservent presque toute la force de leurs fibres longitudinales; j'ai reconnu en faisant rompre des courbes de ces deux espèces, qu'il y avait plus d'un tiers de différence dans leur force; que les courbes tranchées cassaient subitement, et que celles qui avaient été courbées par la chaleur graduée et par une charge constamment appliquée, se rétablissaient presque de niveau avant que d'éclater et se rompre.

6.

On est dans l'usage de marquer avec un gros marteau, portant empreinte des armes du roi ou des seigneurs particuliers, tous les arbres que l'on veut réserver dans les bois qu'on veut couper : cette pratique est mauvaise, on enlève l'écorce et une partie de l'aubier avant de donner le coup de marteau; la blessure ne se cicatrise jamais parfaitement, et souvent elle produit un abreuvoir au pied de l'arbre. Plus la tige en est menue, plus le mal est grand. On retrouve dans l'intérieur d'un arbre de cent ans, les coups de marteau qu'on lui aura donnés à vingt-cinq, cinquante et soixante-quinze ans, et tous ces endroits sont remplis de pourriture, et forment souvent des abreuvoirs ou des fûées en bas ou en haut qui gâtent le pied de

l'arbre. Il vaudrait mieux marquer avec une couleur à l'huile les arbres qu'on voudrait réserver, la dépense serait à peu près la même, et la couleur ne ferait aucun tort à l'arbre, et durerait au moins pendant tout le temps de l'exploitation.

7.

On trouve communément dans les bois deux espèces de chênes, ou plutôt deux variétés remarquables et différentes l'une de l'autre à plusieurs égards. La première est le chêne à gros gland, qui n'est qu'un à un, ou tout au plus deux à deux sur la branche; l'écorce de ces chênes est blanche et lisse, la feuille grande et large, le bois blanc, liant, très-ferme, et néanmoins très-aisé à fendre. La seconde espèce porte ses glands en bouquets ou trochets comme les noisettes, de trois, quatre ou cinq ensemble; l'écorce en est plus brune et toujours gercée, le bois aussi plus coloré, la feuille plus petite et l'accroissement plus lent. J'ai observé que dans tous les terrains peu profonds, dans toutes les terres maigres, on ne trouve que des chênes à petits glands en trochets, et qu'au contraire on ne voit guère que des chênes à gros glands dans les très-bons terrains. Je ne suis pas assuré que cette variété soit constante et se propage par la graine, mais j'ai reconnu, après avoir semé plusieurs années une très-grande quantité de ces glands, tantôt indistinctement et mêlés, et d'autres fois séparés, qu'il ne m'est venu que des chênes à petits glands dans les mauvais terrains, et qu'il n'y a que dans quelques endroits de mes meilleures terres où il se trouve des chênes à gros glands. Le bois de ces chênes ressemble si fort à celui du châtaignier par la texture et par la couleur, qu'on les a pris l'un pour l'autre; c'est sur cette ressemblance, qui n'a pas été indiquée, qu'est fondée l'opinion que les charpentes de nos anciennes églises sont de bois de châtaignier : j'ai reconnu que ces bois, prétendus de châtaignier, étaient du chêne blanc à gros glands, dont je viens de parler, qui était autrefois bien plus commun qu'il ne l'est aujourd'hui, par une raison bien simple; c'est qu'autrefois, avant que la France fût aussi peuplée, il existait une quantité bien plus grande de bois en bon terrain, et, par conséquent, une bien plus grande quantité de ces chênes, dont le bois ressemble à celui du châtaignier.

Le châtaignier affecte des terrains parti-

culiers, il ne croît point ou vient mal dans toutes les terres dont le fond est de matière calcaire; il y a donc de très-grands cantons et des provinces entières où l'on ne voit point de châtaignes dans les bois, et, néanmoins, on nous montre, dans ces mêmes cantons, des charpentes anciennes, qu'on prétend être de châtaignier, et qui sont de l'espèce de chêne dont je viens de parler.

Ayant comparé le bois de ces chênes à gros glands, au bois de chênes à petits glands dans un grand nombre d'arbres du même âge, et depuis vingt-cinq ans jusqu'à cent ans et au-dessus, j'ai reconnu que le chêne à gros glands a constamment plus de cœur et moins d'aubier que le chêne à petits glands, dans la proportion du double au simple; si le premier n'a qu'un pouce d'aubier sur huit pouces de cœur, le second n'aura que sept pouces de cœur, sur deux pouces d'aubier, et ainsi de toutes les autres mesures; d'où il résulte une perte du double lorsqu'on équarrit ces bois; car on ne peut tirer qu'une pièce de sept pouces d'un

chêne à petits glands, tandis qu'on tire une pièce de huit pouces d'un chêne à gros glands de même âge et de même grosseur. On ne peut donc recommander assez la conservation et le repeuplement de cette belle espèce de chênes, qui a sur l'espèce commune le plus grand avantage d'un accroissement plus prompt, et dont le bois est non-seulement plus plein, plus fort, mais encore plus élastique. Le trou fait par une balle de mousquet dans une planche de ce chêne se rétrécit par le ressort du bois de plus d'un tiers de plus que dans le chêne commun, et c'est une raison de plus de préférer ce bon chêne pour la construction des vaisseaux; le boulet de canon ne le ferait point éclater, et les trous seraient plus aisés à boucher. En général plus les chênes croissent vite, plus ils forment de cœur et meilleurs ils sont pour le service, à grosseur égale; leur tissu est plus ferme que celui des chênes qui croissent lentement, parce qu'il y a moins de cloisons, moins de séparations entre les couches ligneuses dans le même espace.

TREIZIÈME MÉMOIRE.

RECHERCHES DE L'EXCENTRICITÉ DES COUCHES LIGNEUSES QU'ON APERÇOIT QUAND ON COUPE HORIZONTALEMENT LE TRONC D'UN ARBRE; DE L'INÉGALITÉ D'ÉPAISSEUR, ET DU DIFFÉRENT NOMBRE DE CES COUCHES, TANT DANS LE BOIS FORMÉ QUE DANS L'AUBIER.

PAR MM. DUHAMEL ET DE BUFFON.

On ne peut travailler plus utilement pour la physique, qu'en constatant des faits douteux, et en établissant la vraie origine de ceux qu'on attribuait sans fondement à des causes imaginaires ou insuffisantes. C'est dans cette vue que nous avons entrepris, M. de Buffon et moi, plusieurs recherches d'agriculture; que nous avons, par exemple, fait des observations et des expériences sur l'accroissement et l'entretien des arbres, sur leurs maladies et sur leurs défauts, sur les plantations et sur le rétablissement des forêts, etc. Nous commençons à rendre compte à l'Académie du succès de ce travail, par l'examen d'un fait dont presque tous les auteurs d'agriculture font mention, mais qui n'a été (nous n'hésitons pas de le dire) qu'entrevenu, et qu'on a, pour cette raison, attribué à des causes qui sont bien éloignées de la vérité.

Tout le monde sait que, quand on coupe horizontalement le tronc d'un chêne, par exemple, on aperçoit, dans le cœur et dans l'aubier, des cercles ligneux qui l'enveloppent; ces cercles sont séparés les uns des autres par d'autres cercles ligneux d'une substance plus rare, et ce sont ces derniers qui distinguent et séparent la crue de chaque année: il est naturel de penser que, sans des accidents particuliers, ils devraient être tous à peu près d'égale épaisseur, et également éloignés du centre.

Il en est cependant tout autrement et la plupart des auteurs d'agriculture, qui ont reconnu cette différence, l'ont attribuée à différentes causes, et en ont tiré diverses conséquences; les uns, par exemple, veulent qu'on observe avec soin la situation des jeunes arbres dans les pépinières, pour les orienter dans la place qu'on leur destine, ce que les jardiniers appellent *planter à la boussole*; ils soutiennent que le côté de l'ar-

bre qui était opposé au soleil dans la pépinière, souffre inmanquablement de son action lorsqu'il y est exposé.

D'autres veulent que les cercles ligneux de tous les arbres soient excentriques, et toujours plus éloignés du centre ou de l'axe du tronc de l'arbre du côté du midi que du côté du nord, ce qu'ils proposent aux voyageurs qui seraient égarés dans les forêts, comme un moyen assuré de s'orienter et de retrouver la route.

Nous avons cru devoir nous assurer par nous-mêmes de ces deux faits; et d'abord, pour reconnaître si les arbres transplantés souffrent lorsqu'ils se trouvent à une situation contraire à celle qu'ils avaient dans la pépinière, nous avons choisi cinquante ormes qui avaient été élevés dans une vigne, et non pas dans une pépinière touffue, afin d'avoir des sujets dont l'exposition fût bien décidée. J'ai fait, à une même hauteur, élever tous ces arbres, dont le tronc avait douze à treize pouces de circonférence, et, avant de les arracher, j'ai marqué d'une petite entaille le côté exposé au midi, ensuite je les ai fait planter sur deux lignes, observant de les mettre alternativement, un dans la situation où il avait été élevé, et l'autre dans une situation contraire, en sorte que j'ai eu vingt-cinq arbres orientés comme dans la vigne à comparer avec vingt-cinq autres qui étaient dans une situation tout opposée: en les plantant ainsi alternativement, j'ai évité tous les soupçons qui auraient pu naître des veines de terre, dont la qualité change quelquefois tout d'un coup. Mes arbres sont prêts à faire leur troisième pousse, je les ai bien examinés, il ne me paraît pas qu'il y ait aucune différence entre les uns et les autres; il est probable qu'il n'y en aura pas dans la suite, car si le changement d'exposition doit produire quelque chose, ce ne

peut être que dans les premières années, et jusqu'à ce que les arbres se soient accoutumés aux impressions du soleil et du vent, qu'on prétend être capables de produire un effet sensible sur ces jeunes sujets.

Nous ne déciderons cependant pas que cette attention est superflue dans tous les cas; car nous voyons, dans les terres légères, les pêchers et les abricotiers de haute tige, plantés en espalier au midi, se dessécher entièrement du côté du soleil, et ne subsister que par le côté du mur. Il semble donc que dans les pays chauds, sur le penchant des montagnes, au midi, le soleil peut produire un effet sensible sur la partie de l'écorce qui lui est exposée; mais mon expérience décide incontestablement que, dans notre climat et dans les situations ordinaires, il est inutile d'orienter les arbres qu'on transplante; c'est toujours une attention de moins, qui ne laisserait pas que de gêner lorsqu'on plante des arbres en alignement; car pour peu que le tronc des arbres soit un peu courbe, ils font une grande difformité quand on n'est pas le maître de mettre la courbure dans le sens de l'alignement.

A l'égard de l'excentricité des couches ligneuses vers le midi, nous avons remarqué que les gens les plus au fait de l'exploitation des forêts ne sont point d'accord sur ce point. Tous, à la vérité, conviennent de l'excentricité des couches annuelles, mais les uns prétendent que ces couches sont plus épaisses du côté du nord, parce que, disent-ils, le soleil dessèche le côté du midi, et ils appuient leur sentiment sur le prompt accroissement des arbres des pays septentrionaux qui viennent plus vite, et grossissent davantage que ceux des pays méridionaux.

D'autres, au contraire, et c'est le plus grand nombre, prétendent avoir observé que les couches sont plus épaisses du côté du midi, et pour ajouter à leur observation un raisonnement physique, ils disent que le soleil étant le principal moteur de la sève, il doit la déterminer à passer avec plus d'abondance dans la partie où il a le plus d'action, pendant que les pluies qui viennent souvent du vent du midi humectent l'écorce, la nourrissent, ou du moins préviennent le dessèchement que la chaleur du soleil aurait pu causer.

Voilà donc ces sujets de doute entre ceux-là mêmes qui sont dans l'usage actuel d'exploiter des bois, et on ne doit pas s'en étonner, car les différentes circonstances produisent des variétés considérables dans

l'accroissement des couches ligneuses. Nous allons le prouver par plusieurs expériences; mais avant que de les rapporter, il est bon d'avertir que nous distinguons ici les chênes, d'abord en deux espèces, savoir, ceux qui portent des glands à longs pédicules, et ceux dont les glands sont presque collés à la branche. Chacune de ces espèces en donne trois autres; savoir, les chênes qui portent de très-gros glands, ceux dont les glands sont de médiocre grosseur, et enfin ceux dont les glands sont très-petits. Cette division, qui serait grossière et imparfaite pour un botaniste, suffit aux forestiers, et nous l'avons adoptée, parce que nous avons cru apercevoir quelque différence dans la qualité du bois de ces espèces, et que, d'ailleurs, il se trouve dans nos forêts un très-grand nombre d'espèces différentes de chênes dont le bois est absolument semblable, auxquelles, par conséquent, nous n'avons pas eu égard.

EXPÉRIENCES.

I.

Le 27 mars 1734, pour nous assurer si les arbres croissent du côté du midi plus que du côté du nord, M. de Buffon a fait couper un chêne à gros glands, âgé d'environ soixante ans, à un bon pied et demi au-dessus de la surface du terrain, c'est-à-dire dans l'endroit où la tige commence à se bien arrondir, car les racines causent toujours un élargissement au pied des arbres; celui-ci était situé dans une lisière découverte à l'orient, mais un peu couverte au nord d'un côté, et de l'autre au midi. Il a fait faire la coupe le plus horizontalement qu'il a été possible, et, ayant mis la pointe d'un compas dans le centre des cercles annuels, il a reconnu qu'il coïncidait avec celui de la circonférence de l'arbre, et qu'ainsi tous les côtés avaient également grossi; mais ayant fait couper ce même arbre à vingt pieds plus haut, le côté du nord était plus épais que celui du midi; il a remarqué qu'il y avait une grosse branche du côté du nord, un peu au-dessus de vingt pieds.

2.

Le même jour il a fait couper de la même façon, à un pied et demi au-dessus de terre, un chêne à petits glands, âgé d'environ quatre-vingts ans; situé comme le précédent; il avait plus grossi du côté du midi que du côté du nord. Il a observé qu'il y avait au-dedans de l'arbre un nœud fort serré du côté du nord, qui venait des racines.

3.

Le même jour il a fait couper de même un chêne à glands de médiocre grosseur, âgé de soixante ans, dans une lisière exposée au midi; le côté du midi était plus fort que celui du nord, mais il l'était beaucoup moins que celui du levant. Il a fait fouiller au pied de l'arbre, et il a vu que la plus grosse racine était du côté du levant; il a ensuite fait couper cet arbre à deux pieds plus haut, c'est-à-dire à près de quatre pieds de terre en tout, et à cette hauteur le côté du nord était plus épais que tous les autres.

4.

Le même jour il a fait couper à la même hauteur un chêne à gros glands, âgé d'environ soixante ans, dans une lisière exposée au levant; et il a trouvé qu'il avait également grossi de tous côtés; mais à un pied et demi plus haut, c'est-à-dire à trois pieds au-dessus de la terre, le côté du midi était un peu plus épais que celui du nord.

5.

Un autre chêne à gros glands, âgé d'environ trente-cinq ans, d'une lisière exposée au levant, avait grossi d'un tiers de plus du côté du midi que du côté du nord, à un pied au-dessus de terre; mais à un pied plus haut cette inégalité diminuait déjà, et à un pied plus haut il avait également grossi de tous côtés: cependant en le faisant encore couper plus haut, le côté du midi était un tant soit peu plus fort.

6.

Un autre chêne à gros glands, âgé de trente-cinq ans, d'une lisière exposée au midi, coupé à trois pieds au-dessus de terre, était un peu plus fort au midi qu'au nord, mais bien plus fort du côté du levant que d'aucun autre côté.

7.

Un autre chêne de même âge et mêmes glands, situé au milieu des bois, était également crû du côté du midi et du côté du nord, et plus du côté du levant que du côté du couchant.

8.

Le 29 mars 1734, il a continué ces épreuves, et il a fait couper, à un pied et demi au-dessus de terre, un chêne à gros glands, d'une très-belle venue, âgé de quarante ans,

dans une lisière exposée au midi; il avait grossi du côté du nord beaucoup plus que d'aucun autre côté, celui du midi était même le plus faible de tous. Ayant fait fouiller au pied de l'arbre, il a trouvé que la plus grosse racine était du côté du nord.

9.

Un autre chêne, de même espèce, même âge, et à la même exposition, coupé à la même hauteur d'un pied et demi au-dessus de la surface du terrain, avait grossi du côté du midi plus que du côté du nord. Il a fait fouiller au pied, et il a trouvé qu'il y avait une grosse racine du côté du midi, et qu'il n'y en paraissait point du côté du nord.

10.

Un autre chêne de même espèce, mais âgé de soixante ans, et absolument isolé, avait plus grossi du côté du nord que d'aucun autre côté. En fouillant, il a trouvé que la plus grosse racine était du côté du nord.

Je pourrais joindre à ces observations beaucoup d'autres pareilles, que M. de Buffon a fait exécuter en Bourgogne, de même qu'un grand nombre que j'ai faites dans la forêt d'Orléans, qui se montent à l'examen de plus de quarante arbres, mais dont il m'a paru inutile de donner le détail. Il suffit de dire qu'elles décident toutes que l'aspect du midi ou du nord n'est point du tout la cause de l'excentricité des couches ligneuses, mais qu'elle ne doit s'attribuer qu'à la position des racines et des branches, de sorte que les couches ligneuses sont toujours plus épaisses du côté où il y a plus de racines ou de plus vigoureuses. Il ne faut cependant pas manquer de rapporter une expérience que M. de Buffon a faite, et qui est absolument décisive.

Il choisit, ce même jour 29 mars, un chêne isolé, auquel il avait remarqué quatre racines à peu près égales et disposées assez régulièrement, en sorte que chacune répondait à très-peu près à un des quatre points cardinaux, et, l'ayant fait couper à un pied et demi au-dessus de la surface du terrain, il trouva, comme il le soupçonnait, que le centre des couches ligneuses coïncidait avec celui de la circonférence de l'arbre, et que, par conséquent, il avait grossi de tous côtés également.

Ce qui nous a pleinement convaincus que la vraie cause de l'excentricité des couches ligneuses est la position des racines, et quel-

quelques fois des branches, et que, si l'aspect du midi ou du nord, etc., influe sur les arbres pour les faire grossir inégalement, ce ne peut être que d'une manière insensible, puisque, dans tous ces arbres, tantôt c'étaient les couches ligneuses du côté du midi qui étaient les plus épaisses, et tantôt celles du côté du nord ou de tout autre côté, et que, quand nous avons coupé des troncs d'arbres à différentes hauteurs, nous avons trouvé les couches ligneuses, tantôt plus épaisses d'un côté, tantôt d'un autre.

Cette dernière observation m'a engagé à faire fendre plusieurs corps d'arbres par le milieu. Dans quelques-uns le cœur suivait à peu près en ligne droite l'axe du tronc; mais dans le plus grand nombre, et dans les bois même les plus parfaits et de la meilleure fente, il faisait des inflexions en forme de zigzag; outre cela, dans le centre de presque tous les arbres, j'ai remarqué aussi-bien que M. de Buffon, que, dans une épaisseur d'un pouce ou un pouce et demi vers le centre, il y avait plusieurs petits nœuds, en sorte que le bois ne s'est trouvé bien franc qu'au-delà de cette petite épaisseur.

Ces nœuds viennent sans doute de l'éruption des branches que le chêne pousse en quantité dans sa jeunesse, qui, venant à périr, se recouvrent avec le temps, et forment ces petits nœuds auxquels on doit attribuer en partie cette direction irrégulière du cœur qui n'est pas naturelle aux arbres. Elle peut venir aussi de ce qu'ils ont perdu dans leur jeunesse leur flèche ou montant principal par la gelée, l'abrouissement du bétail, la force du vent ou de quelque autre accident; car ils sont alors obligés de nourrir des branches latérales pour en former leurs tiges; et le cœur de ces branches ne répondant pas à celui du tronc, il s'y fait un changement de direction. Il est vrai que peu à peu ces branches se redressent, mais il reste toujours une inflexion dans le cœur de ces arbres.

Nous n'avons donc pas aperçu que l'exposition produisit rien de sensible sur l'épaisseur des couches ligneuses, et nous croyons que, quand on en remarque plus d'un côté que d'un autre, elle vient presque toujours de l'insertion des racines, ou de l'éruption de quelques branches, soit que ces branches existent actuellement, ou qu'ayant péri, leur place soit recouverte. Les plaies cicatrisées, la gélivure, le double aubier, dans un même arbre, peuvent encore produire

cette augmentation d'épaisseur des couches ligneuses; mais nous la croyons absolument indépendante de l'exposition, ce que nous allons encore prouver par plusieurs observations familières.

OBSERVATIONS.

1.

Tout le monde peut avoir remarqué, dans les vergers, des arbres qui s'emportent, comme disent les jardiniers, sur une de leurs branches, c'est-à-dire qu'ils poussent sur cette branche avec vigueur, pendant que les autres restent chétives et languissantes. Si l'on fouille au pied de ces arbres pour examiner leurs racines, on trouvera à peu près la même chose qu'au-dehors de la terre, c'est-à-dire que du côté de la branche vigoureuse, il y aura de vigoureuses racines, pendant que celles de l'autre côté seront en mauvais état.

2.

Qu'un arbre soit planté entre un gazon et une terre façonnée, ordinairement la partie de l'arbre qui est du côté de la terre labourée, sera plus verte et plus vigoureuse que celle qui répond au gazon.

3.

On voit souvent un arbre perdre subitement une branche, et si l'on fouille au pied, on trouve le plus ordinairement la cause de cet accident dans le mauvais état où se trouvent les racines qui répondent à la branche qui a péri.

4.

Si on coupe une grosse racine à un arbre comme on le fait quelquefois pour mettre un arbre à fruit, ou pour l'empêcher de s'emporter sur une branche, on fait languir la partie de l'arbre à laquelle cette racine correspondait, mais il n'arrive pas toujours que ce soit celle qu'on voulait affaiblir, parce qu'on n'est pas toujours assuré à quelle partie de l'arbre une racine porte sa nourriture, et une même racine la porte souvent à plusieurs branches; nous en allons dire quelque chose dans un moment.

5.

Qu'on fende un arbre, depuis une de ses branches, par son tronc, jusqu'à une de ses racines, on pourra remarquer que les racines, de même que les branches, sont formées d'un faisceau de fibres, qui sont une conti-

nuation des fibres longitudinales du tronc de l'arbre.

Toutes ces observations semblent prouver que le tronc des arbres est composé de différents paquets de fibres longitudinales, qui répondent par un bout à une racine, et par l'autre, quelquefois à une, et d'autres fois à plusieurs branches; en sorte que chaque faisceau de fibres paraît recevoir sa nourriture de la racine dont il est une continuation. Suivant cela, quand une racine périt, il s'en devrait suivre le dessèchement d'un faisceau de fibres dans la partie du tronc et dans la branche correspondante; mais il faut remarquer :

1^o. Que dans ce cas les branches ne font que languir, et ne meurent pas entièrement;

2^o. Qu'ayant greffé par le milieu sur un sujet vigoureux une branche d'orme assez forte qui était chargée d'autres petites branches, les rameaux qui étaient sur la partie inférieure de la branche greffée poussèrent, quoique plus faiblement que ceux du sujet. Et j'ai vu aux Chartreux de Paris, un oranger subsister et grossir en cette situation quatre ou cinq mois sur le sauvageon où il avait été greffé. Ces expériences prouvent que la nourriture qui est portée à une partie d'un arbre, se communique à toutes les autres, et par conséquent la sève a un mouvement de communication latérale. On peut voir sur cela les expériences de M. Hales; mais ce mouvement latéral ne nuit pas assez au mouvement direct de la sève, pour l'empêcher de se rendre en plus grande abondance à la partie de l'arbre, et au faisceau même des fibres qui correspond à la racine qui la fournit, et c'est ce qui fait qu'elle se distribue principalement à une partie des branches de l'arbre, et qu'on voit ordinairement la partie de l'arbre où répond une racine vigoureuse, profiter plus que tout le reste, comme on le peut remarquer sur les arbres des lisières des forêts, car leurs meilleures racines étant presque toujours du côté du champ, c'est aussi de ce côté que les couches ligneuses sont communément les plus épaisses.

Ainsi il paraît par les expériences que nous venons de rapporter, que les couches ligneuses sont plus épaisses dans les endroits de l'arbre où la sève a été portée en plus grande abondance, soit que cela vienne des racines ou des branches, car on sait que les unes et les autres agissent de concert pour le mouvement de la sève.

C'est cette même abondance de sève qui

fait que l'aubier se transforme plus tôt en bois, c'est d'elle que dépend l'épaisseur relative du bois parfait avec l'aubier dans les différents terrains et dans les diverses espèces, car l'aubier n'est autre chose qu'un bois imparfait, un bois moins dense, qui a besoin que la sève le traverse, et y dépose des parties fixes pour remplir ses pores, et le rendre semblable au bois; la partie de l'aubier dans laquelle la sève passera en plus grande abondance, sera donc celle qui se transformera plus promptement en bois parfait, et cette transformation doit, dans les mêmes espèces, suivre la qualité du terrain.

EXPÉRIENCES.

M. de Buffon a fait scier plusieurs chênes à deux ou trois pieds de terre, et ayant fait polir la coupe avec la plane, voici ce qu'il a remarqué :

Un chêne, âgé de quarante-six ans environ, avait d'un côté quatorze couches annuelles d'aubier, et du côté opposé il en avait vingt; cependant les quatorze couches étaient d'un quart plus épaisses que les vingt de l'autre côté.

Un autre chêne, qui paraissait du même âge, avait d'un côté seize couches d'aubier, et du côté opposé il y en avait vingt-deux; cependant les seize couches étaient d'un quart plus épaisses que les vingt-deux.

Un autre chêne, de même âge, avait d'un côté vingt couches d'aubier, et du côté opposé il en avait vingt-quatre; cependant les vingt couches étaient d'un quart plus épaisses que les vingt-quatre.

Un autre chêne, de même âge, avait d'un côté dix couches d'aubier, et du côté opposé il en avait quinze; cependant les dix couches étaient d'un sixième plus épaisses que les quinze.

Un autre chêne, de même âge, avait d'un côté quatorze couches d'aubier, et de l'autre vingt-une; cependant les quatorze couches étaient d'une épaisseur presque double de celle des vingt-une.

Un chêne, de même âge, avait d'un côté onze couches d'aubier, et du côté opposé il en avait dix-sept; cependant les onze couches étaient d'une épaisseur double de celles des dix-sept.

Il a fait de semblables observations sur les trois espèces de chênes qui se trouvent le plus ordinairement dans les forêts, et il n'y a point aperçu de différence.

Toutes ces expériences prouvent que l'é-

paisseur de l'aubier est d'autant plus grande que le nombre des couches qui le forment est plus petit. Ce fait paraît singulier, l'explication en est cependant aisée. Pour la rendre plus claire, supposons pour un instant qu'on ne laisse à un arbre que deux racines, l'une à droite, double de celle qui est à gauche; si on n'a point d'attention à la communication latérale de la sève, le côté droit de l'arbre recevrait une fois autant de nourriture que le côté gauche; les cercles annuels grossiraient donc plus à droite qu'à gauche, et en même temps la partie droite de l'arbre se transformerait plus promptement en bois parfait que la partie gauche, parce qu'en se distribuant plus de sève dans la partie droite que dans la gauche, il se déposerait dans les interstices de l'aubier un plus grand nombre de parties fixes propres à former le bois.

Il nous paraît donc assez bien prouvé que de plusieurs arbres plantés dans le même terrain, ceux qui croissent plus vite ont leurs couches ligneuses plus épaisses, et qu'en même temps leur aubier se convertit plus tôt en bois que dans les arbres qui croissent lentement. Nous allons maintenant faire voir que les chênes qui sont crûs dans les terrains maigres, ont plus d'aubier, par proportion à la quantité de leur bois, que ceux qui sont crûs dans les bons terrains. Effectivement, si l'aubier ne se convertit en bois parfait qu'à proportion que la sève qui le traverse y dépose des parties fixes, il est clair que l'aubier sera bien plus long-temps à se convertir en bois dans les terrains maigres que dans les bons terrains.

C'est aussi ce que j'ai remarqué en examinant des bois qu'on abattait dans une vente, dont le bois était beaucoup meilleur à une de ses extrémités qu'à l'autre, simplement parce que le terrain y avait plus de fonds.

Les arbres qui étaient venus dans la partie où il y avait moins de bonne terre, étaient moins gros, leurs couches ligneuses étaient plus minces que dans les autres, ils avaient un plus grand nombre de couches d'aubier, et même généralement plus d'aubier par proportion à la grosseur de leur bois; je dis par proportion au bois, car si on se contentait de mesurer avec un compas l'épaisseur de l'aubier dans les deux terrains, on le trouverait communément bien plus épais dans le bon terrain que dans l'autre.

M. de Buffon a suivi bien plus loin ces ob-

servations; car ayant fait abattre dans un terrain sec et graveleux, où les arbres commencent à couronner à trente ans, un grand nombre de chênes à médiocres et petits glands, tous âgés de quarante-six ans, il fit aussi abattre autant de chênes de même espèce et du même âge dans un bon terrain, où le bois ne couronne que fort tard. Ces deux terrains sont à une portée de fusil l'un de l'autre, à la même exposition, et ils ne diffèrent que par la qualité et la profondeur de la bonne terre, qui dans l'un est de quelques pieds, et dans l'autre de huit à neuf pouces seulement. Nous avons pris avec une règle et un compas les mesures du cœur et de l'aubier de tous ces différents arbres, et, après avoir fait une table de ces mesures, et avoir pris la moyenne entre toutes, nous avons trouvé :

1^o. Qu'à l'âge de quarante-six ans, dans le terrain maigre, les chênes communs ou de glands médiocres, avaient 1 d'aubier et $2 + \frac{2}{9}$ de cœur, et les chênes de petits glands 1 d'aubier et $1 + \frac{1}{10}$ de cœur: ainsi, dans le terrain maigre, les premiers ont plus du double de cœur que les derniers;

2^o. Qu'au même âge de quarante-six ans dans un bon terrain, les chênes communs avaient 1 d'aubier et 3 de cœur, et les chênes de petits glands 1 d'aubier et $2 \frac{1}{2}$ de cœur; ainsi, dans les bons terrains, les premiers ont un sixième de cœur plus que les derniers;

3^o. Qu'au même âge de quarante-six ans, dans le même terrain maigre, les chênes communs avaient seize ou dix-sept couches ligneuses d'aubier, et les chênes de petits glands en avaient vingt-une; ainsi l'aubier se convertit plus tôt en cœur dans les chênes communs que dans les chênes de petits glands;

4^o. Qu'à l'âge de quarante-six ans, la grosseur du bois de service, y compris l'aubier des chênes à petits glands dans le mauvais terrain est à la grosseur du bois de service des chênes de même espèce dans le bon terrain, comme $21 \frac{1}{2}$ sont à 29; d'où l'on tire, en supposant les hauteurs égales, la proportion de la quantité de bois de service dans le bon terrain, à la quantité dans le mauvais terrain, comme 841 sont à 462, c'est-à-dire presque double; et comme les arbres de même espèce s'élèvent à proportion de la bonté et de la profondeur du terrain, on peut assurer que la quantité du bois que fournit un bon terrain, est beaucoup plus du

double de celle que produit un mauvais terrain. Nous ne parlons ici que du bois de service, et point du tout du taillis; car après avoir fait les mêmes épreuves et les mêmes calculs sur des arbres beaucoup plus jeunes, comme de vingt-cinq à trente ans, dans le bon et le mauvais terrain, nous avons trouvé que les différences n'étaient pas, à beaucoup près, si grandes; mais comme ce détail serait un peu long, et que d'ailleurs il y entre quelques expériences sur l'aubier et le cœur du chêne, selon les différents âges, sur le temps absolu qu'il faut à l'aubier pour se transformer en cœur, et sur le produit des terrains maigres, comparé au produit des bons terrains, nous renvoyons le tout à un autre Mémoire.

Il n'est donc pas douteux que, dans les terrains maigres, l'aubier ne soit plus épais, par proportion au bois, que dans les bons terrains; et quoique nous ne rapportions rien ici que sur les proportions des arbres qui se sont trouvés bien sains, cependant nous remarquerons en passant, que ceux qui étaient un peu gâtés, avaient toujours plus d'aubier que les autres. Nous avons pris aussi les mêmes proportions du cœur et de l'aubier dans les chênes de différents âges, et nous avons reconnu que les couches ligneuses étaient plus épaisses dans les jeunes arbres que dans les vieux, mais aussi qu'il y en avait une bien moindre quantité. Con-

cluons donc de nos expériences et de nos observations :

1^o. Que, dans tous les cas où la sève est portée avec plus d'abondance, les couches ligneuses, de même que les couches d'aubier, y sont plus épaisses, soit que l'abondance de cette sève soit un effet de la bonté du terrain ou de la bonne constitution de l'arbre, soit qu'elle dépende de l'âge de l'arbre, de la position des branches ou des racines, etc.;

2^o. Que l'aubier se convertit d'autant plus tôt en bois, que la sève est portée avec plus d'abondance dans des arbres ou dans une portion de ces arbres que dans une autre, ce qui est une suite de ce que nous venons de dire ;

3^o. Que l'excentricité des couches ligneuses dépend entièrement de l'abondance de la sève qui se trouve plus grande dans une portion d'un arbre que dans une autre; ce qui est toujours produit par la vigueur des racines, ou des branches qui répondent à la partie de l'arbre où les couches sont les plus épaisses et les plus éloignées du centre.;

4^o. Que le cœur des arbres suit très-rarement l'axe du tronc, ce qui est produit quelquefois par l'épaisseur inégale des couches ligneuses dont nous venons de parler, et quelquefois par des plaies recouvertes, ou des extravasions de substance, et souvent par les accidents qui ont fait périr le montant principal.

QUATORZIÈME MÉMOIRE.

OBSERVATIONS DES DIFFÉRENTS EFFETS QUE PRODUISENT SUR LES VÉGÉTAUX LES GRANDES GELÉES D'HIVER ET LES PETITES GELÉES DU PRINTEMPS.

PAR MM. DUHAMEL ET DE BUFFON.

LA physique des végétaux, qui conduit à la perfection de l'agriculture, est une de ces sciences dont le progrès ne s'augmente que par une multitude d'observations qui ne peuvent être l'ouvrage ni d'un homme seul ni d'un temps borné. Aussi ces observations ne passent-elles guère pour certaines, que lorsqu'elles ont été répétées et combinées en différents lieux, en différentes saisons, et par différentes personnes qui aient eu les mêmes idées. C'a été dans cette vue que nous nous sommes joints, M. de Buffon et moi, pour travailler de concert à l'éclaircissement d'un nombre de phénomènes difficiles à expliquer dans cette partie de l'histoire de la nature, de la connaissance desquels il peut résulter une infinité de choses utiles dans la pratique de l'agriculture.

L'accueil dont l'Académie a favorisé les prémices de cette association, je veux dire le Mémoire formé de nos observations sur l'excentricité des couches ligneuses, sur l'inégalité de l'épaisseur de ces couches, sur les circonstances qui font que l'aubier se convertit plus tôt en bois, où reste plus longtemps dans son état d'aubier; cet accueil, dis-je, nous a encouragés à donner également toute notre attention à un autre point de cette physique végétale, qui ne demandait pas moins de recherches, et qui n'a pas moins d'utilité que le premier.

La gelée est quelquefois si forte pendant l'hiver, qu'elle détruit presque tous les végétaux, et la disette de 1709 est une époque de ses cruels effets.

Les grains périrent entièrement, quelques espèces d'arbres, comme les noyers, périrent aussi sans ressource; d'autres, comme les oliviers et presque tous les arbres fruitiers, furent moins maltraités, ils repoussèrent de dessus leur souche, leurs racines n'ayant point été endommagées. Enfin, plu-

sieurs grands arbres plus vigoureux poussèrent au printemps presque sur toutes leurs branches, et ne parurent pas en avoir beaucoup souffert. Nous ferons cependant remarquer dans la suite les dommages réels et irréparables que cet hiver leur a causés.

Une gelée qui nous prive des choses les plus nécessaires à la vie, qui fait périr entièrement plusieurs espèces d'arbres utiles, et n'en laisse presque aucun qui ne se resente de sa rigueur, est certainement des plus redoutables; ainsi, nous avons tout à craindre des grandes gelées qui viennent pendant l'hiver, et qui nous réduiraient aux dernières extrémités, si nous en ressentions plus souvent les effets; mais heureusement on ne peut citer que deux à trois hivers qui, comme celui de l'année 1709, aient produit une calamité si générale.

Les plus grands désordres que causent jamais les gelées du printemps, ne portent pas à beaucoup près sur des choses aussi essentielles, quoiqu'elles endommagent les grains, et principalement le seigle lorsqu'il est nouvellement épié et en lait; on n'a jamais vu que cela ait produit de grandes disettes, elles n'affectent pas les parties les plus solides des arbres, leur tronc ni leurs branches, mais elles détruisent totalement leurs productions, et nous privent de récoltes de vins et de fruits, et par la suppression des nouveaux bourgeons elles causent un dommage considérable aux forêts.

Ainsi, quoiqu'il y ait quelques exemples que la gelée d'hiver nous ait réduits à manquer de pain, et à être privés pendant plusieurs années d'une infinité de choses utiles que nous fournissent les végétaux, le dommage que causent les gelées du printemps nous devient encore plus important, parce qu'elles nous affligent beaucoup plus fréquemment; car comme il arrive presque tous

les ans quelques gelées en cette saison, il est rare qu'elles ne diminuent nos revenus.

A ne considérer que les effets de la gelée, même très-superficiellement, on aperçoit déjà que ceux que produisent les fortes gelées d'hiver, sont très-différents de ceux qui sont occasionés par les gelées du printemps, puisque les unes attaquent le corps même et les parties les plus solides des arbres, au lieu que les autres détruisent simplement leurs productions, et s'opposent à leurs accroissements. C'est ce qui sera plus amplement prouvé dans la suite de ce Mémoire.

Mais nous ferons voir en même temps qu'elles agissent dans des circonstances bien différentes, et que ce ne sont pas toujours les terroirs, les expositions et les situations où l'on remarque que les gelées d'hiver ont produit de plus grands désordres, qui souffrent le plus des gelées du printemps.

On conçoit bien que nous n'avons pas pu parvenir à faire cette distinction des effets de la gelée, qu'en rassemblant beaucoup d'observations, qui rempliront la plus grande partie de ce Mémoire. Mais seraient-elles simplement curieuses, et n'auraient-elles d'utilité que pour ceux qui voudraient rechercher la cause physique de la gelée? Nous espérons de plus qu'elles seront profitables à l'agriculture, et que si elles ne nous mettent pas à portée de nous garantir entièrement des torts que nous fait la gelée, elles nous donneront des moyens pour en parer une partie: c'est ce que nous aurons soin de faire sentir, à mesure que nos observations nous en fourniront l'occasion. Il faut donc en donner le détail, que nous commencerons par ce qui regarde les grandes gelées d'hiver, nous parlerons ensuite des gelées du printemps.

Nous ne pouvons pas raisonner avec autant de certitude des gelées d'hiver que de celles du printemps, parce que, comme nous l'avons déjà dit, on est assez heureux pour n'éprouver que rarement leurs tristes effets.

La plupart des arbres étant, dans cette saison, dépouillés de fleurs, de fruits et de feuilles, ont ordinairement leurs bourgeons endurcis et en état de supporter des gelées assez fortes, à moins que l'été précédent n'ait été frais; car en ce cas les bourgeons n'étant pas parvenus à ce degré de maturité que les jardiniers appellent *aoûtés*, ils sont hors d'état de résister aux plus médiocres gelées d'hiver; mais ce n'est pas l'ordinaire, et le plus souvent les bourgeons mûrissent avant l'hiver, et les arbres supportent les rigueurs

de cette saison sans en être endommagés, à moins qu'il ne vienne des froids excessifs, joints à des circonstances fâcheuses, dont nous parlerons dans la suite.

Nous avons cependant trouvé dans les forêts beaucoup d'arbres attaqués de défauts considérables, qui ont certainement été produits par les fortes gelées dont nous venons de parler, et particulièrement par celle de 1709; car quoique cette énorme gelée commence à être assez ancienne, elle a produit dans les arbres qu'elle n'a pas entièrement détruits, des défauts qui ne s'effaceront jamais.

Ces défauts sont, 1^o des gerces qui suivent la direction des fibres, et que les gens de forêts appellent *gélivures*;

2^o. Une portion de bois mort renfermée dans le bon bois, ce que les forestiers appellent la *gélivure entrelardée*.

Enfin le double aubier qui est une couronne entière de bois imparfait, remplie et recouverte par de bon bois: il faut détailler ces défauts, et dire d'où ils procèdent. Nous allons commencer par ce qui regarde le double aubier.

L'aubier est, comme l'on sait, une couronne ou une ceinture plus ou moins épaisse de bois blanc et imparfait, qui dans presque tous les arbres se distingue aisément du bois parfait, qu'on appelle le *cœur*, par la différence de sa couleur et de sa dureté. Il se trouve immédiatement sous l'écorce, et il enveloppe le bois parfait, qui dans les arbres sains est à peu près de la même couleur, depuis la circonférence jusqu'au centre; mais dans ceux dont nous voulons parler, le bois parfait se trouve séparé par une seconde couronne de bois blanc, en sorte que sur la coupe du tronc d'un de ces arbres, on voit alternativement une couronne d'aubier, puis une de bois parfait, ensuite une seconde couronne d'aubier, et enfin un massif de bois parfait. Ce défaut est plus ou moins grand, et plus ou moins commun, selon les différents terrains et les différentes situations; dans les terres fortes et dans le touffu des forêts, il est plus rare et moins considérable que dans les clairières et dans les terres légères.

A la seule inspection de ces couronnes de bois blanc, que nous appellerons dans la suite le *faux aubier*, on voit qu'elles sont de mauvaise qualité; cependant pour en être plus certain, M. de Buffon en a fait faire plusieurs petits soliveaux de deux pieds de

longueur sur neuf à dix lignes d'équarrissage, et en ayant fait faire de pareils de véritable aubier, il a fait rompre les uns et les autres en les chargeant dans leur milieu, et ceux de faux aubier ont toujours rompu sous un moindre poids que ceux du véritable aubier, quoique, comme l'on sait, la force de l'aubier soit très-petite en comparaison de celle du bois formé.

Il a ensuite pris plusieurs morceaux de ces deux espèces d'aubier, il les a pesés dans l'air et ensuite dans l'eau, et il a trouvé que la pesanteur spécifique de l'aubier naturel était toujours plus grande que celle du faux aubier. Il a fait la même expérience avec le bois du centre de ces mêmes arbres, pour le comparer à celui de la couronne qui se trouve entre les deux aubiers, et il a reconnu que la différence était à peu près celle qui se trouve naturellement entre la pesanteur du bois du centre de tous les arbres et celle de la circonférence; ainsi tout ce qui est devenu bois parfait dans ces arbres défectueux, s'est trouvé à peu près dans l'ordre ordinaire. Mais il n'en est pas de même du faux aubier, puisque, comme le prouvent les expériences que nous venons de rapporter, il est plus faible, plus tendre et plus léger que le vrai aubier, quoiqu'il ait été formé vingt et vingt-cinq ans auparavant; ce que nous avons reconnu en comptant les cercles annuels, tant de l'aubier que du bois qui recouvre ce faux aubier; et cette observation que nous avons répétée sur nombre d'arbres, prouve incontestablement que ce défaut est une suite du grand froid de 1709: car il ne faut pas être surpris de trouver toujours quelques couches de moins que le nombre des années qui se sont écoulées depuis 1709, non-seulement parce qu'on ne peut jamais avoir par le nombre des couches ligneuses l'âge des arbres qu'à trois ou quatre années près, mais encore parce que les premières couches ligneuses qui se sont formées depuis 1709, étaient si minces et si confuses, qu'on ne peut les distinguer bien exactement.

Il est encore sûr que c'est la portion de l'arbre qui était en aubier dans le temps de la grande gelée de 1709, qui au lieu de se perfectionner et de se convertir en bois, est au contraire devenue plus défectueuse; on n'en peut pas douter après les expériences que M. de Buffon a faites pour s'assurer de la qualité de ce faux aubier.

D'ailleurs, il est plus naturel de penser que l'aubier doit plus souffrir des grandes

gelées que le bois formé, non-seulement parce que, étant à l'extérieur de l'arbre, il est plus exposé au froid, mais encore parce qu'il contient plus de sève, et que les fibres sont plus tendres et plus délicates que celles du bois. Tout cela paraît d'abord souffrir peu de difficulté, cependant on pourrait objecter l'observation rapportée dans l'*Histoire de l'Académie*, année 1710, par laquelle il paraît qu'en 1709 les jeunes arbres ont mieux supporté le grand froid que les vieux arbres; mais comme le fait que nous venons de rapporter est certain, il faut bien qu'il y ait quelque différence entre les parties organiques, les vaisseaux, les fibres, les vésicules, etc., de l'aubier des vieux arbres et de celui des jeunes: elles seront peut-être plus souples, plus capables de prêter dans ceux-ci que dans les vieux, de telle sorte qu'une force qui sera capable de faire rompre les unes, ne fera que dilater les autres. Au reste, comme ce sont là des choses que les yeux ne peuvent apercevoir, et dont l'esprit reste peu satisfait, nous passerons plus légèrement sur ces conjectures, et nous nous contenterons des faits que nous avons bien observés. Cet aubier a donc beaucoup souffert de la gelée, c'est une chose incontestable, mais a-t-il été entièrement désorganisé? il pourrait l'être sans qu'il s'en fût suivi la mort de l'arbre; pourvu que l'écorce fût restée saine, la végétation aurait pu continuer. On voit tous les jours des saules et des ormes qui ne subsistent que par leur écorce; et la même chose s'est vue long-temps à la pépinière du Roule sur un oranger qui n'a péri que depuis quelques années.

Mais nous ne croyons pas que le faux aubier dont nous parlons soit mort; il m'a toujours paru être dans un état bien différent de l'aubier qu'on trouve dans les arbres qui sont attaqués de la gélivure entrelardée, et dont nous parlerons dans un moment; il a aussi paru de même à M. de Buffon, lorsqu'il en a fait faire des soliveaux et des cubes, pour les expériences que nous avons rapportées; et d'ailleurs s'il eût été désorganisé, comme il s'étend sur toute la circonférence des arbres, il aurait interrompu le mouvement latéral de la sève, et le bois du centre qui se serait trouvé recouvert par cette enveloppe d'aubier mort, n'aurait pas pu végéter, il serait mort aussi, et se serait altéré, ce qui n'est pas arrivé, comme le prouve l'expérience de M. de Buffon, que je pourrais confirmer par plusieurs que j'ai exé-

cutées avec soin, mais dont je ne parlerai pas pour le présent, parce qu'elles ont été faites dans d'autres vues; cependant on ne conçoit pas aisément comment cet aubier a pu être altéré au point de ne pouvoir se convertir en bois, et que bien loin qu'il soit mort, il ait même été en état de fournir de la sève aux couches ligneuses qui se sont formées par-dessus dans un état de perfection qu'on peut comparer au bois des arbres qui n'ont souffert aucun accident. Il faut bien cependant que la chose se soit passée ainsi, et que le grand hiver ait causé une maladie incurable à cet aubier; car s'il était mort aussi-bien que l'écorce qui le recouvre, il n'est pas douteux que l'arbre aurait péri entièrement; c'est ce qui est arrivé en 1709 à plusieurs arbres dont l'écorce s'est détachée, qui par un reste de sève qui était dans leur tronc, ont poussé au printemps; mais qui sont morts d'épuisement avant l'automne, faute de recevoir assez de nourriture pour subsister.

Nous avons trouvé de ces faux aubiers qui étaient plus épais d'un côté que d'un autre, ce qui s'accorde à merveille avec l'état le plus ordinaire de l'aubier. Nous en avons aussi trouvé de très-minces; apparemment qu'il n'y avait eu que quelques couches d'aubier d'endommagées. Tous ces faux aubiers ne sont pas de la même couleur, et n'ont pas souffert une altération égale, ils ne sont pas aussi mauvais les uns que les autres, et cela s'accorde à merveille avec ce que nous avons dit plus haut. Enfin nous avons fait fouiller au pied de quelques-uns de ces arbres, pour voir si ce même défaut existait aussi dans les racines, mais nous les avons trouvées très-saines, ainsi il est probable que la terre qui les recouvrait les avait garanties du grand froid.

Voilà donc un effet des plus fâcheux des gelées d'hiver, qui, pour être renfermé dans l'intérieur des arbres, n'en est pas moins à craindre, puisqu'il rend les arbres qui en sont attaqués, presque inutiles pour toutes sortes d'ouvrages; mais outre cela il est très-fréquent, et on a toutes les peines du monde à trouver quelques arbres qui en soient totalement exempts; cependant on doit conclure, des observations que nous venons de rapporter, que tous les arbres dont le bois ne suit pas une nuance réglée depuis le centre où il doit être d'une couleur plus foncée jusqu'auprès de l'aubier, où la couleur s'éclaircit un peu, doivent être soupçonnés de quelques défauts, et même être entièrement

rebutés pour les ouvrages de conséquence, si la différence est considérable. Disons maintenant un mot de cet autre défaut que nous avons appelé la *gélivure entretardée*.

En sciant horizontalement des pieds d'arbres, on aperçoit quelquefois un morceau d'aubier mort et d'écorce desséchée, qui sont entièrement recouverts par le bois vif. Cet aubier mort occupe à peu près le quart de la circonférence dans l'endroit du tonc où il se trouve; il est quelquefois plus brun que le bon bois, et d'autres fois presque blanchâtre. Ce défaut se trouve plus fréquemment sur les coteaux exposés au midi, que partout ailleurs. Enfin par la profondeur où cet aubier se trouve, dans le tronc, il paraît dans beaucoup d'arbres avoir péri en 1709, et nous croyons qu'il est dans tous une suite des grandes gelées d'hiver, qui ont fait entièrement périr une portion d'aubier et d'écorce, qui ont ensuite été recouverts par le nouveau bois, et cet aubier mort se trouve presque toujours à l'exposition du midi, parce que le soleil venant à fondre la glace de ce côté, il en résulte une humidité qui regèle de nouveau et sitôt après que le soleil a disparu, ce qui forme un verglas qui, comme l'on sait, cause un préjudice considérable aux arbres. Ce défaut n'occupe pas ordinairement toute la longueur du tronc, de sorte que nous avons vu des pièces équarries qui paraissaient très-saines; et que l'on n'a reconnues attaquées de cette gélivure que quand on les a eu refendues, pour en faire des planches ou des membrures. Si on les eût employées de toute leur grosseur, on les aurait crues exemptes de tous défauts. On conçoit cependant combien un tel vice dans leur intérieur doit diminuer leur force et précipiter leur dépérissement.

Nous avons dit encore que les fortes gelées d'hiver faisaient quelquefois fendre les arbres suivant la direction de leurs fibres, et même avec bruit; ainsi il nous reste à rapporter les observations que nous avons pu faire sur cet accident.

On trouve dans les forêts des arbres qui, ayant été fendus suivant la direction de leurs fibres, sont marqués d'une arête qui est formée par la cicatrice qui a recouvert ces gerçures qui restent dans l'intérieur de ces arbres sans se réunir, parce que, comme nous le prouverons dans une autre occasion, il ne se forme jamais de réunion dans les fibres ligneuses sitôt qu'elles ont été séparées ou rompues. Tous les ouvriers regardent

toutes ces fentes comme l'effet des gelées d'hiver, c'est pourquoi ils appellent des gélivures, toutes les gerçures qu'ils aperçoivent dans les arbres. Il n'est pas douteux que la sève qui augmente de volume lorsqu'elle vient à geler, comme font toutes les liqueurs aqueuses, peut produire plusieurs de ces gerçures; mais nous croyons qu'il y en a aussi qui sont indépendantes de la gelée, et qui sont occasionées par une trop grande abondance de sève.

Quoi qu'il en soit, nous avons trouvé de ces défauts dans tous les terroirs et à toutes les expositions, mais plus fréquemment qu'ailleurs dans les terroirs humides, et aux expositions du nord et du couchant; peut-être cela vient-il dans un cas de ce que le froid est plus violent à ces expositions; et, dans l'autre, de ce que les arbres qui sont dans les terroirs marécageux, ont le tissu de leurs fibres ligneuses plus faible et plus rare, et de ce que leur sève est plus abondante et plus aqueuse que dans les terroirs secs, ce qui fait que l'effet de la raréfaction des liqueurs par la gelée est plus sensible et d'autant plus en état de désunir les fibres ligneuses, qu'elles y apportent moins de résistance.

Ce raisonnement paraît être confirmé par une autre observation, c'est que les arbres résineux, comme le sapin, sont rarement endommagés par les grandes gelées, ce qui peut venir de ce que leur sève est résineuse; car on sait que les huiles ne gèlent pas parfaitement, et qu'au lieu d'augmenter de volume à la gelée, comme l'eau, elles en diminuent lorsqu'elles se figent (1).

Au reste, nous avons scié plusieurs arbres attaqués de cette maladie, et nous avons presque toujours trouvé, sous la cicatrice

proéminente dont nous avons parlé, un dépôt de sève ou du bois pourri, et elle ne se distingue de ce qu'on appelle dans les forêts des *abreuvoirs* ou des *gouttières* que parce que ces défauts, qui viennent d'une altération des fibres ligneuses qui s'est produite intérieurement, n'a occasioné aucune cicatrice qui change la forme extérieure des arbres, au lieu que les gélivures qui viennent d'une gerçure qui s'est ensuite recouverte par une cicatrice, forment une arête ou une éminence en forme de corde qui annonce le vice intérieur.

Les grandes gelées d'hiver produisent sans doute bien d'autres dommages aux arbres, et nous avons encore remarqué plusieurs défauts que nous pourrions leur attribuer avec beaucoup de vraisemblance; mais comme nous n'avons pas pu nous en convaincre pleinement, nous n'ajouterons rien à ce que nous venons de dire, et nous passerons aux observations que nous avons faites sur les effets des gelées du printemps, après avoir dit un mot des avantages des différentes expositions par rapport à la gelée; car cette question est trop intéressante à l'agriculture, pour ne pas essayer de l'éclaircir, d'autant que les auteurs se trouvent dans des oppositions de sentiments plus capables de faire naître des doutes, que d'augmenter nos connaissances; les uns prétendent que la gelée se fait sentir plus vivement à l'exposition du nord, les autres voulant que ce soit à celle du midi ou du couchant; et tous ces avis ne sont fondés sur aucune observation. Nous sentons cependant bien ce qui a pu partager ainsi les sentiments, et c'est ce qui nous a mis à portée de les concilier. Mais avant que de rapporter les observations et les expériences qui nous y ont conduits, il est bon de donner une idée plus exacte de la question.

Il n'est pas douteux que c'est à l'exposition du nord qu'il fait le plus grand froid; elle est à l'abri du soleil, qui peut seul, dans les grandes gelées, tempérer la rigueur du froid; d'ailleurs elle est exposée au vent de nord, de nord-est et de nord-ouest, qui sont les plus froids de tous, non-seulement à en juger par les effets que ces vents produisent sur nous, mais encore par la liqueur des thermomètres dont la décision est bien plus certaine.

Aussi voyons-nous le long de nos espaliers, que la terre est souvent gelée et endurcie toute la journée au nord, pendant qu'elle est meuble, et qu'on la peut labourer au midi.

(1) M. Hales, ce savant observateur, qui nous a tant appris de choses sur la végétation, dit dans son livre de la *Statique des végétaux*, page 19, que ce sont les plantes qui transpirent le moins, qui résistent le mieux au froid des hivers, parce qu'elles n'ont besoin pour se conserver, que d'une très-petite quantité de nourriture. Il prouve dans le même endroit, que les plantes qui conservent leurs feuilles pendant l'hiver, sont celles qui transpirent le moins; cependant on sait que l'oranger, le myrte, et encore plus le jasmin d'Arabie, etc., sont très-sensibles à la gelée, quoique ces arbres conservent leurs feuilles pendant l'hiver; il faut donc avoir recours à une autre cause pour expliquer pourquoi certains arbres, qui ne se dépouillent pas pendant l'hiver, supportent si bien les plus fortes gelées.

Quand après cela il succède une forte gelée pendant la nuit, il est clair qu'il doit faire bien plus froid dans l'endroit où il y a déjà de la glace, que dans celui où la terre aura été échauffée par le soleil; c'est aussi pour cela que, même dans les pays chauds, on trouve encore de la neige à l'exposition du nord sur les revers des hautes montagnes; d'ailleurs la liqueur du thermomètre se tient toujours plus bas à l'exposition du nord qu'à celle du midi, ainsi il est incontestable qu'il y fait plus froid et qu'il y gèle plus fort.

En faut-il davantage pour faire conclure que la gelée doit faire plus de désordre à cette exposition qu'à celle du midi? et on se confirmera dans ce sentiment par l'observation que nous avons faite de la gélivure simple, que nous avons trouvée en plus grande quantité à cette exposition qu'à toutes les autres.

Effectivement, il est sûr que tous les accidents qui dépendront uniquement de la grande force de la gelée, tels que celui dont nous venons de parler, se trouveront plus fréquemment à l'exposition du nord que partout ailleurs. Mais est-ce toujours la grande force de la gelée qui endommage les arbres, et n'y a-t-il pas des accidents particuliers qui font qu'une gelée médiocre leur cause beaucoup plus de préjudice que ne font les gelées beaucoup plus violentes, quand elles arrivent dans des circonstances heureuses?

Nous en avons déjà donné un exemple en parlant de la gélivure entrelardée qui est produite par le verglas, et qui se trouve plus fréquemment à l'exposition du midi qu'à toutes les autres, et l'on se souvient bien encore qu'une partie des désordres qu'a produits l'hiver de 1709, doit être attribuée à un faux dégel qui fut suivi d'une gelée encore plus forte que celle qui l'avait précédée; mais les observations que nous avons faites sur les effets des gelées du printemps, nous fournissent beaucoup d'exemples pareils, qui prouvent incontestablement que ce n'est pas aux expositions où il gèle le plus fort, et où il fait le plus grand froid, que la gelée fait le plus de tort aux végétaux; nous en allons donner le détail qui va rendre sensible la proposition générale que nous venons d'avancer, et nous commencerons par une expérience que M. de Buffon a fait exécuter en grand dans ses bois, qui sont situés près de Monthard en Bourgogne.

Il a fait couper dans le courant de l'hiver 1734, un bois taillis de sept à huit arpents,

situé dans un lieu sec, sur un terrain plat, bien découvert et environné de tous côtés de terres labourables. Il a laissé dans ce même bois plusieurs petits bouquets carrés sans les abattre, et qui étaient orientés de façon que chaque face regardait exactement le midi, le nord, le levant et le couchant. Après avoir bien fait nettoyer la coupe, il a observé avec soin au printemps l'accroissement du jeune bourgeon, principalement autour des bouquets réservés; au 20 avril, il avait poussé sensiblement dans les endroits exposés au midi, et qui, par conséquent, étaient à l'abri du vent du nord par les bouquets; c'est donc en cet endroit que les bourgeons poussèrent les premiers et parurent les plus vigoureux. Ceux qui étaient à l'exposition du levant parurent ensuite, puis ceux de l'exposition du couchant, et enfin ceux de l'exposition du nord.

Le 28 avril, la gelée se fit sentir très-vivement le matin, par un vent du nord, le ciel étant fort serein et l'air fort sec, surtout depuis trois jours.

Il alla voir en quel état étaient les bourgeons autour des bouquets, et il les trouva gâtés et absolument noircis dans tous les endroits qui étaient exposés au midi et à l'abri du vent du nord, au lieu que ceux qui étaient exposés au vent froid du nord qui soufflait encore, n'étaient que légèrement endommagés, et il fit la même observation autour de tous les bouquets qu'il avait fait réserver. A l'égard des expositions du levant et du couchant, elles étaient ce jour-là à peu près également endommagées.

Les 14, 15 et 22 mai, qu'il gela assez vivement par les vents de nord et de nord-nord-ouest, il observa pareillement que tout ce qui était à l'abri du vent par les bouquets, était très-endommagé, tandis que ce qui avait été exposé au vent avait très-peu souffert. Cette expérience nous paraît décisive, et fait voir que, quoiqu'il gèle plus fort aux endroits exposés au vent du nord qu'aux autres, la gelée y fait cependant moins de tort aux végétaux.

Ce fait est assez opposé au préjugé ordinaire, mais il n'en est pas moins certain, et même il est aisé à expliquer; il suffit pour cela de faire attention aux circonstances dans lesquelles la gelée agit, et on reconnaitra que l'humidité est la principale cause de ses effets, en sorte que tout ce qui peut occasioner cette humidité rend en même temps la gelée dangereuse pour les végétaux, et tout ce qui

dissipe l'humidité, quand même ce serait en augmentant le froid, tout ce qui dessèche, diminue les désordres de la gelée. Ce fait va être confirmé par quantité d'observations.

Nous avons souvent remarqué que dans les endroits bas, et où il règne des brouillards, la gelée se fait sentir plus vivement et plus souvent qu'ailleurs.

Nous avons, par exemple, vu en automne et au printemps les plantes délicates gelées dans un jardin potager qui est situé sur le bord d'une rivière, tandis que les mêmes plantes se conservaient bien dans un autre potager qui est situé sur la hauteur; de même dans les vallons et les lieux bas des forêts, le bois n'est jamais d'une belle venue, ni d'une bonne qualité, quoique souvent ces vallons soient sur un meilleur fonds que le reste du terrain. Le taillis n'est jamais beau dans les endroits bas; et quoiqu'il y pousse plus tard qu'ailleurs, à cause d'une fraîcheur qui y est toujours concentrée, et que M. de Buffon m'a assuré avoir remarquée même l'été en se promenant la nuit dans les bois, car il y sentait sur les éminences presque autant de chaleur que dans les campagnes découvertes, et dans les vallons il était saisi d'un froid vif et inquiétant; quoique, dis-je, le bois y pousse plus tard qu'ailleurs, ces pousses sont encore endommagées par la gelée, qui, en gâtant les principales jets, oblige les arbres à pousser des branches latérales, ce qui rend les taillis rabougris et hors d'état de faire jamais de beaux arbres de service; et ce que nous venons de dire ne se doit pas seulement entendre des profondes vallées qui sont si susceptibles de ces inconvénients, qu'on en remarque d'exposées au nord et fermées du côté du midi en cul-de-sac, dans lesquelles il gèle souvent les douze mois de l'année; mais on remarquera encore la même chose dans les plus petites vallées, de sorte qu'avec un peu d'habitude, on peut reconnaître simplement à la mauvaise figure du taillis la pente du terrain; c'est aussi ce que j'ai remarqué plusieurs fois, et M. de Buffon l'a particulièrement observé le 28 avril 1734, car ce jour-là les bourgeons de tous les taillis d'un an, jusqu'à six et sept, étaient gelés dans tous les lieux bas, au lieu que dans les endroits élevés et découverts, il n'y avait que les rejets près de terre qui fussent gâtés. La terre était alors fort sèche, et l'humidité de l'air ne lui parut pas avoir beaucoup contribué à ce dommage; les vignes, non plus que les

noyers de la campagne, ne gelèrent pas; cela pourrait faire croire qu'ils sont moins délicats que le chêne, mais nous pensons qu'il faut attribuer cela à l'humidité qui est toujours plus grande dans les bois que dans le reste des campagnes, car nous avons remarqué que souvent les chênes sont fort endommagés de la gelée dans les forêts, pendant que ceux qui sont dans les haies ne le sont point du tout.

Dans le mois de mai 1736, nous avons encore eu occasion de répéter deux fois cette observation, qui a même été accompagnée de circonstances particulières, mais dont nous sommes obligés de remettre le détail à un autre endroit de ce Mémoire, pour en faire mieux sentir la singularité.

Les grands bois peuvent rendre les taillis qui sont dans leur voisinage, dans le même état qu'ils seraient dans le fond d'une vallée; aussi avons-nous remarqué que le long et près des lisières des grands bois, les taillis sont plus souvent endommagés par la gelée que dans les endroits qui en sont éloignés; comme dans le milieu des taillis et dans les bois où on laisse un grand nombre de baliveaux, elle se fait sentir avec bien plus de force que dans ceux qui sont plus découverts. Or tous les désordres dont nous venons de parler, soit à l'égard des vallées, soit pour ce qui se trouve le long des grands bois ou à couvert par les baliveaux, ne sont plus considérables dans ces endroits que dans les autres, que parce que le vent et le soleil ne pouvant dissiper la transpiration de la terre et des plantes, il y reste une humidité considérable, qui, comme nous l'avons dit, cause un très-grand préjudice aux plantes.

Aussi remarque-t-on que la gelée n'est jamais plus à craindre pour la vigne, les fleurs, les bourgeons des arbres, etc., que lorsqu'elle succède à des brouillards, ou même à une pluie, quelque légère qu'elle soit; toutes ces plantes supportent des froids très-considérables sans en être endommagées lorsqu'il y a quelque temps qu'il n'a plu, et que la terre est fort sèche, comme nous l'avons encore éprouvé ce printemps dernier.

C'est principalement pour cette même raison que la gelée agit plus puissamment dans les endroits qu'on a fraîchement labourés qu'ailleurs, et cela parce que les vapeurs qui s'élèvent continuellement de la terre, transpirent plus librement et plus abondamment des terres nouvellement labourées que des autres; il faut néanmoins ajouter à cette

raison, que les plantes fraîchement labourées pousse plus vigoureusement que les autres, ce qui les rend plus sensibles aux effets de la gelée.

De même, nous avons remarqué que dans les terrains légers et sablonneux, la gelée fait plus de dégâts que dans les terres fortes, en les supplantant également sèches, sans doute parce qu'ils sont plus hâtifs, et encore plus parce qu'il s'échappe plus d'exhalaisons de ces sortes de terres que des autres, comme nous le prouverons ailleurs; et si une vigne nouvellement fumée est plus sujette à être endommagée de la gelée qu'une autre, n'est-ce pas à cause de l'humidité qui s'échappe des fumiers?

Un sillon de vigne qui est le long d'un champ de sainfoin ou de pois, etc., est souvent tout perdu de la gelée, lorsque le reste de la vigne est très-sain, ce qui doit certainement être attribué à la transpiration du sainfoin ou des autres plantes qui portent une humidité sur les pousses de la vigne.

Aussi dans la vigne les verges, qui sont de longs sarments qu'on ménage en taillant, sont-elles toujours moins endommagées que la souche, surtout quand, n'étant pas attachées à l'échalas, elles sont agitées par le vent qui ne tarde pas de les dessécher.

La même chose se remarque dans les bois, et j'ai souvent vu dans les taillis tous les bourgeons latéraux d'une souche entièrement gâtés par la gelée, pendant que les rejetons supérieurs n'avaient pas souffert; mais M. de Buffon a fait cette même observation avec plus d'exactitude: il lui a toujours paru que la gelée faisait plus de tort à un pied de terre qu'à deux, à deux qu'à trois, de sorte qu'il faut qu'elle soit bien violente pour gêner les bourgeons au-dessus de quatre pieds.

Toutes ces observations qu'on peut regarder comme très-constantes, s'accordent donc à prouver que le plus souvent ce n'est pas le grand froid qui endommage les plantes chargées d'humidité, ce qui explique à merveille pourquoi elle fait tant de désordres à l'exposition du midi, quoiqu'il y fasse moins froid qu'à celle du nord, et de même la gelée cause plus de dommage à l'exposition du couchant qu'à toutes les autres, quand, après une pluie du vent d'ouest, le vent tourne au nord vers le soleil couché, comme cela arrive assez fréquemment au printemps, ou quand par un vent d'est il s'élève un brouil-

lard froid avant le lever du soleil, ce qui n'est pas si ordinaire.

Il y a aussi des circonstances où la gelée fait plus de tort à l'exposition du levant qu'à toutes les autres; mais comme nous avons plusieurs observations sur cela, nous rapporterons auparavant celle que nous avons faite sur la gelée du printemps de 1736, qui nous a fait tant de tort l'année dernière. Comme il faisait très-sec ce printemps, il a gelé fort long-temps sans que cela ait endommagé les vignes; mais il n'en était pas de même dans les forêts, apparemment parce qu'il s'y conserve toujours plus d'humidité qu'ailleurs; en Bourgogne, de même que dans la forêt d'Orléans, les taillis furent endommagés de fort bonne heure. Enfin la gelée augmenta si fort, que toutes les vignes furent perdues malgré la sécheresse qui continuait toujours; mais au lieu que c'est ordinairement à l'abri du vent que la gelée fait plus de dommage, au contraire, dans le printemps dernier, les endroits abrités ont été les seuls qui aient été conservés, de sorte que dans plusieurs clos de vignes entourés de murailles, on voyait les souches le long de l'exposition du midi être assez vertes, pendant que toutes les autres étaient sèches comme en hiver, et nous avons eu deux cantons de vignes d'épargnés, l'un parce qu'il était abrité du vent du nord par une pépinière d'ormes, et l'autre parce que la vigne était remplie de beaucoup d'arbres fruitiers.

Mais cet effet est très-rare, et cela n'est arrivé que parce qu'il faisait fort sec, et que les vignes ont résisté jusqu'à ce que la gelée soit devenue si forte pour la saison, qu'elle pouvait endommager les plantes indépendamment de l'humidité extérieure; et comme nous l'avons dit, quand la gelée endommage les plantes indépendamment de cette humidité, et d'autres circonstances particulières, c'est à l'exposition du nord qu'elle fait le plus de dommage, parce que c'est à cette exposition qu'il fait plus de froid.

Mais il nous semble encore apercevoir une autre cause des désordres que la gelée produit plus fréquemment à des expositions qu'à d'autres, au levant, par exemple, plus qu'au couchant; elle est fondée sur l'observation suivante, qui est aussi constante que les précédentes.

Une gelée assez vive ne cause aucun préjudice aux plantes, quand elle fond avant que le soleil les ait frappées, qu'il gèle la

nuît, si le matin le temps est couvert, s'il tombe une petite pluie, en un mot si par quelque cause que ce puisse être, la glace fond doucement et indépendamment de l'action du soleil, ordinairement elle ne les endommage pas; et nous avons souvent sauvé des plantes assez délicates qui étaient par hasard restées à la gelée, en les rentrant dans la serre avant le lever du soleil, ou simplement en les couvrant avant que le soleil eût donné dessus.

Une fois entre autres, il était survenu en automne une gelée très-forte pendant que nos orangers étaient dehors, et comme il était tombé de la pluie la veille, ils étaient tout couverts de verglas; on leur sauva cet accident en les couvrant avec des draps avant le soleil levé, de sorte qu'il n'y eut que les jeunes fruits et les pousses les plus tendres qui en furent endommagés, encore sommes-nous persuadés qu'ils ne l'auraient pas été si la couverture avait été plus épaisse.

De même une autre année, nos *geranium*, et plusieurs autres plantes qui craignent le verglas, étaient dehors lorsque tout à coup le vent qui était sud-ouest se mit au nord, et fut si froid, que toute l'eau d'une pluie abondante qui tombait, se gelaît, et dans un instant tout ce qui y était exposé fut couvert de glace; nous crûmes toutes nos plantes perdues, cependant nous les fîmes porter dans le fond de la serre, et nous fîmes fermer les croisées, par ce moyen nous en eûmes peu d'endommagées.

Cette précaution revient assez à ce qu'on pratique pour les animaux; qu'ils soient transis de froid, qu'ils aient un membre gelé, on se donne bien de garde de les exposer à une chaleur trop vive, on les frotte avec de la neige, ou bien on les trempe dans de l'eau, on les enterre dans du fumier, en un mot, on les réchauffe par degrés et avec ménagement.

De même, si l'on fait dégeler trop précipitamment des fruits, ils se pourrissent à l'instant, au lieu qu'ils souffrent beaucoup moins de dommage si on les fait dégeler peu à peu.

Pour expliquer comment le soleil produit tant de désordres sur les plantes gelées, quelques-uns avaient pensé que la glace, en se fondant, se réduisait en petites gouttes d'eau sphériques, qui faisaient autant de petits miroirs ardents quand le soleil donnait dessus; mais quelque court que soit le foyer d'une loupe, elle ne peut produire de cha-

leur qu'à une distance, quelque petite qu'elle soit, et elle ne pourra pas produire un grand effet sur un corps qu'elle touchera; d'ailleurs, la goutte d'eau qui est sur la feuille d'une plante, est aplatie du côté qu'elle touche à la plante, ce qui éloigne son foyer. Enfin, si ces gouttes d'eau pouvaient produire cet effet, pourquoi les gouttes de rosée, qui sont pareillement sphériques, ne le produiraient-elles pas aussi? Peut-être pourrait-on penser que les parties les plus spiritueuses et les plus volatiles de la sève fondant les premières, elles seraient évaporées avant que les autres fussent en état de se mouvoir dans les vaisseaux de la plante, ce qui décomposerait la sève.

Mais on peut dire en général que la gelée, augmentant le volume des liqueurs, tend les vaisseaux des plantes, et que le dégel ne se pouvant faire sans que les parties qui composent le fluide gelé entrent en mouvement; ce changement se peut faire avec assez de douceur pour ne pas rompre les vaisseaux les plus délicats des plantes, qui rentreront peu à peu dans leur ton naturel, et alors les plantes n'en souffriront aucun dommage; mais s'il se fait avec trop de précipitation, ces vaisseaux ne pourront pas reprendre sitôt le ton qui leur est naturel; après avoir souffert une extension violente, les liqueurs s'évaporeront et la plante restera desséchée.

Quoi qu'on puisse conclure de ces conjectures, dont je ne suis pas à beaucoup près satisfait, il reste toujours pour constant :

1^o. Qu'il arrive, à la vérité rarement, qu'en hiver ou au printemps les plantes soient endommagées simplement par la grande force de la gelée, et indépendamment d'aucunes circonstances particulières, et dans ce cas c'est à l'exposition du nord que les plantes souffrent le plus;

2^o. Dans le temps d'une gelée qui dure plusieurs jours, l'ardeur du soleil fait fondre la glace en quelques endroits et seulement pour quelques heures, car souvent il règle avant le coucher du soleil, ce qui forme un verglas très-préjudiciable aux plantes, et on sent que l'exposition du midi est plus sujette à cet inconvénient que toutes les autres;

3^o. On a vu que les gelées du printemps font principalement du désordre dans les endroits où il y a de l'humidité; les terroirs qui transpirent beaucoup, les fonds des vallées, et généralement tous les endroits qui ne pourront être desséchés par le vent et le

soleil, seront donc plus endommagés que les autres.

Enfin, si, au printemps, le soleil qui donne sur les plantes gelées, leur occasionne un dommage plus considérable, il est clair que ce sera l'exposition du levant, et ensuite du midi qui souffriront le plus de cet accident.

Mais, dira-t-on, si cela est, il ne faut donc plus planter à l'exposition du midi en *à-dos* (qui sont des talus de terre qu'on ménage dans les potagers ou le long des espaliers), les giroflées, les choux des *avents*, les laitues d'hiver, les pois verts et les autres plantes délicates auxquelles on veut faire passer l'hiver, et que l'on souhaite avancer pour le printemps, ce sera à l'exposition du nord qu'il faudra dorénavant planter les pêchers et les autres arbres délicats. Il est à propos de détruire ces deux objections, et de faire voir qu'elles sont de fausses conséquences de ce que nous avons avancé.

On se propose différents objets quand on met des plantes passer l'hiver à des abris exposés au midi, quelquefois c'est pour hâter leur végétation; c'est, par exemple, dans cette intention qu'on plante, le long des espaliers, quelques rangées de laitues, qu'on appelle, à cause de cela, des *laitues d'hiver*, qui résistent assez bien à la gelée quelque part qu'on les mette, mais qui avancent davantage à cette exposition; d'autres fois c'est pour les préserver de la rigueur de cette saison, dans l'intention de les replanter de bonne heure au printemps; on suit, par exemple, cette pratique pour les choux qu'on appelle des *avents*, qu'on sème en cette saison le long d'un espalier. Cette espèce de choux, de même que les broccolis, sont assez tendres à la gelée, et périraient souvent à ces abris si on n'avait pas soin de les couvrir pendant les grandes gelées avec des paillassons ou du fumier soutenu sur des perches.

Enfin on veut quelquefois avancer la végétation de quelques plantes qui craignent la gelée, comme seraient les giroflées, les pois verts, et pour cela on les plante sur des *à-dos* bien exposés au midi, mais de plus on les défend des grandes gelées en les couvrant, lorsque le temps l'exige.

On sent bien, sans que nous soyons obligés de nous étendre davantage sur cela, que l'exposition du midi est plus propre que toutes les autres à accélérer la végétation, et on vient de voir que c'est aussi ce qu'on

se propose principalement quand on met quelques plantes passer l'hiver à cette exposition, puisqu'on est obligé, comme nous venons de le dire, d'employer outre cela des couvertures pour garantir de la gelée les plantes qui sont un peu délicates; mais il faut ajouter que s'il y a quelques circonstances où la gelée fasse plus de désordre au midi qu'aux autres expositions, il y a aussi bien des cas qui sont favorables à cette exposition, surtout quand il s'agit d'espalier. Si, par exemple, pendant l'hiver il y a quelque chose à craindre des verglas, combien de fois arrive-t-il que la chaleur du soleil qui est augmentée par la réflexion de la muraille, a assez de force pour dissiper toute l'humidité, et alors les plantes sont presque en sûreté contre le froid? De plus, combien arrive-t-il de gelées sèches qui agissent au nord sans relâche, et qui ne sont presque pas sensibles au midi? De même au printemps, on sent bien que si après une pluie qui vient de sud-ouest ou de sud-est, le vent se met au nord, l'espalier du midi étant à l'abri du vent, souffrira plus que les autres; mais ces cas sont rares, et le plus souvent c'est après des pluies de nord-ouest ou de nord-est, que le vent se met au nord, et alors l'espalier du midi ayant été à l'abri de la pluie par le mur, les plantes qui y seront, auront moins à souffrir que les autres, non-seulement parce qu'elles auront moins reçu de pluie, mais encore parce qu'il y fait toujours moins froid qu'aux autres expositions, comme nous l'avons fait remarquer au commencement de ce Mémoire.

De plus, comme le soleil dessèche beaucoup la terre le long des espaliers qui sont au midi, la terre y transpire moins qu'ailleurs.

On sent bien que ce que nous venons de dire doit avoir son application à l'égard des pêchers et des abricotiers qu'on a coutume de mettre à cette exposition et à celle du levant; nous ajouterons seulement qu'il n'est pas rare de voir les pêchers geler au levant et au midi, et ne le pas être au couchant ou même au nord; mais indépendamment de cela, on ne peut jamais compter avoir beaucoup de pêches et de bonne qualité à cette dernière exposition; quantité de fleurs tombent tout entières et sans nouer, d'autres après être nouées se détachent de l'arbre, et celles qui restent ont peine à parvenir à une maturité. J'ai même un espalier de pêchers à l'exposition du couchant, un peu décli-

nanté au nord, qui ne donne presque pas de fruit, quoique les arbres y soient plus beaux qu'aux expositions du midi et du nord.

Ainsi on ne pourrait éviter les inconvénients qu'on peut reprocher à l'exposition du midi à l'égard de la gelée sans tomber dans d'autres plus fâcheux.

Mais tous les arbres délicats, comme les figuiers, les lauriers, etc., doivent être mis au midi, ayant soin, comme l'on fait ordinairement, de les couvrir; nous remarquerons seulement que le fumier sec est préférable pour cela à la paille, qui ne couvre jamais si exactement, et dans laquelle il reste toujours un peu de grain qui attire les mulots et les rats qui mangent quelquefois l'écorce des arbres pour se désaltérer dans le temps de la gelée où ils ne trouvent point d'eau à boire, ni d'herbe à paître, c'est ce qui nous est arrivé deux à trois fois; mais quand on se sert de fumier il faut qu'il soit sec, sans quoi il s'échaufferait et ferait moisir les jeunes branches.

Toutes ces précautions sont cependant bien inférieures à ces espaliers en niche ou en renfoncement, tels qu'on en voit aujourd'hui au Jardin du Roi; les plantes sont de cette manière à l'abri de tous les vents, excepté celui du midi qui ne leur peut nuire; le soleil qui chauffe ces endroits pendant le jour, empêche que le froid n'y soit si violent pendant la nuit, et on peut avec grande facilité mettre sur ces renfoncements une légère couverture qui tiendra les plantes qui y seront dans un état de sécheresse, infiniment propre à prévenir tous les accidents que le verglas et les gelées du printemps auraient pu produire, et la plupart des plantes ne souffriront pas d'être ainsi privées de l'humidité extérieure, parce qu'elles ne transpirent presque pas dans l'hiver, non plus qu'au commencement du printemps, de sorte que l'humidité de l'air suffit à leur besoin.

Mais puisque les rosées rendent les plantes si susceptibles de la gelée du printemps, ne pourrait-on pas espérer que les recherches que MM. Musschenbroeck et du Fay ont faites sur cette matière pourraient tourner au profit de l'agriculture? Car enfin puisqu'il y a des corps qui semblent attirer la rosée, pendant qu'il y en a d'autres qui la repoussent; si on pouvait peindre, enduire ou crépir les murailles avec quelque matière qui repousserait la rosée, il est sûr qu'on aurait lieu d'en espérer un succès plus heu-

reux, que de la précaution que l'on prend de mettre une planche en manière de toit au-dessus des espaliers, ce qui ne doit guère diminuer l'abondance de la rosée sur les arbres, puisque M. du Fay a prouvé que souvent elle ne tombe pas perpendiculairement comme une pluie, mais qu'elle nage dans l'air, et qu'elle s'attache aux corps qu'elle rencontre; de sorte qu'il a souvent autant amassé de rosée sous un toit que dans les endroits entièrement découverts. Il nous serait aisé de reprendre toutes nos observations, et de continuer à en tirer des conséquences utiles à la pratique de l'agriculture; ce que nous avons dit, par exemple, au sujet de la vigne, doit déterminer à arracher tous les arbres qui empêchent le vent de dissiper les brouillards.

Puisqu'en labourant la terre on en fait sortir plus d'exhalaisons, il faut prêter plus d'attention à ne la pas faire labourer dans les temps critiques.

On doit défendre expressément qu'on ne sème sur les sillons de vigne, des plantes potagères qui, par leurs transpirations, nuiraient à la vigne.

On ne mettra des échelas aux vignes que le plus tard qu'on pourra.

On tiendra les haies qui bordent les vignes du côté du nord, plus basses que de tout autre côté.

On préférera à amender les vignes avec des terres plutôt que de les fumer.

Enfin si on est à portée de choisir un terrain, on évitera ceux qui sont dans des fonds, ou dans les terroirs qui transpirent beaucoup.

Une partie de ces précautions peut aussi être employée très-utilement pour les arbres fruitiers, à l'égard, par exemple, des plantes potagères, que les jardiniers sont toujours pressés de mettre aux pieds de leurs buissons, et encore plus le long de leurs espaliers.

S'il y a des parties hautes et d'autres basses dans les jardins, on pourra avoir l'attention de semer les plantes printanières et délicates sur le haut, préférablement au bas, à moins qu'on n'ait dessein de les couvrir avec des cloches, des châssis, etc., car dans le cas où l'humidité ne peut nuire, il serait souvent avantageux de choisir les lieux bas pour être à l'abri du vent du nord et du nord-ouest.

On peut aussi profiter de ce que nous avons dit à l'avantage des forêts, car si on a des réserves à faire, ce ne sera jamais dans

les endroits où la gelée cause tant de dommage.

Si on sème un bois, on aura attention de mettre dans les vallons des arbres qui soient plus durs à la gelée que le chêne.

Quand on fera des coupes considérables, on mettra dans les clauses du marché, qu'on les commencera toujours du côté du nord, afin que ce vent qui règne ordinairement dans les temps des gelées, dissipe cette humidité qui est préjudiciable aux taillis.

Enfin si, sans contrevenir aux ordonnances, on peut faire des réserves en lisières, au lieu de laisser des baliveaux qui, sans pouvoir jamais faire de beaux arbres, sont à tous égards la perte des taillis, et particulièrement dans l'occasion présente, en retenant sur les taillis cette humidité qui est si fâcheuse dans les temps de gelée; on aura en

même temps attention que la lisière de réserve ne couvre pas le taillis du côté du nord.

Il y aurait encore bien d'autres conséquences utiles qu'on pourrait tirer de nos observations; nous nous contenterons cependant d'en avoir rapporté quelques-unes, parce qu'on pourra suppléer à ce que nous avons omis, en prêtant un peu d'attention aux observations que nous avons rapportées. Nous sentons bien qu'il y aurait encore sur cette matière nombre d'expériences à faire, mais nous avons cru qu'il n'y avait aucun inconvénient à rapporter celles que nous avons faites: peut-être même engageront-elles quelque autre personne à travailler sur la même matière, et si elles ne produisent pas cet effet, elles ne nous empêcheront pas de suivre les vues que nous avons encore sur cela.

HISTOIRE NATURELLE DES MINÉRAUX.

DE LA FIGURATION DES MINÉRAUX.

COMME l'ordre de nos idées doit être ici le même que celui de la succession des temps, et que le temps ne peut nous être représenté que par le mouvement et par ses effets, c'est-à-dire par la succession des opérations de la nature, nous la considérerons d'abord dans les grandes masses qui sont les résultats de ses premiers et grands travaux sur le globe terrestre; après quoi nous essaierons de la suivre dans ses procédés particuliers, et tâcherons de saisir la combinaison des moyens qu'elle emploie pour former les petits volumes de ces matières précieuses, dont elle paraît d'autant plus avare qu'elles sont en apparence plus pures et plus simples: et quoiqu'en général les substances et leurs formes soient si différentes qu'elles paraissent être variées à l'infini, nous espérons qu'en suivant de près la marche de la nature en mouvement, dont nous avons déjà tracé les plus grands pas dans ses époques, nous ne pourrons nous égarer que quand la lumière nous manquera, faute de connaissances acquises par l'expérience encore trop courte des siècles qui nous ont précédés.

Divisons, comme l'a fait la nature, en trois grandes classes toutes les matières brutes et minérales qui composent le globe de la terre; et d'abord considérons-les une à une, en les combinant ensuite deux à deux, et enfin en les réunissant ensemble toutes trois.

La première classe embrasse les matières qui, ayant été produites par le feu primitif, n'ont point changé de nature, et dont les grandes masses sont celles de la roche intérieure du globe et des éminences qui forment les appendices extérieurs de cette roche, et qui, comme elles, sont solides et vitreuses: on doit donc y comprendre le roc vif, les quartz, les jaspes, le feld-spath, les

schorls, les micas, les grès, les porphyres, les granites, et toutes les pierres de première, et même de seconde formation qui ne sont pas calcinables, et encore les sables vitreux, les argiles, les schistes, les ardoises, et toutes les autres matières provenant de la décomposition et des débris des matières primitives que l'eau aura délayées, dissoutes ou dénaturées.

La seconde classe comprend les matières qui ont subi une seconde action du feu, et qui ont été frappées par les foudres de l'électricité souterraine, ou fondues par le feu des volcans dont les grosses masses sont les laves, les basaltes, les pierres ponce, les pouzzolanes et les autres matières volcaniques, qui nous présentent en petit des produits assez semblables à ceux de l'action du feu primitif; et ces deux classes sont celles de la *nature brute*, car toutes les matières qu'elles contiennent, ne portent que peu ou point de traces d'organisation.

La troisième classe contient les substances calcinables, les terres végétales, et toutes les matières formées du détriment et des dépouilles des animaux et des végétaux, par l'action ou l'intermède de l'eau, dont les grandes masses sont les rochers et les bancs des marbres, des pierres calcaires, des craies, des plâtres, et la couche universelle de terre végétale, qui couvre la surface du globe, ainsi que les couches particulières de tourbes, de bois fossiles et de charbons de terre qui se trouvent dans son intérieur.

C'est surtout dans cette troisième classe que se voient tous les degrés et toutes les nuances qui remplissent l'intervalle entre la matière brute et les substances organisées, et cette matière intermédiaire, pour ainsi dire mi-partie de brut et d'organique, sert également aux productions de la nature ac-

tive dans les deux empires de la vie et de la mort : car comme la terre végétale et toutes les substances calcinables, contiennent beaucoup plus de parties organiques que les autres matières produites ou dénaturées par le feu, ces parties organiques toujours actives, ont fait de fortes impressions sur la matière brute et passive, elles en ont travaillé toutes les surfaces et quelquefois pénétré l'épaisseur ; l'eau développe, délaie, entraîne et dépose ces éléments organiques sur les matières brutes : aussi la plupart des minéraux figurés, ne doivent leurs différentes formes qu'au mélange et aux combinaisons de cette matière active avec l'eau qui lui sert de véhicule. Les productions de la nature organisée qui, dans l'état de vie et de végétation, représentent sa force et font l'ornement de la terre, sont encore, après la mort, ce qu'il y a de plus noble dans la nature brute : les détriments des animaux et des végétaux conservent des molécules organiques actives, qui communiquent à cette matière passive, les premiers traits de l'organisation en lui donnant la forme extérieure. Tout minéral figuré a été travaillé par ces molécules organiques, provenant du détriment des êtres organisés, ou par les premières molécules organiques existantes avant leur formation ; ainsi les minéraux figurés tiennent tous de près ou de loin à la nature organisée ; et il n'y a de matières entièrement brutes que celles qui ne portent aucun trait de figuration ; car l'organisation a, comme toute autre qualité de la matière, ses degrés et ses nuances dont les caractères les plus généraux, les plus distincts, et les résultats les plus évidents, sont la vie dans les animaux, la végétation dans les plantes et la figuration dans les minéraux.

Le grand et premier instrument avec lequel la nature opère toutes ses merveilles, est cette force universelle, constante et pénétrante dont elle anime chaque atome de matière en leur imprimant une tendance mutuelle à se rapprocher et s'unir : son autre grand moyen est la chaleur, et cette seconde force tend à séparer tout ce que la première a réuni ; néanmoins elle lui est subordonnée, car l'élément du feu, comme toute autre matière, est soumis à la puissance générale de la force attractive : celle-ci est d'ailleurs également répartie dans les substances organisées comme dans les matières brutes ; elle est toujours proportionnelle à la masse, toujours présente, sans cesse active, elle peut

travailler la matière dans les trois dimensions à la fois, dès qu'elle est aidée de la chaleur, parce qu'il n'y a pas un point qu'elle ne pénètre à tout instant, et que par conséquent la chaleur ne puisse étendre et développer, dès qu'elle se trouve dans la proportion qu'exige l'état des matières sur lesquelles elle opère : ainsi par la combinaison de ces deux forces actives, la matière ductile, pénétrée et travaillée dans tous ses points, et par conséquent dans les trois dimensions à la fois, prend la forme d'un germe organisé, qui bientôt deviendra vivant ou végétant par la continuité de son développement et de son extension proportionnelle en longueur, largeur et profondeur. Mais si ces deux forces pénétrantes et productrices, l'attraction et la chaleur, au lieu d'agir sur des substances molles et ductiles, viennent à s'exercer sur des matières sèches et dures qui leur opposent trop de résistance, alors elles ne peuvent agir que sur la surface, sans pénétrer l'intérieur de cette matière trop dure ; elles ne pourront donc, malgré toute leur activité, la travailler que dans deux dimensions au lieu de trois, en traçant à sa superficie quelques linéaments ; et cette matière n'étant travaillée qu'à la surface ne pourra prendre d'autre forme que celle d'un minéral figuré. La nature opère ici comme l'art de l'homme, il ne peut que tracer des figures et former des surfaces ; mais dans ce genre même de travail, le seul où nous puissions l'imiter, elle nous est encore si supérieure qu'aucun de nos ouvrages ne peut approcher des siens.

Le germe de l'animal ou du végétal étant formé par la réunion des molécules organiques avec une petite portion de matière ductile, ce moule intérieur une fois donné et bientôt développé par la nutrition, suffit pour communiquer son empreinte, et rendre sa même forme à perpétuité, par toutes les voies de la reproduction et de la génération ; au lieu que dans le minéral, il n'y a point de germe, point de moule intérieur capable de développer par la nutrition, ni de transmettre sa forme par la reproduction.

Les animaux et les végétaux, se reproduisant également par eux-mêmes, doivent être considérés ici comme des êtres semblables pour le fond et les moyens d'organisation ; les minéraux qui ne peuvent se reproduire par eux-mêmes, et qui néanmoins se reproduisent toujours sous la même forme, en différent par l'origine et par leur structure

dans laquelle il n'y a que des traces superficielles d'organisation; mais pour bien saisir cette différence originelle, on doit se rappeler (1) que pour former un moule d'animal ou de végétal capable de se reproduire, il faut que la nature travaille la matière dans les trois dimensions à la fois, et que la chaleur y distribue les molécules organiques dans les mêmes proportions, afin que la nutrition et l'accroissement suivent cette pénétration intime, et qu'enfin la reproduction puisse s'opérer par le superflu de ces molécules organiques, renvoyées de toutes les parties du corps organisé lorsque son accroissement est complet: or dans le minéral, cette dernière opération qui est le suprême effort de la nature, ne se fait ni ne tend à se faire; il n'y a point de molécules organiques superflues qui puissent être renvoyées pour la reproduction: l'opération qui la précède, c'est-à-dire celle de la nutrition, s'exerce dans certains corps organisés qui ne se reproduisent pas, et qui ne sont produits eux-mêmes que par une génération spontanée: mais cette seconde opération est encore supprimée dans le minéral; il ne se nourrit ni n'accroît par cette intus-susception qui, dans tous les êtres organisés, étend et développe leurs trois dimensions à la fois en égale proportion; sa seule manière de croître est une augmentation de volume par la juxtaposition successive de ses parties constituantes, qui toutes n'étant travaillées que sur deux dimensions, c'est-à-dire en longueur et en largeur, ne peuvent prendre d'autre forme que celle de petites lames infiniment minces et de figures semblables ou différentes, et ces lames figurées, superposées et réunies, composent par leur agrégation, un volume plus ou moins grand et figuré de même. Ainsi dans chaque sorte de minéral figuré, les parties constituantes, quoique excessivement minces, ont une figure déterminée qui borne le plan de leur surface, et leur est propre et particulière; et comme les figures peuvent varier à l'infini, la diversité des minéraux est aussi grande que le nombre de ces variétés de figure.

Cette figuration dans chaque lame mince, est un trait, un vrai linéament d'organisation qui, dans les parties constituantes de chaque minéral, ne peut être tracé que par l'im-

pression des éléments organiques; et en effet, la nature, qui travaille si souvent la matière dans les trois dimensions à la fois, ne doit-elle pas opérer encore plus souvent en n'agissant que dans deux dimensions, et en n'employant à ce dernier travail qu'un petit nombre de molécules organiques, qui se trouvant alors surchargées de la matière brute, ne peuvent en arranger que les parties superficielles, sans en pénétrer l'intérieur pour en disposer le fond, et par conséquent, sans pouvoir animer cette masse minérale d'une vie animale ou végétative? Et quoique ce travail soit beaucoup plus simple que le premier, et que dans le réel il soit plus aisé d'effleurer la matière dans deux dimensions que de la brasser dans toutes trois à la fois, la nature emploie néanmoins les mêmes moyens et les mêmes agents; la force pénétrante de l'attraction jointe à celle de la chaleur produisent les molécules organiques, et donnent le mouvement à la matière brute en la déterminant à telle ou telle forme, tant à l'extérieur qu'à l'intérieur, lorsqu'elle est travaillée dans les trois dimensions, et c'est de cette manière que se sont formés les germes des végétaux et des animaux; mais dans les minéraux chaque petite lame infiniment mince, n'étant travaillée que dans deux dimensions, par un plus ou moins grand nombre d'éléments organiques, elle ne peut recevoir qu'autour de sa surface une figuration plus ou moins régulière, et l'on ne peut nier que cette figuration ne soit un premier trait d'organisation; c'est aussi le seul qui se trouve dans les minéraux: or cette figure une fois donnée à chaque lame mince, à chaque atome du minéral, tous ceux qui l'ont reçue se réunissent par la force de leur affinité respective, laquelle, comme je l'ai dit (2), dépend ici plus de la figure que de la masse, et bientôt ces atomes en petites lames minces, tous figurés de même, composent un volume sensible et de même figure: les prismes du cristal, les rhombes des spaths calcaires, les cubes de sel marin, les aiguilles du nitre, etc., et toutes les figures anguleuses, régulières ou irrégulières des minéraux, sont tracées par le mouvement des molécules organiques, et particulièrement par les molécules qui proviennent du résidu des animaux et végétaux dans les ma-

(1) Voyez, dans cette Histoire naturelle, les articles où il est traité de la nutrition et de la reproduction.

(2) Voyez l'article de cette Histoire naturelle, qui a pour titre: *De la Nature, seconde vue.*

tières calcaires, et dans celles de la couche universelle de terre végétale qui couvre la superficie du globe; c'est donc à ces matières mêlées d'organique et de brut, que l'on doit rapporter l'origine primitive des minéraux figurés.

Ainsi toute décomposition, tout détriment de matière animale ou végétale, sert non-seulement à la nutrition, au développement et à la reproduction des êtres organisés; mais cette même matière active opère encore comme cause efficiente la figuration des minéraux; elle seule par son activité différemment dirigée, suivant les résistances de la matière inerte, peut donner la figure aux parties constituantes de chaque minéral, et il ne faut qu'un très-petit nombre de molécules organiques pour imprimer cette trace superficielle d'organisation dans le minéral, dont elles ne peuvent travailler l'intérieur; et c'est par cette raison que ces corps étant toujours bruts dans leur substance, ils ne peuvent croître par la nutrition comme les êtres organisés, dont l'intérieur est actif dans tous les points de la masse, et qu'ils n'ont que la faculté d'augmenter de volume par une simple agrégation superficielle de leurs parties.

Quoique cette théorie sur la figuration des minéraux soit plus simple d'un degré que celle de l'organisation des animaux et des végétaux, puisque la nature ne travaille ici que dans deux dimensions au lieu de trois; et quoique cette idée ne soit qu'une extension ou même une conséquence de mes vues sur la nutrition, le développement et la reproduction des êtres, je ne m'attends pas à la voir universellement accueillie ni même adoptée de sitôt par le plus grand nombre. J'ai reconnu que les gens peu accoutumés aux idées abstraites, ont peine à concevoir les moules intérieurs et le travail de la nature sur la matière dans les trois dimensions à la fois; dès-lors ils ne concevront pas mieux qu'elle ne travaille que dans deux dimensions pour figurer les minéraux: cependant rien ne me paraît plus clair, pourvu qu'on ne borne pas ses idées à celles que nous présentent nos moules artificiels; tous ne sont qu'extérieurs et ne peuvent que figurer des surfaces, c'est-à-dire opérer sur deux dimensions; mais l'existence du moule intérieur et son extension, c'est-à-dire ce travail de la nature dans les trois dimensions à la fois, sont démontrées par le développement de tous les germes dans les végétaux, de tous les

embryons dans les animaux, puisque toutes leurs parties, soit extérieures, soit intérieures, croissent proportionnellement, ce qui ne peut se faire que par l'augmentation du volume de leurs corps dans les trois dimensions à la fois: ceci n'est donc point un système idéal fondé sur des suppositions hypothétiques, mais un fait constant démontré par un effet général, toujours existant, et à chaque instant renouvelé dans la nature entière; tout ce qu'il y a de nouveau dans cette grande vue, c'est d'avoir aperçu qu'ayant à sa disposition la force pénétrante de l'attraction et celle de la chaleur, la nature peut travailler l'intérieur des corps et brasser la matière dans les trois dimensions à la fois, pour faire croître les êtres organisés, sans que leur forme s'altère en prenant trop ou trop peu d'extension dans chaque dimension: un homme, un animal, un arbre, une plante, en un mot tous les corps organisés sont autant de moules intérieurs dont toutes les parties croissent proportionnellement, et par conséquent s'étendent dans les trois dimensions à la fois; sans cela l'adulte ne ressemblerait pas à l'enfant, et la forme de tous les êtres se corromprait dans leur accroissement: car en supposant que la nature manquât totalement d'agir dans l'une des trois dimensions, l'être organisé serait bientôt, non-seulement défiguré, mais détruit, puisque son corps cesserait de croître à l'intérieur par la nutrition, et dès-lors le solide réduit à la surface ne pourrait augmenter que par l'application successive des surfaces les unes contre les autres, et par conséquent d'animal ou végétal il deviendrait minéral, dont effectivement la composition se fait par la superposition de petites lames presque infiniment minces, qui n'ont été travaillées que sur les deux dimensions de leur surface en longueur et en largeur; au lieu que les germes des animaux et des végétaux ont été travaillés, non-seulement en longueur et en largeur, mais encore dans tous les points de l'épaisseur qui fait la troisième dimension; en sorte qu'il n'augmente pas par agrégation comme le minéral, mais par la nutrition, c'est-à-dire par la pénétration de la nourriture dans toutes les parties de son intérieur, et c'est par cette intus-susception de la nourriture que l'animal et le végétal se développent et prennent leur accroissement sans changer de forme.

On a cherché à reconnaître et distinguer les minéraux par le résultat de l'agrégation

ou cristallisation de leurs particules ; toutes les fois qu'on dissout une matière , soit par l'eau , soit par le feu et qu'on la réduit à l'homogénéité , elle ne manque pas de se cristalliser , pourvu qu'on tienne cette matière dissoute assez long-temps en repos pour que les particules similaires et déjà figurées puissent exercer leur force d'affinité , s'attirer réciproquement , se joindre et se réunir . Notre art peut imiter ici la nature dans tous les cas où il ne faut pas trop de temps , comme pour la cristallisation des sels , des métaux et de quelques autres minéraux ; mais quoique la substance du temps ne soit pas matérielle , néanmoins le temps entre comme élément général , comme ingrédient réel et plus nécessaire qu'aucun autre , dans toutes les compositions de la matière : or la dose de ce grand élément ne nous est point connue , il faut peut-être des siècles pour opérer la cristallisation d'un diamant , tandis qu'il ne faut que quelques minutes pour cristalliser un sel ; on peut même croire que , toutes choses égales d'ailleurs , la différence de la dureté des corps provient du plus ou moins de temps que leurs parties sont à se réunir : car comme la force d'affinité , qui est la même que celle de l'attraction , agit à tout instant et ne cesse pas d'agir , elle doit avec plus de temps produire plus d'effet ; or , la plupart des productions de la nature , dans le règne minéral , exigent beaucoup plus de temps que nous ne pouvons en donner aux compositions artificielles par lesquelles nous cherchons à l'imiter . Ce n'est donc pas la faute de l'homme ; son art est borné par une limite qui est elle-même sans bornes ; et quand , par ses lumières , il pourrait reconnaître tous les éléments que la nature emploie , quand il les aurait à sa disposition , il lui manquerait encore la puissance de disposer du temps , et de faire entrer des siècles dans l'ordre de ses combinaisons .

Ainsi les matières qui paraissent être les plus parfaites , sont celles qui étant composées de parties homogènes ont pris le plus de temps pour se consolider , se durcir , et augmenter de volume et de solidité autant qu'il est possible : toutes ces matières minérales sont figurées ; les éléments organiques traacent le plan figuré de leurs parties constituantes jusque dans les plus petits atomes , et laissent faire le reste au temps qui , toujours aidé de la force attractive , a d'abord séparé les particules hétérogènes pour réunir ensuite celles qui sont similaires , par de simples agrégations toutes dirigées par leurs

affinités . Les autres minéraux qui ne sont pas figurés , ne présentent qu'une matière brute qui ne porte aucun trait d'organisation ; et comme la nature va toujours par degrés et nuances , il se trouve des minéraux mi-partis d'organique et de brut , lesquels offrent des figures irrégulières , des formes extraordinaires , des mélanges plus ou moins assortis , et quelquefois si bizarres qu'on a grande peine à deviner leur origine , et même à démêler leurs diverses substances .

L'ordre que nous mettrons dans la contemplation de ces différents objets sera simple et déduit des principes que nous avons établis : nous commencerons par la matière la plus brute , parce qu'elle fait le fond de toutes les autres matières , et même de toutes les substances plus ou moins organisées : or dans ces matières brutes , le verre primitif est celle qui s'offre la première comme la plus ancienne , et comme produite par le feu dans le temps où la terre liquéfiée a pris sa consistance : cette masse immense de matière vitreuse , s'étant consolidée par le refroidissement , a formé des boursoflures et des aspérités à sa surface , elle a laissé en se resserrant une infinité de vides et de fentes , surtout à l'extérieur , lesquelles se sont bientôt remplies par la sublimation ou la fusion de toutes les matières métalliques ; elle s'est durcie en roche solide à l'intérieur , comme une masse de verre bien recuit se consolide et se durcit lorsqu'il n'est point exposé à l'action de l'air . La surface de ce bloc immense s'est divisée , fêlée , fendillée , réduite en poudre , par l'impression des agents extérieurs ; ces poudres de verre furent ensuite saisies , entraînées et déposées par les eaux , et formèrent dès-lors les couches de sable vitreux qui , dans ces premiers temps , étaient bien plus épaisses et plus étendues qu'elles ne le sont aujourd'hui ; car une grande partie de ces débris de verre qui ont été transportés les premiers par le mouvement des eaux , ont ensuite été réunis en blocs de grès , ou décomposés et convertis en argile par l'action et l'intermède de l'eau : ces argiles durcies par le dessèchement ont formé les ardoises et les schistes ; et ensuite les bancs calcaires produits par les coquillages , les madrépores et tous les détriments des productions de la mer , ont été déposés au-dessus des argiles et des schistes , et ce n'est qu'après l'établissement local de toutes ces grandes masses que se sont formés la plupart des autres minéraux .

Nous suivrons donc cet ordre, qui de tous est le plus naturel, et au lieu de commencer par les métaux les plus riches ou par les pierres précieuses, nous présenterons les matières les plus communes, et qui, quoique moins nobles en apparence, sont néan-

moins les plus anciennes, et celles qui tiennent, sans comparaison, la plus grande place dans la nature, et méritent par conséquent d'autant plus d'être considérées, que toutes les autres en tirent leur origine.

DES VERRES PRIMITIFS.

Si l'on pouvait supposer que le globe terrestre, avant sa liquéfaction, eût été composé des mêmes matières qu'il l'est aujourd'hui, et qu'ayant tout à coup été saisi par le feu, toutes ces matières se fussent réduites en verre, nous aurions une juste idée des produits de la vitrification générale, en les comparant avec ceux des vitrifications particulières qui s'opèrent sous nos yeux par le feu des volcans; ce sont des verres de toutes sortes, très-différents les uns des autres par la densité, la dureté, les couleurs, depuis les basaltes et les laves les plus solides et les plus noires, jusqu'aux pierres ponces les plus blanches, qui semblent être les plus légères de ces productions de volcans : entre ces deux termes extrêmes, on trouve tous les autres degrés de pesanteur et de légèreté dans les laves plus ou moins compactes, et plus ou moins poreuses ou mélangées; de sorte qu'en jetant un coup d'œil sur une collection bien rangée de matières volcaniques, on peut aisément reconnaître les différences, les degrés, les nuances, et même la suite des effets et du produit de cette vitrification par le feu des volcans : dans cette supposition, il y aurait eu autant de sortes de matières vitrifiées par le feu primitif que par celui des volcans, et ces matières seraient aussi de même nature que les pierres ponces, les laves et les basaltes; mais le quartz et les matières vitreuses de la masse du globe étant très-différents de ces verres de volcans, il est évident qu'on n'aurait qu'une fausse idée des effets et des produits de la vitrification générale, si l'on voulait comparer ces matières primitives aux productions volcaniques.

Ainsi la terre, lorsqu'elle a été vitrifiée, n'était point telle qu'elle est aujourd'hui, mais plutôt telle que nous l'avons dépeinte

à l'époque de sa formation (1); et pour avoir une idée plus juste des effets et du produit de la vitrification générale, il faut se représenter le globe entier, pénétré de feu et fondu jusqu'au centre, et se souvenir que cette masse en fusion, tournant sur elle-même, s'est élevée sous l'équateur par la force centrifuge, et en même temps abaissée sous les pôles, ce qui n'a pu se faire sans former des cavernes et des boursouffures dans les couches extérieures, à mesure qu'elles prenaient de la consistance; tâchons donc de concevoir de quelle manière les matières vitrifiées ont pu se disposer et devenir telles que nous les trouvons dans le sein de la terre.

Toute la masse du globe liquéfiée par le feu, ne pouvait d'abord être que d'une substance homogène et plus pure que celle de nos verres ou des laves de volcans, puisque toutes les matières qui pouvaient se sublimer étaient alors reléguées dans l'atmosphère avec l'eau et les autres substances volatiles : ce verre homogène et pur nous est représenté par le quartz qui est la base de toutes les autres matières vitreuses; nous devons donc le regarder comme le verre primitif : sa substance est simple, dure et résistante à toute action des acides ou du feu; sa cassure vitreuse démontre son essence, et tout nous porte à penser que c'est le premier verre qu'ait produit la nature.

Et pour se former une idée de la manière dont ce verre a pu prendre autant de consistance et de dureté, il faut considérer qu'en général, le verre en fusion n'acquiert aucune solidité s'il est frappé par l'air extérieur, et que ce n'est qu'en le laissant recuire len-

(1) Voyez le tome 1^{er} de cette nouvelle édition, première époque.

tement et long-temps, dans un four chaud et bien fermé qu'on lui donne une consistance solide; plus les masses de verre sont épaisses, et plus il faut de temps pour les consolider et les recuire : or dans le temps que la masse du globe vitrifiée par le feu s'est consolidée par le refroidissement, l'intérieur de cette masse immense aura eu tout le temps de se recuire et d'acquérir de la solidité et de la dureté; tandis que la surface de cette même masse, frappée du refroidissement, n'a pu, faute de recuit, prendre aucune solidité : cette surface exposée à l'action des éléments extérieurs, s'est divisée, fêlée, fendillée et même réduite en écailles, en paillettes et en poudre, comme nous le voyons dans nos verres en fusion, exposés à l'action de l'air : ainsi le globe dans ce premier temps, a été couvert d'une grande quantité de ces écailles ou paillettes du verre primitif qui n'avait pu se recuire assez pour prendre de la solidité; et ces parcelles ou paillettes du premier verre, nous sont aujourd'hui représentées par les micas et les grains décrépités du quartz, qui sont ensuite entrés dans la composition des granites et plusieurs matières vitreuses.

Les micas n'étant dans leur première origine que des exfoliations du quartz frappé par le refroidissement, leur essence est au fond la même que celle du quartz : seulement la substance du mica est un peu moins simple, car il se fond à un feu très-violent, tandis que le quartz y résiste; et nous verrons dans la suite, qu'en général, plus la substance d'une matière est simple et homogène, moins elle est fusible : il paraît donc que quand la couche extérieure du verre primitif s'est réduite en paillettes par la première action du refroidissement, il s'est mêlé à sa substance quelques parties hétérogènes, contenues dans l'air dont il a été frappé, et dès-lors la substance des micas devenue moins pure que celle du quartz, est aussi moins réfractaire à l'action du feu.

Peu de temps avant que le quartz se soit entièrement consolidé, en se recuisant lentement sous cette enveloppe de ses fragments décrépités et réduits en micas, le fer qui, de tous les métaux, est le plus résistant au feu, a le premier occupé les fentes qui se formaient de distance en distance, par la retraite que prenait la matière du quartz en se consolidant; et c'est dans ces mêmes interstices que s'est formé le jaspe, dont la substance n'est au fond qu'une matière quartzeuse; mais

imprégnée de matières métalliques qui lui ont donné de fortes couleurs, et qui néanmoins n'ont point altéré la simplicité de son essence, car il est aussi infusible que le quartz : nous regarderons donc le quartz, le jaspe et le mica, comme les trois premiers verres primitifs, et en même temps comme les trois matières les plus simples de la nature.

Ensuite et à mesure que la grande chaleur diminuait à la surface du globe, les matières sublimées tombant de l'atmosphère se sont mêlées en plus ou moins grande quantité avec le verre primitif, et de ce mélange ont résulté deux autres verres, dont la substance étant moins simple, s'est trouvée bien plus fusible; ces deux verres sont le feld-spath et le schorl : leur base est également quartzeuse; mais le fer et d'autres matières hétérogènes s'y trouvent mêlées au quartz, et c'est ce qui leur a donné une fusibilité à peu près égale à celle de nos verres factices.

On pourrait donc dire en toute rigueur qu'il n'y a qu'un seul verre primitif qui est le quartz, dont la substance modifiée par la teinture du fer, a pris la forme de jaspe et celle de mica par les exfoliations de tous deux, et ce même quartz avec une plus grande quantité de fer et d'autres matières hétérogènes, s'est converti en feld-spath et en schorl; c'est à ces cinq matières que la nature paraît avoir borné le nombre des premiers verres produits par le feu primitif, et desquelles ont ensuite été composées toutes les substances vitreuses du règne minéral.

Il y a donc eu dès ces premiers temps, des verres plus ou moins purs, plus ou moins recuits, et plus ou moins mêlés de matières différentes; les uns composés des parties les plus fixes de la matière en fusion, et qui, comme le quartz, ont pris plus de dureté et plus de résistance au feu que nos verres et que ceux des volcans; d'autres presque aussi réfractaires, mais qui, comme les jaspes, ont été fortement colorés par le mélange des parties métalliques; d'autres qui, quoique durs, sont, comme le feld-spath et le schorl, très-aisément fusibles; d'autres enfin, comme le mica, qui, faute de recuit, étaient si spumeux et si friables, qu'au lieu de se durcir, ils se sont éclatés et dispersés en paillettes ou réduits en poudre, par le plus petit et premier choc des agents extérieurs.

Ces verres de qualités différentes se sont mêlés, combinés et réunis ensemble en proportions différentes : les granites, les porphyres, les ophites et les autres matières vi-

treuses en grandes masses, ne sont composés que des détriments de ces cinq verres primitifs; et la formation de ces substances mélangées a suivi de près celle de ces premiers verres, et s'est faite dans le temps qu'ils étaient encore en demi-fusion : ce sont là les premières et les plus anciennes matières de la terre; elles méritent toutes d'être considérées à part, et nous commencerons par le quartz qui est la base de toutes les autres, et qui nous paraît être de la même nature que la roche de l'intérieur du globe.

Mais je dois auparavant prévenir une objection qu'on pourrait me faire avec quelque apparence de raison. Tous nos verres factices et même toutes les matières vitreuses produites par le feu des volcans, telles que les basaltes et les laves, cèdent à l'impulsion de la lime et sont fusibles aux feux de nos fourneaux; le quartz et le jaspe, au contraire, que vous regardez, me dira-t-on, comme les premiers verres de nature, ne peuvent ni s'entamer par la lime, ni se fondre par notre art; et de vos cinq verres primitifs, qui sont le quartz, le jaspe, le mica, le feldspath et le schorl, il n'y a que les trois derniers qui soient fusibles, et encore le mica ne peut se réduire en verre qu'au feu le plus violent; et dès-lors le quartz et les jaspes pourraient bien être d'une essence ou tout au moins d'une texture différente de celle du verre. La première réponse que je pourrais faire à cette objection, c'est que tout ce que nous connaissons non-seulement dans la classe des substances vitreuses produites par la nature, mais même dans nos verres factices composés par l'art, nous fait voir que les plus purs et les plus simples de ces verres, sont en même temps les plus réfractaires; et que, quand ils ont été fondus une fois, ils se refusent et résistent ensuite à l'action de la même chaleur qui leur a donné cette première fusion, et ne cèdent plus qu'à un degré de feu supérieur : or, comment trouver un degré de feu supérieur à un embrasement presque égal à celui du soleil, et tel que le feu qui a fondu ces quartz et ces jaspes? car dans ce premier temps de la liquéfaction du globe, l'embrasement de la terre était à peu près égal à celui de cet astre, et puisque aujourd'hui même la plus grande chaleur que nous puissions produire, est celle de la réunion d'une portion presque infiniment petite de ses rayons par les miroirs ardents; quelle idée ne devons-nous pas avoir de la violence du feu primitif, et pouvons-nous être étonnés

qu'il ait produit le quartz et d'autres verres plus durs et moins fusibles que les basaltes et les laves des volcans?

Quoique cette réponse soit assez satisfaisante, et qu'on puisse très-raisonnablement s'en tenir à mon explication, je pense que dans les sujets aussi difficiles, on ne doit rien prononcer affirmativement sans exposer toutes les difficultés et les raisons sur lesquelles on pourrait fonder une opinion contraire : ne se pourrait-il pas, dira-t-on, que le quartz que vous regardez comme le produit immédiat de la vitrification générale, ne fût lui-même, comme toutes les autres substances vitreuses, que le détriment d'une matière primitive que nous ne connaissons pas, faute d'avoir pu pénétrer à d'assez grandes profondeurs dans le sein de la terre, pour y trouver la vraie masse qui en remplit l'intérieur? L'analogie doit faire adopter ce sentiment plutôt que votre opinion, car les matières qui, comme le verre, ont été fondues par nos feux, peuvent l'être de nouveau, et par le même élément du feu, tandis que celles qui, comme le cristal de roche, l'argile blanche et la craie pure, ne sont formées que par l'intermède de l'eau, résistent comme le quartz, à la plus grande violence du feu; dès-lors ne doit-on pas penser que le quartz n'a pas été produit par ce dernier élément, mais formé par l'eau comme l'argile et la craie pures, qui sont également réfractaires à nos feux? et si le quartz a en effet été produit primitivement par l'intermède de l'eau, à plus forte raison le jaspe, le porphyre et les granites auront été formés par le même élément.

J'observerai d'abord que dans cette objection le raisonnement n'est appuyé que sur la supposition idéale d'une matière inconnue, tandis que je pars au contraire d'un fait certain, en présentant pour matière primitive les deux substances les plus simples qui se soient jusqu'ici rencontrées dans la nature; et je répons en second lieu, que l'idée sur laquelle ce raisonnement est fondé, n'est encore qu'une autre supposition démentie par les observations; car il faudrait alors que les eaux eussent non-seulement surmonté les pics des plus hautes montagnes de quartz et de granite, mais encore que l'eau eût formé les masses immenses de ces mêmes montagnes par des dépôts accumulés et superposés jusqu'à leur sommet; or cette double supposition ne peut ni se soutenir, ni même se présenter avec quelque vraisemblance, dès

que l'on vient à considérer que la terre n'a pu prendre sa forme renflée sous l'équateur et abaissée sous les pôles, que dans son état de liquéfaction par le feu, et que les boursouffures et les grandes éminences du globe ont de même nécessairement été formées par l'action de ce même élément dans le temps de la consolidation. L'eau, en quelque quantité et dans quelque mouvement qu'on la suppose, n'a pu produire ces chaînes de montagnes primitives qui sont la charpente de la terre et tiennent à la roche qui en occupe l'intérieur : loin d'avoir travaillé ces montagnes primitives dans toute l'épaisseur de leur masse, ni par conséquent d'avoir pu changer la nature de cette prétendue matière primitive, pour en faire du quartz ou des granites, les eaux n'ont eu aucune part à leur formation, car ces substances ne portent aucune trace de cette origine, et n'offrent pas le plus petit indice du travail ou du dépôt de l'eau ; on ne trouve aucune production marine, ni dans le quartz, ni dans le granite ; et leurs masses, au lieu d'être disposées par couches comme le sont toutes les matières transportées ou déposées par les eaux, sont au contraire comme fondues d'une seule pièce sans lits ni divisions que celles des fentes perpendiculaires qui se sont formées par la retraite de la matière sur elle-même dans le temps de sa consolidation par le refroidissement. Nous sommes donc bien fondés à regarder le quartz et toutes les matières en grandes masses, dont il est la base, telles que les jaspes, les porphyres, les granites, comme des produits du feu primitif, puisqu'ils diffèrent en tout des matières travaillées par les eaux.

Le quartz forme la roche du globe, les appendices de cette roche servent de noyaux aux plus hautes éminences de la terre ; le jaspe est aussi un produit immédiat du feu primitif, et il est après le quartz la matière vitreuse la plus simple ; car il résiste également à l'action des acides et du feu : il n'est pas tout-à-fait aussi dur que le quartz, et il est presque toujours fortement coloré ; mais ces différences ne doivent pas nous empêcher de regarder le jaspe en grande masse comme un produit du feu et comme le second verre primitif, puisqu'on n'y voit aucune trace de composition, ni d'autre indice de mélange que celui des parties métalliques qui l'ont coloré ; du reste, il est d'une essence aussi pure que le quartz, qui lui-même a reçu quelquefois des couleurs et particuliè-

rement le rouge du fer. Ainsi dans le temps de la vitrification générale, les quartz et jaspes, qui en sont les produits les plus simples, n'ont reçu par sublimation ou par mixtion, qu'une petite quantité de particules métalliques dont ils sont colorés ; et la rareté des jaspes, en comparaison du quartz, vient peut-être de ce qu'ils n'ont pu se former que dans les endroits où il s'est trouvé des matières métalliques, au lieu que le quartz a été produit en tous lieux. Quoi qu'il en soit, le quartz et le jaspe sont réellement les deux substances vitreuses les plus simples de la nature, et nous devons dès lors les regarder comme les deux premiers verres qu'elle ait produits.

L'infusibilité, ou plutôt la résistance à l'action du feu, dépend en entier de la pureté ou simplicité de la matière ; la craie et l'argile pures sont aussi infusibles que le quartz et le jaspe ; toutes les matières mixtes ou composées sont au contraire très-aisément fusibles. Nous considérerons donc d'abord le quartz et le jaspe, comme étant les deux matières vitreuses les plus simples ; ensuite nous placerons le mica, qui, étant un peu moins réfractaire au feu, paraît être un peu moins simple ; et enfin nous présenterons le feld-spath et le schorl, dont la grande fusibilité semble démontrer que leur substance est mélangée ; après quoi nous traiterons des matières composées de ces cinq substances primitives, lesquelles ont pu se mêler et se combiner ensemble deux à deux, trois à trois, ou quatre à quatre, et dont le mélange a réellement produit toutes les autres matières vitreuses en grandes masses.

Nous ne mettrons pas au nombre des substances du mélange celles qui donnent les couleurs à ces différentes matières, parce qu'il ne faut qu'une si petite quantité de métal pour colorer de grandes masses, qu'on ne peut regarder la couleur comme partie intégrante d'aucune substance ; et c'est par cette raison que les jaspes peuvent être regardés comme aussi simples que le quartz, quoiqu'ils soient presque toujours fortement colorés. Ainsi nous présenterons d'abord ces cinq verres primitifs ; nous suivrons leurs combinaisons et leurs mélanges entre eux ; et après avoir traité de ces grandes masses vitreuses formées et fondues par le feu, nous passerons à la considération des masses argilleuses et calcaires qui ont été produites et entassées par le mouvement des eaux.

DU QUARTZ.

LE quartz est le premier des verres primitifs ; c'est même la matière première dont on peut concevoir qu'est formée la roche intérieure du globe ; ses appendices extérieurs, qui servent de basés et de noyaux aux plus grandes éminences de la terre, sont aussi de cette même matière primitive : ces noyaux des plus hautes montagnes se sont trouvés d'abord environnés et couverts des fragments décrépités de ce premier verre, ainsi que des écailles du jaspe, des paillettes du mica et des petites masses cristallisées du feld-spath et du schorl, qui dès-lors ont formé par leur réunion les grandes masses de granite, de porphyre, et de toutes les autres roches vitreuses composées de ces premières matières produites par le feu primitif ; les eaux n'ont agi que long-temps après sur ces mêmes fragments et poudres de verre, pour en former les grès, les talcs, et les convertir enfin par une longue décomposition en argile et en schiste. Il y a donc eu d'abord, à la surface du globe, des sables décrépités de tous les verres primitifs, et c'est de ces premiers sables que les roches vitreuses en grande masse ont été composées ; ensuite ces sables transportés par le mouvement des eaux, et réunis par l'intermède de cet élément, ont formé les grès et les talcs ; et enfin ces mêmes sables, par un long séjour dans l'eau, se sont atténués, ramollis et convertis en argile. Voilà la suite des altérations et les changements successifs de ces premiers verres ; toutes les matières qui en ont été formées avant que l'eau les eût pénétrées, sont demeurées sèches et dures ; celles au contraire qui n'ont été produites que par l'action de l'eau, lorsque ces mêmes verres ont été imbus d'humidité, ont conservé quelque mollesse ; car tout ce qui est humide est en même temps mou, c'est-à-dire moins dur que ce qui est sec ; aussi n'y a-t-il de parfaitement solide que ce qui est entièrement sec ; les verres primitifs et les matières qui en sont composées, telles que les porphyres, les granites, qui toutes ont été produites par le feu, sont aussi dures que sèches ; les métaux, même les plus purs, tels que l'or et l'argent que je regarde aussi comme des produits du feu, sont de même d'une sécheresse entière (1).

Mais toute matière ne conserve sa sécheresse et sa dureté qu'autant qu'elle est à l'abri de l'action des éléments humides, qui dans un temps plus ou moins long, la pénètrent, l'altèrent, et semblent quelquefois en changer la nature en lui donnant une forme extérieure toute différente de la première. Les cailloux les plus durs, les laves des volcans et tous nos verres factices, se convertissent en terre argileuse par la longue impression de l'humidité de l'air ; le quartz et tous les autres verres produits par la nature, quelque durs qu'ils soient, doivent subir la même altération, et se convertir à la longue en terre plus ou moins analogue à l'argile.

Ainsi le quartz, comme toute autre matière, doit se présenter dans des états différents ; le premier en grandes masses dures et sèches, produites par la vitrification primitive, et telles qu'on les voit au sommet et sur les flancs de plusieurs montagnes ; le second de ces états est celui où le quartz se présente en petites masses brisées et décrépités par le premier refroidissement ; et c'est sous cette seconde forme qu'il est entré dans la composition des granites et de plusieurs autres matières vitreuses ; le troisième enfin est celui où ces petites masses sont dans un état d'altération ou de décomposition, produit par les vapeurs de la terre ou par l'infiltration de l'eau. Le quartz primitif est aride au toucher ; celui qui est altéré par les vapeurs de la terre ou par l'eau, est plus doux ; et celui qui sert de gangue aux métaux, est ordinairement onctueux ; il y en a

contient aucune humidité dans leur intérieur.

Ayant exposé au foyer de mon miroir ardent, à quarante et cinquante pieds de distance, des assiettes d'argent et d'assez larges plaques d'or, je fus d'abord un peu surpris de les voir fumer long-temps avant de se fondre ; cette fumée était assez épaisse pour faire une ombre très-sensible sur le terrain éclairé, comme le miroir, par la lumière du soleil ; elle avait tout l'air d'une vapeur humide, et, s'en tenant à cette première apparence, on aurait pu penser que ces métaux contiennent une bonne quantité d'eau ; mais ces mêmes vapeurs étant interceptées, reçues et arrêtées par une plaque d'autre matière, elles l'ont dorée ou argentée : ce dernier effet démontre donc que ces vapeurs, loin d'être aqueuses, sont purement métalliques, et qu'elles ne se séparent de la masse du métal que par une sublimation causée par la chaleur du foyer auquel il était exposé.

(1) L'expérience m'a démontré que ces métaux ne

aussi qui est cassant, d'autre qui est feuilleté, etc. Mais l'un des caractères généraux du quartz dur, opaque ou transparent, est d'avoir la cassure vitreuse, c'est-à-dire par ondes convexes et concaves, également polies et luisantes; et ce caractère très-marqué suffirait pour indiquer que le quartz est un verre, quoiqu'il ne soit pas fusible au feu de nos fourneaux, et qu'il soit moins transparent et beaucoup plus dur que nos verres factices; indépendamment de sa dureté, de sa résistance au feu et de sa cassure vitreuse, il prend souvent un quatrième caractère qui est la cristallisation si connue du cristal de roche: or, le quartz dans son premier état, c'est-à-dire en grandes masses produites par le feu, n'est point cristallisé, et ce n'est qu'après avoir été décomposé par l'impression de l'eau, que ses particules prennent, en se réunissant, la forme des prismes du cristal; ainsi le quartz, dans ce second état, n'est qu'un extrait formé par stillation de ce qu'il y a de plus homogène dans sa propre substance.

Le cristal est en effet de la même nature que le quartz, il n'en diffère que par sa forme et par sa transparence; tous deux frottés l'un contre l'autre deviennent lumineux, tous deux jettent des étincelles par le choc de l'acier, tous deux résistent à l'action des acides, et sont également réfractaires au feu; enfin tous deux sont à peu près de la même densité, et par conséquent leur substance est la même.

On trouve aussi du quartz de seconde formation en petites masses opaques et non cristallisées, mais seulement feuilletées et trouées, comme si cette matière de quartz eût coulé dans les interstices et les fentes d'une terre molle qui lui aurait servi de moule; ce quartz feuilleté n'est qu'une stalactite grossière du quartz en masses, et cette stalactite est composée, comme le grès, de grains quartzeux qui ont été déposés et réunis par l'intermède de l'eau. Nous verrons dans la suite que ce quartz troué sert quelquefois de base aux agates et à d'autres matières du même genre.

M. de Gensanne attribue aux vapeurs de la terre, l'altération et même la production des quartz qui accompagnent les filons des métaux; il a fait sur cela de bonnes observations et quelques expériences que je ne puis citer qu'avec éloge. Il assure que ces vapeurs, d'abord condensées en concrétions assez molles, se cristallisent ensuite en quartz:

» C'est, dit-il, une observation que j'ai suivie plusieurs années de suite à la mine de Cramaillet, à Planches-les-mines en Franche-Comté; les eaux qui suintent à travers les rochers de cette mine, forment des stalactites au ciel des travaux, et même sur les bois, qui ressemblent aux glaçons qui pendent aux toits pendant l'hiver, et qui sont un véritable quartz. Les extrémités de ces stalactites, qui n'ont pas encore pris une consistance solide, donnent une substance grenue, cristalline, qu'on écrase facilement entre les doigts; et comme c'est un filon de cuivre, il n'est pas rare, parmi ces stalactites, d'y en voir quelques-unes qui forment de vraies malachites d'un très-beau vert. Lorsque les travaux d'une mine ont été abandonnés, et que les puits sont remplis d'eau, il n'est pas rare de trouver au bout d'un certain temps, la surface de ces puits plus ou moins couverte d'une espèce de matière blanche cristallisée, qui est un véritable quartz, c'est-à-dire un *gurb* cristallisé. J'ai vu de ces concrétions qui avaient plus d'un pouce d'épaisseur (1). »

Je ne suis point du tout éloigné de ces idées de M. de Gensanne; jusqu'à lui les physiciens n'attribuaient aucune formation réelle et solide aux vapeurs de la terre, mais ces observations et celles que M. de Lassone a faites sur l'émail des grès, semblent démontrer que dans plusieurs circonstances les vapeurs minérales prennent une forme solide et même une consistance très-dure.

Il paraît donc que le quartz suivant ses différents degrés de décomposition et d'atténuation, se réduit en grains et petites lames qui se rassemblent en masses feuilletées, et que ces stillations plus épurées produisent le cristal de roche; il paraît de même qu'il passe de l'opacité à la transparence par nuances, comme on le voit dans plusieurs montagnes, et particulièrement dans celles des Vosges où M. l'abbé Bexon nous assure avoir observé le quartz dans plusieurs états différents, il y a trouvé des quartz opaques ou laitieux, et d'autres transparents ou demi-transparentes; les uns disposés par veines et d'autres par blocs, et même par grandes masses, faisant partie des montagnes; et tous ces quartz sont souvent accompagnés de leurs cristaux, colorés ou non colorés.

(1) Hist. nat. du Languedoc, tome 2, pages 28 et suivantes.

M. Guettard a observé les grands rochers de quartz blancs de *Chipelu* et d'*Oursière* (1) en Dauphiné; et il fait aussi mention des quartz des environs d'*Alvard* dans cette même province. M. Bowles rapporte que dans le terrain de la *Nata* en Espagne, il y a une veine de quartz qui sort de la terre, s'étend à plus d'une demi-lieue, et se perd ensuite dans la montagne; il dit avoir coupé un morceau de ce quartz qui était à demi-transparent et presque aussi fin que du cristal de roche; il forme comme une bande ou ruban de quatre doigts de large, entre deux lisières d'un autre quartz plus obscur; et le long de cette même veine il se trouve des morceaux de quartz couverts de cristaux réguliers de couleur de lait (2). M. Guettard a trouvé de semblables cristaux sur le quartz en Auvergne; la plupart de ces cristaux étaient transparents et quelques-uns étaient opaques, bruns et jaunâtres, ordinairement très-distingués les uns des autres, souvent hérissés de beaucoup d'autres cristaux très-petits, parmi lesquels il y en avait plusieurs d'un beau rouge de grenat. Il en a vu de même sur les bancs de granite; et lorsque ces cristaux sont transparents et violets, on leur donne en Auvergne le nom d'*améthyste*, et celui d'*émeraude* lorsqu'ils sont verts (3). Je dois observer ici, pour éviter toute erreur, que l'améthyste est en effet un cristal de roche coloré, mais que l'émeraude est une pierre très-différente qu'on ne doit pas mettre au nombre des cristaux, parce qu'elle en diffère essentiellement dans sa composition, l'émeraude étant formée de lames superposées, au lieu que le cristal et l'améthyste sont composés de prismes réunis. Et d'ailleurs cette prétendue émeraude ou cristal vert d'Auvergne, n'est autre chose qu'un spath fluor qui est, à la vérité, une substance vitreuse, mais différente du cristal.

On trouve souvent du quartz en gros blocs, détachés du sommet ou séparés du noyau des montagnes; M. Montel, habile minéralogiste, parle de semblables masses qu'il a vues dans les Cévennes au diocèse d'Alais. « Ces masses de quartz, dit-il, n'affectent aucune figure régulière, leur couleur est blanche, et, comme ils n'ont que peu de

gerçures, ils n'ont été pénétrés d'aucune terre colorée; ils sont opaques, et, quand on les casse, ils se divisent en morceaux inégaux, anguleux... La fracture représente une vitrification; elle est luisante et réfléchit les rayons de lumière, surtout si c'est un quartz cristallin; car on en trouve quelquefois de cette espèce parmi ces gros morceaux. On ne voit point de quartz d'une forme ronde dans ces montagnes, il ne s'en trouve que dans les rivières ou dans les ruisseaux, et il n'a pris cette forme qu'à force de rouler dans le sable (4). »

Ces quartz en morceaux arrondis et roulés que l'on trouve dans le lit et les vallées des rivières qui descendent des grandes montagnes primitives, sont les débris et les restes des veines ou masses de quartz qui sont tombées de la crête et des flancs de ces mêmes montagnes, minées et en partie abattues par le temps: et non-seulement il se trouve une très-grande quantité de quartz en morceaux arrondis dans le lit de ces rivières, mais souvent on voit sur les collines voisines, des couches entières composées de ces cailloux de quartz arrondis et roulés par les eaux (5); ces collines ou montagnes inférieures sont évidemment de seconde formation; et quelquefois ces quartz roulés s'y trouvent mêlés avec la pierre calcaire, et tous deux ont également été transportés et déposés par le mouvement des eaux.

Avant de terminer cet article du quartz, je dois remarquer que j'ai employé partout dans mes discours sur la *Théorie de la terre* et dans ceux des *Époque de la nature* le mot de roc vif, pour exprimer la roche quartzuse de l'intérieur du globe et du noyau des montagnes; j'ai préféré le nom de roc vif à celui du quartz, parce qu'il présente une idée plus familière et plus étendue, et que cette expression, quoique moins précise, suffisait pour me faire entendre; d'ailleurs j'ai souvent compris sous la dénomination de roc vif, non-seulement le quartz pur, mais aussi le quartz mêlé de mica, les jaspes, porphyres, granites et toutes les roches vitreuses en grandes masses que le feu ne peut calciner, et qui par leur dureté étincellent avec l'acier. Les rocs vitreux primitifs diffé-

(1) Mém. sur la Minéralogie du Dauphiné, pages 30 et 45.

(2) Hist. nat. d'Espagne, par M. Bowles, tome 1^{er}, pages 448 et 449.

(3) Mém. de l'Académie des sciences, année 1759.

(4) Mém. de l'Académie des sciences, année 1762, page 639.

(5) Hist. nat. d'Espagne, par M. Bowles, pages 179 et 188.

rent des rochers calcaires, non-seulement par leur essence, mais aussi par leur disposition; ils ne sont pas posés par bancs ou par couches horizontales, mais ils sont en pleines masses comme s'ils étaient fondus d'une seule pièce (1), autre preuve qu'ils ne tirent pas leur origine du transport et du dépôt des eaux. La dénomination générale de roc vif suffisait aux objets généraux que j'avais à traiter; mais aujourd'hui qu'il faut entrer dans un plus grand détail, nous ne parlerons du roc vif que pour le comparer quelquefois à la *roche morte*, c'est-à-dire à ce même roc, quand il a perdu sa dureté et sa consistance par l'impression des éléments humides à la surface de la terre, ou lorsqu'il a été décomposé dans son sein par les vapeurs minérales.

Je dois encore avertir que, quand je dis et dirai que le quartz, le jaspe, l'argile pure, la craie et d'autres matières sont infusibles, et qu'au contraire le feld-spath, le schorl, la glaise ou argile impure, la terre limoneuse et d'autres matières sont fusibles, je n'entends jamais qu'un degré relatif de fusibilité ou d'infusibilité; car je suis persuadé que tout dans la nature est fusible, puisque tout a été fondu, et que les matières qui, comme le quartz et le jaspe, nous paraissent les plus réfractaires à l'action de nos feux, ne résisteraient pas à celle d'un feu plus violent. Nous ne devons donc pas admettre, en histoire naturelle, ce caractère d'infusibilité dans un sens absolu, puisque cette propriété n'est pas essentielle, mais dépend de notre art et même de l'imperfection de cet art qui n'a pu nous fournir encore les moyens d'augmenter assez la puissance du feu, pour refondre quelques-unes de ces mêmes matières fondues par la nature.

Nous avons dit ailleurs (2), que le feu s'employait de trois manières, et que dans chacune les effets et le produit de cet élément étaient très-différents; la première de ces manières est d'employer le feu en grand volume, comme dans les fourneaux de réverbère pour la verrerie et pour la porcelaine; la seconde, en plus petit volume, mais avec plus de vitesse au moyen des soufflets ou des

tuyaux d'aspiration; et la troisième en très-petit volume, mais en masse concentrée au foyer des miroirs: j'ai éprouvé dans un fourneau de glacerie (3), que le feu en grand volume ne peut fondre la mine de fer en grains, même en y ajoutant des fondants (4); et néanmoins le feu, quoique en moindre volume, mais animé par l'air des soufflets, fond cette même mine de fer sans addition d'aucun fondant. La troisième manière par laquelle on concentre le volume du feu au foyer des miroirs ardents, est la plus puissante et en même temps la plus sûre de toutes, et l'on verra, si je puis achever mes expériences au *miroir à échelons*, que la plupart des matières regardées jusqu'ici comme infusibles, ne l'étaient que par la faiblesse de nos feux. Mais en attendant cette démonstration, je crois qu'on peut assurer, sans craindre de se tromper, qu'il ne faut qu'un certain degré de feu pour fondre ou brûler, sans aucune exception, toutes les matières terrestres de quelque nature qu'elles puissent être; la seule différence, c'est que les substances pures et simples, sont toujours plus réfractaires au feu que les matières composées, parce que dans tout mixte, il y a des parties que le feu saisit et dissout plus aisément que les autres, et ces parties une fois dissoutes servent de fondant pour liquéfier les premières.

Nous excluons donc de l'*Histoire naturelle des minéraux*, ce caractère d'infusibilité absolue, d'autant que nous ne pouvons le connaître que d'une manière relative, même équivoque, et jusqu'ici trop incertaine pour qu'on puisse l'admettre; et nous n'emploierons 1^o que celui de la fusibilité relative, 2^o le caractère de la calcination ou non calcination avant la fusion, caractère beaucoup plus essentiel, et par lequel on doit établir les deux grandes divisions de toutes les matières terrestres, dont les unes ne se convertissent en verre qu'après s'être calcinées, et dont les autres se fondent sans se calciner auparavant; 3^o le caractère de l'effervescence avec les acides, qui accompagne ordinairement celui de la calcination; et ces deux caractères suffisent pour nous faire distinguer les matières vitreuses des substances calcaires ou gypseuses; 4^o celui d'étinceler ou faire feu contre l'acier trempé, et ce ca-

(1) « Dans les plus hautes montagnes, on ne ren-
» contre point le roc par bancs, il est solide partout
» et comme s'il était fondu d'une pièce. » (Instruction
sur l'art des mines, par M. Délius, traduit de l'alle-
mand, tome 1^{er}, page 7.)

(2) Pages 92 et suiv. de ce volume.

(3) A Rouelle, en Bourgogne, où il se fait de très-
belles glaces.

(4) Pages 96 et suiv. de ce volume.

ractère indique plus qu'aucun autre la sécheresse et la dureté des corps ; 5^o la cassure vitreuse, spathique, terreuse ou grenue, qui présente à nos yeux la texture intérieure de chaque substance ; 6^o enfin, les couleurs qui démontrent la présence des parties métalliques dont les différentes matières sont imprégnées. Avec ces six caractères nous tâcherons de nous passer de la plupart de ceux que les chimistes ont employés ; ils ne serviraient ici qu'à confondre les productions de la nature avec celles d'un art qui, quelquefois au lieu de l'analyser, ne fait que la défigurer ; le feu n'est pas un simple instrument, dont l'action soit bornée à diviser ou dissoudre les matières ; le feu est lui-même une matière qui s'unit aux autres, et qui en sépare et enlève les parties les moins fixes ; en sorte qu'après le travail de cet élément les caractères naturels de la plupart des substances sont ou détruits ou changés et que souvent même l'essence de ces substances en est entièrement altérée.

Le naturaliste, en traitant des minéraux, doit donc se borner aux objets que lui pré-

sente la nature, et renvoyer aux artistes tout ce que l'art a produit ; par exemple, il décrira les sels qui se trouvent dans le sein de la terre, et ne parlera des sels formés dans nos laboratoires que comme d'objets accessoires et presque étrangers à son sujet ; il traitera de même des terres argileuses, calcaires, gypseuses et végétales ; et non des terres qu'on doit regarder comme artificielles, telles que la terre alumineuse, la terre scdlitienne, et nombre d'autres qui ne sont que des produits de nos combinaisons ; car quoique la nature ait pu former en certaines circonstances, tout ce que nos arts semblent avoir créé, puisque toutes les substances, et même les éléments sont convertibles par ses seules puissances (1), et que pourvue de tous les principes elle ait pu faire tous les mélanges, nous devons d'abord nous borner à la saisir par les objets qu'elle nous présente, et nous en tenir à les exposer tels qu'ils sont, sans vouloir la surcharger de toutes les petites combinaisons secondaires que l'on doit renvoyer à l'histoire de nos arts.

DU JASPE.

Le jasper n'est qu'un quartz plus ou moins pénétré de parties métalliques ; elles lui donnent les couleurs et rendent sa cassure moins nette que celle du quartz, il est aussi plus opaque ; mais comme à la couleur près, le jasper n'est composé que d'une seule substance, nous croyons qu'on peut le regarder comme une sorte de quartz, dans lequel il n'est entré d'autres mélanges que des vapeurs métalliques ; car du reste le jasper comme le quartz résiste à l'action du feu et à celle des acides ; il étincelle de même avec l'acier, et s'il est un peu moins dur que le quartz, on peut encore attribuer cette différence à la grande quantité de ces mêmes parties métalliques dont il est imprégné (2) ; le quartz,

le jasper, le mica, le feld-spath et le schorl, doivent être regardés comme les seuls verres primitifs ; toutes les autres matières vitreuses en grandes masses, telles que les porphyres, les granites et les grès, ne sont que des mélanges ou des débris de ces mêmes verres qui ont pu, en se combinant deux à deux, former dix matières différentes (3), et combinées trois, à trois, ont de même pu former encore dix autres matières (4), et enfin, combinées quatre à quatre ou mêlées toutes cinq ensemble, ont encore pu former cinq matières différentes (5).

(1) Voyez le Discours sur les Éléments. Supplément.

(2) Le jasper, selon M. Démeeste, n'est qu'une sorte de quartz : « Les jaspes, dit-il, sont des masses » quartzesuses, opaques, très-dures, et qui varient » beaucoup par les couleurs ; ils se rencontrent par » filons, et forment même quelquefois des rochers » fort considérables : le jasper a presque toujours un » oeil gras et luisant à sa surface. » (Lettres à M. le docteur Bernard, tome 1^{er}, page 450.)

(3) 1^o Quartz et jasper ; 2^o quartz et mica ; 3^o quartz et feld-spath ; 4^o quartz et schorl ; 5^o jasper et mica ; 6^o jasper et feld-spath ; 7^o jasper et schorl ; 8^o mica et feld-spath ; 9^o mica et schorl ; 10^o feld-spath et schorl.

(4) 1^o Quartz, jasper et mica ; 2^o quartz, jasper et feld-spath ; 3^o quartz, jasper et schorl ; 4^o quartz, mica et feld-spath ; 5^o quartz, mica et schorl ; 6^o quartz, feld-spath et schorl ; 7^o jasper, mica et feld-spath ; 8^o jasper, mica et schorl ; 9^o jasper, feld-spath et schorl ; 10^o mica, feld-spath et schorl.

(5) 1^o Quartz, jasper, mica et feld-spath ; 2^o quartz, jasper, mica et schorl ; 3^o quartz, jasper, feld-spath et

Quoique tous les jaspes aient la cassure moins brillante que celle du quartz, ils reçoivent néanmoins également le poli dans tous les sens; leur tissu très-serré a retenu les atomes métalliques dont ils sont colorés, et les métaux ne se trouvent en grande quantité qu'en quelques endroits du globe, il n'est pas surprenant qu'il y ait dans la nature beaucoup moins de jaspe que de quartz; car il fallait pour former les jaspes, cette circonstance de plus, c'est-à-dire un grand nombre d'exhalaisons métalliques, qui ne pouvaient être sublimées que dans les lieux abondants en métal; l'on peut donc présumer que c'est par cette raison qu'il y a beaucoup moins de jaspes que de quartz, et qu'ils sont en masses moins étendues.

Mais de la même manière que nous avons distingué deux états dans le quartz, l'un très-ancien produit par le feu primitif, et l'autre plus nouveau occasioné par la stillation des eaux; de même nous distinguerons deux états dans le jaspe, le premier, où, comme le quartz, il a été formé en grandes masses (1) dans le temps de la vitrification générale, et le second, où la stillation des eaux a produit de nouveaux jaspes aux dépens des premiers, et ces nouveaux jaspes étant des extraits du jaspe primitif, comme le cristal de roche est un extrait du quartz, ils sont pour la plupart encore plus purs et d'un grain plus fin que celui dont ils tirent leur origine; mais nous devons renvoyer à des articles particuliers l'examen des cristaux de roche et des autres pierres vitreuses, opaques ou transparentes, que nous ne regar-

schorl; 4° jaspe, mica, feld-spath et schorl; 5° enfin, quartz, jaspe, mica, feld-spath et schorl; en tout vingt-cinq combinaisons ou matières différentes.

(1) M. Ferber a vu (à Florence, dans le cabinet de M. Targion: Tozzetti) du jaspe rouge sanguin, veiné de blanc, provenant de Barga, dans les Apennins de la Toscane, où des couches considérables, et même des montagnes entières sont, dit-il, formées de jaspe.

Les murs de la capella di San-Lorenzo, à Florence, sont revêtus de très-belles et grandes plaques de ce jaspe, qui prend très-bien le poli.

Un peu au-dessous du château de Montieri, dans le pays de Sienne, est la montagna di Montieri, formée de schiste micacé; on y trouve d'anciennes mines d'argent, de cuivre et de plomb, et une grande couche, au moins de trois toises d'épaisseur, d'un gros jaspe rouge, qui s'étend jusqu'au castello di Gersalco; mais ce lit étant composé de plusieurs petites couches minces, qui ont beaucoup de fentes, on ne peut pas s'en servir. (Lettres sur la Minéralogie, etc., page 109.)

donc que comme des stalactites du quartz, du jaspe et des autres matières primitives (2); ces substances secondaires, quoique de même nature que les premières, n'ayant été produites que par l'intermède de l'eau, ne doivent être considérées qu'après avoir examiné les matières dont elles tirent leur origine, et qui ont été formées par le feu primitif. Je ne vois donc dans toute la nature que le quartz, le jaspe, le mica, le feld-spath et le schorl, qu'on puisse regarder comme des matières simples ou presque simples, et auxquelles on peut ajouter encore le grès pur, qui n'est qu'une agrégation de grains quartzeux, et le talc qui de même n'est composé que de paillettes micacées. Nous séparons donc de ces verres primitifs tous leurs produits secondaires, tels que les cailloux, agates, cornalines, sardoines, jaspes agatés et autres pierres opaques ou demi-transparentes, ainsi que les cristaux de roche et les pierres précieuses, parce qu'elles doivent être mises dans la classe des substances de dernière formation.

Le jaspe primitif a été produit par le feu presque en même temps que le quartz, et la nature montre elle-même en quelques endroits comment elle a formé le jaspe dans le quartz. « On voit dans les Vosges lorraines, » dit un de nos plus habiles naturalistes (3), » une montagne où le jaspe traverse et » serpente entre les masses de quartz par » larges veines sinueuses, qui représentent » les soupiraux par lesquels s'exhalaient les » sublimations métalliques; car toutes ces » veines sont diversement colorées, et par » tout où elles commencent à prendre des » couleurs, la pâte quartzreuse s'adoucit et » semble se fondre en jaspe; en sorte qu'on

(2) *Nota.* Le jaspe rouge dans lequel M. Ferber dit avoir vu des coquilles pétrifiées est certainement un de ces jaspes de seconde formation (voyez ses Lettres sur la Minéralogie, etc., page 19); il s'explique lui-même de manière à n'en laisser aucun doute: « La superficie des montagnes calcaires des environs de Brescia, dit-il (page 33), est composée de petites couches dans lesquelles on découvre du jaspe, de la pierre à fusil de couleur rouge et noire; on nomme ces couches *la scaglia*: c'est dans ces environs qu'on vient de trouver des coquilles pétrifiées dans du jaspe rouge, mêlé de quartz. » Ce jaspe, produit dans des couches calcaires, est une stillation vitreuse, comme le silex avec lequel il se trouve. (Voyez les mêmes Lettres sur la Minéralogie.)

(3) M. l'abbé Bexon, grand-chantre de la Sainte-Chapelle de Paris.

» peut avoir dans le même échantillon, et
 » la matière quartzéuse et le filon jaspé. Ces
 » veines de jaspé sont de différentes dimen-
 » sions; les unes sont larges de plusieurs
 » pieds, et les autres seulement de quelques
 » pouces; et partout où la veine n'est pas
 » pleine, mais laisse quelques bouillons ou
 » interstices vides, on voit de belles cristal-
 » lisations dont plusieurs sont colorées. On
 » peut contempler en grand ces effets de la
 » nature dans cette belle montagne; elle est
 » coupée à pic, par différents groupes, sur
 » trois ou quatre cents pieds de hauteur; et
 » sur ses flancs couverts d'énormes quartiers
 » rompus et entassés, comme de vastes rui-
 » nes, s'élèvent encore d'énormes pyramides
 » de ce même rocher, tranché et mis à pic
 » du côté du vallon. Cette montagne, la
 » dernière des Vosges lorraines, sur les con-
 » fins de la Franche-Comté, à l'entrée du
 » canton nommé le *Valdajol* (1), fermait en
 » effet un vallon très-profond, dont les eaux
 » par un effort terrible, ont rompu la bar-
 » rière de roche, et se sont ouvert un pas-
 » sage au milieu de la masse de la montagne,
 » dont les hautes ruines sont suspendues de
 » chaque côté. Au fond coule un torrent,
 » dont le bruit accroît l'émotion qu'inspire
 » l'aspect menaçant, et la sauvage beauté
 » de cet antique temple de la nature, l'un
 » des lieux du monde peut-être où l'on peut
 » voir une des plus grandes coupes d'une
 » montagne vitreuse, et contempler plus en
 » grand le travail de la nature dans ces mas-
 » ses primitives du globe (2). »

On trouve en Provence, comme en Lor-
 raine, de grandes masses de jaspé, particu-
 lièrement dans la forêt de l'Estérelle; il s'en
 trouve encore plus abondamment en Alle-
 magne, en Bohême, en Saxe, et notamment
 à Freyberg (3). J'en ai vu des tables de trois

pieds de longueur, et l'on m'a assuré qu'on
 en avait tiré des morceaux de huit à neuf
 pieds dans une carrière de l'archevêché de
 Saltzburg.

Il y a aussi des jaspes en Italie (4), en Po-
 logne aux environs de Varsovie et de Grod-
 no (5), et dans plusieurs autres contrées de
 l'Europe. On en retrouve en Sibérie; il y a
 même près d'Argun (6) une montagne en-
 tière de jaspe vert; enfin on a reconnu des

quelques-unes de leurs terres. (*Journal étranger*,
 mois d'octobre 1755, page 166.)

(4) On trouve dans les églises, dans les palais et
 les cabinets d'antiquités de Rome et d'autres villes
 d'Italie :

1^o. Le diaspro sanguigno ou heliotropio, qui est
 oriental; il est vert avec de petites taches couleur de
 sang;

2^o. Diaspro rosso : on tire la majeure partie de ce
 jaspe de la Sicile et de Barga, en Toscane; il y en a
 très-peu qui soit antique;

3^o. Diaspro giallo; il est brun-jaunâtre, avec de
 petites veines ondulées vertes et blanches;

4^o. Diaspro fiorito reticellato; il est très-beau, le
 fond est blanc, transparent, agatisé, avec des taches
 brunes-foncées, plus ou moins grandes, irrégulières,
 et des raies ou rubans de la même couleur : les tach-
 es sont entourées d'une ligne blanche opaque, cou-
 leur de lait, et quelquefois jaune. On voit dans la
 belle maison de campagne de Mondragone et autre
 part, de très-belles tables composées de plusieurs
 petits morceaux réunis de cette espèce de pierre; elle
 est antique et très-rare : on a aussi du diaspro fiorito
 de Sicile, d'Espagne et de Constantinople, qui res-
 semble au diaspro fiorito reticellato. (Lettres sur la
 Minéralogie, par M. Ferber, pages 335 et 336.)

(5) Mémoire de M. Guettard, dans ceux de l'Acadé-
 mie des sciences, année 1762, page 243.

(6) « Il y a en Sibérie une montagne de jaspe, si-
 tuée sur un faux bras de l'Argun; nous montâmes
 » cette montagne avec beaucoup de peine, parce
 » qu'elle est fort rapide : elle est composée d'un
 » beau jaspe vert; mais elle est fort entremêlée
 » de pierres sauvages, et l'on trouve rarement des
 » morceaux de trois livres pesant qui soient sans
 » crevasses et purs; car quoiqu'on rencontre quel-
 » quefois des morceaux d'un à deux pieds, ils se
 » fendent en long et en large, étant exposés pendant
 » quelques jours au grand air. On s'est donné jus-
 » qu'à présent bien des peines inutiles pour trouver
 » de plus gros morceaux dont on pût faire des co-
 » lonnes, des tables, etc.; il semble, par la même
 » raison, qu'on n'a guère d'espérance d'être plus
 » heureux dans la suite : on voit sur toute la mon-
 » tagne, par ci par là, des carrières dont on a tiré
 » anciennement plusieurs milliers de livres de cette
 » pierre précieuse. » (Voyage en Sibérie, par M. Gmel-
 lin, tome 2, page 81.)

(1) Les gens du pays nomment la montagne *Channaroux*, et sa vallée les *Fargottes*; elle est située à deux lieues au midi de la ville de Remiremont, et une lieue à l'orient du bourg de Plombières, fameux par ses eaux minérales chaudes.

(2) Mémoires sur l'Histoire naturelle de la Lorraine, communiqués par M. l'abbé Bexou.

(3) On admire dans une salle du Trésor royal de Dresde, dit M. Keyser, un dessus de table d'un jaspe traversé de belles veines de cristal et d'améthyste; ce jaspe se trouve à quatre milles de Dresde, dans le territoire de Freyberg : il n'y a que peu d'années qu'on le reconnut pour ce qu'il est; autrefois les paysans se servaient souvent de pierres semblables, pour faire les murs dont ils ont coutume d'entourer

jaspes jusqu'en Groenland (1). Quelques voyageurs n'ont dit qu'il y en a des montagnes entières dans la haute Égypte, à quelques lieues de distance de la rive orientale du Nil. Il s'en trouve dans plusieurs endroits des grandes Indes, ainsi qu'à la Chine (2), et dans d'autres provinces de l'Asie; on en a vu de même en assez grande quantité et de plusieurs couleurs différentes dans les hautes montagnes de l'Amérique (3).

Plusieurs jaspes sont d'une seule couleur, verte, rouge, jaune, grise, brune, noire, et même blanche, et d'autres sont mélangés de ces diverses couleurs; on les nomme *jaspes tachés*, *jaspes veinés*, *jaspes fleuris*, etc. Les jaspes verts et les rouges sont les plus communs; le plus rare est le jaspé sanguin qui est d'un beau vert-foncé avec de petites taches d'un rouge vif, et semblables à des gouttes de sang, et c'est de tous les jaspes celui qui reçoit le plus beau poli. Le

jaspé d'un beau rouge est aussi fort rare, et il y en a de seconde formation, puisqu'un morceau de ce jaspé rouge, cité par M. Ferber, contenait des impressions de coquilles (4). Tous les jaspes qui ne sont pas purs et simples, et qui sont mélangés de matières étrangères, sont aussi de seconde formation, et l'on ne doit pas les confondre avec ceux qui ont été produits par le feu primitif, lesquels sont d'une substance uniforme, et ne sont ordinairement que d'une seule couleur dans toute l'épaisseur de leur masse.

Le jade que plusieurs naturalistes ont regardé comme un jaspé, me paraît approcher beaucoup plus de la nature du quartz (5); il est aussi dur, il étincelle de même par le choc de l'acier, il résiste également aux acides, à la lime et à l'action du feu, il a aussi un peu de transparence; il est doux au toucher et ne prend jamais qu'un poli gras (6). Tous ces caractères conviennent mieux au quartz qu'au jaspé, d'autant plus que tous les jades des grandes Indes et de la Chine, sont blancs ou blanchâtres comme le quartz, et que de ces jades blancs au jade vert, on trouve toutes les nuances du blanc au verdâtre et au vert. On a donné à ce jade vert le nom de *Pierre des Amazones*, parce qu'on le trouve en grande quantité dans ce fleuve qui descend des hautes montagnes du Pérou, et entraîne ces morceaux de jade avec les débris du quartz et des granites qui forment la masse de ces montagnes primitives.

(1) M. Crantz a vu dans les montagnes du Groenland, du jaspé, soit jaune, soit rouge, avec des veines d'une blancheur transparente. (Hist. générale des Voyages, tome 19, page 29.)

(2) Le jaspé est fort recherché à la Chine... on en fait des vases... et diverses sortes de bijoux... ce jaspé se nomme *thuse* dans le pays. On en distingue de deux espèces, dont l'une, qui est précieuse, est une sorte de gros cailloux qui se pêche dans la rivière de Kotau, près de la ville royale de Kashgar...; l'autre sorte se tire des carrières pour être sciée en pièces d'environ deux pouces de large. (Hist. générale des Voyages, tome 7, page 415.) — Les montagnes de Tsengar, situées à l'une des extrémités septentrionales du Japon, fournissent des cornalines et du jaspé. (*Ibid.*, tome 10, page 656.)

(3) Entre les minéraux de la Nouvelle-Espagne, on vante une espèce de jaspé que les Mexicains nomment *estel*, de couleur d'herbe, avec quelques petites taches de sang... il s'en trouve une autre qu'ils appellent *iztlia*, *yotli quatzalitzli*, moucheté de blanc... une troisième nommée *tliaxctic*, de couleur plus obscure et sans taches, mais plus pesante, qui, appliquée sur le nombril, guérit les plus douloureuses coliques (ceci est vraisemblablement le jade, qu'on a nommé *Pierre néphrétique*)... Les montagnes de Contacomapa et de Gualtepeque, à peu de distance de Chiautla, au Mexique, fournissent un beau jaspé vert, qui approche du porphyre. (Hist. générale des Voyages, tome 12, page 656.)... Le gouvernement de Sainte-Marthe a des carrières de jaspé et de porphyre, qui se trouvent dans la province de Tairona. (*Ibid.*, tome 14, page 405.)

(4) « Le P. Vigo, dominicain à Morano, près de Venise, me fit voir, outre les coquilles pétrifiées dans du jaspé rouge mêlé de quartz des environs de Brescia... des pétrifications et impressions de cornes d'Ammon, dans une pierre de corne ou pierre à fusil grise de l'île de Cérigo, dans l'Archipel, qui appartient aux Vénitiens. » (Lettres sur la Minéralogie, par M. Ferber, page 33.)

(5) M. de Saussure dit avoir remarqué dans certains granites que le quartz y semble changer de nature, devenir plus dense et plus compacte, et prendre par gradations les caractères du jade. (Voyage dans les Alpes, tome 1^{er}, page 104.)

(6) *Nota.* L'*igiada* des minéralogistes italiens paraît être une espèce de jade; mais si cela est, M. Ferber a tort de regarder l'*igiada* comme un produit de la pierre ollaire verte: il y aurait bien plus de raison de regarder la pierre ollaire comme une décomposition de la substance du jade en pâte argileuse. (Voyez Ferber, page 119.)

DU MICA ET DU TALC.

Le mica est une matière dont la substance est presque aussi simple que celle du quartz et du jaspé, et tous trois sont de la même essence; la formation du mica est contemporaine à celle de ces deux premiers verres; il ne se trouve pas comme eux en grandes masses solides et dures, mais presque toujours en paillettes et en petites lames minces et disséminées dans plusieurs matières vitreuses; ces paillettes de mica ont ensuite formé les talcs qui sont de la même nature, mais qui se présentent en lames beaucoup plus étendues; ordinairement les matières en petit volume proviennent de celles qui sont en grandes masses; ici c'est le contraire, le talc en grand volume ne se forme que des parcelles du mica qui a existé le premier, et dont les particules s'étant réunies par l'intermède de l'eau, ont formé le talc, comme le sable quartzéux s'est réuni par le même moyen pour former le grès.

Ces petites parcelles de mica n'affectent que rarement une forme de cristallisation; et comme le talc réduit en petites particules devient assez semblable au mica, on les a souvent confondus, et il est vrai que les talcs et les micas ont à peu près les mêmes qualités intrinsèques; néanmoins ils diffèrent en ce que les talcs sont plus doux au toucher que les micas, et qu'ils se trouvent en grandes lames, et quelquefois en couches d'une certaine étendue; au lieu que les micas sont toujours réduits en parcelles qui, quoique très-minces, sont un peu rudes ou arides au toucher: on pourrait donc dire qu'il y a deux sortes de micas, l'un produit immédiatement par le feu primitif, l'autre d'une formation bien postérieure et provenant des débris mêmes du talc, dont il a les propriétés; mais tout talc paraît avoir commencé par être mica; cette douceur au toucher, qui fait la qualité spécifique et la différence du talc au mica, ne vient que de la plus grande atténuation de ses parties, par la longue impression des éléments humides. Le mica est donc un verre primitif en petites lames et paillettes très-minces, lesquelles d'une part ont été sublimées par le feu ou déposées dans certaines matières, telles que les granites au moment de leur consolidation, et qui d'autre part ont ensuite été entraînées par les eaux, et mêlées avec les matières molles, telles que les argiles, les ardoises et les schistes.

Nous avons dit dans le volume précédent (1), que le verre long-temps exposé à l'air, s'irise et s'exfolie par petites lames minces, et qu'en se décomposant il produit une sorte de mica qui d'abord est assez aigre, et devient ensuite doux au toucher, et enfin se convertit en argile. Tous les verres primitifs ont dû subir ces mêmes altérations lorsqu'ils ont été très-long-temps exposés aux éléments humides, et il en résulte des substances nouvelles, dont quelques-unes ont conservé les caractères de leur première origine; les micas en particulier lorsqu'ils ont été entraînés par les eaux ont formé des amas et même des masses en se réunissant; ils ont produit les talcs quand ils se sont trouvés sans mélange, ou bien ils se sont réunis pour faire corps avec des matières qui leur sont analogues; ils ont alors formé des masses plus ou moins tendres (2): le crayon noir ou molybdène, la craie de Briançon, la craie d'Espagne, les pierres ollaires, les stéatites sont toutes composées de particules micacées qui ont pris de la solidité; et l'on trouve aussi des micas en masses pulvérulentes, et dans lesquelles les paillettes micacées ne sont point agglutinées, et ne forment pas des blocs solides. « Il y » a, dit M. l'abbé Bexon, des amas assez » considérables de cette sorte de micas au » dessous de la haute chaîne des Vosges, » dans des montagnes subalternes, toutes » composées de débris éboulés des grandes » montagnes de granites qui sont derrière et » au-dessus. Ces amas de mica en paillettes

(1) Voyez tome I, page 457, et pag. 53 de ce vol.

(2) « On trouve dans les cantons de Mandagoust, » du Vignan, etc., qui font partie des Cévennes, des » micas de différentes sortes; savoir, le jaune, le » noir et le blanc... ils sont unis pour la plupart à » différents granites et à une pierre très-dure, qui est » une espèce de schiste, qui se trouve abondamment » dans le lit d'une petite rivière qui passe au village » de Costubayne, paroisse de Mandagoust. Le mica » joint à cette pierre, est tout blanc et fort transparent, il donne à la pierre un brillant fort agréable » dans sa cassure; on pourrait, à cause de la dureté » de cette pierre et du beau poli qu'elle prend, en » faire tout ce qu'on fait avec nos marbres et avec » plus d'avantage, attendu qu'elle n'est pas calcinable, ne faisant aucune effervescence avec les acides. » (Mémoires de l'Académie des sciences, année 1768, page 546.)

» ne forment que des veines courtes et sans
 » suite ou des sacs isolés ; le mica y est en
 » parcelles sèches et de différentes couleurs,
 » souvent aussi brillantes que l'or et l'ar-
 » gent, et on le distribue dans le pays sous
 » le nom de *poudre dorée*, pour servir de
 » poussière à mettre sur l'écriture.
 » J'ai saisi, continue cet ingénieux ob-
 » servateur, la nuance du mica au talc sur
 » des morceaux d'un granite de seconde for-
 » mation, remplis de paquets de petites
 » feuilles talqueuses empilées comme celles
 » d'un livre, et l'on peut dire que ces
 » feuilles sont de *grand mica* ou de *petit*
 » *talc* ; car elles ont depuis un demi-pouce
 » jusqu'à un pouce, ou plus, de diamètre,
 » et elles ont en même temps une partie de
 » la douceur, de la transparence et de la
 » flexibilité du talc (1). »

De tous les talcs le blanc est le plus
 beau (2) ; on l'appelle *verre fossile* en Mos-
 covie et en Sibérie où il se trouve en assez
 grand volume (3) ; il se divise aisément en

(1) Mémoires sur l'Histoire naturelle de la Lor-
 raine, communiqués par M. l'abbé Bexon.

(2) Le talc ordinaire est une espèce de pierre on-
 ctueuse, molle, nette, couleur de perle, qu'on peut
 aisément séparer en lames, qui, rendues minces, ont
 assez de transparence. On coupe sans peine le talc au
 couteau ; il se plie aussi ; il est glissant et comme gras
 à l'attouchement : il se laisse difficilement briser ; il
 résiste à un feu assez véhément, sans souffrir de chan-
 gement considérable, et aucun menstree acide ni
 alkalin en forme humide, ne vient à bout de le dis-
 soudre. (Wallerii Mineralog.—Voyez aussi la Litho-
 gognosie de Pott.)

(3) « Ce n'est qu'à l'an 1705, qu'on peut rapporter
 » les premières recherches du talc, faites sur le
 » fleuve Witim, en Sibérie ; comme il fut trouvé
 » d'une qualité supérieure, les mines les plus célè-
 » bres, exploitées jusqu'alors sur d'autres rivières,
 » furent entièrement négligées. . . Le talc le plus es-
 » timé est celui qui est transparent comme de l'eau
 » claire ; celui qui tire sur le verdâtre n'a pas à beau-
 » coup près la même valeur ; on en a trouvé des ta-
 » bles qui avaient près de deux aunes en carré ; mais
 » cela est fort rare : les tables de trois quarts ou
 » d'une aune sont déjà fort chères, et se paient sur
 » les lieux un ou deux roubles la livre ; le plus com-
 » mun est d'un quart d'aune, il coûte huit à dix rou-
 » bles le pied. La préparation du talc consiste à le
 » fendre par lames avec un couteau mince à deux
 » tranchants ; on s'en sert dans toute la Sibérie au
 » lieu de vitres pour les fenêtres et les lanternes ; il
 » n'est point de verre plus clair et plus net que le
 » bon talc : dans les villages de la Russie, et même
 » dans certaines villes, on l'emploie au même usage.
 » La marine russe en fait une grande consommation,

lames minces et aussi transparentes que le
 verre, mais il se ternit à l'air au bout de quel-
 ques années, et perd beaucoup de sa trans-
 parence. On en peut faire un bon usage pour
 les petites fenêtres des vaisseaux, parce
 qu'étant plus souple et moins fragile que le
 verre, il résiste mieux à toute commotion
 brusque, et en particulier à celle du canon.

Il y a des talcs verdâtres, jaunes et même
 noirs, et ces différentes couleurs qui altèrent
 leur transparence n'en changent pas les
 autres qualités ; ces talcs colorés sont à peu
 près également doux au toucher, souples et
 pliants sous la main, et ils résistent, comme
 le talc blanc, à l'action des acides et du feu.

Ce n'est pas seulement en Sibérie et en
 Moscovie, que l'on trouve des veines ou des
 masses de talc ; il y en a dans plusieurs au-
 tres contrées, à Madagascar (4), en Arabie (5),
 en Perse (6), où néanmoins il n'est pas en
 feuilletés aussi minces que celui de Sibérie.
 M. Cook parle aussi d'un talc vert qu'il a vu
 dans la Nouvelle-Zélande, dont les habitants
 font commerce entre eux (7) ; il s'en trouve
 de même dans plusieurs endroits du conti-
 nent et des îles de l'Amérique, comme à
 Saint-Domingue (8), en Virginie et au Pé-
 rou (9), où il est d'une grande blancheur et
 très-transparent (10) ; mais en citant les rela-
 tions de ces voyageurs, je dois observer que
 quelques-uns d'entre eux pourraient s'être
 trompés en prenant pour du talc des gypses,
 avec lesquels il est aisé de le confondre ; car
 il y a des gypses si ressemblants au talc,
 qu'on ne peut guère les distinguer qu'à l'é-
 preuve du feu de calcination ; ces gypses sont

» tous les vitrages des vaisseaux sont de talc, parce
 » qu'outre sa transparence, il n'est pas cassant, et
 » qu'il résiste aux plus fortes secousses du canon :
 » cependant il est sujet à s'altérer ; quand il est long-
 » temps exposé à l'air, il s'y forme peu à peu des
 » taches qui le rendent opaque, la poussière s'y at-
 » tache, et il est très-difficile d'en ôter la crasse et
 » l'impression de la fumée, sans altérer sa substance.»
 (Voyage en Sibérie, par M. Gmelin ; Histoire géné-
 rale des Voyages, tome 18, pages 272 et suivantes.)

(4) Mémoires pour servir à l'Histoire des Indes
 orientales ; Paris, 1702, page 173.

(5) Voyage de Pietro della Valle ; Rouen, 1745,
 tome 8, page 89.

(6) Voyage de Tavernier ; Rouen, 1713, tome 2,
 page 264.

(7) Second Voyage de Cook, tome 2, page 110.

(8) Histoire générale des Voyages, tom. 12, p. 218.

(9) *Idem*, tome 14, page 508.

(10) *Idem*, tome 13, page 318.

aussi doux au toucher, aussi transparents que le talc; j'en ai vu moi-même dans de vieux vitraux d'église, qui n'avaient pas encore perdu toute leur transparence, et même il paraît que le gypse résiste à cet égard plus long-temps que le talc aux impressions de l'air.

Il paraît aussi assez difficile de distinguer le talc de certains spaths autrement que par la cassure; car le talc, quoique composé de lames brillantes et minces, n'a pas la cassure spathique et chatoyante comme les spaths, et il ne se rompt jamais qu'obliquement et sans direction déterminée.

La matière qu'on appelle *talc de Venise*, et fort improprement *craie* d'Espagne, *craie* de Briançon, est différente du talc de Moscovie; elle n'est pas comme le talc en grandes feuilles minces, mais seulement en petites lames, et elle est encore plus douce au toucher et plus propre à faire le blanc de fard qu'on applique sur la peau.

On trouve aussi du talc en Scanie qui n'a que peu de transparence. En Norwége, il y en a de deux espèces, la première blanchâtre ou verdâtre dans le diocèse de Christiania, et la seconde brune ou noirâtre dans les mines d'Aruda (1). « En Suisse, le talc est » fort commun, dit M. Guettard, dans le » canton d'Uri; les montagnes en donnent » qui se lève en feuilles flexibles que l'on » peut plier, et qui ressemble en tout à celui » qu'on appelle communément *verre de* » *Moscovie* (2). » On tire aussi du talc de la Hongrie, de la Bohême, de la Silésie, du Tyrol, du comté de Holberg, de la Styrie, du mont Bructer, de la Suède, de l'Angleterre, de l'Espagne (3), etc.

Nous avons cru devoir citer tous les lieux où l'on a découvert du talc en masse, par la raison que quoique les micas soient répandus

et pour ainsi dire disséminés dans la plupart des substances vitreuses, ils ne forment que rarement des couches de talc pur qu'on puisse diviser en grandes feuilles minces.

En résumant ce que j'ai ci-devant exposé, il me paraît que le mica est certainement un verre, mais qui diffère des autres verres primitifs en ce qu'il n'a pas pris comme eux de la solidité, ce qui indique qu'il était exposé à l'action de l'air, et que c'est par cette raison qu'il n'a pu se recuire assez pour devenir solide; il formait donc la couche extérieure du globe vitrifié, les autres verres se sont recuits sous cette enveloppe et ont pris toute leur consistance; les micas au contraire n'en ayant point acquis par la fusion, faute de recuit, sont demeurés friables, et bientôt ont été réduits en particules et en paillettes; c'est là l'origine de ce verre qui diffère du quartz et du jaspe, en ce qu'il est un peu moins réfractaire à l'action du feu, et qui diffère en même temps du feld-spath et du schorl, en ce qu'il est beaucoup moins fusible et qu'il ne se convertit qu'en une espèce de scorie de couleur obscure, tandis que le feld-spath et le schorl donnent un verre compacte et communément blanchâtre.

Tous les micas blancs ou colorés sont également aigres et arides au toucher, mais lorsqu'ils ont été atténués et ramollis par l'impression des éléments humides, ils sont devenus plus doux et ont pris la qualité du talc; ensuite les particules talqueuses rassemblées en certains endroits par l'infiltration ou le dépôt des eaux, se sont réunies par leur affinité, et ont formé les petites couches horizontales ou inclinées, dans lesquelles se trouvent les talcs plus ou moins purs et en plaques plus ou moins étendues.

Cette origine du mica et cette composition du talc me paraissent très-naturelles; mais comme tous les micas ne se présentent qu'en petites lames minces, rarement cristallisées, on pourrait croire que toutes ces paillettes ne sont que des exfoliations détachées par les éléments humides, et enlevées de la surface de tous les verres primitifs en général; cet effet est certainement arrivé, et l'on ne peut pas douter que les parcelles exfoliées des jaspes, du feld-spath et du schorl, ne se soient incorporées avec plusieurs matières, soit par sublimation dans le feu primitif, soit par la stillation des eaux, mais il n'en faut pas conclure que les exfoliations de ces trois derniers verres aient formé les vrais micas; car si c'était là leur véritable origine, ces

(1) Actes de Copenhague, année 1677. M. Pott fait à ce sujet une remarque qui me paraît fondée; il dit que Borrichius confond ici le talc avec la pierre ollaire, et il ajoute que Broëmel est tombé dans la même erreur, en parlant de la pierre ollaire dont on fait des pots et plusieurs sortes d'autres vases dans le Sempfland: en effet, la pierre ollaire comme le molybdène, quoique contenant beaucoup de talc, doivent être distingués et séparés des talcs purs. (Voyez les Mémoires de l'Académie de Berlin, année 1746, pages 65 et suiv.)

(2) Voyez les Mémoires de l'Académie des sciences de Paris, année 1752, page 328.

(3) Mémoires de l'Académie des sciences de Berlin, année 1746.

micas auraient conservé du moins en partie la nature de ces verres dont ils se seraient détachés par exfoliation, et l'on trouverait des micæ d'essence différente, les uns de celle du jaspe, les autres de celle du feldspath ou du schorl; au lieu qu'il sont tous à peu près de la même nature et d'une essence

qui paraît leur être propre et particulière; nous sommes donc bien fondés à regarder le mica comme un troisième verre de nature, produit par le feu primitif, et qui s'étant trouvé à la surface du globe, n'a pu se recuire ni prendre de la solidité comme le quartz et le jaspe.

DU FELD-SPATH.

Le feld-spath est une matière vitreuse, et dont néanmoins la cassure est spathique; il n'est nulle part en grandes masses comme le quartz et le jaspe, et on ne le trouve qu'en petits cristaux incorporés dans les granites et les porphyres, ou quelquefois en petits morceaux isolés dans les argiles les plus pures ou dans les sables qui proviennent de la décomposition des porphyres et des granites, car ce spath est une des substances constituantes de ces deux matières; on l'y voit en petites masses ordinairement cristallisées et colorées. C'est le quatrième de nos verres primitifs, mais comme il semble ne pas exister à part, les anciens naturalistes ne l'ont ni distingué ni désigné par aucun nom particulier, et comme il est presque aussi dur que le quartz, et qu'ils se trouvent presque toujours mêlés ensemble, on les avait toujours confondus; mais les chimistes allemands ayant examiné ces deux matières de plus près, ont reconnu que celle du feld-spath était différente de celle du quartz, en ce qu'elle est très-aisément fusible, et qu'elle a la cassure spathique; ils lui ont donné les noms de *feld-spath* (spath des champs) (1), *fluss-spath* (spath fusible) (2), et on pourrait l'appeler plus proprement *spath dur* ou *spath étincelant*, parce qu'il est le seul des spaths qui soit assez dur pour étinceler sous le choc de l'acier (3).

(1) Sans doute, parce que c'est dans les cailloux graniteux, répandus dans les champs, qu'on l'a remarqué d'abord.

(2) Ce nom devrait être réservé pour le véritable spath fusible ou spath phosphorique, qui accompagne les filons des mines, et dont il sera parlé à l'article des matières vitreuses de seconde formation.

(3) Caractères du feld-spath, suivant M. Bergman: il étincelle avec l'acier;

Il se fond au feu sans bouillonnement;

Il ne se dissout qu'imparfaitement dans l'alkali minéral par la voie sèche, mais il fait effervescence avec cet alkali, comme le quartz; il se dissout au

Comme nous devons juger de la pureté ou plutôt de la simplicité des substances, par la plus grande résistance qu'elles opposent à l'action du feu avant de se réduire en verre, la substance du feld-spath est moins simple que celle du quartz et du jaspe, que nous ne pouvons fondre par aucun moyen, elle est même moins simple que celle du mica qui se fond à un feu très-violent; car le feld-spath est non-seulement fusible par lui-même et sans addition au feu ordinaire de nos fourneaux, mais même il communique la fusibilité au quartz, au jaspe et au mica, avec lesquels il est intimement lié dans les granites et les porphyres.

Le feld-spath est quelquefois opaque comme le quartz, mais plus souvent il est presque transparent; les diverses teintes de violet ou de rouge dont ses petites masses en cristaux sont souvent colorées, indiquent une grande proximité entre l'époque de sa formation, et le temps où les sublimations métalliques pénétraient les jaspes et les teignaient de leurs couleurs; cependant les jaspes quoique plus fortement colorés, résistent à un feu bien supérieur à celui qui met le feld-spath en fusion; ainsi sa fusibilité n'est pas due aux parties métalliques qui ne l'ont que légèrement coloré, mais au mélange de quelque autre substance. En effet, dans le temps où la matière quartzreuse du globe était encore en demi-fusion, les substances salines jusqu'alors reléguées dans l'atmosphère, avec les matières encore plus volatiles, ont dû tomber les premières; et en se mélangeant avec cette pâte quartzreuse,

feu dans le verre de borax sans effervescence, avec bien plus de facilité que le quartz: nous ajouterons à ces caractères donnés par M. Bergman, que le feld-spath est presque toujours cristallisé en rhombes et composé de lames brillantes appliquées les unes contre les autres; que de plus sa cassure est spathique, c'est-à-dire par lames longitudinales, brillantes et chatoyantes.

elles ont formé le feld-spath et le schorl, tous deux fusibles, parce que tous deux ne sont pas des substances simples, et qu'ils ont reçu dans leur composition cette matière étrangère.

Et l'on ne doit pas confondre le feld-spath avec les autres spaths auxquels il ne ressemble que par sa cassure *lamellée*, tandis que par toutes ses autres propriétés, il en est essentiellement différent, car c'est un vrai verre qui se fond au même degré de feu que nos verres factices; sa forme cristallisée ne doit pas nous empêcher de le regarder comme un véritable verre produit par le feu, puisque la cristallisation peut également s'opérer par le moyen du feu comme par celui de l'eau, et que dans toute matière liquide ou liquéfiée, nous verrons qu'il ne faut que du temps, de l'espace et du repos pour qu'elle se cristallise; ainsi la cristallisation du feld-spath a pu s'opérer par le feu; mais quelque similitude qu'il y ait entre ces cristallisations produites par le feu et celles qui se forment par le moyen de l'eau, la différence des deux causes n'en reste pas moins réelle; elle est même frappante dans la comparaison que l'on peut faire de la cristallisation du feld-spath et de celle du cristal de roche; car il est évident que la cristallisation de celui-ci s'opère par le moyen de l'eau, puisque nous voyons le cristal se former, pour ainsi dire, sous nos yeux, et que la plupart des cailloux creux en contiennent des aiguilles naissantes; au lieu que le feld-spath, quoique cristallisé dans la masse des porphyres et des granites, ne se forme pas de nouveau ni de même sous nos yeux, et paraît être aussi ancien que ces matières dont il fait partie, quelquefois si considérable, qu'elle excède dans certains granites la quantité du quartz, et dans certains porphyres celle du jaspe, qui cependant sont les bases de ces deux matières.

C'est par cette même raison de sa grande quantité qu'on ne peut guère regarder le feld-spath comme un extrait ou une exsudation du quartz ou du jaspe, mais comme une substance concomitante aussi ancienne que ces deux premiers verres. D'ailleurs on ne peut pas nier que le feld-spath n'ait une très-grande affinité avec les trois autres matières primitives; car, saisi par le jaspe, il a fait les porphyres; mêlé avec le quartz, il a formé certaines roches dont nous parlerons sous le nom de *pierres de Laponie*; et joint au quartz, au schorl et au mica, il a composé

les granites; au lieu qu'on ne le trouve jamais intimement mêlé dans les grès ni dans aucune autre matière de seconde formation; il n'y existe qu'en petits débris, comme on le voit dans la belle argile blanche de Limoges. Le feld-spath a donc été produit avant ces dernières matières, et semble s'être incorporé avec le jaspe et mêlé avec le quartz dans un temps voisin de leur fusion, puisqu'il se trouve généralement dans toute l'épaisseur des grandes masses vitreuses, qui ont ces matières pour base, et dont la fonte ne peut être attribuée qu'au feu primitif; et que d'autre part il ne contracte aucune union avec toutes les substances formées par l'intermède de l'eau, car on ne le trouve pas cristallisé dans les grès, et s'il y est quelquefois mêlé, ce n'est qu'en petits fragments; le grès pur n'en contient point du tout, et la preuve en est que ce grès est aussi infusible que le quartz, et qu'il serait fusible si sa substance était mêlée de feld-spath; il en est de même de l'argile blanche de Limoges, qui est tout aussi réfractaire au feu que le quartz ou le grès pur, et qui par conséquent n'est pas composée de débris de feld-spath, quoiqu'on y trouve de petits morceaux isolés de ce spath qui ne s'est pas réduit en poudre comme le quartz dont cette argile paraît être une décomposition.

Le grès pur n'étant formé que de grains de quartz agglutinés, tous deux ne sont qu'une seule et même substance, et ceci semble prouver encore que le feld-spath n'a pu s'unir avec le quartz et le jaspe que dans un état de liquéfaction par le feu, et que quand il est décomposé par l'eau, il ne conserve aucune affinité avec le quartz, et qu'il ne reprend pas dans cet élément la propriété qu'il eut dans le feu de se cristalliser; puisque nulle part dans le grès on ne trouve ce spath sous une forme distincte ni cristallisée de nouveau, quoiqu'on ne puisse néanmoins douter que les grès feuilletés et micacés, qui sont formés des sables graniteux, ne contiennent aussi les débris du feld-spath en quantité peut-être égale à ceux du quartz.

Et puisque ce spath ne se trouve qu'en très-petit volume et toujours mêlé par petites masses et comme par doses dans les porphyres et granites, il paraît n'avoir coulé dans ces matières et ne s'être uni à leur substance que comme un alliage additionnel auquel il ne fallait qu'un moindre degré de feu pour demeurer en fusion; et l'on ne doit pas être surpris que dans la vitrification gé-

nérale le feld-spath et le schorl qui se sont formés les derniers, et qui ont reçu dans leur composition les parties hétérogènes qui tombaient de l'atmosphère, n'aient pris en même temps beaucoup plus de fusibilité que les trois autres premiers verres dont la substance n'a été que peu ou point mélangée; d'ailleurs ces deux derniers verres sont demeurés plus long-temps liquides que les autres, parce qu'il ne leur fallait qu'un moindre degré de feu pour les tenir en fusion; ils ont donc pu s'allier avec les fragments décrépités et les exfoliations du quartz et du jaspe, qui étaient déjà à demi consolidés.

Au reste, le feld-spath, qui n'a été bien connu en Europe que dans ces derniers temps, entrait néanmoins dans la composition des anciennes porcelaines de la Chine, sous le nom de *Petuntzé*; et aujourd'hui nous l'employons de même pour nos porcelaines, et pour faire les émaux blancs des plus belles faïences.

Dans les porphyres et les granites, le feld-spath est cristallisé tantôt régulièrement en rhombes, et quelquefois confusément et sans figure déterminée; nous n'en connaissons

que de deux couleurs, l'un blanc ou blanchâtre, et l'autre rouge ou rouge-violet; mais on a découvert depuis peu un feld-spath vert qui se trouve, dit-on, dans l'Amérique septentrionale, et auquel on a donné le nom de *Pierre de Labrador*: cette pierre dont on n'a vu que de petits échantillons, est chatoyante et composée, comme le feld-spath, de cristaux en rhombes; elle a de même la cassure spathique, elle se fond aussi aisément et se convertit comme le feld-spath en un verre blanc; ainsi l'on ne peut douter que cette pierre ne soit de la même nature que ce spath, quoique sa couleur soit différente; cette couleur est d'un assez beau vert, et quelquefois d'un vert bleuâtre et toujours à reflets chatoyants. La grande dureté de cette pierre la rend susceptible d'un très-beau poli, et il serait à désirer qu'on pût l'employer comme le jaspe; mais il y a toute apparence qu'on ne la trouvera pas en grandes masses, puisqu'elle est de la même nature que le feld-spath qui ne s'est trouvé nulle part en assez grand volume pour en faire des vases ou des plaques de quelques pouces d'étendue.

DU SCHORL.

Le schorl est le dernier de nos cinq verres primitifs, et comme il a plusieurs caractères communs avec le feld-spath, nous verrons, en les comparant ensemble par leurs ressemblances et par leurs différences, que tous deux ont une origine commune, et qu'ils se sont formés en même temps et par les mêmes effets de nature lors de la vitrification générale.

Le schorl est un verre spathique, c'est-à-dire composé de lames longitudinales comme le feld-spath; il se présente de même en petites masses cristallisées, et ses cristaux sont des prismes surmontés de pyramides, au lieu que ceux du feld-spath sont en rhombes: ils sont tous deux également fusibles sans addition; seulement la fusion du feld-spath s'opère sans bouillonnement, au lieu que celle du schorl se fait en bouillonnant. Le schorl blanc donne, comme le feld-spath, un verre blanc, et le schorl brun ou noirâtre, donne un verre noir; tous deux étincellent sous le choc de l'acier, tous deux ne font aucune effervescence avec les acides; la base de tous les deux est également quartzeuse, mais il paraît que le quartz est encore plus

mélangé de matières étrangères dans le schorl que dans le feld-spath, car ses couleurs sont plus fortes et plus foncées, ses cristaux plus opaques, sa cassure moins nette et sa substance moins homogène; enfin, tous deux entrent comme parties constituantes dans la composition de plusieurs matières vitreuses en grandes masses, et en particulier dans celle des porphyres et des granites.

Je sais que quelques naturalistes récents ont voulu regarder comme un schorl les grandes masses d'une matière qui se trouve en Limosin, et qu'ils ont indiquée sous les noms de *basalte antique*, ou de *gabro*, mais cette matière qui ne me paraît être qu'une sorte de *trapp*, est très différente du schorl primitif; elle ne se présente pas en petites masses cristallisées en prismes surmontés de pyramides; elle est au contraire en masses informes, et personne assurément ne pourra se persuader que les cristaux de schorl que nous voyons dans les porphyres et les granites, soient de cette même matière de *trapp* ou de *gabro*, qui diffère du vrai schorl, tant par l'origine que par la figuration et par le temps de leur formation, puisque le schorl

a été formé par le feu primitif, et que ce trapp ou ce gabro n'a été produit que par le feu des volcans.

Souvent les naturalistes, et plus souvent encore les chimistes, lorsqu'ils ont observé quelques rapports communs entre deux ou plusieurs substances, n'hésitent pas de les rapporter à la même dénomination; c'est là l'erreur majeure de tous les méthodistes, ils veulent traiter la nature par genres, même dans les minéraux où il n'y a que des sortes et point d'espèces; et ces sortes plus ou moins différentes entre elles, ne peuvent par conséquent être indiquées que par la même dénomination; aussi les méthodes ont-elles mis plus de confusion dans l'histoire de la nature, que les observations n'y ont apporté de connaissances; un seul trait de ressemblance suffit souvent pour faire classer dans le même genre des matières dont l'origine, la formation, la texture, et même la substance sont très-différentes; et pour ne parler que du schorl, on verra avec surprise chez ces *créateurs* de genres, que les uns ont mis ensemble le schorl, le basalte, le trapp et la zéolite; que d'autres l'ont associé, non-seulement à toutes ces matières, mais encore aux grenats, aux amiantes, au jade, etc.; d'autres à la pierre d'azur et même aux cailloux; est-il nécessaire de peser ici sur l'obscurité et la confusion qui résultent de ces assemblages mal assortis, et néanmoins présentés avec confiance sous une dénomination commune et comme choses de même genre?

C'est du schorl qui se trouve incorporé dans les porphyres et les granites dont il est ici question, et certainement ce schorl n'est ni basalte, ni trapp, ni caillou, ni grenat, et il faut même le distinguer des tourmalines, des pierres de croix et des autres schorls de seconde formation, qui ne doivent leur origine qu'à la stillation des eaux; ces schorls secondaires sont différents du schorl primitif, et nous en traiterons, ainsi que de la pierre de corne et du trapp, dans des articles particuliers; mais le vrai, le premier schorl, est comme le feld-spath un verre primitif qui fait partie constituante des plus anciennes matières vitreuses, et qui quelquefois se trouve dans les produits de leur décomposition, comme dans le cristal de roche, les chrysolites, les grenats, etc.

Au reste, les rapports du feld-spath et du schorl sont même si prochains, si nombreux qu'on pourrait en rigueur ne regarder le schorl que comme un feld-spath un peu moins pur et plus mélangé de matières étrangères, d'autant plus que tous deux sont entrés en même temps dans la composition des matières vitreuses dont nous allons parler.

Au reste, les rapports du feld-spath et du schorl sont même si prochains, si nombreux qu'on pourrait en rigueur ne regarder le schorl que comme un feld-spath un peu moins pur et plus mélangé de matières étrangères, d'autant plus que tous deux sont entrés en même temps dans la composition des matières vitreuses dont nous allons parler.

DES ROCHES VITREUSES

DE DEUX ET TROIS SUBSTANCES, ET EN PARTICULIER DU PORPHYRE.

APRÈS avoir parlé du quartz, du jaspe, du mica, du feld-spath et du schorl, qui sont les cinq substances les plus simples que la nature ait produites par le moyen du feu, nous allons suivre les combinaisons qu'elle en a faites en les mêlant deux, trois ou quatre, et même toutes cinq ensemble, pour composer d'autres matières par le même moyen du feu, dans les premiers temps de la consolidation du globe; ces cinq verres primitifs, en se combinant seulement deux à deux, ont pu former dix matières différentes, et de ces dix combinaisons il n'y en a que trois qui n'existent pas ou du moins qui ne soient pas connues.

Les dix combinaisons de ces cinq verres primitifs pris deux à deux, sont :

1°. Le quartz et le jaspe : cette matière se trouve dans les fentes perpendiculaires et

dans les autres endroits où le jaspe est contigu au quartz; ils sont même quelquefois comme fondus ensemble dans leur jonction, et quelquefois aussi le quartz forme des veines dans le jaspe. J'ai vu une plaque de jaspe noir traversée d'une veine de quartz blanc.

2°. Le quartz et le mica: cette matière est fort commune, et se trouve par grandes masses et même par montagnes; on pourrait l'appeler *quartz micacé* (1).

(1) « La pierre, dit M. Ferber, que les Allemands appellent *schiste corné* ou *schiste de corne*, est formée de quartz et de mica, et ce schiste de corne n'est pas la même chose que la pierre de corne; celle-ci est une espèce de silex, ou pierre à fusil. »

Nous ne pouvons nous dispenser d'observer que cet habile minéralogiste est ici tombé dans une double

3°. Le quartz et le feldspath : il y a des roches de cette matière en Provence et en

méprise; d'abord il n'y a aucun schiste qui soit formé de quartz et de mica, et il n'eût point dû appliquer à ce composé de quartz et de mica le nom de *schiste de corne*, puisqu'il dit que ce schiste de corne n'a rien de commun avec la pierre de corne qui, selon lui, est un silex : ce qui est une seconde méprise; car la pierre de corne n'est point un silex, mais une pierre composée de schiste et de matière calcaire; tout quartz mêlé de mica doit être appelé *quartz micacé*, tant que le mica n'a pas changé de nature, et lorsque par sa décomposition il s'est converti en argile ou en schiste, il faut nommer *quartz schisteux* ou *schiste quartzeux*, la pierre composée des deux.

« Il y a dans le Piémont, continue M. Ferber, des montagnes calcaires et des montagnes quartzes; celles-ci ont des raies plus ou moins fortes de mica, et c'est de cette espèce de pierres que sont formées les montagnes voisines de Turin, on les nomme *sarris*; on s'en sert pour les fondations des bâtiments, pour des colonnes, etc. » (Lettres sur la Minéralogie, par M. Ferber, page 456.)

Le même M. Ferber (page 344), en parlant d'un prétendu granite à deux substances, quartz et mica, s'exprime encore dans les termes suivants : « Quand il n'entre point du tout de spath dur (feld-spath) dans la composition des granites, on nomme alors ce mélange de quartz et de mica *hornberg*, *hornfels*, *gestellstein*, ce qui vient de l'usage qu'on en fait dans les fourneaux de fonderies; lorsque le mica y est plus abondant, la pierre est schisteuse. »

Le nom de *gestellstein* (pierre de fondement ou base de fourneaux) me paraît aussi impropre que celui de schiste corné, pour désigner la matière vitreuse qui n'est composée que de quartz et de mica et non de schiste; et M. le baron de Diétrich remarque avec raison (pages 491 et 492 des Lettres sur la Minéralogie, note du traducteur) « qu'il y a beaucoup de roches composées qui n'ont aucune dénomination; que d'autres, au contraire, en ont tant et de si indéterminées, que l'on ne s'entend point lorsqu'on se sert de ces noms; par exemple, le granite, la roche cornée, ce qu'on nomme en allemand *gestellstein*, sont des noms que l'on confond souvent et que l'on applique mal. Chaque granite, proprement dit, doit renfermer du quartz, du spath dur (feld-spath) et du mica; mais on nomme aussi *granite*, cette même espèce de pierre quand il n'y a pas de feld-spath, tandis qu'alors elle doit être nommée *roche cornée* (en suédois *graeberg*); car les parties essentielles de la roche cornée sont du quartz, dans lequel il y a des taches ou des raies grossières de mica, séparées les unes des autres; mais lorsque ces raies de mica sont très-rapprochées, et que par-là la roche devient schisteuse, ou feuilletée, on la nomme en allemand *gestellstein*, d'après l'usage que l'on en fait pour les fourneaux.... On désigne aussi par *roche de corne*

Laponie, d'où M. de Maupertuis nous en a apporté un échantillon (1).

Quelques naturalistes ont appelé cette pierre *granite simple*, parce qu'elle ne contient que du quartz et du feld-spath sans mélange de mica ni de schorl, et c'est de cette même composition qu'est formée la roche de Provence, décrite par M. Angerstein (2), sous le nom mal appliqué de *pétrosilex*.

« quelques cailloux (*pétrosilex*)... on ne devrait donner le nom de *schiste corné* qu'à l'espèce de pierre dans laquelle le quartz est intimement lié avec le mica, de manière qu'ils ne sauraient être distingués de l'un à l'autre à la vue. »

Le savant traducteur finit, comme l'on voit, à l'égard du prétendu schiste corné, par tomber dans la mauvaise application des noms qu'il censure.

(1) *Nota*. Il s'en est aussi trouvé depuis dans les Alpes : « J'ai trouvé dans les environs de Genève, dit M. de Saussure, deux variétés du granite simple, c'est-à-dire composé seulement de quartz et de feld-spath; dans l'une, un feld-spath blanc forme le fond de la pierre, et le quartz y est parsemé par petits grains; dans l'autre un feld-spath de couleur fauve est entremêlé à dose à peu près égale, avec du quartz blanc fragile. » (Voyage dans les Alpes, tome 1^{er}, page 103.)

(2) « Dans la forêt de l'Esterelle, en Provence, entre Cannes et Fréjus, il y a une montagne de roche grossière et grisâtre, entremêlée de mica, de quartz et de feld-spath, les mêmes espèces qui entrent dans la composition des granites, avec cette différence qu'elles sont plus mûres, plus fines et plus compactes dans ceux-ci que dans l'autre.... Et plus loin on trouve une pierre rougeâtre appelée *pétrosilex*, c'est-à-dire caillou de roche, qui est la mère des porphyres et des jaspes, de même que la pierre brute grise, dont je viens de parler, est la mère des granites. On trouve des *pétrosilex* qui sont noirs, bruns, rougeâtres, verts et bleuâtres.

« A mesure qu'on avance, cette pierre devient plus dure; on y voit des taches opaques d'un petit feld-spath, semblables à celles qu'on voit dans le porphyre d'Égypte : on y aperçoit aussi de petites taches de plomb, lesquelles se trouvent aussi, quoique rarement, dans les porphyres antiques; ces taches sont cristallisées comme les autres; mais on juge par la couleur que c'est un minéral qu'on appelle *molybdéna*, lequel, aussi-bien que le schorl ou le *corneus cristallisatus*, peut être compté parmi les minéraux inconnus.... Vers le sommet de la montagne de l'Esterelle, ce même porphyre acquiert encore une autre sorte de taches qui, par leur transparence, ressemblent au verre, étant formées en cristaux spatheux, pyramidaux et pointus aux deux bouts; mais à mesure que les taches nouvelles s'accroissent, les autres disparaissent. Ce nouveau porphyre est plus beau que l'autre dans son poli, et

40. Le quartz et le schorl : cette matière est composée de quartz blanc ou blanchâtre et de schorl, tantôt noir et tantôt vert ou verdâtre, distribué par taches irrégulières ; ce premier mélange taché de noir sur un fond blanc, a été nommé improprement *jaspé d'Égypte* et *granite oriental*, et le second mélange a été tout aussi mal nommé *porphyre vert*. Nous ne croyons pas qu'il soit nécessaire d'avertir que cette pierre quartzée tachetée de noir ou de vert par le mélange d'un schorl de l'une ou de l'autre de ces couleurs, n'est ni jaspe, ni granite, ni porphyre ; j'ignore si cette matière se trouve en grande masse, mais je sais qu'elle reçoit un beau poli, et qu'elle frappe agréablement les yeux par le contraste des couleurs.

50. Le jaspe et le mica : cette combinaison n'existe peut-être pas dans la nature, du moins je ne connais aucune substance qui la représente, et lorsque le mica se trouve avec le jaspe, il est seulement uni légèrement à sa surface et non pas incorporé dans sa substance.

60. Le jaspe et le feldspath ; et 70 le jaspe et le schorl : ces deux mélanges forment également des porphyres.

80. Le mica et le feldspath : il en est de ce mélange à peu près comme du cinquième, c'est-à-dire de celui du jaspe et du mica ; on trouve en effet du feldspath couvert et chargé de mica, mais qui n'est point incorporé dans sa substance.

90. Le mica et le schorl : cette combinaison ne m'est pas mieux connue, et peut-être n'existe pas plus dans la nature que la précédente et la cinquième.

100. Le feldspath et le schorl : ce mélange est celui qui a formé la matière des ophites, dont il y a plusieurs variétés ; mais toutes composées de feldspath plus ou moins mêlé de schorl de différentes couleurs.

Des dix combinaisons de ces mêmes cinq verres primitifs, pris trois à trois, et qui dans la spéculation paraissent être également possibles, nous n'en connaissons néanmoins que trois, dont deux forment les granites, et la troisième un porphyre différent des deux premiers ; car 1^o le quartz, le feldspath et le mica composent la substance de plusieurs granites ; 2^o d'autres granites au lieu de mica sont mêlés de schorl ; et 3^o il y a du porphyre composé de jaspe, de feldspath et de schorl.

» ses taches deviennent entièrement transparentes
» quand on les scie en plaques minces. »

Je remarquerai que cette pierre, que M. Angerstein a ci-devant regardée comme la mère du porphyre, devient ici une matière dont la finesse de grain, la dureté et la consistance l'ont déterminé à placer cette pierre parmi les jaspes.

« En avançant quelques lieues, continue-t-il, dans
» les bois de l'Esterelle, on ne remarque plus qu'une
» continuité de ce changement alternatif de porphyre
» et de jaspe : mais, dans certains endroits, et surtout
» du côté de Fréjus, ces deux sortes de pierres sont
» amoncelées et congelées l'une avec l'autre, et forment
» un produit qui a le caractère du marbre Serancolin des Pyrénées.

» Au sud-ouest, on trouve au pied de la montagne
» le pétrosilex ; dans cet endroit il est tantôt rouge-brun,
» tantôt tirant sur le bleu cæleste, tantôt sur
» le vert ; ce qui fait présumer que l'on pourrait y
» trouver encore des jaspes et des porphyres verts et
» bleuâtres, parce qu'on a vu ci-devant que le pétrosilex,
» ou le caillou de roche d'un rouge brun, a
» donné l'origine aux jaspes et aux porphyres de la
» même couleur.

» En dernier lieu, on remarque une petite colline
» d'une pierre appelée *corneus*, d'un gris foncé, mêlée
» de fibres en forme de petits filets, et de taches
» de spath cristallisé à quatorze pans, et quelquefois
» congelé en forme de grappes : arrivé à Fréjus,
» toutes ces pierres disparaissent. » (Remarques sur

les montagnes de Provence, par M. Angerstein, dans les Mémoires des Savants étrangers, tome 2.)

Nous devons faire observer que cette idée de M. Angerstein, de regarder la roche grossière et grisâtre de la forêt de l'Esterelle en Provence comme la mère des granites, est sans aucun fondement ; car les granites ne sont pas des pierres enfantées immédiatement par d'autres pierres, et cette prétendue mère des granites n'est elle-même qu'un granite gris qui ressemble aux autres par sa composition, puisqu'il contient du quartz, du mica et du feldspath, de l'aveu même de l'auteur. Il dit de même que son pétrosilex est la mère des porphyres et des jaspes, ce qui n'est pas plus fondé, puisque ni le jaspe ni le porphyre ne contiennent point de quartz ; tandis que ce prétendu pétrosilex, étant composé de quartz et de feldspath, n'a point de rapport avec les jaspes ; il est du nombre des matières de la troisième combinaison dont nous venons de parler, ou, si l'on veut, il fait la nuance entre cette pierre et les granites, parce qu'on y voit quelques taches de plomb noir ou molybdène, qui, comme l'on sait, est une matière micacée ; il n'est donc pas possible que ce pétrosilex ait produit des jaspes, puisqu'il n'en contient pas la matière : ainsi la distinction que cet observateur fait entre le granite, la roche grisâtre, mère des granites et son pétrosilex, mère des porphyres et des jaspes, ne me paraît pas établie sur une juste comparaison ; et de plus nous verrons que le vrai pétrosilex est une matière différente de celle à laquelle M. Angerstein en applique ici le nom.

Enfin, des quatre combinaisons des cinq verres primitifs pris quatre à quatre, nous n'en connaissons qu'une qui est encore un granite, dans la composition duquel quartz, le mica, le feld-spath et le schorl se trouvent réunis. Je doute qu'il y ait aucune matière de première formation qui contienne ces cinq matières ensemble; tant il est vrai que la nature ne s'est jamais soumise à nos abstractions! car de ces vingt-cinq combinaisons toutes également possibles en spéculation, nous n'en pouvons compter en réalité que onze, et peut-être même dans ce nombre y en a-t-il quelques-unes qui n'ont pas été produites comme les autres par le feu primitif, et qui n'ont été formées que des débris des premières réunies par l'intermédiaire de l'eau.

Quoi qu'il en soit, le porphyre est la plus précieuse de ces matières composées; c'est après le jaspe la plus belle des substances vitreuses en grandes masses; il est, comme nous venons de le dire, formé de jaspe, de feld-spath et de petites parties de schorl incorporés ensemble. On ne peut le confondre avec les jaspes, puisque ceux-ci sont d'une substance simple et ne contiennent ni feld-spath, ni schorl; on ne doit pas non plus mettre le porphyre au nombre des granites, parce qu'aucun granite ne contient du jaspe, et qu'ils sont composés de trois et même de quatre autres substances qui sont le quartz, le feld-spath, le schorl et le mica: de ces trois ou quatre substances, il n'y a que le feld-spath et le schorl qui soient communs aux deux; le porphyre a donc sa nature propre et particulière, et il paraît être plus éloigné du granite que du jaspe; car le quartz qui entre toujours dans la composition des granites, ne se trouve point dans les porphyres, qui tous ne contiennent que du jaspe, du feld-spath et du schorl.

Le nom de porphyre semblerait désigner exclusivement une matière d'un rouge de pourpre, et c'est en effet la couleur du plus beau porphyre, mais cette dénomination s'est étendue à tous les porphyres de quelque couleur qu'ils soient, car il en est des porphyres comme des jaspes; il y en a de plus ou moins colorés de rouge, de brun, de vert et de différentes nuances de quelques autres couleurs. Le porphyre rouge est semé de très-petites taches plus ou moins blanches et quelquefois rougeâtres; ces taches présentent les parties du feld-spath et du schorl, qui sont desséchées et incorporées

dans la pâte du jaspe, et le caractère essentiel de tous les porphyres et par lequel ils sont toujours reconnaissables, c'est ce mélange du feld-spath ou du schorl, ou de tous deux ensemble, avec la matière du jaspe: ils sont d'autant plus opaques et plus colorés, que le jaspe est entré en plus grande quantité dans leur composition, et ils prennent au contraire un peu de transparence lorsque le feld-spath y est en grande quantité. Nous pouvons à ce sujet observer qu'en général dans les matières vitreuses produites par le feu primitif, plus il y a de transparence et plus il y a de dureté; au lieu que, dans les matières calcinables toutes formées par l'intermédiaire de l'eau, la transparence indique la mollesse. Ainsi, moins un porphyre est opaque, plus il est dur, et au contraire plus un marbre est transparent, plus il est tendre; on le voit évidemment dans le marbre de Paros et dans les albâtres; cette différence vient de ce que le spath calcaire est plus tendre que la pâte du marbre dans laquelle il est mêlé, et que le feld-spath et le schorl sont aussi durs que le quartz et le jaspe, avec lesquels ils sont incorporés dans les porphyres et les granites.

Il n'y a ni quartz ni mica dans les porphyres, et il est aisé de les distinguer des granites qui contiennent toujours du quartz et souvent du mica; il y a plus de cohérence entre les parties de la matière dans les porphyres que dans les granites, surtout dans ceux où le mélange du mica diminue non-seulement la cohésion des parties, mais aussi la densité de la masse. Dans le porphyre, c'est le fond ou la pâte qui est profondément colorée, et les grains de feld-spath et de schorl sont blancs, ou quelquefois ils sont de la couleur du fond, et alors seulement d'une teinte plus faible; dans le granite, au contraire, c'est le feld-spath et le schorl qui sont colorés, et le quartz que l'on peut regarder comme sa pâte, est toujours blanc, et c'est ce qui prouve que le porphyre a la matière du jaspe pour base, comme le granite celle du quartz.

Quelques naturalistes, en convenant avec moi que le feld-spath et le schorl entrent comme parties constituantes dans les porphyres, se refusent à croire que la matière qui en fait la pâte soit réellement du jaspe, et ils se fondent sur ce que la cassure du porphyre n'est pas aussi nette que celle du jaspe; mais ils ne font pas attention que, parmi les jaspes, il y en a qui ont la cassure

un peu terreuse comme le porphyre, et qu'on ne doit le comparer qu'aux jaspes communs qui se trouvent en grandes masses et non aux jaspes fins qui sont de seconde formation. Ces nouveaux jaspes ont la cassure plus brillante que celle des anciens, desquels ils tirent leur origine, et ces anciens jaspes ne diffèrent pas par leur cassure de la matière qui fait la pâte des porphyres.

Quoique beaucoup moins commun que les granites, le porphyre ne laisse pas de se trouver en fortes masses et même par grands blocs en quelques endroits (1); il est ordinairement voisin des jaspes, et tous deux portent comme le granite sur des roches quartzieuses; et cette proximité indique entre eux une formation contemporaine. La solidité très-durable de la substance du porphyre, atteste de même son affinité avec le jaspe, ils ne se ternissent tous deux que par une très-longue impression des éléments humides, et de toutes les matières du globe que l'on peut employer en grand volume, le quartz, le jaspe et le porphyre sont les plus inaltérables; le temps a effacé et détruit en partie les caractères hiéroglyphiques des colonnes et des pyramides du granite égyptien; au lieu que les jaspes et les porphyres, dans les monuments les plus anciens, ne paraissent avoir reçu que de légères atteintes du temps, et il est à croire qu'il en serait de même des ouvrages faits de quartz, si les anciens l'eussent employé; mais comme il n'a ni couleurs brillantes, ni variétés dans sa substance, et que sa grande dureté le rend très-difficile à travailler et à polir, on l'a toujours rejeté; et d'autre part, les porphyres et les jaspes ne se trouvant que rarement en grandes masses continues, on a de tout temps préféré les granites à ces premières matières pour les grands monuments.

Le quartz qui forme la roche intérieure du globe, est en même temps la base universelle des autres matières vitreuses; il soutient les masses des granites et celles des porphyres et des jaspes, et tous sont plus ou moins contigus à cette roche primitive à laquelle ils tiennent comme à leur matrice ou mère commune, qui semble les avoir nourris des vapeurs qu'elle a laissées transpirer, et qui

(1) On en voit à Constantinople de très-hautes colonnes d'une seule pièce, dans l'église de Sainte-Sophie; on croit que ces colonnes viennent de la Thébaïde.

leur a fait part des trésors de son sein en les teignant des plus riches couleurs.

M. Ferber ayant curieusement examiné tous les porphyres en Italie, les distingue en cinq sortes : 1^o le porphyre rouge qui est le plus commun, et dont le fond est d'un rouge foncé avec de petites taches blanches et oblongues, souvent irrégulières ou parallépipèdes. Le fond de ce porphyre est d'un rouge plus ou moins foncé, et quelquefois si brun qu'il tire sur le noir. « On ne » peut nier, dit-il, que la matière de ces » taches ne soit du spath dur, opaque, com- » pacte, blanc de lait, et en même temps » de la nature du *schorl*; ce que la forme et » la simple vue indiquent assez; il en est de » même des autres sortes de porphyres, et » il me paraît que ces taches sont d'une es- » pèce de pierre qui tient le milieu entre le » feld-spath et le *schorl*. En général, conti- » nue-t-il, il y a très-peu de différence es- » sentielle entre le *schorl*, le spath dur ou » feld-spath, le quartz, les autres cailloux » et les grenats. »

Je dois observer que tout ce que dit ici M. Ferber, loin de répandre de la lumière sur ce sujet, y porte de la confusion. Le *schorl* ne doit pas être confondu avec le feld-spath; il n'y a point de pierre dont la substance tiennne le milieu entre le feld-spath et le *schorl*. La substance qui dans les porphyres se trouve incorporée avec la matière du jaspe, n'est pas uniquement du *schorl*, mais aussi du feld-spath. La différence du *schorl* au feld-spath est bien connue et certainement le *schorl*, le *spath dur* (feld-spath), le quartz, les *cailloux* et les grenats, ont chacun entre eux des différences essentielles que ce minéralogiste n'aurait pas dû perdre de vue.

« 2^o. Le porphyre taché de blanc, continue » M. Ferber, dont il y a deux variétés; la » première est le porphyre noir, proprement » dit, dont le fond est entièrement noir avec » de petites taches oblongues, et qui ne dif- » fère du porphyre rouge que par cette » couleur du fond; la seconde variété est la » *serpentine noire antique*, dont le fond est » noir avec de grandes taches blanches » oblongues ou parallépipèdes.

» 3^o. Le porphyre à fond brun avec de » grandes taches verdâtres oblongues; il » s'en trouve aussi dont le fond est d'un » brun rougeâtre avec des taches d'un vert » clair, et d'autres dont le fond est d'un

» brun noirâtre avec des taches moitié noi-
» râtres et moitié verdâtres.

» 4°. Le porphyre vert dont il y a plu-
» sieurs variétés : 1° la serpentine verte an-
» tique, dont le fond est vert et les taches
» oblongues et parallépipèdes sont d'un
» vert plus ou moins clair, et de la nature
» du *feld-spath* ou du *schorl*. On trouve
» quelquefois dans ces pierres des bulles tel-
» les que celles qui se forment dans les ma-
» tières fondues par la sortie de l'air qui y
» est renfermé ; on y voit aussi assez souvent
» des taches blanches et transparentes ar-
» rondies irrégulièrement, et qui paraissent
» être de la nature de l'agate. 2° Le por-
» phyre à fond vert taché de blanc. 3° Le
» porphyre à fond vert-foncé avec des ta-
» ches noires. 4° Le porphyre à fond vert-
» clair ou plutôt jaune-verdâtre taché de
» noir.

» 5°. Le porphyre vert, proprement dit,
» qui a plusieurs variétés. La première à
» fond vert-foncé presque noir, de la nature
» du jaspe, avec des taches blanches dis-
» tinctes, oblongues, en *forme de schorl*,
» plus grandes que les taches du porphyre
» noir, et plus petites que celles de la ser-
» pentine noire antique. La seconde variété
» est à fond de la nature du jaspe, d'un
» vert foncé avec de petites taches blanches,
» rondes et longues, et ressemble à la cou-
» leur près au porphyre rouge. La troisième
» à fond vert-foncé qui est de la nature du
» *trapp*, les taches sont blanches, quartzeu-
» ses, irrégulières, et quelquefois si grandes
» et si nombreuses, qu'on dirait, avec rai-
» son, que le fond est blanc; de temps en
» temps le fond s'est cristallisé en rayons de
» *schorl*; alors cette espèce de porphyre
» vert se rapproche beaucoup de l'espèce du
» granite qui est mêlé de *schorl* au lieu de
» mica. La quatrième à fond vert-foncé de
» la nature du *trapp*; comme celle du pré-
» cédent, avec de petites taches blanches
» serrées, oblongues comme du *schorl*, ra-
» rement d'une figure régulière ou détermi-
» née, mais entrelacées les unes dans les
» autres et repliées comme de petits vers;
» les ouvriers appellent cette variété *por-
» phyre vert fleuri*. La cinquième d'un fond
» clair de la nature du *trapp*, avec de pe-
» tites taches oblongues, de figure détermi-
» née, et détachées les unes des autres, et
» de petits rayons de *schorl* noir (1). »

Je ne puis m'empêcher d'observer encore
que cet habile minéralogiste confond ici le
schorl avec le *feld-spath* dans sa description
de la première variété du porphyre vert, et
qu'en même temps qu'il semble attribuer au
feu la formation de cette pierre, il dit qu'on
y trouve des agates; or, l'agate étant formée
par l'eau, il n'est pas probable que cette
pierre de porphyre ait été pour le reste pro-
duite par le feu, à moins d'imaginer que
l'agate s'est produite par infiltration dans les
bulles dont M. Ferber remarque que cette
pierre est soufflée.

Je remarquerai aussi que sur ces cinq va-
riétés, il n'y a que les deux premières qui
soient de vrais porphyres; et qu'à l'égard
des trois dernières variétés dont le fond n'est
pas de jaspe, mais de la matière tendre ap-
pelée *trapp*, on ne doit pas les mettre au
nombre des porphyres, puisqu'elles en dif-
fèrent non-seulement par leur moindre du-
reté, mais même par leur composition, et
autant que le jaspe diffère du *trapp*; ceci
nous démontre que M. Ferber a confondu,
sous le nom de porphyre, plusieurs substan-
ces qui sont d'une autre essence, et que
celles qu'il nomme *serpentes noires anti-
ques* et *serpentes vertes antiques*, sont
peut-être comme le *trapp*, des matières dif-
férentes du porphyre; nous pouvons même
dire que ceux qui, comme M. Ferber, dans
le Vicentin, et M. Soulavie, dans le Viva-
rais, n'ont observé la nature qu'en désordre,
n'ont pu prendre que de fausses idées de ses
ouvrages et se méprendre sur leur forma-
tion. Dans ces terrains bouleversés, les ma-
tières produites par le feu primitif, mêlées
à celles qui ont ensuite été formées par le
transport ou l'intermède de l'eau, et toutes
confondues avec celles qui ont été altérées,
dénaturées ou fondues par le feu des volcans,
se présentent ensemble; ils n'ont pu recon-
naître leur origine ni même les distinguer
assez pour ne pas tomber dans de grandes
erreurs sur leur formation et leur essence;
il me paraît donc que quoique M. Ferber
soit l'un des plus attentifs de ces observa-
teurs, on ne peut rien conclure de ses des-
criptions et observations, sinon qu'il se
trouve dans ces terrains volcanisés des ma-
tières presque semblables aux vrais porphy-
res; et si cela est, n'y a-t-il pas toute raison
de penser avec moi, que le feu primitif a
formé les premiers porphyres, dans lesquels
je n'ai admis que le mélange du jaspe, du
feld-spath et du *schorl*, parce que je n'ai ja-

(1) Lettres sur la Minéralogie, pages 337 et suiv.

mais vu dans le porphyre des parties quartzeuses, et que je pense qu'il faut distinguer les vrais et anciens porphyres, produits par le feu primitif, de ceux qui l'ont été postérieurement par celui des volcans; ceux-ci peuvent être mêlés de plusieurs autres matières de seconde formation; au lieu que les premiers ne pouvaient être composés que des verres primitifs, seules matières qui existaient alors.

Après le quartz, le jaspe, le mica, le feldspath et le schorl qui sont les substances les plus simples, on peut donc dire que de toutes les autres matières en grandes masses et produites par le feu, le porphyre et les roches vitreuses, dont nous venons de parler, sont les plus simples, puisqu'elles ne contiennent que deux ou trois de ces premières substances; cependant ces mêmes roches vitreuses et les porphyres, ne sont pas à beaucoup près aussi communs que le granite qui contient trois et souvent quatre de ces substances primitives, c'est de toutes les matières vitreuses la plus abondante et celle qui se trouve en plus grandes masses, puisque le granite forme les chaînes de la plupart des montagnes primitives sur tout le globe de la terre; c'est même cette grande quantité de granite qui a fait penser à quelques naturalistes, qu'on devait le regarder comme la pierre primitive de laquelle toutes les autres pierres vitreuses avaient tiré leur origine; je conviens avec eux que le granite a donné naissance à un grand nombre d'autres

substances par ses différentes exsudations et décompositions; mais comme il est lui-même composé de trois ou quatre matières très-évidemment reconnaissables, il faut nécessairement admettre la priorité de l'existence de ces mêmes matières, et par cette raison regarder le quartz, le mica, le feldspath et le schorl qu'il contient, comme des substances, dont la formation est antérieure à la sienne.

En suivant l'ordre qui nous conduit des substances simples aux matières composées, et toujours en grandes masses, nous avons donc d'abord le quartz, le jaspe, le mica, le feldspath et le schorl que nous regardons comme des matières simples; ensuite les roches vitreuses qui ne contiennent que deux de ces cinq premières substances; après quoi viennent les porphyres et les granites qui en contiennent trois ou quatre: on verra qu'en général le développement des causes et des effets dans la formation des masses primitives du globe, s'est fait dans une succession relative aux différents degrés de leur densité, solidité et fusibilité respectives, et que de tous les mélanges ou combinaisons qui se sont faites des cinq verres primitifs, celle de la réunion du quartz, du mica, du feldspath et du schorl, est non-seulement la plus commune, mais qu'elle est tellement universelle et si générale, que les granites semblent avoir exclu les résultats de la plupart des autres combinaisons de ces verres primitifs.

DU GRANITE.

De toutes les matières produites par le feu primitif, le granite est la moins simple et la plus variée; il est ordinairement composé de quartz, de feldspath et de schorl; ou de quartz, de feldspath et de mica; ou enfin de quartz, de feldspath, de schorl et de mica: de ces quatre substances primitives, les plus fusibles sont le feldspath et le schorl; ces verres de nature se fondent sans addition au même degré de feu que nos verres factices, tandis que le quartz résiste au plus grand feu de nos fourneaux; le feldspath et le schorl sont aussi beaucoup plus fusibles que le mica, auquel il faut appliquer le feu le plus violent pour le réduire en verre ou plutôt en scories spumeuses. Enfin le feldspath et le schorl communiquent la fusibilité aux matières dans lesquelles ils se trouvent

mélangés, telles que les porphyres, les ophites et les granites qui tous peuvent se fondre sans aucune addition ni fondant étranger (1);

(1) 1°. Un morceau de très-beau granite rouge très-vif, très-dur, faisant feu dans tous les points, enfoncé dans un petit creuset de Hesse et recouvert d'un autre, a coulé en verre noir en moins de deux heures;

2°. Un morceau de granite noir et blanc, très-dur, du poids de cinq gros vingt-deux grains, a formé dans le même temps une seule masse vitreuse noire, très-compacte, très-homogène;

3°. Un morceau de porphyre très-brun piqué de blanc, très-dur, de deux gros vingt-huit grains, a coulé au point d'enduire absolument le creuset de verre noir; ces trois morceaux antiques ont été trouvés à Autun;

4°. J'ai exposé au même feu du beau quartz blanc,

or ces différents degrés de fusibilité respective dans les matières qui composent le granite, et particulièrement la grande fusibilité du feld-spath et du schorl, me semblent suffire pour expliquer d'une manière satisfaisante la formation du granite.

En effet, le feu qui tenait le globe de la terre en liquéfaction a nécessairement eu des degrés différents de force et d'action; le quartz ne pouvait se fondre que par le feu le plus violent, et n'a pu demeurer en fusion qu'autant de temps qu'a duré cette extrême chaleur; dès qu'elle a diminué, le quartz s'est d'abord consolidé; et sa surface, frappée du refroidissement, s'est fendue, écaillée, égrenée comme il arrive à toute espèce de verre exposé à l'action de l'air; toute la superficie du globe devait donc être couverte de ces premiers débris de la décrépitation du quartz immédiatement après sa consolidation; et les groupes élancés des montagnes isolées, les sommets des grandes boursouffures du globe, qui dès-lors s'étaient faites dans la masse quartzreuse, ont été les premiers lieux couverts de ces débris du quartz, parce que ces éminences qui présentaient toutes leurs faces au refroidissement, en ont été plus complètement et plus vivement frappées que toutes les autres portions de la terre.

Je dis refroidissement, par rapport à la prodigieuse chaleur qui avait jusqu'alors tenu le quartz en fusion; car dans le moment de sa consolidation, le feu était encore assez violent pour dissiper les micas, dont l'exfoliation ne fut que le second détriment du quartz déjà brisé en écailles et en grains par le premier degré du refroidissement. Le feld-spath et le schorl, bien plus fusibles que le mica, étaient encore en pleine fonte au point de feu où le quartz, déjà consolidé, s'égrenait faute de recuit et formait les micas par ses exfoliations.

Le feld-spath et le schorl doivent donc être considérés comme les dernières fontes des matières vitreuses; ces deux derniers verres en se refroidissant durent s'amalgamer avec les détriments des premiers. Le feu qui avait tenu le quartz en fusion était

bien plus violent que celui qui tenait dans ce même état le feld-spath et le schorl, et ce n'est qu'après la consolidation du quartz et même après sa réduction en débris que les micas se sont formés de ses exfoliations, et ce n'est encore qu'après ce temps, que le feld-spath et le schorl auxquels il ne faut qu'un feu médiocre pour rester en fusion, ont pu se réunir avec les détriments de ces premiers verres; ainsi le feld-spath et le schorl ont rempli comme des ciments additionnels, les interstices que laissaient entre eux les grains de quartz ou de jaspe et les particules de mica; ils ont lié ensemble ces débris, qui de nouveau prirent corps et formèrent les granites et les porphyres; car c'est en effet, sous la forme d'un ciment introduit et agglutiné dans les porphyres et les granites, qu'ils s'y présentent.

En effet, les quartz en grains décrépités, ou exfoliés en micas, devaient couvrir généralement la surface du globe, à l'exception des fentes perpendiculaires qui venaient de s'ouvrir par la retraite que fit sur elle-même toute la matière liquéfiée en se consolidant; le feu de l'intérieur exhalait par ces fentes, comme par autant de soupiraux, les vapeurs métalliques qui, s'étant incorporées avec la substance du quartz, l'ont modifiée, colorée et convertie en jaspe, lequel ne diffère en effet du quartz, que par ces impressions de vapeurs métalliques, et qui s'étant consolidé et recuit dans ces fentes du quartz, et à l'abri de l'action des éléments humides, est demeuré solide et n'a fourni à l'extérieur, qu'une petite quantité de détriments que le feld-spath et le schorl aient pu saisir; les jaspes ne présentant que leur sommet, et étant du reste contenus dans les fentes perpendiculaires de la grande masse quartzreuse, ne purent recevoir le feld-spath et le schorl, que dans cette partie supérieure sur laquelle seule se fit une décrépitation semblable à celle du quartz, parce que cette partie de leur masse était en effet la seule qui pût être réduite en débris par le refroidissement.

Et de fait, les porphyres qui n'ont pu se former qu'à la superficie des jaspes, sont infiniment moins communs que les granites qui se sont au contraire formés sur la surface entière de la masse quartzreuse; car les granites recouvrent encore aujourd'hui la plus grande partie du globe, et quoique les quartz percent quelquefois au-dehors et se montrent en divers endroits sur de fortes

d'Auvergne; il y a pris un blanc plus mat, plus opaque, y est devenu plus tendre, plus aisé à égrener au doigt, mais sans aucune fusion, pas même aux endroits où il touchait le creuset. (Lettre de M. de Morveau à M. de Buffon, Dijon, 27 octobre 1778.)

épaisseurs et dans une grande étendue (1), ils n'occupent que de petits espaces à la sur-

(1) « Les quartz s'offrent à plusieurs endroits dans » les Vosges, soit que les masses de granites éboulées » aient découvert les flancs de la masse quartzreuse, » ou que des zones ou veines de quartz percent d'el- » les-mêmes à la surface. Dans les mines du Thillot » et de Château-Lambert, fouillées dans une des ra- » cines de la grande montagne du Balon, et dont » l'exploitation fut autrefois très-riche et pourrait » l'être encore, le cuivre se trouve immédiatement » dans le quartz vif, sans autre matrice ni gangue; » ce quartz est d'un beau blanc de lait et perce en » larges bandes jusqu'au-delors de la montagne. On » rencontre la tranche d'une autre très-large zone de » quartz, coupée dans le bas de la superbe route qui » descend de l'autre côté de cette même grande mon- » tagne du Balon sur Giromagny, en haute Alsace. » Des masses et des zones de quartz se présentent » également sur les coupes de l'autre route qui pé- » nètre la montagne, de Lorraine en Alsace, par la » source de la Moselle, Bussang, Saint-Amarin et » Than. Enfin en nombre d'autres endroits dans » toute la chaîne des Vosges, le quartz se montre » entre les granites, soit à la base, soit aux côtés es- » carpés des montagnes. » (Observations communi- » quées par M. l'abbé Bexon.)

« Dans le canton de Salvart, en Auvergne, il y a, » dit M. Guettard, une bande de plus de deux mille » toises de long, qui n'est que du quartz blanc; elle » reprend même du côté de Roche-d'Agout, jusqu'à » une petite butte qui est auprès de la paroisse de » Biolet, ce qui fait en tout une longueur de plus de » dix mille toises.

» Aux environs de Pont-Gibaud, le long du che- » min de Clermont au Mont-d'Or, il y a du quartz; » les maisons en sont bâties dans le canton de la » Sauvetat : cette pierre est ordinairement d'un blanc » plus ou moins vif, etc. » (Mémoire sur la Minéralogie d'Auvergne, dans ceux de l'Académie des sciences, année 1759.)

Presque tous les rochers du Grimsel (l'une des plus hautes Alpes, d'où sortent les sources de l'Aar et du Rhône) contiennent de beaux cristaux; c'est sur cette montagne, composée de quartz, qu'ont été trouvées les plus belles pièces de cristal que l'on connaisse, entre autres celle qu'a vue M. de Haller, et qui pesait six cent quatre-vingt-quinze livres. (Voyages de M. Bourrit, tome 2, chapitre 3.)

« On entrevoit de certaines lois à l'égard de l'arran- » gement respectif de cet ordre d'anciennes roches; » par tous les systèmes de montagnes qui appartiennent à l'empire russe. La chaîne ouralique, par » exemple, a du côté de l'orient, sur toute sa longueur, une très-grande abondance de schistes cornés serpentins et talqueux, riches en filons de » cuivre, lesquels forment le principal accompagnement du granite. Des jaspes de diverses couleurs... » forment des lits de montagnes entières et occupent

face de la terre en comparaison des granites, parce que les quartz ont été recouverts et rehaussés, presque partout, par ces mêmes granites, qui ont recueilli dans leur substance, presque tous les débris des verres primitifs, et se sont consolidés et groupés sur la roche même du globe, à laquelle ils tiennent immédiatement, et qu'ils chargent presque partout; on trouve le granite comme premier fonds au-dessous des bancs calcaires et des couches de l'argile et des schistes, quand on peut en perce l'épaisseur (2), et nous ne devons pas oublier que ce fonds actuel de notre terre était la surface du globe primitif avant le travail des eaux (3).

» de très-grands espaces; de ce même côté, il paraît » beaucoup de quartz en grandes roches toutes pures. » (Observations sur la formation des montagnes, par M. Pallas, page 50.)

(2) « Les montagnes du Vicentin et du Véronais » sont composées d'un schiste argileux micacé; comme » on n'en perce pas l'épaisseur, on ignore s'il en est » de même ici que dans d'autres pays de montagnes, » c'est-à-dire s'il y a au-dessous de ce schiste du granite, ce que je présume cependant; car le granite » perce et s'élève au-dessus du schiste dans les hautes » montagnes du Tyrol, et le granite gris ou granitello, » se montre déjà vers les sources de la rivière de Cisse » monvé, qui se jette dans la Brenta. » (Ferber, Lettres sur la Minéralogie, page 46.)

(3) « Il résulte des faits que j'ai rapportés, qu'à » l'époque où la mer commençait à couvrir les Pyrénées de productions marines, il existait déjà de » grandes montagnes, purement granitiques, qu'elle » n'a fait qu'accroître par d'immenses dépôts, provenant de la destruction des corps marins organisés; » mais l'enveloppe des masses de granite, continuellement exposée aux injures du temps et à l'action des » eaux du ciel, ne cesse de diminuer depuis que la » mer s'est retirée du sommet des Pyrénées : les torrents surtout, qui sillonnent de profondes cavités » dans le sein de ces montagnes, entraînent les pierres » calcaires et argileuses, et dégagent peu à peu le » granite; ainsi cette roche, après une longue suite de » siècles, se trouvera entièrement à découvert, telle » enfin qu'elle était disposée avant d'avoir servi de » base à des matières de nouvelle formation. Les Pyrénées, parvenues à leur premier état, ressembleront aux montagnes granitiques du Limousin, qui » paraissent avoir subi toutes ces vicissitudes. Les » environs de Châteauneuf, village situé à six lieues » de Limoges, présentent des bancs inclinés de marbre gris, enfermés de granite; cette île calcaire est, » selon M. Cornuau, ingénieur-géographe du roi, » d'une demi-lieue de diamètre, et distante de plus » de dix lieues des contrées calcaires. Un pareil monument semble avoir été conservé pour indiquer » que les montagnes actuelles du Limousin, ne sont

Or les granites sont non-seulement couchés sur cette antique surface, mais ils sont entassés encore plus en grand dans les groupes des montagnes primitives (1), et nous en avons d'avance indiqué la raison : ces sommets où les degrés du refroidissement furent plus rapides, atteignirent plus tôt le point de la fusion et de la consolidation du feldspath et du schorl, en même temps qu'ils leur offraient à saisir de plus grandes épaisseur de grains quartzeux décrépités.

Aussi les granites forment-ils la plupart de ces grands groupes et de ces hauts sommets élevés sur la base de la roche du globe comme les obélisques de la nature, qui nous attestent ces formations antiques, et sont les premiers et grands ouvrages dans lesquels elle préparait la matière de toutes ses plus riches productions, et où elle indiquait déjà de loin le dessin sur lequel elle devait tracer les merveilles de l'organisation et de la vie : car on ne peut s'empêcher de reconnaître dans la figuration généralement assez régulière des petits solides du feldspath et du schorl, cette tendance à la structure organique, prise dans un feu lent et tranquille, qui, en commençant l'union intime de la matière brute avec quelques molécules organiques, la dispose de loin à s'organiser, en y traçant les linéaments d'une figuration régulière; nos fusions artificielles, et plus encore les fusions produites par les volcans, nous offrent des exemples de cette figuration ou cristallisation par le feu dans un grand

nombre de matières (2), et même dans tous les métaux et minéraux métalliques.

Si nous considérons maintenant que les grands bancs et les montagnes de granite s'offrent à la superficie de la terre dans tous les lieux où les argiles, les schistes et les couches calcaires n'ont pas recouvert l'ancienne surface du globe, et où le feu des volcans ne l'a point bouleversée : en un mot partout où subsiste la structure primitive de la terre (3); on ne pourra guère se refuser à croire qu'ils sont l'ouvrage de la dernière fonte qui ait eu lieu à sa surface encore ardente, et que cette dernière fonte n'ait été celle du feldspath et du schorl, lesquels, des cinq verres primitifs, sont sans comparaison les plus fusibles; et si l'on rapproche ici un fait qui, tout grand et tout frappant qu'il est, ne paraît pas avoir été remarqué des minéralogistes; savoir, qu'à mesure que l'on creuse ou qu'on fouille dans une montagne dont la cime et les flancs sont de granite, loin de trouver du granite plus solide et plus beau à mesure que l'on pénètre, l'on voit au contraire qu'au-dessous, à une certaine profondeur, le granite se change, se perd et s'évanouit à la fin en reprenant peu à peu la nature brute du roc vif et quartzeux. On peut s'assurer de ce changement successif dans les fouilles de mines profondes : quoique ces profondeurs où nous pénétrons soient bien superficielles, en comparaison de celles où la nature a pu travailler les matériaux de ses premiers ouvrages; on ne voit dans ces profondeurs de la roche quartzeuse, dont la partie qui touche aux filons des mines et forme les parois des fentes perpendiculaires, est toujours plus ou moins altérée par les eaux

» que le noyau d'une région autrefois beaucoup plus
» haute, formée par les dépôts de la mer, et détruite
» après la traite des eaux, par les mêmes causes
» qui rabaissent chaque jour la cime des Pyrénées.

» La constitution intérieure de cette chaîne ne per-
» met pas d'admettre, comme nous l'avons déjà dit,
» que les matières qui la composent aient été formées
» en même temps; il est aisé, au contraire, de voir
» que la formation du granite a précédé celle des bancs
» calcaires et argileux, auxquels il sert de base. »
(Essai sur la Minéralogie des monts Pyrénées, par
M. l'abbé Palassau, page 154.)

(1) « Les granites me semblent mériter mieux que
» toutes les autres roches le nom de *roches primi-*
» *tives*, parce qu'on les trouve plus près du centre,
» et dans le centre même des hautes chaînes. » (Saus-
» sure, Voyage dans les Alpes, tome 1^{er}, page 99.)—
» C'est une observation générale, que dans les grandes
» chaînes on trouve au-dehors les montagnes cal-
» caires, puis les ardoises. » (*Idem, ibidem*, page
402.) *Nota.* L'auteur se fit mieux exprimé en dis-
» ant les *schistes*, puis les roches feuilletées primiti-
» ves, et enfin les granites.

(2) Voyez l'article des volcans, sur les espèces de
granites et de porphyres qui se forment quelquefois
dans la lave.

(3) « Après avoir vu les ruines de l'ancienne Syène,
» je me rendis aux carrières de granite, qui sont envi-
» ron un mille au sud-est. Tout le pays qui est à
» l'orient, les îles et le lit du Nil, sont de granite
» rouge, appelé par Hérodote *Pierre thébaine*. Ces
» carrières ne sont pas profondes, et l'on tire la
» pierre des flancs des montagnes. Je trouvai dedans
» quelques colonnes chauchées, entre autres une quar-
» rée, qui était vraisemblablement destinée pour un
» obélisque. . . . On suit ces carrières le long du che-
» min d'Assouan (Syène) à Phile. . . L'île d'Éléphan-
» tine n'est aussi qu'un rocher de granite rouge. . . et
» ce sont des rochers de ce même granite que le Nil a
» rompus, et entre lesquels il passe dans ses fameuses
» cataractes. » (Voyage de Poccoek; Paris, 1772,
tome 1^{er}, pages 347, 348, 354 et 360.)

ou par les exhalaisons métalliques, tandis que celle qu'on taille dans l'épaisseur vive, est une roche sauvage plus ou moins décidément quartzeuse, et dans laquelle on ne distingue plus rien qui ressemble aux grains réguliers du granite. En rapprochant ce second fait du premier, on ne pourra guère douter que les granites n'aient en effet été formés des détriments du quartz décrépité jusqu'à de certaines profondeurs, et du ciment vitreux de feld-spath et de schorl qui s'est ensuite interposé entre ces grains de quartz et les micas, qui n'en étaient que les exfoliations.

Il s'est formé des granites à plus grands et à plus petits cristaux de feld-spath et de schorl, suivant que les grains quartzeux se sont trouvés plus ou moins rapprochés, plus ou moins gros, et selon qu'ils laissaient entre eux plus d'espace où le feld-spath et le schorl pouvaient couler pour se cristalliser. Dans le granite à menus grains, le feld-spath et le schorl presque confondus et comme incorporés avec la pâte quartzeuse, n'ont point eu assez d'espace pour former une cristallisation bien distincte; au lieu que les beaux granites à gros grains réguliers, le feld-spath et quelquefois le schorl sont cristallisés distinctement, l'un en rhombes et l'autre en prismes (1).

Les teintes de rouge du feld-spath et de brun-noirâtre du schorl dans les granites, sont dues sans doute aux sublimations métalliques, qui de même ont coloré les jaspes, et se sont étendues dans la matière du feld-spath et du schorl en fusion. Néanmoins cette teinture métallique ne les a pas tous colorés, car il y a des feld-spaths et des schorls blancs ou blanchâtres, et dans certains granites et plusieurs porphyres le feld-spath ne se distingue pas du quartz par la couleur (2).

(1) « Le granite (proprement dit) varie par la proportion de ses ingrédients, qui est différente dans différents rochers, et quelquefois dans les différentes parties d'un même rocher. . . Il varie aussi par la grandeur de ses parties, et surtout des cristaux de feld-spath, qui ont quelquefois jusqu'à un pouce de longueur, et d'autres fois sont aussi petits qu'un grain de sable. » (Saussure, Voyage dans les Alpes, tome 1^{er}, page 105.)

(2) Le granito grigio ou bigio est gris, composé de quartz transparent ou opaque et couleur de lait, de spath dur blanc et de mica noir; lorsque toutes ses parties sont en petits grains, on en nomme l'assemblage granitello. . . Le granito rosso, ou granite rouge, est composé de quartz blanc, de grands morceaux de

Les sommets des montagnes graniteuses, sont généralement plus élevés que les montagnes schisteuses ou calcaires; ces sommets paraissent n'avoir jamais été surmontés ni travaillés par les eaux, dont la plus grande hauteur nous est indiquée par les bancs calcaires les plus élevés; car on ne trouve aucun indice de coquilles ou d'autres productions marines dans l'intérieur de ces granites primitifs, à quelque niveau qu'on les prenne: comme jamais aussi l'on ne voit de bancs calcaires interposés dans les masses de granite, ni de granites posés sur des couches calcaires, si ce n'est par fragments roulés et transportés (3), ou par bancs de seconde formation; tous ces faits importants de l'histoire du globe ne sont que des conséquences nécessaires de l'ordre dans lequel nous ve-

spath dur rouge et de mica noir. . . Quelques colonnes de granite et de granitello sont clairement parsemées de petites taches noires, provenant d'un amas de mica plus grand et plus fréquent dans ces endroits; telles sont les colonnes de la façade du palais royal de Naples, du côté de la mer; telles sont aussi celles de granite gris antique que j'ai vues à Salerno. (Ferber, Lettres sur la Minéralogie, pages 343 et suiv.)

Les différentes couleurs dont le feld-spath est susceptible, sont dans le granite la source d'un nombre de variétés: celle qu'il présente le plus communément est un blanc laiteux; mais on le voit aussi jaune ou fauve, rouge, violet; et rarement, mais pourtant quelquefois, d'un beau noir. (Voyage dans les Alpes par M. de Saussure, tome 1^{er}, page 105.)

(3) « Il y a de gros morceaux de granite, de quartz et d'autres pierres, qui viennent des monts primarii du Tyrol, épars sur les champs des environs de Gallio d'Asiago, de Camproverè et d'autres endroits tous situés dans la montagne. . . Ces morceaux sont de même nature que ceux qu'entraînent dans leur cours l'Adige et la Brenta en sortant des montagnes du Tyrol; et il faut concevoir que le cours de ces rivières, avant qu'elles n'eussent approfondi leurs vallées, était au niveau de ces morceaux détachés des montagnes, et qui n'ont pu être entraînés et transportés sur ces couches calcaires que par les eaux. » (Lettres sur la Minéralogie, par M. Ferber, page 54.)

« Arrivé au milieu de la vallée d'Urseren (au mont Saint-Gothard), nous tournâmes à gauche, et nous montâmes dans une vallée plus élevée, dont les profondeurs sont jonchées de ruines de montagnes renversées. La Reuss, resserrée des deux côtés entre d'immenses blocs de granite d'une superbe couleur grise, confusément accumulés et qui sont des fragments de celui qui forme tous les sommets des Alpes, s'élançait à travers ces débris avec une inconcevable rapidité. » (Lettres sur la Suisse, par M. Wit. Coxe, tome 1^{er}, page 128.)

nons de voir les grandes formations du feu précéder universellement l'ouvrage des eaux.

Les couches que l'eau a déposées sont étendues horizontalement, et c'est dans ce sens, c'est-à-dire en longueur et largeur que se présentent leurs plus grandes dimensions; les granites au contraire, et tous les autres ouvrages du feu sont groupés en hauteur; leurs pyramides ont toujours plus d'élévation que de base (1). Il y a de ces masses ou pyramides solides de granite, sans fentes ni sutures, d'une très-grande hauteur et d'un volume énorme (2); on en peut juger non-seulement par l'inspection des montagnes graniteuses (3), mais même par les monuments des anciens; ils ont travaillé des blocs de granite de plus de vingt mille pieds cubes, pour en former des colonnes et des obélisques d'une seule pièce (4), et de nos

jours on a remué des masses encore plus fortes, car le bloc de granite qui sert de piédestal à la statue gigantesque du grand Pierre I^{er}, élevé par l'ordre d'une impératrice encore plus grande (5), contient trente-sept mille pieds cubes; cependant ce bloc a été trouvé dans un marais où il était isolé et détaché des hautes masses auxquelles il tenait avant sa chute: « Mais nulle part, nous dit M. l'abbé » Bexon (6), on ne peut prendre une idée » plus magnifique de ces masses énormes de » granites, que dans nos montagnes des » Vosges: elles en offrent en mille endroits » des blocs plus grands que tous ceux que » l'on admire dans les plus superbes monu- » ments, puisque les larges sommets et les » flancs escarpés de ces montagnes, ne sont » que des piles et des groupes d'immenses » rochers de granite entassés les uns sur les » autres (7). »

(1) « Si l'on consulte les auteurs qui ont parlé de » la structure des montagnes de granite, on verra que » presque tous disent que les pierres de ce genre se » trouvent en masses informes, entassées sans aucun » ordre: la source de ce préjugé vient principale- » ment de ce qu'on a cru trouver du désordre partout » où l'on n'a pas vu des couches horizontales; mais » tout homme qui observera en grand, et sans aucune » prévention, la structure de ces hautes chaînes de » montagnes de granite, reconnaîtra qu'elles sont com- » posées de grandes lames ou feuilletés pyramidaux » appuyés les uns contre les autres. . . Ces feuilletés » sont tous à peu près verticaux; ceux du centre ou » du cœur de la chaîne le sont presque toujours; » mais les autres, à mesure qu'ils s'en éloignent, s'in- » clinent en s'appuyant contre ce même centre. » (Saussure, Voyage dans les Alpes, tome I^{er}, page 502.)

(2) Le plus bel endroit du passage du mont Saint-Gothard et celui qui frappe le plus par son aspect, est un chemin taillé sur le roc, comme un escalier; là une seule pièce de granite de quatre-vingts pieds de haut sur mille pas de front surplombe ce chemin. (Voyage de M. Bourrit, tome 2, chapitre 5.)

(3) « Un œil exercé peut découvrir, même à de » grandes distances, la matière dont un pic inacces- » sible est composé, surtout lorsqu'elle est d'un gran- » nite dur, comme dans les hautes Alpes. Les monta- » gnes composées de ce genre de pierres, ont leurs » sommités terminées par des crénelures très-aiguës » à angles vifs; leurs faces et leurs flancs sont de » grandes tables planes, verticales, dont les angles » sont aussi vifs et tranchants. La nuance même que » la nature a souvent mise entre les roches de corne » molles et les granites durs, se marque à ces signes: » les crêtes des sommets qui sont composés d'une ro- » che de corne tendre paraissent arrondies, émous- » sées, sans physionomie; mais à mesure que la » pierre, en se chargeant de quartz et de feld-spath,

» approche de la dureté du granite, on voit naître des » créneaux plus distincts et des formes plus tran- » chées; ces gradations s'observent à merveille sur » l'aiguille inaccessible des Charmos qui domine le » glacier des bois dans le district de Chamouni. » (Saussure, Voyage dans les Alpes, tome I^{er}, page 500.)

(4) La colonne de Pompée, dont le fût est d'une seule pièce, passe pour être le plus grand monument des anciens en ce genre. « Cette colonne est, dit » Thévenot, située à environ deux cents pas d'A- » lexandrie; elle est posée sur un piédestal ou base » carrée, large d'environ vingt pieds et haute de deux » ou environ, mais faite de plusieurs grosses pierres: » pour le fût de la colonne, il est tout d'une seule » pièce de granite, si haute qu'elle n'a pas au monde » sa pareille, car elle a dix-huit cannes de haut, et » est si grosse qu'il faut six personnes pour l'embras- » ser. » (Voyage au Levant, tom. I^{er}, pag. 227.) En sup- » posant la canne de cinq pieds de longueur, le fût de » cette colonne en a quatre-vingt-dix de hauteur, sur » trente pieds de circonférence, parce que chaque » homme, les bras étendus, embrasse aussi cinq pieds: » ces dimensions donnent environ vingt mille pieds » cubes. — « Nos montagnes européennes, dit M. Fer- » ber, contiennent du granite rouge et du granite gris, » et il n'y a pas de doute que l'on en pourrait tirer » des blocs aussi beaux et aussi grands que le sont » ceux des obélisques venus d'Égypte, si on voulait » y mettre la main et y employer les sommes que les » Romains dépensaient pour les avoir. » (Lettres sur la Minéralogie, page 344.)

(5) Catherine II actuellement régnante, et dont l'Europe et l'Asie admirent et respectent également le grand caractère et le puissant génie.

(6) Mémoires sur l'Histoire naturelle de la Lorraine, communiqués par M. l'abbé Bexon.

(7) Nota. On vient depuis peu de commencer à travailler ces granites des Vosges, et les premiers es-

Plusieurs observateurs ont déjà reconnu que la plupart des sommets des montagnes, surtout des plus élevées, sont formés de granite (1). La plus grande hauteur où les

eaux aient déposé des coquilles n'étant qu'à quinze cents ou deux mille toises au-dessus du niveau actuel de la mer, il y a par conséquent un grand nombre de sommets qui

sais ont découvert dans ces montagnes, les plus grandes richesses en ce genre; elles offrent des granites très-beaux et très-variés pour le grain et pour les couleurs, et diverses espèces de porphyres; on en tire aussi des jaspes richement colorés, et toutes ces matières s'y rencontrent partout dans une extrême abondance, quoique dans une exploitation commencée on n'ait encore attaqué aucune masse considérable, et qu'on se soit borné aux morceaux rompus, épars au penchant des montagnes, et que les habitants entassent en gros murs bruts pour enclore leurs terrains. Le premier établissement de ce travail des granites des Vosges, fait d'abord à Giromagny dans la haute Alsace, est actuellement transféré, pour plus grande abondance de matières et plus grande facilité de transports, de l'autre côté de la montagne, en Lorraine, dans le vallon de la Moselle, environ quatre lieues au-dessous de sa source. Nous le devons au goût et à l'activité de M. Patu des Hauts-Champs, magistrat qui joint à l'honneur et aux distinctions héréditaires, l'amour éclairé du bien public, et les grandes connaissances dans les sciences et dans les arts. Son entreprise qui nous semble très-digne de l'attention et de la faveur du gouvernement, mettrait en valeur des matières précieuses, restées jusqu'à présent brutes entre nos mains, et pour lesquelles nous payons jusqu'ici un tribut à l'Italie.

(1) Les hautes sommités des Alpes sont presque toutes de granite, proprement dit; savoir, de celui qui est composé de quartz, de feld-spath et de mica... Le Mont-Blanc, qui s'élève comme un géant au centre des Alpes, est un immense rocher de granite. (Sausure, Voyage dans les Alpes, tome 1^{er}, pages 105 et 356.) — Le sommet du Saint-Gothard est une plateforme de granite nu. (Lettres sur la Suisse, par M. William Coxé, traduites par M. Ramond, tome 1^{er}, page 193.) — Le mont Sinai (où je l'observai près du couvent) est presque tout de granite rougeâtre et à gros grains. (Descript. de l'Arabie, par Nieblur, tome 2, page 278.) Les observations des derniers voyageurs ont constaté que le Caucase, qui occupe l'espace entre le Pont-Euxin et la mer Caspienne, est une grande masse de granite très-irrégulièrement accompagnée de ces bandes schisteuses, qui recouvrent toujours les côtés des grandes chaînes, ainsi que des montagnes secondaires et tertiaires qui les accompagnent... La chaîne célèbre des montagnes d'Onral, qui trace la limite naturelle entre l'Europe et l'Asie, et que le respect des peuples qui l'avoisinent leur a fait appeler *la ceinture de la Terre*, est élevée sur une échine de granite et de quartz, qui va en serpentant du midi au nord, et dont la plus grande largeur se trouve sur les sources du Jaïk et du Bielala... elle arrive en décroissant aux bords de la mer Glaciale, où elle forme le grand cap à l'ouest du golfe de l'Oby... et répond enfin, par des côtes escarpées, à la grande chaîne boréale d'Europe, laquelle, ayant parcouru

toute la Scandinavie en forme de fer-à-cheval, et élevé le cap Nord, vient remplir de rochers granitiques les basses-terres de la Finlande... La grande chaîne Altaïque, qui forme un des plus puissants systèmes de montagnes qui aient été reconnus sur notre planète, remplit l'Asie de ses différentes branches; elles partent de ces prodigieux sommets, dont la suite règne depuis dans la grande montagne Ouloutaou, au milieu de la Tartarie déserte, par le Boghdo (montagne souveraine), qui élève ses pics fort au-dessus des neiges, jusqu'aux effroyables groupes de montagnes au nord des Indes, dont le Thibet et le royaume de Cachemire sont hérissés; toute cette suite de sommets est granitique, et il en part des rameaux de même nature, qui se distribuent entre tous les grands fleuves de l'Asie. (Extrait d'une dissertation de M. Pallas, intitulée : Observations sur la formation des montagnes.)

« En traversant le Tyrol pour aller en Italie, on trouve d'abord des montagnes calcaires, ensuite des montagnes schisteuses, et enfin des montagnes de granite; ces dernières sont plus élevées: on redescend par le même ordre de montagnes graniteuses, schisteuses et calcaires... La même chose s'observe en montant les autres chaînes considérables de l'Europe, comme cela est incontestable dans les montagnes Carpathiques, dans celles de Saxe, du Hartz, de la Silésie, de la Suisse, des Pyrénées, de l'Écosse et de la Laponie, etc.; on peut en tirer la juste conséquence, que le granite forme les montagnes les plus élevées, et en même temps les plus profondes et les plus anciennes, puisque toutes les autres montagnes sont appuyées et reposent sur le granite; que le schiste a été posé sur le granite ou à côté de lui, et que les montagnes calcaires ou autres couches de pierres ou de terres amenées par les eaux, ont encore été placées par-dessus le schiste. » (Ferber, Lettres sur la Minéralogie, pages 495 et 496.) — « Plusieurs montagnes au-dessus du lac de Côme, dans le canton appelé la *Grigna*, sont composées de granite; telles sont celles qui environnent, en forme d'amphithéâtre, le Lago Magiore, sur lequel sont les charmantes îles Borromées: ce granite a une couleur de chair pâle. » (*Idem*, pag. 473.) — *Nota.* Le même M. Ferber dit expressément ailleurs (page 343), que la partie la plus élevée des Alpes, entre l'Italie et l'Allemagne, est de granite; et il ajoute que ces granites européens ne diffèrent en aucune façon du granite oriental.

Tous les pays du monde offriront donc des granites dans leurs chaînes de montagnes primitives; et si les observations sur cet objet ne sont pas plus multipliées, c'est que de justes notions du règne minéral, pris en grand, paraissent avoir jusqu'ici manqué aux observateurs. Quoi qu'il en soit, toutes nos provinces montagneuses, l'Auvergne, le Dauphiné, la Provence, le Languedoc, la Lorraine, la Franche-Comté

se trouvent au-dessus de cette hauteur; mais il s'en faut bien que toutes les pointes moins

et même la Bourgogne vers Semur, offrent des granites. La Bretagne, depuis la Loire, et partie de la Normandie, touchant à la Bretagne, en comprenant Mortain, Argentan, Lisieux, Bayeux, Cherbourg, est appuyée sur une masse de granite. La Suisse, l'Allemagne, l'Espagne, l'Italie ont les leurs. Les montagnes de la Corse et celles de l'île d'Elbe en sont formées. « Il s'y en trouve, dit M. Ferber (page 441), » qui est violet et très-beau, parce que le feld-spath est violet, à grands cubes, larges ou épais, oblongs » ou polygones. »

« Le bas de la montagne de Volvic (en Auvergne) » qui a brûlé, est, dit M. Guettard, composé de granites de différentes couleurs; il y en a de blanc, » jaunâtre et gris, qui a des grains de moyenne grosseur bien liés, et un peu de paillettes talqueuses » d'un argenté brillant; un autre est blanc pointillé » de noir à grains moyens et serrés, et à paillettes » talqueuses brunes ou noires; il ressemble beaucoup » au carreau de Saint-Sever en Normandie; un troisième est encore blanc, mais fouetté de jaunâtre et » pointillé de brun et de noir; ces grains sont de » moyenne grosseur, serrés, et les paillettes talqueuses, brunes et petites; les deux suivants sont jaunes, » le premier est lavé de blanc, pointillé de brun et » de noir; ces grains sont peu liés, de moyenne grosseur, serrés, et les paillettes talqueuses, brunes et » petites; on y remarque, outre cela, des plaques » qui ont un coup d'œil de spath; le second est jaune » rouille-de-fer pointillé de blanc, à grains moyens, » très-peu liés et à paillettes petites et brunes; enfin » des deux autres, l'un est noir et couleur de chair à » grains serrés et petits, mêlés d'un peu de talc brun; » l'autre est couleur de cerise foncée et brune, à » grains moyens et un peu serrés, et à paillettes talqueuses d'un brun tirant sur le noir. Il y a encore » de cette espèce de pierre le long du chemin qui » conduit de Clermont au Mont-d'Or; j'en ai observé » qui étaient d'un blanc jaunâtre, sans paillettes talqueuses, et dont le grain était très-serré; ces granites » étaient traversés par des veines de quelques lignes » d'épaisseur d'un quartz blanc-sale et demi-transparent; d'autres étaient couleur de cerise vif, fouetté » de brun avec quelques paillettes talqueuses d'un » brun doré, ou bien ils étaient gris-blancs avec de » très-grandes plaques de quartz: cette pierre se » rencontre aussi sur la route de Clermont à Pont-Gibaud, à Rajat, sur le chemin de Rochefort à Pont-Gibaud, dans les environs de Clermont et du Puy-de-Dôme, dont la base est de cette pierre, à » Gergovie où il paraît décomposé: tous ces granites » sont de différentes couleurs. Après d'Aurillac, » dans la commanderie de la Salvétat, il y en a de » rouges; toutes les montagnes du canton de Courpierre sont, à ce qu'on dit, composées en grande » partie de granites remplis de talc blanc et jaune. » (Mémoires sur la Minéralogie d'Auvergne, dans ceux de l'Académie des sciences, année 1759.)

élevées, aient été recouvertes des productions de la mer, ou cachées sous l'argile, le schiste et les autres matières transportées par les eaux; plusieurs montagnes, telles que les Vosges, moins hautes que ces grands sommets, sont composées de granites qui n'offrent aucun vestige de productions marines, et ces granites ne sont pas surmontés de bancs calcaires, quoique la mer ait porté dans d'autres endroits ses productions à de bien plus grandes hauteurs: au reste, ce n'est que dans les hautes montagnes vitreuses, que l'on peut voir à nu la structure ancienne et la composition primitive du globe en masses de quartz, en veines de jaspe, en groupes de granite et en filons métalliques (1).

Quelque solide et durable que soit la matière du granite, le temps ne laisse pas de la miner et de la détruire à la longue, et des trois ou quatre substances dont il est composé, le quartz paraît être celle qui a le plus perdu de sa solidité, et cela est peut-être arrivé dès le premier temps qu'il s'est décrépit; car, quoique, étant d'une substance plus simple, il soit en lui-même plus solide que le feld-spath et le schorl, cependant ces

Quoique les montagnes qui sont auprès de l'Escorial paraissent toutes de granite bleu, on en trouve du rouge comme celui d'Egypte... Il se décompose au contact de l'air, comme les autres pierres... et le rouge perd de sa couleur à mesure qu'il se décompose... Il y a aussi des énormes masses de roche grossière et de granite, avec des morceaux de quartz blanc et de cristal de roche qui y sont enclassés... Le pied de la montagne de Saint-Ildefonse est de granite, dont on fait des meules de moulin qui ne sont pas de bonne qualité, parce qu'elles deviennent trop unies en s'usant, et qu'on est obligé de les piquer souvent. (Histoire naturelle d'Espagne, par M. Bowles, pages 440 et 446)... M. Bowles ajoute que le granite bleu ou gris de l'Escorial, et le granite rouge de Saint-Ildefonse, ne sont pas comme les granites ordinaires mêlés de spath; ce qui pourrait faire croire que ce sont plutôt des quartz que des granites. (*Ibidem*, page 448.)

(1) « Toutes ces énormes montagnes qui bordent la vallée de Chamouni, sont dans la classe des primitives: on trouve cependant une ou deux carrières de gypse, et des rochers calcaires parsemés dans le fond de la vallée; on voit aussi quelques bancs d'ardoise appliqués contre le pied du Mont-Blanc et des montagnes de sa chaîne; mais toutes ces pierres secondaires n'occupent que le fond ou les bords des vallées, et ne pénètrent point dans le cœur des montagnes: le centre de celles-ci est de roche primitive, et les sommets assises sur ce centre, sont aussi de cette même roche. » (Saussure, Voyage dans les Alpes, tome 1^{er}, page 431.)

derniers verres et surtout le feld-spath, sont ce qu'il y a de plus durable dans le granite; du moins il est certain que sur les faces des blocs de granite exposés à l'air aux flancs des montagnes, c'est la partie quartzreuse qui tombe en détriment la première avec le mica, et que les rhombes du feld-spath restent nus et relevés à la surface du granite dépouillé du mica et des grains de quartz qui les environnaient. Cet effet se remarque surtout dans les granites où la quantité de feld-spath est plus grande que celle du quartz; et il provient de ce que les cristaux de cette même matière vitreuse sont en masses plus longues et plus profondément implantées que les grains du quartz dans presque tous les granites. Au reste, ces grains de quartz détachés par l'action des éléments humides et entraînés par les eaux, s'arrondissent en roulant, et se réduisent bientôt en sables quartzeux et micacés (1), lesquels, comme les sables de grès, se convertissent ensuite en terres argileuses.

On trouve, dans l'intérieur de la terre, des granites décomposés, dont les grains n'ont que peu d'adhérence et dont le ciment est ramolli (2); cette décomposition se remarque surtout dans les fentes perpendiculaires où les eaux extérieures peuvent pénétrer par infiltration, et aussi dans les endroits où la masse des rochers est humectée par

(1) La chaîne des monts Carpentins en Espagne, est presque toute de granite; il se résout en une espèce de gravier menu, par la dissolution du ciment qui unissait ses parties, et les petits cailloux de quartz restent détachés avec les feuilles de talc et de spath (feld-spath) qui, ensuite avec le temps, se décomposent et se convertissent en terre parfaite, qui n'est pas de la nature calcaire. (Histoire naturelle d'Espagne, par M. Bowles, tome 1^{er}, page 260.)

(2) *Nota.* C'est mal à propos que de M. de Saussure veut établir (Voyage dans les Alpes, tome 1^{er}, page 106) diverses espèces de granite sur les divers degrés de dureté de cette pierre, et parce qu'il s'en trouve de tendre au point de s'égrener entre les doigts, puisque ce n'est ici qu'une décomposition ou destruction par l'air et par l'eau du vrai granite, si pourtant c'est de ce granite que l'observateur entend parler, de quoi l'on peut douter avec raison, puisqu'il attribue le vice de ces granites devenus tendres à l'effet de quelque matière saline ou argileuse, entrée dans leur composition (*ibid.*); mais plus bas il se rétracte, en observant que, si, dès l'origine, ce principe de mollesse fût entré dans leur combinaison, les fragments roulés que l'on trouve de ces granites n'eussent pu sans se réduire en sable, supporter les chocs qui les ont arrondis. (*Ibid.*)

les vapeurs qui s'élèvent des eaux souterraines (3); toute humidité s'oppose à la dureté, et la preuve en est que toute masse pierreuse acquiert de la dureté en se séchant à l'air. Cette différence est plus sensible dans les marbres et autres pierres calcaires, que dans les matières vitreuses; néanmoins elle se reconnoît dans les granites, et plus particulièrement encore dans le grès qui est toujours humide dans sa carrière, et qui prend plus de dureté après s'être séché à l'air pendant quelques années.

Lorsque les exhalaisons métalliques sont abondantes et en même temps mêlées d'acides et d'autres éléments corrosifs, elles détériorent avec le temps la substance des granites, et même elles altèrent celle du quartz; on le voit dans les parois de toutes les fentes perpendiculaires où se trouvent les filons des mines métalliques; le quartz paraît décomposé et le granite adjacent est friable.

Mais cette décomposition d'une petite portion de granite dans l'intérieur de la terre, n'est rien en comparaison de la destruction immense et des débris que dut produire l'action des eaux, lorsqu'elles vinrent battre pour la première fois les pics des montagnes primitives, plus élancés alors qu'ils ne le sont aujourd'hui; leurs flancs nus, exposés aux coups d'un océan terrible, durent s'ébranler, se fendre, se rompre en mille endroits et de mille manières: de là ces blocs énormes, qu'on en voit détachés et tombés à leurs pieds; et ces autres blocs qui, comme suspendus et menaçant les vallées, ne semblent plus tenir à leurs sommets, que pour attester les efforts qui se firent pour les en arracher (4); mais, tandis

(3) « Si ces eaux sont chaudes, la décomposition » des parties de la roche en est plus intime et plus » profonde; les fentes des rochers de granite, d'où cou- » lent les eaux chaudes de Plombières, se montrent » revêtues et remplies d'une argile très-blanche, qui, » en la pétrissant, se trouve encore mêlée des grains » de quartz, et qui n'est en effet que la substance du » quartz même dissoute et fondue par l'eau. La dou- » ceur au toucher de cette espèce d'argile, et sa » facilité à se délayer dans l'eau, qu'elle rend déter- » sive, lui ont fait donner dans le pays le nom im- » propre de *savon* ou de terre *savonneuse*; elle se » fond à un feu très-modéré, en donnant un beau » verre laiteux, et c'est un véritable pétuntzé, propre » à entrer dans la plus belle porcelaine. » (Morceau extrait de l'Histoire naturelle de Lorraine, manuscrite, par M. l'abbé Bexon.)

(4) Vous rencontrez (dans une vallée des Pyrénées)

que la force des vagues renversait les masses qui offraient le plus de prise ou le moins de résistance, l'eau par une action plus tranquille et tout aussi puissante, attaquait généralement et altérait partout les surfaces des matières primitives, et, transportant la poudre de leurs détriments, en composait de nouvelles substances, telles que les argiles et les grès; mais il dut y avoir aussi dans les amas de ces débris, de gros sables qui n'étaient pas réduits en poudre; et les granites étant les plus composés, et par conséquent les plus destructibles des substances primitives, ils fournirent ces gros sables en plus grande quantité; et l'on conçoit qu'en égard à leur pesanteur, ces sables ne purent être transportés par les eaux à de très-grandes distances du lieu de leur origine; ils se déposèrent en grande quantité aux environs de leurs masses primitives, ils s'y accumulèrent en couches granitiques, et ces grains agglutinés de nouveau par l'intermède de l'eau, ont formé les granites secondaires, bien différents, comme l'on voit, quant à leur origine, des vrais granites primitifs. Et en effet, l'on trouve en divers endroits ces nouveaux granites, soit en couches, soit en amas inclinés, et on reconnaît à plusieurs caractères qu'ils sont de seconde formation: 1° à leur position en couches, et quelquefois en sacs entre des matières calcaires (1); 2° en

des blocs énormes de granite, ce sont les débris de quelques montagnes formées par le prolongement des masses de granite qu'on trouve vers l'entrée de la vallée de Louron, et qu'un tremblement de terre aura peut-être renversées. Ce bouleversement n'a pu arriver qu'après la formation des bancs calcaires et argileux qui traversent cette vallée, puisque ces bancs sont couverts par les blocs de granite. On voit régner ce désordre dans une grande partie du terrain qui se trouve entre le village de Saint-Paul et celui d'Oo. (Essai sur la Minéralogie des monts Pyrénées, p. 205.)

(1) Au-dessus de Lescrinet, du côté d'Aubenas (en Vivarais), on trouve une scissure énorme dans du marbre, remplie de matière granitique, qui démontre bien visiblement que les granites supérieurs sont venus se mouler dans cette fente perpendiculaire. Il fallut donc, pour la formation de ce filon fort curieux, 1° que la roche calcaire existât avant lui; 2° que la fente perpendiculaire de cette carrière-matrice se fit après la séparation des eaux de la mer par les lois du retrait; car si la matière calcaire eût été dans un état de vase, elle se fût mélangée par l'action du courant avec la vase de granite, ou avec ses grains sablonneux... 3° que la roche de granite, en supposant ces trois premiers cas, fût réellement dans un état de pâte molle, puisqu'elle remplit exactement toutes les sinuosités de sa gangue. (Histoire naturelle de la

ce qu'ils sont moins compactes, moins durs et moins durables que les granites antiques; 3° en ce que le feldspath et le schorl n'y sont pas en cristaux bien distincts, mais par petites masses qui paraissent résulter de l'agglutination de plusieurs fragments de ces mêmes substances, et qui n'offrent à l'œil qu'une teinte terne et mate, de couleur briquetée ou d'un gris rougeâtre; 4° en ce que les parcelles du mica y ont formé par leur jonction des feuilles assez grandes, et même de petites piles de ces feuilles qui ressemblent à du talc; 5° enfin, en ce que l'empâtement de toute la pierre est grossier, imparfait, n'ayant ni la cohérence, ni la solidité, ni la cassure vive et vitreuse du vrai granite. On peut vérifier ces différences en comparant les granites des Vosges ou des Alpes, avec celui qui se trouve à Semur en Bourgogne; ce granite est de seconde formation; il est friable, peu compacte, mêlé de talc; il est disposé par lits et par couches presque horizontales; il présente donc toutes les empreintes d'un ouvrage de l'eau, au lieu que les granites primitifs n'ont d'autres caractères que ceux d'une vitrification.

On ne doit donc rien inférer, rien conclure de la formation de ces granites secondaires, à celle du granite primitif dont ils ne sont que des détriments; les grès sont relativement au quartz ce que ces seconds granites sont au premier, et vouloir les réunir pour expliquer leur formation par un principe commun, c'est comme si l'on prétendait rendre raison de l'origine du quartz par la formation du grès.

Ceux qui voudraient persister à croire qu'on doit rapporter à l'eau la formation de tous les granites, même de ceux qui sont élançés à pic, et groupés en pyramides dans les montagnes primitives, ne voient pas qu'ils ne font que reculer, ou plutôt éluder la réponse à la question; car ne doit-on pas leur demander d'où sont venus, et par quel agent ont été formés ces fragments vitreux employés par l'eau pour composer les granites (2), et dès-lors ne seront-ils pas forcés

France méridionale, par M. Soulavie, tome 1^{er}, pages 385 et 386.)

(2) Le granite, dit très-bien M. de Saint-Fond, n'est pas la pierre primitive dont est formé le noyau de notre globe, et qui couronne les hautes montagnes... Cette roche étant composée de différentes matières agrégées, bien connues et bien distinctes, elle suppose la préexistence de ces matières. (Vues générales du Dauphiné, page 13.)

à rechercher l'origine des masses dont ces fragments vitreux ont été détachés, et ne faut-il pas reconnaître que si l'eau peut diviser, transporter, rassembler les matières vitreuses, elle ne peut en aucune façon les produire ?

La question resterait donc à résoudre dans toute son étendue, quand on voudrait par prévention de système, ou qu'on pourrait par suite d'analogie, établir que les granites primitifs ont été formés par l'eau ou dans le sein des eaux, et il resterait toujours pour fait constant, que la grande masse vitreuse, dont les éléments de ces granites sont ou l'extrait ou les débris, est une matière antérieure et étrangère à l'eau, et dont la formation ne peut être attribuée qu'à l'action du feu primitif.

Les nouveaux granites sont souvent adossés aux flancs, ou stratifiés aux pieds des grandes masses antiques dont ils tirent leur origine; ils sont étendus en couches ou en lits, plus ou moins inclinés, et souvent horizontaux, au lieu d'être groupés en hauteur, entassés en pyramides, ou empilés en feuillets verticaux (1), comme le sont les véritables granites dans les grandes montagnes primitives; cette différence de position est un effet re-

(1) *Nota.* C'est ce que M. de Saussure appelle *des couches perpendiculaires*, par une association de mots aussi insociables que les idées qu'ils présentent sont incompatibles; car qu'il dit couches, dit dépôt stratifié, étendu, couché enfin sur une ligne plus ou moins voisine de la ligne horizontale, et dont les feuillets se divisent en ce sens; or, une telle masse, stratifiée horizontalement, ne peut rien offrir de perpendiculaire que les fissures ou sutures qui l'ont accidentellement divisée: la tranche perpendiculaire porte au contraire sa plus grande dimension sur la ligne de hauteur, elle se coupe en lames verticales; et il est aussi impossible qu'elle ait été formée par la même cause que la couche horizontale, qu'il l'est que cette dernière devienne jamais perpendiculaire, si ce n'est par accident; car il est indubitable que toutes les couches stratifiées par la mer, et qui ne doivent pas leur inclinaison aux causes accidentelles, comme la chute des cavernes, la tiennent des inclinaisons même, des pentes ou des coupes des masses primitives auxquelles elles sont venues s'adosser, s'adapter et se superposer, qui, en un mot, leur ont servi de base. Aussi M. de Saussure, après avoir fait la description et l'énumération de plusieurs de ces couches violemment inclinées ou presque perpendiculaires, rappelle-t-il tous ces faits particuliers à une observation qu'il regarde lui-même comme générale et importante; savoir que les montagnes secondaires sont d'autant plus irrégulières et plus inclinées, qu'elles approchent plus des primitives.

marquable et frappant, qui d'un côté caractérise l'action du feu, dont la force expansive du centre à la circonférence, ne pouvait qu'élançer, élever la matière et la grouper en hauteur; tandis que la seconde position présente l'ouvrage de l'eau, qui, soumise à la loi de l'équilibre, et ne travaillant que par voie de transport et de dépôt, tend généralement à suivre la ligne horizontale.

Les granites secondaires se sont donc formés des premiers débris du granite primitif, et les fragments rompus des uns et des autres, et roulés par les eaux, ont postérieurement rempli plusieurs vallées (2), et ont même formé par leur entassement des montagnes subalternes. Il se trouve des carrières entières et en bancs étendus, de ces fragments de granite roulés et souvent mêlés de pareils fragments de quartz arrondis, comme ceux de granite, en forme de cailloux (3).

(2) « Presque tous les ruisseaux qui se déchargent » dans le Gave de la vallée de Bastan, roulent des » blocs de granite; il y en a d'énormes à une petite » distance de Barège, et en si grande quantité, qu'on » ne peut s'empêcher de penser que cette espèce de » pierre a dû former anciennement de hautes monta- » gnes dans cette partie des Pyrénées.

» Les ruisseaux qui descendent du pic du Midi et » du pic des Aiguillons, entraînent aussi des blocs » de granite. » (Essai sur la Minéralogie des monts Pyrénées, page 259.)

(3) La montagne où est le château de Molina (en Espagne), est très-élevée; et son sommet est composé d'une masse de petits quartz arrondis, et incrustés ou conglutinés avec le ciment naturel formé de sable et de pierre à chaux... A côté de la montagne de la Platilla, il y a une autre montagne composée de tuf (ce tuf est un grès feuilleté), en couches inclinées, soutenues par un lit de quartz ronds, fortement conglutinés entre eux, comme ceux qui se trouvent au sommet de la montagne de Molina; ce lit suit la même pente que celui de la roche du tuf qui contient beaucoup de quartz enchâssés, qui viennent de ceux qui se sont détachés de leur grande masse par la destruction de la colline; d'où l'on infère que ces quartz sont d'une origine antérieure aux lits de la roche de tuf, et que celui-ci était un sable menu avant d'être roche...

A une demi-lieue de Molina, du côté de la mine de Platilla, il y a une cavité d'environ cent cinquante pieds de profondeur et de vingt à quarante de largeur, formée dans une montagne de roche de sable rouge, sur des bancs de quartz arrondis, conglutinés avec le sable; il y a des fentes perpendiculaires qui séparent ces roches ainsi que le quartz. (Histoire naturelle d'Espagne, par M. Bowles, pages 179, 189 et 188.)

La grande quantité de cailloux de granite, dont le terrain sablonneux de la Pologne est rempli, est,

Mais ces couches sont, comme l'on voit, de seconde et même de troisième formation. Et dans le même temps que les eaux entraînaient, froissaient et entassaient ces fragments massifs, elles transportaient au loin, dispersaient et déposaient partout les parties les plus ténues, et la poussière flottante de ces débris graniteux ou quartzeux; dès-lors ces poudres vitreuses ont été mêlées avec les poudres calcaires, et c'est de là que proviennent originairement les sucres quartzeux ou silicés qui transsudent dans les craies et autres couches calcaires formées par le dépôt des eaux.

Et comme le transport de ces débris du

granite, du grès et des poudres d'argile, s'est long-temps fait dans le fond des mers, conjointement avec celui des détriments des craies, des marbres et des autres substances calcaires, les unes et les autres ont quelquefois été entraînées, réunies et consolidées ensemble : c'est de leur mélange que se sont formées les brèches et autres pierres mi-parties de calcaire et de vitreux ou argileux; tandis que les fragments de quartz et de granite, unis de même par le ciment des eaux, ont formé des *poudingues* purement vitreux, et que les fragments des marbres et autres pierres de même nature ont formé les brèches purement calcaires.

DU GRÈS.

Le grès lorsqu'il est pur est d'une grande dureté, quoiqu'il ne soit composé que des débris du quartz réduits en petits grains qui se sont agglutinés par l'intermède de l'eau; ce grès, comme le quartz, étincelle sous le choc de l'acier; il est également réfractaire à l'action du feu le plus violent; les détriments du quartz ne formaient d'abord que des sables qui ont pris corps en se réunissant par

leur affinité, et ont ensuite formé les masses solides des grès, dans lesquels on ne voit en effet que ces petits grains quartzeux plus ou moins rapprochés, et quelquefois liés par un ciment de même nature qui en remplit les interstices (1). Ce ciment a pu être porté dans le grès de deux manières différentes; la première par les vapeurs qui s'élèvent de l'intérieur de la terre, et la seconde par la

après le sable, ce qu'il y a de plus frappant... ils dominent dans la plupart des terrains qui ont des cailloux, c'est le quartz dans d'autres.... Les villes et villages de Pologne, situés dans les endroits où la surface du terrain n'en est point parsemée, ont quelquefois un pavé de ces cailloux; tous ceux de la Prusse ducale en sont pavés....

La couleur de ces cailloux varie beaucoup, les uns sont gris-blancs et rouges ou couleur de cerise, parsemés de points noirâtres et de verdâtres; d'autres sont gris-terreux ou lie-de-vin avec des points gris; le fond de la couleur est dans d'autres vert avec des points blancs; la plupart sont très-durs, les grains en sont fins et bien liés, souvent même leur liaison est telle qu'on ne peut les distinguer les uns des autres; ceux-ci approchent beaucoup des porphyres, s'ils n'en sont pas réellement: beaucoup ont des grains plus gros, mêlés avec des lames quartzieuses de plusieurs lignes de large, d'un blanc plus ou moins vif, teint de rouge ou de couleur de cerise; quelques-uns sont intérieurement colorés de gris-de-fer luisant, ce qui paraît réellement être une matière ferrugineuse; quelques-uns enfin tout veinés de couleur de cerise, de noirâtre et de gris....

Il n'est pas rare de trouver parmi ces cailloux granitiques, d'autres cailloux qui sont de quartz, d'agate ou de jaspe; ceux de quartz sont communément blancs... On en voit de gris, de rouges et de quelques

autres couleurs: les agates sont assez ordinairement blanches.... cependant j'en ai vu de brunes et de blanches, de rougeâtres, de jaunâtres, de roussâtres et de blanc-sale, de grisés avec des taches de gris-de-lin pâle, et de plusieurs autres nuances et variétés. Les jaspes ne sont pas moins diversifiés; il y en a qui sont d'un très-beau rouge, d'autres sont verts, verdâtres, fleuris ou marbrés. (Guettard, Mémoires de l'Académie des sciences, année 1762, pages 241 et suiv.)

(1) *Nota.* Par ces mots de ciment ou gluten, je n'entends pas, comme l'on fait ordinairement, une matière qui a la propriété particulière de réunir des substances dissemblables, et, pour ainsi dire, d'une autre nature, en faisant un seul volume de plusieurs corps isolés ou séparés, comme la colle qui s'emploie pour le bois, le mortier pour la pierre, etc.; l'habitude de cette acception du mot ciment, pourrait en imposer ici. Je dois donc avertir que je prends ce mot, dans un sens plus général, qui ne suppose ni une matière différente de celle de la masse, ni une force attractive particulière, ni même la séparation absolue des parties avant l'interposition du ciment, mais qui consiste dans leur union encore plus intime, par l'accession des molécules de même nature, qui augmentent la densité de la masse, en sorte que la seule condition essentielle qui fera distinguer ce ciment des matières, sera plus souvent la différence des temps où ce ciment y sera survenu, et où elles auront acquis par-là leur plus grande solidité.

stillation des eaux : ces deux causes produisent des effets si semblables, qu'il est assez difficile de les distinguer. Nous allons rapporter à ce sujet les observations faites récemment par un de nos plus savants académiciens, M. de Lassone, qui a examiné avec attention la plupart des grès de Fontainebleau, et qui s'exprime dans les termes suivants :

« Sur les parois extérieures et découvertes de plusieurs blocs de grès le plus compacte, et presque toujours sur les surfaces de ceux dont on a enlevé de grandes et larges pièces en les exploitant, j'ai observé un enduit vitreux très-dur ; c'est une lame de deux ou trois lignes d'épaisseur, comme une espèce de couverture, naturellement appliquée, intimement inhérente, faisant corps avec le reste de la masse, et formée par une matière atténuée et subtile, qui en se condensant, a pris le caractère pierreaux le plus décidé, une consistance semblable à celle du *silex*, et presque à celle de l'agate ; cet enduit vitreux n'est pas bien long-temps à se démontrer sur les endroits qu'il revêt. Je l'ai vu établi au bout d'un an sur les surfaces de certains blocs entamés l'année précédente ; on découvre et on distingue les nuances et la progression de cette nouvelle formation, et ce qui est bien remarquable, cette substance vitrée ne paraît et ne se trouve que sur les faces entamées des blocs, encore engagés par leur base dans la minière sableuse qui doit être regardée comme leur matrice et le vrai lieu de leur génération (1). »

Cette observation établit, comme l'on voit, l'existence réelle d'un ciment pierreaux, qui même forme en s'accumulant un émail silicé d'une épaisseur considérable ; mais je dois remarquer que cet émail se produit non-seulement sur les blocs encore attachés ou enroulés par leur base, comme le dit M. de Lassone, mais même sur ceux qui en sont séparés ; car on m'a fait voir nouvellement quelques morceaux de grès qui étaient revêtus de cet émail sur toutes leurs faces : voilà donc le ciment quartzueux ou silicé clairement démontré, soit qu'il ait transsudé de l'intérieur de la pierre, soit que l'eau ou les vapeurs aient étendu cette couche à la superficie de ces morceaux de grès. On en a des exemples tout aussi frappants sur le quartz,

— dans lequel il se forme de même une matière silicée par la stillation des eaux et par la condensation des vapeurs (2).

(2) M. de Gensanne, savant physicien et minéralogiste très-expérimenté, que j'ai eu souvent occasion de citer avec éloge, a fait des observations que j'ai déjà indiquées, et qui me paraissent ne laisser aucun doute sur cette formation de la matière silicée ou quartzueuse, par la seule condensation des vapeurs de la terre. « Étant descendu, dit-il, dans une galerie de mine (de plomb), de Pont-Péan près de Rennes en Bretagne, dont les travaux étaient abandonnés, je vis au fond de cette galerie toutes les inégalités du roc presque remplies d'une matière très-blanche, semblable à de la céruse délayée, que je reconnus être un véritable *guhr* ou *sinter*. . . C'est une vapeur condensée qui, en se cristallisant, donne un véritable quartz. » M. de Gensanne voulut reconnaître si cette matière provenait de la circulation de l'air dans les travaux, ou si elle transpirait au travers du roc sur lequel elle se formait ; pour cela il commença par bien laver la surface du rocher avec une éponge, pour ôter le *guhr* qui s'y trouvait ; « Ensuite, dit-il, je pris quatre écuelles neuves de terre vernissée, que j'appliquai aux endroits du rocher où j'avais aperçu le plus de *guhr*, et avec de la bonne glaise bien pétrie, je les cimentai bien tout à l'entour de deux bons pouces d'épaisseur, après quoi je plaçai des travers de bois vis-à-vis mes écuelles qui formaient presque les quatre angles d'un carré. »

Au bout de huit mois, M. de Gensanne leva une de ces écuelles, et il fut fort surpris de voir que le *guhr* qui s'était formé dessous, avait près d'un demi-pouce d'épaisseur, et formait un rond sur la surface du rocher de la grandeur de l'écuelle ; il était très-blanc, et avait à peu près la consistance du beurre frais ou de la cire molle ; il en prit de la grosseur d'une noix, et remit l'écuelle comme auparavant, sans toucher les autres. . . Il laissa sécher cette matière à l'ombre, elle prit une consistance grenue et friable, et ressemblait parfaitement à une matière semblable, mais ordinairement tachetée, qu'on trouve dans les filons de différents minéraux, surtout dans ceux de plomb, et à laquelle les mineurs allemands donnent le nom de *loten*. Il y en a quantité dans celui de Pont-Péan, et le minéral y est répandu par grains, la plupart cubiques, et souvent accompagnés de grains de pyrite. « Toute la différence que je trouvais, dit M. de Gensanne, entre ma matière et celle du filon, c'est que la matière était très-blanche, et que celle du filon était parsemée de taches violettes et roussâtres ; je pris de celle du filon qui ne contenait assurément aucun minéral, et la plus blanche que je pus trouver, j'en pris également de la mienne, et fondis poids égal de ces deux matières, dans deux creusets séparés et au même feu ; elles me parurent également fusibles et me donnèrent des scories entièrement semblables. Je soupçonnai dès-lors que ces matières étaient absolument les mêmes. . . Quatorze mois se passè-

(1) Mémoires de l'Académie des sciences, année 1774, pages 209 et suiv.

Mais si nous considérons en général les ciments naturels, il s'en faut bien qu'ils soient toujours, ni partout les mêmes : il faut d'abord en distinguer de deux sortes, l'un qui paraît homogène avec la matière dont il remplit les interstices, comme dans les nouveaux quartz et les grès où il est plus apparent à la surface qu'à l'intérieur ; l'autre qu'on peut dire hétérogène, parce qu'il est d'une substance plus ou moins différente de celle dont il remplit les interstices, comme dans les *poudingues* et les brèches : ce dernier ciment est ordinairement moins dur que les grains qu'il réunit. Nous connaissons d'ailleurs plusieurs espèces de ciments naturels, et nous en traiterons dans un article particulier ; ces ciments se mêlent et se combinent quelquefois dans la même matière, et souvent semblent faire le fond des substances solides. Mais ces ciments, de quelque nature qu'ils soient, peuvent avoir, comme nous venons de le dire, une double origine ; la première est due aux vapeurs ou exhalaisons qui s'élèvent du fond de la terre au moyen de la chaleur intérieure du globe ; la seconde à l'infiltration des eaux qui détachent avec le temps les parties les plus ténues des masses qu'elles

lavent ou pénètrent, elles entraînent donc ces particules détachées, et les déposent dans les interstices des autres matières ; elles forment même des concrétions qui sont très-dures, telles que les cristaux de roches et autres stalactites du genre vitreux, et cette seconde source des extraits ou ciments pierreux, quoique très-abondante, ne l'est peut-être pas autant que la première qui provient des vapeurs de la terre, parce que cette dernière cause agit à tout instant et dans toute l'étendue des couches extérieures du globe ; au lieu que l'autre étant bornée par des circonstances locales à des effets particuliers, ne peut agir que sur des masses particulières de matière.

On doit se rappeler ici que dans le temps de la consolidation du globe, toutes les matières s'étant durcies et resserrées en se refroidissant, elles n'auront pu faire retraite sur elles-mêmes, sans se séparer et se diviser par des fentes perpendiculaires en plusieurs endroits. Ces fentes, dont quelques-unes descendent à plusieurs centaines de toises, sont les grands soupiraux par où s'échappent les vapeurs grossières chargées de parties denses et métalliques ; les émanations plus subtiles, telles que celles du ciment silicé, sont les seules qui s'échappent partout, et qui aient pu pénétrer les masses entières du grès pur ; aussi n'entre-t-il que peu ou point de substances métalliques dans leur composition, tandis que les fentes perpendiculaires qui séparent les masses du quartz, des granites et autres rochers vitreux, sont remplies de métaux et de minéraux produits par les exhalaisons les plus denses, c'est-à-dire par les vapeurs chargées de parties métalliques. Ces émanations minérales, qui étaient très-abondantes lors de la grande chaleur de la terre, ne laissent pas de s'élever, mais en moindre quantité, dans son état actuel d'attidissement ; il peut donc se former encore tous les jours des métaux, et ce travail de la nature ne cessera que quand la chaleur intérieure du globe sera si diminuée, qu'elle ne pourra plus enlever ces vapeurs pesantes et métalliques. Ainsi le produit de ce travail, déjà petit aujourd'hui, sera peut-être nul dans quelques milliers d'années, tandis que les vapeurs plus subtiles et plus légères, qui n'ont besoin que d'une chaleur très-médiocre pour être sublimées, continueront à s'élever et à revêtir la surface, ou même pénétrer l'intérieur des matières qui leur sont analogues.

» rent depuis le jour que j'avais visité la première
 » écuëlle, jusqu'au temps de mon départ de ces
 » travaux, je fus voir alors mon petit équipage ;
 » je trouvai que le *guhrr* n'avait pas sensiblement
 » augmenté sur la partie du roc qui était à découvert,
 » et ayant visité l'écuëlle que j'avais visitée précédem-
 » ment, j'aperçus l'endroit où j'avais enlevé le *guhrr*,
 » recouvert de la même matière, mais fort mince et
 » très-blanche ; au lieu que la partie que je n'avais
 » pas touchée, ainsi que toute la matière qui était
 » sous les écuëlles que je n'avais pas remuées, était
 » toute parsemée de taches roussâtres et violettes, et
 » absolument semblables à celles qu'on trouve dans
 » le filon de cette mine, avec cette différence que
 » cette dernière renferme quantité de grains de mine de
 » plomb dispersés dans les taches violettes, et qui n'a-
 » vaient pas eu le temps de se former dans la première.

» Il résulte de cette observation, que les *guhrrs* se
 » forment par une espèce de transpiration au travers
 » des rochers même les plus compactes, et qu'ils
 » proviennent de certaines exhalaisons ou vapeurs
 » qui circulent dans l'intérieur de la terre, et qui se
 » condensent et se fixent dans les endroits où la
 » température et les cavités leur permettent de s'ac-
 » cumuler.... Cette matière est une véritable vapeur
 » condensée qui se trouve dans une infinité d'en-
 » droits, renfermée dans des roches inaccessibles à
 » l'eau. Lorsque le *guhrr* est dissous et chassé par
 » l'eau, il se cristallise très-facilement et forme un
 » vrai quartz. » (Histoire naturelle du Languedoc,
 tome 2, pages 22 et suiv.)

Lorsque le grès est pur, il ne contient que du quartz réduit en grains plus ou moins menus, et souvent si petits qu'on ne peut les distinguer qu'à la loupe. Les grès impurs sont au contraire mélangés d'autres substances vitreuses ou métalliques (1), et plus souvent encore de matières calcaires, et ces grès impurs sont d'une formation postérieure à celle des grès purs : en général, il y a plus de grès mélangés de substance calcaire, que de grès simples et purs (2), et ils sont rare-

ment teints d'autres couleurs métalliques que de celles du fer ; on les trouve par collines, par bancs et en très-grandes masses, quelquefois séparées en gros blocs isolés, et seulement environnés du sable qui semble leur servir de matrice (3) ; et comme ces amas ou couches de sable sont dans toute leur épaisseur perméables à l'eau, les grès sont toujours humectés par ces eaux filtrées ; l'humidité pénètre et réside dans leurs pores, car tous les grès sont humides au sortir de la carrière, et ce n'est qu'après avoir été exposés pendant quelques années à l'air, qu'ils perdent cette humidité dont ils étaient imbus.

(1) Il y a des grès mêlés de mica, et d'autres en plus grand nombre contiennent des petites masses ferrugineuses très-dures, que les ouvriers appellent des *clous*.

« J'ai vu au bas des Vosges, dit M. l'abbé Bexon, des grès mélangés ou semés de mica ; ces grès dont on peut suivre la bande tout le long du pied de la chaîne des montagnes, et qui forme comme la dernière lisière entre le pays élevé de granite, et le bassin de la plaine calcaire, sont généralement déposés en couches, dont les plus épaisses fournissent la pierre de taille du pays, et dont les plus minces, qui sont feuilletées et se lèvent en tables, telles qu'on en exploite sur les hauteurs de Plombières, de Valdajol et ailleurs, servent à couvrir les toits des maisons. Chacune de ces feuilles ou tables a sa surface saupoudrée et brillante de mica ; il paraît même que c'est à cette poudre de mica semée entre les tables du grès, que la carrière doit sa structure en couches feuilletées ; car on peut concevoir qu'à mesure que les eaux charriaient ensemble le sable quartzeux et la poudre de mica mélangés, le sable, comme le plus pesant, tombait le premier et formait sa couche, sur laquelle le mica flottant venait ensuite se déposer, et marquait ainsi le trait d'une seconde feuille. » (Mémoires sur l'Histoire naturelle de la Lorraine.)

(2) « En considérant les blocs de grès à Fontainebleau dans leur disposition naturelle, et tels qu'ils ont été formés, nous les voyons constamment dispersés dans le sable où ils sont enfouis, et qui est comme leur matrice ; ils y sont solitaires et isolés, de même que les silex ou cailloux le sont dans des bancs de marne ou de craie, où ils ont pris naissance : c'est exactement la même disposition, le même arrangement, et la parité est encore établie par la forme à peu près arrondie que chaque bloc affecte ordinairement dans ses contours ; mais ceci n'a lieu en général que pour les grès purs et homogènes, tels que ceux de Fontainebleau ; car nous observons que d'autres qui sont mixtes ou mélangés, se comportent différemment à cause sans doute de leur composition plus compliquée.

» Et même les grès purs de Fontainebleau, quoique formant presque toujours des blocs séparés, paraissent néanmoins en quelques endroits disposés en bancs ou en masses continues et horizontales, parce qu'ici les masses sont plus rapprochées, et

» qu'elles ont une épaisseur et une étendue plus considérable. . . .

» J'ai déjà fait remarquer que les grès de Fontainebleau étaient au rang des plus purs et des plus homogènes ; à la vue simple et sans être armée, on reconnoît et on distingue, malgré leur petitesse et leur ténuité, les grains sableux rapprochés et réunis en une masse compacte, et formant les blocs d'une matière uniforme : sans doute l'adhérence et l'union réciproque de ces premières molécules sableuses, sont procurées par un fluide subtil et affiné, qui, en les agglutinant, se condense avec elles ; la subtilité de ce gluten particulier est telle, que quoique universellement répandu dans la masse, comme un moyen unissant entre tous les corpuscules, il ne masque et ne fait disparaître que très-faiblement l'apparence et la forme des grains sableux ; de sorte que l'on jugerait qu'ils n'adhèrent entre eux que par le contact immédiat, sans mélange d'autre matière interposée.

» Cependant plusieurs remarques semblent établir l'existence réelle de ce gluten pierreux, et peuvent même servir à déterminer sa nature et son caractère.

» En effet, parmi les différents blocs de ce grès ; il en est dont les molécules sableuses ont une aggrégation sensiblement plus dense et plus compacte ; les fragments de ces blocs les plus durs, laissent à peine apercevoir sur les surfaces de leurs cassures, et les petits grains arénacés qui sont ici beaucoup plus serrés et plus fins, et comme fondus avec la matière qui paraît les lier. » (Mémoire sur les grès de Fontainebleau, par M. de Lassone, dans ceux de l'Académie des sciences, année 1774.)

(3) « En examinant les blocs encore enfouis dans leurs minières sableuses, on voit, en les cassant, leur masse intérieure sensiblement imbuë et pénétrée d'une humidité qui s'y est insinuée uniformément par toutes les porosités. . . .

» Il est probable que cette humectation intérieure est cause aussi que les grès dans leur minière sont toujours moins durs, et qu'ils n'achèvent de se durcir que quand ils ont sué long-temps en plein air. » (*Idem, ibidem.*)

Les grès les plus purs, c'est-à-dire ceux dont le sable qui les compose n'a été ni transporté ni mélangé, sont entassés en gros blocs isolés; mais il y en a beaucoup d'autres qui sont étendus en bancs continus et même en couches horizontales, à peu près disposées comme celles des pierres calcaires (1). Cette différence de position dans les grandes masses de grès, paraît nous indiquer qu'elles ont été formées dans des temps différents, et que la formation des grès qui sont en bancs horizontaux, est postérieure à la production de ceux qui se présentent en blocs isolés: car celle-ci ne suppose que la simple agrégation du sable quartzeux, dans le lieu même où il s'est trouvé après la vitrification générale, au lieu que la position des autres grès par couches horizontales, suppose le transport de ces mêmes sables par le mouvement des eaux; et le mélange des matières étrangères qui se trouvent dans ces grès, semble prouver aussi qu'ils sont d'une formation moins ancienne que celle des grès purs.

Si l'on voulait douter que l'eau pût former le grès par la seule réunion des molécules du quartz, il serait aisé de le démontrer par la formation du cristal de roche, qui est aussi dur que le grès le plus pur, et qui néanmoins n'est formé que des mêmes molécules par la stillation des eaux; et d'ailleurs on voit un commencement de cette réunion des particules quartzeuses dans la consistance que prend le sable lorsqu'il est mouillé; plus ce sable est sec, et plus il est pulvérulent; et dans les lieux où les sables de grès couvrent la surface du terrain, les chemins ne sont jamais plus praticables que quand il a beaucoup plu, parce que l'eau consolide un peu ces sables en rapprochant leurs grains.

Les grès ne se trouvent communément que près des contrées de quartz, de granite, et d'autres matières vitreuses (2), et rarement

au milieu des terres où il y a des marbres, des pierres calcaires ou des craies; cependant le grès, quoique voisin quelquefois du granite par sa situation, en diffère trop par sa composition, pour qu'on puisse leur appliquer quelque dénomination commune, et plusieurs observateurs sont tombés dans l'erreur en appelant granite, du grès à gros grains: la composition de ces deux matières est différente, en ce que, dans ces grès composés des détriments du granite, jamais les molécules du feld-spath n'ont repris une cristallisation distincte, ni celles du quartz un empatement commun avec elles, non plus qu'avec les particules du mica; ces dernières sont comme semées sur les autres, et toute la couche par sa disposition comme par sa texture, ne montre qu'un amas de sables grossièrement agglutinés, par une voie bien différente de la fusion intime des grandes masses vitreuses; et l'on peut encore remarquer que ces grès composés de plusieurs espèces de sables, sont généralement plus grossiers, moins compactes, et d'un grain plus gros que le grès pur, qui toujours est plus solide et plus dur, et dont le grain plus fin porte évidemment tous les caractères d'une poudre de quartz.

Le grès pur est donc le produit immédiat des détriments du quartz, et lorsqu'il se trouve réduit en poudre impalpable, cette poudre quartzeuse est si subtile, qu'elle pénètre les autres matières solides, et même l'on prétend s'être assuré qu'elle passe à travers le verre. MM. le Blanc et Clozier ayant placé une bouteille de verre vide et bien bouchée dans une carrière de grès des environs d'Étampes, ils s'aperçurent au bout de quelques mois qu'il y avait au-dedans de cette bouteille une espèce de poussière, qui était un sable très-fin de la même nature que la poudre de grès (3).

Il n'y a peut-être aucune matière vitreuse, dont les qualités apparentes varient autant que celles des grès. « On en rencontre de si » tendres, dit M. de Lassone, que leurs » grains à peine liés, se séparent aisément

(1) La Bonne-Ville, capitale de Faucigny, paraît être assise sur un rocher de grès; ce rocher qui sort de terre, sous la porte de la ville qui regarde Genève, est formé d'une pierre de sable mélangée de mica, et disposée par bancs inclinés de trente-huit à quarante degrés: ces bancs ne passent point par-dessous les bases des montagnes voisines, ils sont d'une date beaucoup plus récente. (Saussure, Voyage dans les Alpes, tome 1^{er}, page 366.)

(2) « C'est un fait bien important, à ce que je » crois, pour la théorie de la terre, et qui pourtant » n'avait point encore été observé, que presque » toujours entre les dernières couches secondaires et

» les premières primitives, on trouve des bancs de » grès ou de poudingues: j'ai observé ce phéno- » mène, non-seulement dans un grand nombre de » montagnes des Alpes, mais encore dans les Vos- » ges, dans les montagnes des Cévennes, de la » Bourgogne et du Forez. » (Saussure, Voyage dans les Alpes, tome 1^{er}, page 528.)

(3) Histoire de l'Académie de Dijon, tome 2, page 29.

» par la simple compression et deviennent
 » pulvérulents; d'autres, dont la concrétion
 » est plus ferme, et qui commencent à résis-
 » ter davantage aux coups redoublés des in-
 » struments de fer; d'autres enfin dont la
 » masse plus dure et plus lisse, est comme
 » sonore et ne se casse que très-difficile-
 » ment; et ces variétés ont plusieurs degrés
 » intermédiaires (1). »

Les grès que les ouvriers appellent *grisar*, est si dur et si difficile à travailler, qu'ils le rebutent même pour n'en faire que des pavés, tandis qu'il y a d'autres grès si tendres et si poreux, que l'eau crible aisément à travers leurs masses; ce sont ceux dont on se sert pour faire des pierres à filtrer. Il y en a de si grossiers et de si terreux, qu'au lieu de se durcir à l'air, ils s'y décomposent en assez peu de temps; en général les grès les plus purs et les plus durables, sont aussi ceux qui ont le grain le plus fin et le tissu le plus serré.

Les grès qu'emploient les paveurs à Paris sont, après le grès *grisar*, les plus durs de tous; les grès dont on se sert pour aiguiser ou donner du tranchant au fer et à l'acier, sont d'un grain fin, mais moins durs que les premiers, et néanmoins ils jettent de même des étincelles, en faisant tourner à sec ces meules de grès contre le fer et l'acier (2); le grès de Turquie qu'on appelle *Pierre à rasoir*, à laquelle on donne sa qualité en la tenant pendant quelques mois dans l'huile, et qui sert à repasser et affiler les rasoirs et autres instruments très-tranchants, n'a qu'un certain degré de dureté, quoique le grain en soit très-fin et la substance très-uniforme et sans mélange d'aucune matière étrangère.

Au reste, le grès pur n'étant composé que des débris du quartz, il en a toutes les propriétés; il est aussi réfractaire au feu; il résiste de même à l'action de tous les acides, et quelquefois il acquiert le même degré de dureté; enfin le quartz ou le grès réduits en sable, servent également de base à tous nos

verres factices, et entrent en plus ou moins grande quantité dans leur composition.

Les grès sont assez rarement colorés, et ceux qui ont une nuance de jaune, de rouge, ou de brun, ne doivent cette teinte qu'à l'infiltration de l'eau chargée des molécules ferrugineuses de la terre végétale qui couvre la superficie du terrain où l'on trouve ces grès colorés; la plupart des jaspes sont au contraire très-colorés, et semblent avoir reçu leurs couleurs par la sublimation des matières métalliques dès le premier temps de leur formation; il se peut aussi que quelques grès des plus anciens doivent leur couleur à ces mêmes émanations métalliques, l'une des causes n'exclut pas l'autre, et les effets de toutes deux paraissent constatés par l'observation. « Il n'y a presque point de ces blocs » *gréseux* de Fontainebleau, dit M. de Las- » sone, où l'on n'aperçoive quelques mar- » ques d'un principe ferrugineux; en géné- » ral, ceux dont les grains sableux sont les » moins liés, sont aussi ceux où le principe » ferrugineux est le plus apparent; les por- » tions les plus externes des blocs, celles » par conséquent dont la formation ou la » condensation est moins ancienne, ont sou- » vent une teinte jaunâtre de couleur d'ocre » ou de rouille de fer, tandis que les cou- » ches plus intérieures ne sont nullement » colorées. Il semble donc que dans certains » grès cette teinte disparaisse à mesure que » leur densité ou que la concrétion de leurs » grains augmente; cependant on remarque » des blocs très-durs, dont la masse entière » est pénétrée uniformément de cette cou- » leur ferrugineuse plus ou moins intense; » il y en a parmi ceux-ci quelques-uns où le » principe ferrugineux est si apparent, qu'ils » ont une teinte rougeâtre très-foncée. Le » sable, même pulvérulent, et n'ayant en- » core éprouvé aucune condensation, coloré » en plusieurs endroits par les mêmes tein- » tes, semble aussi participer du fer, si l'on » en juge simplement par la couleur; mais » l'aimant n'en attire aucune parcelle de » métal, non plus que du *détritus* des grès » rougeâtres (3). »

Cette observation de M. Lassone me semble prouver assez que les grès sont colorés par le fer, et plus souvent au moyen de l'infiltration des eaux que par la sublimation des vapeurs souterraines; j'ai vu moi-même dans plusieurs blocs d'un grès très-blanc, de

(1) Mémoire sur le grès, par M. de Lassone, dans ceux de l'Académie des sciences, année 1774, page 210.

(2) M. Valmont de Bomare, dans son ouvrage sur la Minéralogie, nous assure qu'il a trouvé un quartier de ce grès de Turquie, en France, près de Morlaix, dans la province de Bretagne, et je suis d'ailleurs très-persuadé que cette espèce de grès n'appartient pas exclusivement à la Turquie, comme son nom semble l'indiquer.

(3) Mém. de l'Académie des sciences, année 1774.

ces petits nœuds ou clous ferrugineux dont j'ai parlé (1), et qui sont d'une si grande dureté qu'ils résistaient à la lime. On doit conclure de ces remarques que l'eau a beaucoup plus que le feu travaillé sur le grès ; ce dernier élément n'a fourni que la première matière, c'est-à-dire le quartz ; au lieu que l'eau a porté dans la plupart des grès, non-seulement des parties ferrugineuses, mais encore une très-grande quantité d'autres matières hétérogènes qui en altèrent la nature ou la forme, en leur donnant une figuration qu'ils ne prendraient pas d'eux-mêmes, ce qu'on ne doit attribuer qu'aux substances hétérogènes dont ils sont mélangés.

On trouve dans quelques sables de grès des morceaux arrondis, isolés et de différentes grosseurs, les uns entièrement solides et massifs, les autres creux en dedans comme des géodes ; mais ce ne sont que des concrétions, des sablons agglutinés par le ciment dont nous avons parlé ; ces concrétions se forment dans les petites cavités de la grande masse de sable qui environne les autres blocs de grès, et elles sont de la même nature que ces sables (2). Mais les grès disposés par bancs ou par couches, sont presque tous plus ou moins mêlés d'autres matières ; il y a des grès mélangés de terre limonneuse, d'autres sont entremêlés d'argile, et plu-

sieurs autres qui ne paraissent pas terreux, contiennent une grande quantité de matière calcaire ; tous ces grès ont évidemment été formés dans les sables transportés et déposés par les eaux, et c'est par cette raison qu'on les trouve en couches horizontales, au lieu que les grès purs produits par la seule décomposition du quartz, se présentent en blocs irréguliers et tels qu'ils se sont formés dans le lieu même, sans avoir subi ni transport ni mélange ; aussi ces grès purs ne contenant aucune matière calcaire, ne font point effervescence avec les acides, et sont les seuls qu'on doive regarder comme de vrais grès ; cette distinction est plus importante qu'elle ne le paraît d'abord, et peut nous conduire à l'explication d'un fait reconnu depuis peu ; quelques observateurs ont trouvé plusieurs morceaux de grès à Bourbonne-les-Bains (3), à Nemours (4), à Fontainebleau et ailleurs, qui affectaient une figure quadrangulaire, et qui étaient, pour ainsi dire, cristallisés en rhombes ; or cette espèce de cristallisation ou de figuration n'est pas une des propriétés du grès pur (5) ; c'est un effet accidentel qui n'est dû qu'au mélange de la matière calcaire avec celle du grès ; car ayant fait dissoudre par un acide ces morceaux figurés en rhombes, il s'est trouvé qu'ils contenaient au moins un tiers de substance calcaire sur deux tiers de vrai grès,

(1) Voyez tome 1, page 191.

(2) Sur la montagne du camp de César (près de Compiègne), et dans plusieurs autres lieux où le sable abonde, on rencontre aussi certains corps pierreux isolés, de différentes grosseurs, et presque toujours de forme à peu près arrondie ; c'est ce que M. de Réaumur appelle *marrons de sable* (Mémoires de l'Académie des sciences, année 1723). On les a regardés comme des rudiments de silex ; mais par leur forme, et surtout par l'apparence encore un peu sensible des grains sableux dans leur texture, ils se rapprochent bien plutôt des grès moins purs ; ils fermentent avec l'acide nitreux. De semblables marrons de sable existent aussi dans d'autres terrains où le sable est beaucoup plus pur et moins mélangé, mais ils ont un caractère particulier ; ce sont des espèces de géodes sableuses ; quand on les casse, on trouve un vide, en partie occupé par un amas de cristaux assez purs, adhérents à toute la voûte intérieure, et produits sans doute par le suc lapidifique, plus abondant et dégagé de toute autre matière. J'ai dans mon cabinet quelques-unes de ces géodes sableuses que l'on peut regarder comme une espèce de grès ; l'eau-forte n'y fait aucune impression apparente. (Mémoires sur le grès, par M. de Lassone ; Académie des sciences, année 1774, pages 221 et 222.)

(3) Mémoires de Physique, par M. Grignon, in-4°, page 353.

(4) M. Bezout, savant géomètre de l'Académie des sciences, a reconnu le premier ces grès figurés dans les carrières de Nemours.

(5) Une autre espèce de grès découvert depuis peu dans la forêt de Fontainebleau, du côté de la Belle-Croix, est composé d'un amas de vrais cristaux réguliers, de forme rhomboïdale.... On trouve ce grès indiqué et décrit pour la première fois, dans un catalogue imprimé (chez Claude Hérisant, et composé par M. Romé de Lille) d'un riche cabinet d'Histoire naturelle, exposé en vente à Paris, dans le mois de juillet de cette année 1774 ; dans une note relative à cette indication, on observe que cette espèce de grès n'est pas pure, que l'acide nitreux l'attaque à raison d'une substance calcaire qui entre dans sa mixtion, en proportion d'un peu plus d'un tiers sur le total ; et l'on ajoute que peut-être la cristallisation de cette pierre sableuse n'a été déterminée que par le mélange et le concours de la matière qui paraît servir de ciment.... Dans ce canton de la Belle-Croix, les blocs y sont moins isolés et paraissent former des chaînes ou des bancs plus réguliers. (Mémoires sur le grès, par M. de Lassone ; Académie des sciences, année 1774.)

et qu'aucun des grès qui n'était que peu ou point mélangé de cette matière calcaire, n'a pris cette figure rhomboïdale.

Après avoir considéré les principales matières solides et dures qui se présentent en grandes masses dans le sein ou à la surface de la terre, et qui, comme nous venons de l'exposer, sont ou des verres primitifs ou des agrégats de leurs parties divisées et réduites

en grains, nous devons examiner de même les matières en grandes masses qui en tirent leur origine et qui en sont les détriments ultérieurs, tels que les argiles, les schistes, et les ardoises qui ne diffèrent des sables vitreux que par une plus grande décomposition de leurs parties intégrantes, mais qui pour le premier fonds de leur substance sont de même nature.

DES ARGILES ET DES GLAISES.

L'ARGILE, comme nous venons de l'avancer, doit son origine à la décomposition des matières vitreuses qui, par l'impression des éléments humides, se sont divisées, atténuées et réduites en terre. Cette vérité est démontrée par les faits : 1^o si l'on examine les cailloux les plus durs, et les autres matières vitreuses exposées depuis long-temps à l'air, on verra que leur surface a blanchi, et que dans cette partie extérieure le caillou s'est ramolli et décomposé, tandis que l'intérieur a conservé sa dureté, sa sécheresse et sa couleur; si l'on recueille cette matière blanche en la raclant, et qu'on la détrempe avec de l'eau, l'on verra que c'est une matière qui a déjà pris le caractère d'une terre spongieuse et ductile, et qui approche de la nature de l'argile; 2^o les laves des volcans et tous nos verres factices de quelque qualité qu'ils soient, se convertissent en terre argileuse (1); 3^o nous voyons les sables des gra-

nites et des grès, les paillettes du mica, et même les jaspes et les cailloux les plus durs se ramollir, blanchir par l'impression de l'air, et prendre à leur surface tous les caractères de cette terre; et l'argile pénétrée par les pluies, et mêlée avec le limon des rosées et avec les débris des végétaux, devient bientôt une terre féconde.

Tous les micas; toutes les exfoliations du quartz, du jaspé, du feld-spath et du schorl; tous les détriments des porphyres, des granites et des grès, perdent peu à peu leur sécheresse et leur dureté; ils s'atténuent et se ramollissent par l'humidité, et leurs molécules deviennent à la fin spongieuses et ductiles par la même impression des éléments humides. Cet effet qui se passe en petit sous nos yeux nous représente l'ancienne et grande formation des argiles après la première chute des eaux sur la surface du globe: ce nouvel élément saisit alors toutes les poudres des verres primitifs; et c'est dans ce temps que se fit la combinaison qui produisit l'acide universel par l'action du feu, dont la terre et l'eau étaient également pénétrées,

(1) « Une partie des laves de la Solfatara (près de Naples) est convertie en argile; il y a des morceaux dont une partie est encore lave et l'autre partie est changée en argile. . . . On y voit encore des schorls blancs en forme de grenat, dont quelques-uns sont également convertis en argile. . . . Ce changement des matières vitreuses en argile par l'intermède de l'acide sulfureux (ou vitriolique), qui les a pénétrées, en quelque façon dissoutes, est sans doute un phénomène remarquable et très-intéressant pour l'histoire naturelle. » (Lettres de M. Ferber, sur la Minéralogie, page 259.)

Nota. M. Ferber ajoute qu'une partie de cette argile est molle comme une terre, et que l'autre est dure, pierreuse et assez semblable à une pierre à chaux blanche; c'est vraisemblablement cette fausse apparence qui a fait dire à M. de Fougereux de Bondaroy (Mémoires de l'Académie des sciences, année 1765), que les pierres de la Solfatara étaient calcaires. M. Hamilton a fait la même méprise; mais il paraît certain, dit le savant traducteur des Lettres de Ferber, que le plancher de la Solfatara et les col-

lines qui l'environnent, ne sont composées que de produits volcaniques convertis par les vapeurs du soufre en terre argileuse: « Je possède moi-même, ajoute M. le baron de Diétrich, un de ces morceaux moitié lave et moitié argile; et cette argile étant travaillée a souffert les mêmes épreuves de l'argile ordinaire. . . . On trouve dans la montagne de Poigny, à deux lieues de Rennes en Bretagne, une terre argileuse blanche ou colorée, qui ne diffère en rien de celle de la Solfatara; on la nomme mal à propos craie dans le pays. . . . Aux endroits où les vapeurs sulfureuses sortent encore, cette argile est aussi molle que de la farine; on peut y enfoncer un bâton sans trouver de fond, et à mesure que l'on s'éloigne de l'endroit des vapeurs, la terre est plus raffermie. » (Note de M. le baron de Diétrich, page 257 des Lettres de M. Ferber.)

puis que la terre était encore brûlante et l'eau plus que bouillante.

L'acide se trouve en effet dans toutes les argiles, et ce premier produit de la combinaison du feu, de la terre et de l'eau, indique assez clairement le temps de la chute des eaux, et fixe l'époque de leur premier travail; car aucune des antiques matières vitreuses en grandes masses, telles que les quartz, les jaspes, ni même les granites, ne contiennent l'acide: par conséquent aucune de ces matières antérieures aux argiles, n'a été touchée ni travaillée par l'eau, dont le seul contact eût produit l'acide par la combinaison nécessaire de cet élément avec le feu qui embrasait encore la terre (1).

L'argile serait donc par elle-même une terre très-pure, si peu de temps après sa formation, elle n'eût été mêlée par le mouvement des eaux de tous les débris des productions qu'elles firent bientôt éclore; ensuite après la retraite des eaux, toutes les argiles dont la surface était découverte, reçurent le dépôt des poussières de l'air et du limon des pluies. Il n'est donc resté d'argiles pures que celles qui dès-lors se trouvaient recouvertes par d'autres couches, qui les ont défendues de ces mélanges étrangers. La plus pure de ces argiles est la blanche, c'est la seule terre de cette espèce qui ne soit pas mêlée de matières hétérogènes, c'est un simple détriment du sable quartzeux, qui est aussi réfractaire au feu que le quartz même duquel cette argile tire son origine. La belle argile blanche de Limoges, celle de Normandie

dont on fait les pipes à fumer, et quelques autres argiles pures, quoiqu'un peu colorées, et dont on fait les creusets et pots de verrerie, doivent être regardées comme des argiles pures, et sont à peu près également réfractaires à l'action du feu; toutes les autres argiles sont mélangées de diverses matières qui les rendent fusibles, et leur donnent des qualités différentes de celles de l'argile pure; et ce sont ces argiles mélangées auxquelles on doit donner le nom de *glaises*.

La nature a suivi pour la formation des argiles les mêmes procédés que pour celle des grès; les grès les plus purs et les plus blancs se sont formés par la simple réunion des sables quartzeux sans mélange, tandis que les grès impurs ont été composés de différentes matières mêlées avec ces sables quartzeux et transportés ensemble par les eaux. De même les argiles blanches et pures ne sont formées que des détriments ultérieurs des sables du quartz, du grès et du mica, dont les molécules très-atténuées dans l'eau, sont devenues spongieuses et ont pris la nature de cette terre; au lieu que les glaises, c'est-à-dire les argiles impures, sont composées de plusieurs matières hétérogènes que l'eau y a mêlées, et qu'elle a transportées ensemble pour en former les couches immenses qui recouvrent presque partout la masse intérieure du globe; ces glaises servent aussi de fondement et de base aux couches horizontales des pierres calcaires. Et de même qu'on ne trouve que peu de grès purs en comparaison des grès mélangés, on ne trouve aussi que rarement des argiles blanches et pures, au lieu que les glaises ou argiles impures sont universellement répandues.

Pour reconnaître par mes yeux dans quel ordre se sont établis les dépôts successifs et les différentes couches de ces glaises, j'ai fait faire une fouille (2) à cinquante pieds de

(1) Cette origine peut seule expliquer la triple affinité de l'acide avec le feu, la terre et l'eau, et sa formation par la combinaison de ces trois éléments, l'eau n'ayant pu s'unir à la terre vitreuse, sans se joindre en même temps à la portion de feu dont cette terre était empreinte; j'observerai de plus l'affinité marqué et subsistante entre les matières vitrescibles et l'acide argileux ou vitriolique, qui, de tous les acides, est le seul qui ait quelque prise sur ces substances: on a tenté leur analyse au moyen de cet acide; mais cette analyse ne prouvera rien de plus que la grande analogie établie entre le principe acide et la terre vitrescible, dès le temps où il fut universellement engendré dans cette terre à la première chute des eaux. Ces grandes vues de l'histoire naturelle confirment admirablement les idées de l'illustre Stahl, qui, de la seule force des analogies et du nombre des combinaisons où il avait vu l'acide vitriolique se travestir et prendre la forme de presque tous les autres acides, avait déjà conclu qu'il était le principe salin primitif, principal, universel. (Remarque de M l'abbé Bexon.)

(2) La ville de Montbard est située au milieu d'un vallon, sur une montagne isolée de toutes parts, et ce monticule forme entre les deux chaînes de montagnes qui bornent ce vallon dans sa longueur, deux espèces de gorges; ce fut dans l'une de ces gorges, qui est du côté du midi, qu'au mois d'août 1774. M. de Buffon fit faire une fouille de cinquante pieds de profondeur et de six pieds de large en carré. Le terrain où l'on creusa est inculte de temps immémorial; c'est un espace vague qui sert de pâturage, et quoique ce terrain paraisse à l'œil à peu près au niveau du vallon, il est cependant plus élevé que la rivière qui l'arrose, d'environ trente-pieds, et de huit

profondeur dans le milieu d'un vallon, surmonté des deux côtés par des collines de

même glaise, couronnées de rochers calcaires jusqu'à trois cent cinquante ou quatre

pieds seulement plus qu'un petit étang qui n'est éloigné de cette fouille que de cinquante pas.

Après qu'on eut enlevé le gazon, on trouva une couche de terre brune d'un pied d'épaisseur, sous laquelle était une autre couche de terre grasse, ductile, d'un jaune foncé et rougeâtre, presque sans aucun gravier, qui était épaisse d'environ trois pieds.

L'argile était stratifiée immédiatement sous ses couches limoneuses, et les premiers lits, qui n'avaient que deux ou trois pouces d'épaisseur, étaient formés d'une terre grasse d'un gris bleuâtre, mais marbré d'un jaune foncé, de la couleur de la couche supérieure; ces lits paraissaient exactement horizontaux, et étaient coupés, comme ceux des carrières, par des fentes perpendiculaires, qui étaient si près les unes des autres, qu'il n'y avait pas entre les plus éloignées un demi-pouce de distance: cette terre était très-humide et molle, on y trouva des bélemnites et une très-grande quantité de petits peignes ou coquilles de Saint-Jacques, qui n'avaient guère plus d'épaisseur qu'une feuille de papier, et pas plus de quatre ou cinq lignes de diamètre; ces coquilles étaient cependant toutes très-entières et bien conservées, et la plus grande partie était adhérente à une matière terreuse qui augmentait leur épaisseur d'environ une ligne; mais cette croûte terreuse, qui n'était qu'à la partie convexe de la coquille, s'en séparait en se desséchant, et on la distinguait alors facilement de la vraie coquille: on y trouva encore de petits pétoncles de l'espèce de ceux qu'on nomme *cunéi*, et ces coquilles étaient placées non pas dans les fentes horizontales des couches, mais entre leurs petites stratifications, et elles étaient toutes à plat et dans une situation parallèle aux couches. Il y avait aussi dans ces mêmes couches, des pyrites vitrioliques ferrugineuses qui étaient aplaties et terminées irrégulièrement, et qui n'étaient point formées intérieurement par des rayons tendant au centre comme elles le sont ordinairement; la coupe de ces terres s'étant ensuite desséchée, les couches limoneuses se séparèrent par une grande gerçure des couches argileuses.

A huit pieds de profondeur, on s'aperçut d'une petite source d'eau qui avait son issue du côté de l'étang dont on a parlé, mais qui disparut le lendemain; on remarqua qu'à cette profondeur, les couches commençaient à avoir une plus grande épaisseur, que leur couleur était plus brune, et qu'elles n'étaient plus marbrées de jaune intérieurement comme les premières: cette couleur ne paraissait plus qu'à la superficie, et ne pénétrait dans les couches que de l'épaisseur de quelques lignes, et les fentes perpendiculaires étaient plus éloignées les unes des autres; la superficie des couches parut à cette profondeur toute parsemée de paillettes brillantes, transparentes et séléniteuses; ces paillettes, à la chaleur du soleil, devenaient presque dans l'instant blanches et opaques: ces couches contenaient les mêmes espèces de coquillages que les précédentes, et à peu près dans la même quantité. On y trouva aussi un grand nom-

bre de racines d'arbres aplaties et pourries, dans lesquelles les fibres ligneuses étaient encore très-apparentes, quoiqu'il n'y ait point actuellement d'arbres dans ce terrain, et jusque là on n'aperçut dans ces couches, ni sable, ni gravier, ni aucune sorte de terre.

Depuis huit pieds jusqu'à douze, les couches d'argile se trouvèrent encore un peu plus brunes, plus épaisses et plus dures; outre les coquilles des couches supérieures dont on a parlé, il y avait une grande quantité de petits pétoncles à stries demi-circulaires, que les naturalistes nomment *fasciati*, dont les plus grands n'avaient qu'un pouce de diamètre, et qui étaient parfaitement conservés entiers ces couches; et à dix pieds de profondeur on trouva un lit de pierre très-mince, coupé par un grand nombre de fentes perpendiculaires, et cette pierre, semblable à la plupart des pierres argileuses, était brune, dure, aigre et d'un grain très-fin.

A la profondeur de douze pieds jusqu'à seize, l'argile était à peu près de la même qualité; mais il y avait plus d'humidité dans les fentes horizontales, et la superficie était hérissée de petits grains un peu alongés, brillants et transparents, qui, dans un certain sens, s'exfoliaient comme le gypse, et qui, vus à la loupe, paraissaient avoir six faces, comme les aiguilles de cristal de roche, mais dont les extrémités étaient coupées obliquement et dans le même sens: après avoir lavé une certaine quantité de ces concrétions et leur avoir fait éprouver une chaleur modérée, elles devinrent très-blanches; broyées et détrempées dans l'eau, elles se durcissent promptement comme le plâtre, et on reconnut évidemment que cette matière était de véritable pierre spéculaire, le germe, pour ainsi dire, de la pierre à plâtre. Comme j'examinais un jour les différentes matières qu'on tirait de cette fouille, un troupeau de cochons que le pâtre ramenait de la campagne, passa près de là, et je ne fus pas peu surpris de voir tout à coup ces animaux se jeter brusquement sur la terre de cette fouille la plus nouvellement tirée et la plus molle, et la dévorer avec avidité; ce qui arriva encore en ma présence plusieurs fois de suite. Outre les coquillages des premières couches, celle-ci contenait des limas de mer lisses, d'autres limas hérissés de petits tubercules, des tellines, des cornes d'Ammon de la plus petite espèce, et quelques autres plus grandes qui avaient environ quatre pouces de diamètre: elles étaient toutes extrêmement minces et aplaties, et cependant très-entières malgré leur extrême délicatesse, il y avait surtout une grande quantité de bélemnites toutes conoïdes, dont les plus grandes avaient jusqu'à sept et huit pouces de longueur; elles étaient pointues comme un dard à l'une des extrémités, et l'extrémité opposée à leur base, était terminée irrégulièrement et aplatie comme si elle eût été érasée; elles étaient brunes au-dehors et au-dedans, et formées d'une matière disposée intérieurement en forme de stries transversales ou rayons qui se réunissaient à

cents pieds de hauteur; et j'ai prié un de nos bons observateurs en ce genre de tenir

registre exact de ce que cette fouille présenterait, il a eu la bonté de le faire avec la

l'axe de la bélemnite. Cet axe était dans toutes un peu excentrique, et marqué d'une extrémité à l'autre par une ligne blanche presque imperceptible, et lorsque la bélemnite était d'une certaine grosseur, la base renfermait un petit cône plus ou moins long, composé d'alvéoles en forme de plateaux, emboîtés les uns dans les autres comme les nautilus, au sommet duquel se terminait alors la ligne blanche: ce petit cône était revêtu dans toute sa longueur, d'une pellicule crustacée, jaunâtre et très-mince, quoique formée de plusieurs petites couches, et le corps de la bélemnite, disposé en rayons qui recouvrait le tout, devenait d'autant plus mince que le petit cône acquérait un plus grand diamètre; telles étaient à peu près toutes les bélemnites que l'on trouva éparées dans la terre que l'on avait tirée de la fouille, ce qui est commun à toutes celles de cette espèce.

Pour savoir dans quelle situation ces bélemnites étaient placées dans les couches de la terre, on en délita plusieurs morceaux avec précaution, et on reconnut qu'elles étaient toutes couchées à plat et parallèlement aux différents lits; mais ce qui nous surprit, et ce qui n'a pas encore été observé, c'est qu'on s'aperçut alors que l'extrémité de la base de toutes ces bélemnites, était toujours adhérente à une sorte d'appendice de couleur jaunâtre, d'une substance semblable à celle des coquilles, et qui avait la forme de la partie évasée d'un entonnoir qui aurait été aplati, dont plusieurs avaient près de deux pouces de longueur, un pouce de largeur à la partie supérieure, et environ six lignes à l'endroit où ils étaient adhérents à la base de la bélemnite: et en examinant de près ce prolongement testacé ou crustacé qui est si fragile, qu'on ne peut presque le toucher sans le rompre, je remarquai que cette partie de la bélemnite qu'on n'a pas jusqu'ici connue, n'est autre chose que la continuation de la coquille mince ou du têt qui couvre le petit cône chambré dont j'ai parlé, en sorte qu'on peut dire que toutes les bélemnites qui sont actuellement dans les cabinets d'histoire naturelle ne sont point entières, et que ce que l'on en connaît n'est en quelque façon que l'étui ou l'enveloppe d'une partie de la coquille, ou du têt qui renfermait autrefois l'animal.

Jusqu'à présent, les auteurs n'ont pu se concilier sur la nature des bélemnites; les uns, tels que Woodward (Histoire naturelle de la Terre), les ont regardées comme une matière minérale, du genre des talcs: M. Bourguet (Lettres philosophiques) a prétendu qu'elles n'étaient autre chose que des dents de ces poissons qu'on nomme *souffleurs*, et d'autres les ont prises pour des cornes d'animaux pétrifiés; mais la vraie forme de la bélemnite mieux connue, et surtout cette partie crustacée qui est à sa base lorsqu'elle est entière, pourront peut-être contribuer à fixer les doutes des naturalistes et à la faire mettre au rang des crustacées ou des coquilles fossiles; ce qui me paraît d'autant plus évident, qu'elle est calcifiable dans

toutes ses parties, comme le têt des oursins et les coquilles, et au même degré de feu.

Depuis seize pieds jusqu'à vingt, les lits d'argile avaient jusqu'à dix pouces d'épaisseur; ils étaient beaucoup plus durs que les précédentes, d'une couleur encore plus brune et toujours coupés par des fentes perpendiculaires, mais plus éloignées les unes des autres que dans les lits supérieurs; leur superficie était d'un jaune couleur de rouille, qui ne pénétrait pas ordinairement dans l'intérieur des couches; mais lorsque les stillations des eaux avaient pu y introduire cette terre jaune qui avait coloré leur superficie, on trouvait souvent entre leurs stratifications, des espèces de concrétions pyriteuses plates, rondes, d'un jaune brun, d'environ un pouce ou un pouce et demi de diamètre, et qui n'avaient pas un quart de pouce d'épaisseur: ces sortes de pyrites étaient placées dans les couches, sur la même ligne, à un pouce ou deux de distance, et se communiquaient par un cordon cylindrique de même matière, un peu aplati, et de deux à trois lignes d'épaisseur.

A cette profondeur, on continua de trouver entre les couches, du gypse ou pierre spéculaire, dont les grains étaient plus gros, plus transparents et plus réguliers; il s'en trouva même des morceaux de la longueur d'un écu, qui étaient formés par des rayons tendants au centre; on commença aussi à apercevoir entre ces couches et dans leurs fentes perpendiculaires, quelques concrétions de charbon de terre, ou plutôt de véritable jayet, sous la forme de petites lames minces, dures, cassantes, très-noires et très-luisantes; ces couches contenaient encore à peu près les mêmes espèces de coquilles que les couches supérieures, et on trouva de plus dans celles-ci quantité de petites pinnes et de petits buccins: à la profondeur de seize pieds, l'eau se répandit dans la fouille et elle paraissait sortir de toute sa circonférence, par de petites sources qui fournissaient dix à onze pouces d'eau pendant la nuit.

A vingt pieds, même quantité d'argile, dont les couches avaient augmenté encore en épaisseur et en dureté, et dont la couleur était plus foncée, elles contenaient les mêmes espèces de coquilles et toujours des concrétions de plâtre.

A vingt-quatre pieds, mêmes matières, sans aucun changement apparent; on trouva à cette profondeur une pinne de près d'un pied de longueur; à vingt-huit pieds la terre était presque aussi dure que la pierre, et on n'aperçut presque plus de gypse ou pierre spéculaire, on en trouva cependant encore un morceau de la longueur de la main; ces couches contenaient une grande quantité de coquilles fossiles, et surtout différentes espèces de cornes d'Ammon, dont les plus grandes avaient près d'un pied de diamètre.

De vingt-huit pieds à trente-six, mêmes matières et de même qualité; à cette profondeur on trouva un lit de pierres argileuses très-bonnes et de la couleur des couches terreuses, dans lesquelles on cessa abso-

plus grande attention, comme on peut le voir par la note qu'il m'en a remise, et qui suffira pour donner une idée de la disposition des différents lits de glaise et de la nature des matières qui s'y trouvent mêlées, ainsi que des concrétions qui se forment entre les couches ou dans les fentes perpendiculaires qui en divisent la masse.

On voit que je n'admets ici que deux sortes d'argiles, l'une pure et l'autre impure, à laquelle j'applique spécialement le nom de *glaise*, pour qu'on ne puisse la confondre avec la première; et de même qu'il faut distinguer les argiles simples et pures, des glaises ou argiles mêlées, l'on ne doit pas confondre, comme on l'a fait souvent, l'argile blanche avec la marne qui en diffère essentiellement, en ce qu'elle est toujours

plus ou moins mêlée de matière calcaire, ce qui la rend plus ou moins susceptible de calcination et d'effervescence avec les acides, au lieu que l'argile blanche résiste à leur action, et que loin de se calciner elle se durcit au feu. Au reste, il ne faut pas prendre dans un sens absolu la distinction que je fais ici de l'argile pure et de la glaise ou argile impure; car dans la réalité, il n'y a aucune argile qui soit absolument pure, c'est-à-dire parfaitement uniforme et homogène dans toutes ses parties: l'argile la plus ductile et qui paraît la plus simple est encore mêlée de particules quartzesuses, ou d'autres sables vitreux qui n'ont pas subi toutes les altérations qu'ils doivent éprouver pour se convertir en argile; ainsi la plus pure des argiles

lument d'apercevoir du gypse; il y en avait cependant encore quelques veines dans l'intérieur de cette pierre, mais qui n'avait plus la transparence de la sélénite ou pierre spéculaire: cette pierre contenait aussi d'autres petites veines de charbon de terre; il s'en sépara même en la cassant, quelques morceaux de la grandeur d'environ cinq ou six pouces en carré et d'un doigt d'épaisseur, parmi lesquels il y en avait plusieurs qui étaient traversés de quelques filets d'un jaune brillant. Ce lit de pierre avait trois ou quatre pouces d'épaisseur, il couvrait toute la fouille, et était coupé comme les couches terreuses, par des fentes perpendiculaires; la terre qui était dessous, dans l'espace de quelques pieds de profondeur, était un peu moins brune que celle des couches précédentes, et on y apercevait quelques veines jaunâtres: on trouva ensuite un autre lit de la même espèce de pierre, sous lequel l'argile était très-noire, très-dure et remplie de coquilles comme les couches supérieures; plusieurs de ces coquilles étaient revêtues d'un côté par une incrustation terreuse, disposée par rayons ou filets brillants, et les coquilles elles-mêmes brillaient d'une belle couleur d'or, surtout les bélemnites qui étaient aussi la plupart bronzées, particulièrement d'un côté; cette couleur métallique que les naturalistes ont nommée *armature*, est produite à mon avis, sur la superficie des coquilles fossiles, par des sucs pyriteux, dont les stillations des eaux se trouvent chargées, et l'acide vitriolique ou alumineux qui entre toujours dans la composition des pyrites, y fixe la terre métallique qui sert de base à ces concrétions, comme l'alun dans les teintures attache la matière colorante sur les étoffes, de sorte que la dissolution d'une pyrite ferrugineuse communique une couleur de rouille ou quelquefois de fer poli, aux matières qui en sont imprégnées; une pyrite cuivreuse en se décomposant, teint en jaune brillant et couleur d'or la surface de ces mêmes matières, et la couleur des talcs dorés peut être attribuée à la même cause.

On n'aperçut plus dans la suite ni plâtre, ni charbon de terre, l'eau continuait toujours à se répandre,

et l'ouvrage ayant été discontinué pendant huit jours, la fouille étant alors profonde de trente-six pieds, elle s'éleva à la hauteur de dix, et lorsqu'on l'eut épuisée pour continuer le travail, les ouvriers en trouvaient le matin un peu plus d'un pied, qui tombait pendant la nuit au fond de la fouille, de différentes petites sources.

A quarante pieds de profondeur, on trouva une couche de terre d'environ un pied d'épaisseur, à peu près de la couleur des couches précédentes, mais beaucoup moins dure, sur laquelle au premier coup d'œil on croyait apercevoir une infinité d'impressions de feuilles de plantes du genre des capillaires, qui paraissaient former sur cette terre une espèce de broderie d'une couleur moins brune que celle du fond de la couche, dont toutes les feuilles ou petites stratifications portaient de pareilles impressions, en quelque nombre de lames qu'on les divisait; mais en examinant avec attention cette espèce de schiste, il me parut que ce que je prenais d'abord pour des impressions de feuilles de plantes, n'était qu'une sorte de végétation minérale, qui n'avait pas la régularité que laisse l'impression des plantes sur les terres molles; cette matière s'enflammait dans le feu et exhalait une odeur bitumineuse très-pénétrante; aussi la regardait-on ordinairement comme une annonce de la mine de charbon de terre.

De quarante à cinquante pieds, on ne trouva plus de cette sorte de terre; mais une argile noire beaucoup plus dure encore que celle des lits supérieurs, qu'on ne pouvait arracher qu'à l'aide des coins et de la masse, et qui se levait en très-grandes lames: cette terre contenait beaucoup moins de coquilles que les autres couches, et malgré sa grande dureté elle s'amollissait assez promptement à l'air et s'exfoliait comme l'ardoise pourrie; en ayant mis un morceau dans le feu, elle pétila jusqu'à ce qu'elle eût été réduite en poussière, et elle exhala une odeur bitumineuse très-forte, mais elle ne produisit cependant qu'une flamme très-faible; à cette profondeur on cessa de creuser, et l'eau s'éleva peu à peu à la hauteur de trente pieds. (Mémoire rédigé par M. Nadault.)

sera seulement celle qui contiendra le moins de ces sables ; mais comme la substance de l'argile et celle de ces sables vitreux est au fond la même, on doit distinguer, comme nous le faisons ici, ces argiles dont la substance est simple, de toutes les glaises qui toujours sont mêlées de matières étrangères. Ainsi toutes les fois qu'une argile ne sera mêlée que d'une petite quantité de particules de quartz, de jaspe, de feld-spath, de schorl et de mica, on peut la regarder comme pure, parce qu'elle ne contient que des matières qui sont de sa même essence, et au contraire toutes les argiles mêlées de matières d'essence différente, telles que les substances calcaires, pyriteuses et métalliques, seront des glaises ou argiles impures.

On trouve les argiles pures dans les lieux, dont le fond du terrain est de sable vitreux, de quartz, de grès, etc. On trouve aussi de cette argile en petite quantité dans quelques glaises, mais l'origine des argiles blanches qui gisent en grandes masses ou en couches, doit être attribuée à la décomposition immédiate des sables quartzueux, au lieu que les petites masses de cette argile qu'on trouve dans la glaise, ne sont que des sécrétions de ces mêmes sables décomposés qui étaient contenus et mêlés avec les autres matières dans cette glaise, et qui s'en sont séparés par la filtration des eaux.

Il n'y a point de coquilles ni d'autres productions marines dans les masses d'argile blanche, tandis que toutes les couches de glaises en contiennent en grande quantité ; ce qui nous démontre encore pour les argiles les mêmes procédés de formation que pour les grès ; l'argile et le grès purs ont donc également été formés par la simple agrégation ou par la décomposition des sables quartzueux ; tandis que les grès impurs et les glaises ont été composés de matières mélangées, transportées et déposées par le mouvement des eaux.

Et ce qui prouve encore que l'argile blanche est une terre dont l'essence est simple, et que la glaise est une terre mélangée de matières d'essences différentes, c'est que la première résiste à tous nos feux, sans éprouver aucune altération, et même sans prendre de la couleur ; au lieu que toutes les glaises deviennent rouges par l'impression d'un premier feu, et peuvent se fondre dans nos fourneaux ; de plus, les glaises se trouvent également dans les terrains calcaires et dans les terrains vitreux, au lieu que les ar-

giles pures ne se rencontrent qu'avec les matières vitreuses ; elles sont donc formées de leurs détriments sans autre mélange, et il paraît qu'elles n'ont pas été transportées par les eaux, mais produites dans la place même où elles se trouvent ; au lieu que toutes les glaises ont subi les altérations que le mélange et le transport n'ont pu manquer d'occasionner.

De la même manière qu'il ne faut pas confondre la marne ni la craie avec l'argile blanche, on ne doit pas prendre pour des glaises les terres limoneuses, qui, quoique grasses et ductiles, ont une autre origine et des qualités différentes de la glaise ; car ces terres limoneuses proviennent de la couche universelle de la terre végétale qui s'est formée des résidus ultérieurs des animaux et des végétaux ; leurs détriments se convertissent d'abord en terreau ou terre de jardin, et ensuite en limon aussi ductile que l'argile ; mais cette terre limoneuse se boursoufle au feu, au lieu que l'argile s'y resserre, et de plus cette terre limoneuse fond bien plus aisément que la glaise même la plus impure.

Il est évident par le grand nombre de coquilles et autres productions marines qui se trouvent dans toutes les glaises, qu'elles ont été transportées avec les dépouilles des animaux marins, et qu'elles ont été déposées et stratifiées ensemble par couches horizontales dans presque tous les lieux de la terre par les eaux de la mer ; leurs couleurs indiquent aussi qu'elles sont imprégnées de parties minérales et particulièrement de fer, qui paraît leur donner toutes leurs différentes couleurs. D'ailleurs on trouve presque toujours entre les lits de glaises des pyrites martiales, dont les parties constituantes ont été entraînées de la couche de terre végétale par l'infiltration des eaux, et se sont réunies sous cette forme de pyrites entre les lits de ces argiles impures.

Le fer en plus ou moins grande quantité, donne toutes les couleurs aux terres qu'il pénètre. La plus noire de toutes les argiles est celle qu'on a improprement appelée *creta nigra fabrilis*, et que les ouvriers connaissent sous le nom de *Pierre noire* ; elle contient plus de parties ferrugineuses qu'aucune autre argile (1), et la teinte rouge ou

(1) « Lorsque la pierre noire a été exposée pendant quelque temps à l'air, elle s'exfolie en lames minces et se couvre d'une efflorescence d'un jaune verdâtre, qui n'est autre chose que du vitriol ferrugi-

rougeâtre qu'elle prend, ainsi que toutes les glaises, à un certain degré de feu, achève de démontrer que le fer est le principe de leurs différentes couleurs.

Toutes les glaises se durcissent au feu, et peuvent même y acquérir une si grande dureté, qu'elles étincellent par le choc de l'acier; dans cet état elles sont plus voisines de celui de la liquéfaction, car on peut les fondre, et les vitrifier d'autant plus aisément qu'elles sont plus recuites au feu. Leur densité augmente à mesure qu'elles éprouvent une chaleur plus grande, et lorsqu'on les a bien fait sécher au soleil, elles ne perdent ensuite que très-peu de leur poids spécifique, au feu même le plus violent. On a observé en réduisant en poudre une masse d'argile cuite, que ses molécules avaient perdu leur qualité spongieuse, et qu'elles ne peuvent reprendre leur première ductilité.

Les hommes ont très-anciennement employé l'argile cuite en briques plates pour bâtir, et en vaisseaux creux pour contenir l'eau et les autres liqueurs; et il paraît par la comparaison des édifices antiques, que l'usage de l'argile cuite a précédé celui des pierres calcaires ou des matières vitreuses, qui demandant plus de temps et de travail pour être mises en œuvre, n'auront été employées que plus tard, et moins généralement que l'argile et la glaise qui se trouvent partout, et qui se prêtent à tout ce qu'on veut en faire.

La glaise forme l'enveloppe de la masse entière du globe, les premiers lits se trouvent immédiatement sous la couche de terre végétale, comme sous les bancs calcaires auxquels elle sert de base; c'est sur cette terre ferme et compacte que se rassemblent tous les filets d'eau qui descendent par les fentes des rochers, ou qui se filtrent à travers la terre végétale. Les couches de glaise comprimées par le poids des couches supérieures et étant elles-mêmes d'une grande épaisseur, deviennent impénétrables à l'eau qui ne peut

qu'humecter leur première surface; toutes les eaux qui arrivent à cette couche argileuse ne pouvant la pénétrer, suivent la première pente qui se présente, et sortent en forme de sources entre le dernier banc des rochers et le premier lit de glaise; toutes les fontaines proviennent des eaux pluviales infiltrées et rassemblées sur la glaise, et j'ai souvent observé que l'humidité retenue par cette terre, est infiniment favorable à la végétation. Dans les étés les plus secs, comme celui de cette année 1778, les plantes agrestes et surtout les arbres avaient perdu presque toutes leurs feuilles dès les premiers jours de septembre dans toutes les contrées dont les terrains sont de sable, de craie, de tuf ou de ces matières mélangées, tandis que dans les pays dont le fonds est de glaise, ils ont conservé leur verdure et leurs feuilles: il n'est pas même nécessaire que la glaise soit immédiatement sous la terre végétale pour qu'elle puisse produire ce bon effet, car dans mon jardin dont la terre végétale n'a que trois ou quatre pieds de profondeur, et se trouve posée sur un plateau de pierre calcaire de cinquante-quatre pieds d'épaisseur, les charmilles élevées de vingt pieds, et les arbres hauts de quarante, étaient aussi verts que ceux du vallon après deux mois de sécheresse, parce que ces rochers de cinquante-quatre pieds d'épaisseur portant sur la glaise, en laissent passer par leurs fentes perpendiculaires les émanations humides qui rafraîchissent continuellement la terre végétale où ces arbres sont plantés.

La glaise retient donc constamment à sa superficie une partie des eaux infiltrées dans les terres supérieures ou tombées par les fentes des rochers, et ce n'est que du superflu de ces eaux que se forment les sources et les fontaines qui sourdissent au pied des collines; toute l'eau que la glaise peut admettre dans sa propre substance, toute celle qui peut descendre des couches supérieures aux couches inférieures, par les petites fentes qui les divisent perpendiculairement, sont retenues et contenues en stagnation presque sans mouvement entre les différents lits de cette glaise; et c'est dans cet état de repos que l'eau donne naissance aux productions hétérogènes qu'on trouve dans la glaise et que nous devons indiquer ici.

1^o. Comme il y a dans toutes les argiles transportées et déposées par les eaux de la mer un très-grand nombre de coquilles, telles que cornes d'Ammon, bélemnites et

» neux, et si on fait éprouver à cette argile ainsi
 » couverte de cette matière, la chaleur d'un feu mo-
 » déré, seulement pendant quelques instants, elle
 » devient bientôt rouge extérieurement et blanche à
 » l'intérieur, parce que le vitriol s'en est emparé, et
 » que les parties les plus fixes de ce sel se sont ramas-
 » sées sur la superficie et s'y sont converties en col-
 » cotar, ce qui paraît prouver que cette argile aurait
 » été blanche si elle n'eût été mêlée avec aucune autre
 » matière, et que la matière qui la colorait était le
 » vitriol. (Note communiquée par M. Nadault.)

plusieurs autres dépouilles des animaux testacées et crustacées, l'eau les décompose et même les dissout peu à peu; elle se charge de ces molécules dissoutes, les entraîne et les dépose dans les petits vides ou cavités qu'elle rencontre entre les lits d'argile; ce dépôt de matière calcaire devient bientôt une pierre plus ou moins solide, ordinairement plate et en petit volume; cette pierre, quoique formée de substance calcaire, ne contient jamais de coquilles, parce qu'elle n'est composée que de leurs détriments trop divisés, pour qu'on puisse reconnaître les vestiges de leur forme. D'ailleurs les eaux pluviales en s'infiltrant dans les rochers calcaires et dans les terres qui surmontent les glaises, entraînent un sable de la même nature que ces rochers ou ces terres, et ce sablon calcaire en se mêlant avec l'argile délayée par l'eau, forme souvent des pierres mi-parties de ces deux substances; on reconnaît ces pierres *argillo-calcaires* à leur couleur qui est ordinairement bleue, brune ou noire, et comme elles se forment entre les lits de la glaise, elles sont plates et n'ont guère qu'un pouce ou deux d'épaisseur; elles ne sont séparées les unes des autres que par de petites fentes verticales, et elles forment une couche mince et horizontale entre les lits de glaise. Ces pierres mixtes sont presque toujours plus dures que les pierres calcaires pures; elles se calcinent plus difficilement et résistent à l'action des acides, d'autant plus qu'elles contiennent moins de matières calcaires.

2°. L'on trouve aussi de petites couches de plâtre entre les lits de glaise; or le plâtre n'est qu'une matière calcaire pénétrée d'acides, et comme il y a dans toutes les glaises, indépendamment des coquilles, une quantité plus ou moins grande de sable calcaire infiltrée par les eaux, et qu'en même temps on ne peut douter que l'acide n'y soit aussi très-abondamment répandu, puisqu'on trouve communément des pyrites martiales dans ces mêmes glaises, il paraît clair que c'est par la réunion de la matière calcaire à l'acide que se produisent les premières molécules gypseuses, qui étant ensuite entraînées et déposées par la stillation des eaux, forment ces petites couches de plâtre qui se trouvent entre les lits des glaises.

3°. Les pyrites qu'on trouve dans ces glaises, sont ordinairement en forme aplatie, et toutes séparées les unes des autres, quoique disposées sur un même niveau entre les lits de glaise; et comme ces pyrites sont com-

posées de la matière du feu fixe, de terre ferrugineuse et d'acide, elles démontrent dans les glaises, non-seulement la présence de l'acide, mais encore celle du fer; et en effet les eaux, en s'infiltrant, entraînent les molécules de la terre limoneuse qui contient la matière du feu fixe, ainsi que celle du fer, et ces molécules saisies par l'acide, ont produit des pyrites dont l'établissement s'est fait de la même manière que celui des petites couches de plâtre ou de pierre calcaire entre les lits de glaise. La seule différence est que ces dernières matières sont en petites couches continues et d'égal épaisseur; au lieu que les pyrites sont pelotonnées sur un centre ou aplaties en forme de galets, et qu'elles n'ont entre elles ni continuité, ni contiguité, que par un petit cordon de matière pyriteuse, qui souvent communique d'une pyrite à l'autre.

4°. L'on trouve aussi dans les glaises des petites masses de charbon de terre et de jayet, et de plus il me paraît qu'elles contiennent une matière grasse qui les rend imperméables à l'eau (1). Or, ces matières huileuses ou bitumineuses, ainsi que le jayet et le charbon de terre, ne proviennent que des détriments des animaux et des végétaux, et ne se trouvent dans la glaise, que parce qu'originellement, lorsqu'elle a été transportée et déposée par les eaux de la mer, ces eaux étaient mêlées de terres limoneuses, et déjà fortement imprégnées des huiles végétales et animales, produites par la pourriture et la décomposition des êtres organisés; aussi plus on descend dans la glaise, plus les couches paraissent être bitumineuses; et ces couches inférieures de la glaise se sont formées en même temps que les couches de charbon de terre, toutes ont été établies par le mouvement et par les sédiments des eaux qui ont transporté et mêlé les glaises avec les débris des coquilles et les détriments des végétaux.

5°. Les glaises ont communément une couleur grise, bleue, brune ou noire, qui vient d'autant plus foncée qu'on descend plus profondément (2); elles exhalaient en même

(1) *Nota.* C'est probablement par l'affinité de son huile avec les autres huiles ou graisses, que la glaise peut s'en imbiber et les enlever sur les étoffes; c'est cette huile qui la rend pétrissable et douce au toucher, et lorsque cette huile se trouve mêlée avec des sels, elle forme une terre savonneuse telle que la terre à foulon.

(2) Il y a des différences très-marquées entre une

temps une odeur bitumineuse, et, lorsqu'on les cuit au feu, elles répandent au loin l'odeur de l'acide vitriolique; ces indices prouvent encore qu'elles doivent leur couleur au fer, et que, les couches inférieures recevant les égouts des couches supérieures, la teinture du fer y est plus forte et la quantité des acides plus grande; aussi cette glaise des couches les plus basses est-elle non-seulement plus brune ou plus noire, mais encore plus

compacte, au point de devenir presque aussi dure que la pierre; dans cet état la glaise prend le nom de *schiste* et d'*ardoise*; et quoique ces deux matières ne soient vraiment que des argiles durcies, comme elles en ont dépouillé la ductilité, qu'elles semblent aussi avoir acquis de nouvelles qualités, nous avons cru devoir les séparer des argiles et des glaises, et en traiter dans l'article suivant.

DES SCHISTES ET DE L'ARDOISE.

L'ARGILE diffère des schistes et de l'ardoise, en ce que ses molécules sont spongieuses et molles; au lieu que les molécules de l'ardoise ou du schiste ont perdu cette mollesse et cette texture spongieuse, qui fait que l'argile peut s'imbiber d'eau; le dessèchement seul de l'argile peut produire cet effet, surtout si elle a été exposée à une longue et forte chaleur, puisque nous avons vu

couche de glaise et une autre couche; celles qui se trouvent immédiatement sous la terre végétale, sont un peu jaunâtres et marbrées de jaune et de gris; celles qui suivent, sont ordinairement d'un gris-bleuâtre qui devient d'autant plus foncé et plus brun qu'elles s'éloignent davantage de la superficie de la terre, et la plupart des couches les plus profondes sont presque noires, et elles brûlent quelquefois, s'enflamment et répandent une odeur bitumineuse comme le charbon de terre; la cause de ces différences me paraît assez évidente, car les premières couches de glaise, étant continuellement humectées par les eaux pluviales, qui ne font que cribler à travers la couche de terre végétale sans s'y arrêter, ne sont molles que parce qu'elles sont toujours imbibées d'eau qui ne peut s'écouler dans cette terre qu'avec lenteur, et les couches inférieures, au contraire, étant d'autant plus comprimées par les couches supérieures, qu'elles sont plus profondes, et l'eau y pénétrant plus difficilement, sont aussi d'autant plus compactes et d'autant plus dures.

Les couches d'argile les plus superficielles sont jaunâtres ou mêlées de jaune et de gris, parce que les eaux pluviales, en s'infiltrant dans la couche de terre végétale, qui est toujours d'un jaune plus ou moins foncé, entraînent les molécules de cette terre les plus atténuées, et en s'écoulant dans les couches de glaise les plus proches y déposent cette terre jaune, et leur communiquent ainsi cette couleur; ces eaux arrivant encore chargées de cette même terre à des couches trop compactes et trop dures pour pouvoir s'y infiltrer, elles serpentent entre les fentes et les joints de ces couches, et abandonnent peu à peu cette terre jaune dont on peut suivre la trace à de grandes profondeurs. (Suite de la note communiquée par M. Nadault.)

ci-devant qu'en réduisant cette argile cuite en poudre, on ne peut plus en faire une pâte ductile; mais il me paraît aussi que deux mélanges ont pu contribuer à diminuer cette mollesse naturelle de l'argile et à la convertir en schiste et en ardoise: le premier de ces mélanges est celui du *mica*, le second celui du *bitume*: car toutes les ardoises et les schistes sont plus ou moins parsemés ou pétris de mica, et contiennent aussi une certaine quantité de bitume plus grande dans les ardoises, moindre dans la plupart des schistes, et rendue sensible dans tous deux par la combustion.

Ce mélange de mica et cette teinture de bitume nous montrent la production des schistes et des ardoises comme une formation secondaire dans les argiles, et même en fixent l'époque par deux circonstances remarquables: la première est celle du mica disséminé, qui prouve que dès-lors les eaux avaient enlevé des particules de la surface des roches vitreuses primitives et surtout des granites dont elles transportaient les débris; car dans les argiles pures il ne se trouve pas de mica, ou du moins il y a changé de nature par le travail intime de l'eau sur les poudres vitrescibles dont a résulté la terre argileuse. La seconde circonstance est celle du bitume dont les ardoises se trouvent plus ou moins imprégnées; ce qui, joint aux empreintes d'animaux et de végétaux sur ces matières, prouve démonstrativement que leur formation est postérieure à l'établissement de la nature vivante dont elles contiennent des débris.

La position des grandes couches, des schistes et des lits feuilletés des ardoises, mérite encore une attention particulière: les lits de l'ardoise n'ont pas régulièrement une position horizontale; ils sont souvent fort in-

clinés comme ceux des charbons de terre (1) ; analogie que l'on doit réunir à celle de la présence du bitume dans les ardoises ; leurs feuillets se délitent suivant le plan de cette inclinaison, ce qui prouve que les lits ont été déposés suivant la pente du terrain, et que les feuillets se sont formés par le dessèchement et la retraite de la matière, suivant des lignes plus ou moins approchantes de la perpendiculaire.

Les couches des schistes infiniment plus considérables et plus communes que les lits d'ardoise (2), sont généralement adossées aux flancs des montagnes primitives, et descendent avec elles pour s'enfouir dans les vallons, et souvent reparaitre au-delà en se relevant sur la montagne opposée (3).

(1) Dans les ardoisières d'Angers, les lits sont presque perpendiculaires ; ils sont aussi fort inclinés à Mézières près de Charleville, à Lavagna dans l'État de Gênes : cependant en Bretagne, les ardoises sont par lits horizontaux comme les couches de l'argile.

(2) On n'a que deux ou trois bonnes carrières d'ardoise en France ; on n'en connaît qu'une ou deux en Angleterre, et une seule en Italie, à Lavagna, dans les États de Gênes ; cette ardoise, quoique noire, est très-bonne ; toutes les maisons de Gênes en sont couvertes, et l'on en revêt l'intérieur des citernes, dans lesquelles on conserve l'huile d'olive à Lucques et ailleurs : l'huile s'y conserve mieux que dans les citernes de plomb ou enduites de plâtre.

(3) Le pays schisteux (de la partie des Cévennes voisines de la montagne de l'Espéron) commence, à partir du village de Beaulieu, par le chemin qui conduit au Vigan ; et lorsqu'on est arrivé au ruisseau de Gazel, on trouve des talcs ; quand on est au cap de Morèse et que l'on a descendu environ cinquante toises dans un petit vallon, on trouve des rochers de schiste et d'ardoise propres à couvrir les maisons : le milieu du cap de Morèse qui regarde le levant, est de talc ; les rochers qui commencent à la rivière d'Arre, et qui se continuent jusqu'au pont de l'Arbon, sont de schiste très-dur et d'ardoise qui s'exfolie aisément : cette étendue peut avoir environ une demi-lieue en longueur et largeur ; dès qu'on est parvenu à mi-côte... on trouve de grandes tables de schiste, qui composent la couverture du terrain schisteux et ardoisé ; ce schiste est ordinairement très-dur, parsemé dans toutes ses parties, d'un quartz également très-dur, et qui forme avec lui une liaison intime... Ces rochers schisteux se divisent par couches, depuis quatre lignes jusqu'à trois pouces d'épaisseur ; ils sont presque toujours dans des bas-fonds, ensevelis à un ou deux pieds dans la terre : le rocher qui donne de l'ardoise tendre prend toujours de la dureté quand elle est exposée à l'air ; toutes les maisons de ces cantons sont couvertes de cette ardoise. Lorsqu'on monte sur la montagne de l'Espéron, qui commence au cap de Coste, situé sur le chemin qui se trouve

Après le quartz et le granite, le schiste est la plus abondante des matières solides du genre vitreux. Il forme des collines et enveloppe souvent les noyaux des montagnes jusqu'à une grande hauteur. La plupart des monts les plus élevés, n'offrent à leur sommet que des quartz ou des granites ; et ensuite sur leurs pentes et dans leurs contours, ces mêmes quartz et granites qui composent le noyau de la montagne sont environnés d'une grande épaisseur de schiste, dont les couches qui couvrent la base de la montagne, se trouvent quelquefois mêlées de quartz et de granites détachés du sommet.

On peut réduire tous les différents schistes à quatre variétés générales : la première, des schistes simples qui ne sont que des argiles plus ou moins durcies, et qui ne contiennent que très-peu de bitume et de mica ; la seconde, des schistes qui, comme l'ardoise, sont mêlés de beaucoup de mica et d'une assez grande quantité de bitume pour en exhiler l'odeur au feu ; la troisième, des schistes où le bitume est en telle abondance, qu'ils brûlent à peu près comme les charbons de terre de mauvaise qualité ; et enfin les schistes pyriteux qui sont les plus durs de tous dans leur carrière, mais qui se décomposent dès qu'ils en sont tirés, et s'effleurissent à l'air et par l'humidité. Ces schistes mêlés et pénétrés de matière pyriteuse, ne sont pas si communs que les schistes imprégnés de bitume ; néanmoins on en trouve des couches et des bancs très-considérables en quelques endroits (4). Nous verrons dans la suite que

presque au haut de la montagne, on observe que le rocher n'est que de schiste ou d'ardoise ; il se continue sur toute la surface de la montagne qui est vis-à-vis de Montpellier, au-dessus du logis du cap de Coste : la plus grande partie du terrain est d'ardoise assez tendre. (Mémoires de M. Montet, dans ceux de l'Académie des sciences, année 1777, page 640.)

(4) « Plus on avance, dit M. Monnet, vers la Ferrière-Bechet en Normandie, plus la roche de cette chaîne de collines devient schisteuse, et lorsqu'on est parvenu dans le village, on trouve que la roche » a fait un saut considérable ; car on ne voit alors » qu'un schiste noir et feuilleté, en un mot, un vrai » schiste pyriteux... La couleur noire de cette substance qui paraissait au jour fit croire à différents » particuliers qu'elle était de même nature que le » crayon noir... Le curé de la Ferrière-Bechet fit » fouiller dans sa cour, où ce prétendu crayon paraissait le meilleur, c'est-à-dire le plus noir... Mais » tandis qu'il formait des projets de fortune, on s'aperçut que les traces que l'on faisait avec cette » matière disparaissaient, et que cette même matière,

cette matière pyriteuse est très-abondante à la surface et dans les premières couches de la terre.

Tous les schistes sont plus ou moins mélangés de particules micacées, et il y en a dans lesquels le mica paraît être en plus grande quantité que l'argile (1). Ces schistes ne contenant que peu de bitume et beaucoup de mica, sont les meilleures pierres dont on puisse se servir pour les fourneaux de fusion des mines de fer et de cuivre; ils résistent au feu plus long-temps que le grès qui s'égrène, quelque dur qu'il soit; ils résistent aussi mieux que les granites, qui se fondent à un feu violent et se convertissent en émail; et ils sont bien préférables à la pierre calcaire, qui peut à la vérité résister pendant quelques mois à l'action de ces feux, mais qui se réduit en poussière de chaux, au moment qu'ils cessent, et que l'humidité de l'air la saisit; au lieu que les schistes conservent leur nature et leur solidité pendant et après l'action de ces feux continuée très-long-

» mise en tas, s'échauffait et tombait en poussière,
 » que les eaux qui l'avaient lavée étaient vitrioliques
 » et alumineuses. . . .

» Par tout ce que nous venons de dire, on voit
 » que le schiste de la Ferrière-Bechet diffère essen-
 » tiellement de beaucoup de schistes colorés et de
 » beaucoup d'autres qui ne le sont pas : on a donc
 » eu grand tort de le confondre avec eux, et surtout
 » de lui attribuer les mêmes qualités, comme d'en-
 » graisser les terres. . . . Quelques particuliers ayant
 » mis de cette matière dans leurs champs, elle y
 » brûla tout en fleurissant. » (Mémoire sur la carrière
 de schiste de la Ferrière-Bechet; Journal de Physique,
 mois de septembre 1777, pages 214 et suiv.)

(1) Le macigno des Italiens est un schiste de cette espèce, il y en a des collines entières à Fiesoli près de Florence : « Les couches supérieures de ces carrières de macigno, dit M. Ferber, sont feuilletées et minces, entremêlées de petites couches argileuses » (l'auteur aurait dû dire limoneuses; car je suis persuadé que ces petites couches entremêlées sont de terre végétale et non d'argile); « le macigno devient plus compacte en entrant dans la profondeur et ne forme plus qu'une masse, on en tire de très-grands blocs. . . . On trouve par-ci par-là dans le macigno compacte des rognons d'argile endurcie et une multitude de petites taches noires, quelquefois même des couches ou veines de charbon de terre » (autre preuve que ce n'est pas de l'argile; mais de la terre végétale ou limoneuse; c'est le bitume de cette terre limoneuse qui a formé les taches noires): « il y a du macigno de deux couleurs; mais le meilleur pour bâtir et le plus durable, est celui qui est d'un jaune grisâtre, mélangé d'ocre ferrugineuse. » (Lettres sur la Minéralogie, etc., page 4.)

temps (2); car cette action se borne à entamer leur surface, et il faudrait un feu de plusieurs années pour en altérer la masse à quelques pouces de profondeur.

Les lits les plus extérieurs des schistes, c'est-à-dire ceux qui sont immédiatement sous la couche de terre végétale, se divisent en grands morceaux qui affectent une figure rhomboïdale (3); à peu près comme les grès

(2) Il y a à Walcy, à dix lieues de Clermont en Argonne, près de Sainte-Menehould, une pierre dont il semble qu'on peut tirer de très-grands avantages; elle est de couleur argileuse, sans fentes et sans gerçures, même apparentes; l'eau-forte n'y fait aucune impression : sa principale propriété est de pouvoir résister à l'action du feu le plus violent sans se calciner, si elle est employée sèche; elle peut servir à la construction des voûtes de fourneaux de verreries, de faïenceries, etc.; on assure qu'elle y dure vingt ans sans altération. (Journal historique et politique, mois de juillet 1774, page 173.)

(3) Cette propriété, dit M. Guettard, est trop singulière pour n'en pas dire ici quelque chose : c'est ordinairement dans les petits morceaux qui composent le banc le plus extérieur, et qu'on appelle *cosse*, que cette figure se remarque principalement; ces morceaux forment des rhombes, des quarrés longs, des quarrés presque parfaits, des rhomboïdes ou des figures coupées irrégulièrement, mais dont les faces sont toujours d'un parallélogramme : on ne distingue pas aussi-bien ces différentes figures dans les quartiers des grands bancs; on peut cependant dire que ces bancs forment de grands quarrés longs assez réguliers : c'est une idée qui se présente d'abord lorsqu'on observe exactement une carrière d'ardoise, c'est du moins celle que j'ai prise en voyant la carrière de la Ferrière, en Normandie.

Cette carrière, de même que celle d'Angers, a un banc de *cosse* qui peut avoir un pied ou deux, ce banc n'est qu'un composé de petites pierres posées obliquement sur les autres qui se détachent assez facilement, et qui affectent la figure d'un parallélogramme régulier ou irrégulier : leurs côtés sont unis, ordinairement bien plans, ce qui fait que les pierres tiennent peu, et qu'il est aisé de les séparer les unes des autres; lorsque ces côtés sont coupés obliquement, l'union de ces pierres est plus grande, elles sont en quelque sorte mieux entrelacées, et font un banc plus difficile à rompre, quoiqu'en général il le soit peu.

Les lits qui suivent celui-ci sont beaucoup plus considérables en hauteur; leurs pierres ne sont pas en petites masses comme celles du lit précédent, elles ont quelquefois quinze ou vingt pieds de hauteur, au lieu que les pierres du lit de *cosse* n'ont quelquefois que deux ou trois pouces de longueur, sur quelques-uns de large et d'épaisseur. . . .

Celles des autres bancs qui ont vingt pieds de hauteur, sont ordinairement des bancs les plus inférieurs et même de ceux dont on fait usage; les bancs qui

qui sont mêlés de matière calcaire, affectent cette même figure en petit; et dans les lits inférieurs des schistes, cette affectation de figure est beaucoup moins sensible et même ne se remarque plus; autre preuve que la figuration des minéraux dépend des parties organiques qu'ils renferment; car les premiers lits de schiste reçoivent par la stillation des eaux les impressions de la terre végétale qui les recouvre, et c'est par l'action des éléments actifs contenus dans cette terre, que les schistes du lit supérieur prennent une sorte de figuration régulière, dont l'apparence ne subsiste plus dans les lits inférieurs, parce qu'ils ne peuvent rien recevoir de la terre végétale, en étant trop éloignés et séparés par une grande épaisseur de matière impénétrable à l'eau.

Au reste le schiste commun ne se délite pas en feuillets aussi minces que l'ardoise, et il ne résiste pas aussi long-temps aux impressions des éléments humides; mais il résiste également à l'action du feu avant de se vitrifier; et comme il contient une petite quantité de bitume, il semble brûler avant de se fondre, et comme nous venons de le dire, il y a même des schistes qui sont presque aussi inflammables que le charbon de terre; ce dernier effet a déçu quelques minéralogistes, et leur a fait penser que le fond du charbon de terre, n'était, comme celui des schistes, que de l'argile mêlée de bitume; tandis que la substance de ce charbon est, au contraire, de la matière végétale plus ou moins décomposée, et que s'il se trouve de l'argile mêlée dans le charbon, ce n'est que comme matière étrangère; mais il est vrai que la quantité de bitume et de matière pyriteuse, est peut-être aussi grande dans certains schistes que dans les charbons de terre impurs et de mauvaise qualité; il y a même des argiles, surtout dans les couches les plus basses, qui sont mêlées d'une assez grande quantité de bitume et de pyrite pour

précéder approchent plus ou moins de cette hauteur, selon qu'ils en sont plus voisins, et la hauteur est toujours proportionnée à la profondeur: c'est aussi, suivant ce rapport, qu'ils sont d'une pierre plus fine et plus aisée à travailler... On fouille cinquante, soixante pieds et même davantage, avant de trouver un bon banc; et lorsqu'on l'a atteint, on continue de fouiller jusqu'à ce que le banc change, de sorte que ces carrières ont quelquefois plus de cent pieds de profondeur. (Mémoires de M. Guettard, dans ceux de l'Académie des sciences, année 1757, page 52.)

devenir inflammables; elles sont en même temps sèches et dures à peu près comme le schiste, et ce bitume des argiles et des schistes s'est formé dès les premiers temps de la nature vivante par la décomposition des végétaux et des animaux, dont les huiles et les graisses saisies par l'acide, se sont converties en bitumes; et les schistes comme les argiles, contiennent ordinairement d'autant plus de bitume, qu'ils sont situés plus profondément et qu'ils sont plus voisins des veines de charbon auxquelles ils servent de lits et d'enveloppe; car lorsqu'on ne trouve pas l'ardoise au-dessous des schistes, on peut espérer d'y trouver des charbons de terre.

Dans les couches les plus profondes, il y a aussi des argiles qui ressemblent aux schistes et même aux ardoises par l'apparence de leur dureté, de leur couleur et de leur inflammabilité; cependant cette argile exposée à l'air, démontre bientôt les différences qui la séparent de l'ardoise, elle n'est pas long-temps sans s'exfolier, s'imbiber d'humidité, se ramollir et reprendre sa qualité d'argile; au lieu que les ardoises, loin de s'amollir à l'air, ne font que s'y durcir davantage, et l'on doit mettre les mauvaises schistes au nombre de ces argiles dures.

Comme toutes les argiles, ainsi que les schistes et les ardoises, ont été primitivement formées des sables vitreux atténués et décomposés dans l'eau, on ne peut se dispenser d'admettre différents degrés de décomposition dans ces sables; aussi trouve-t-on dans l'argile des grains encore entiers de ce sable vitreux qui ne sont que peu ou point altérés; d'autres qui ont subi un plus grand degré de décomposition. On y trouve de même des petits lits de sable à demi décomposé, et dans les ardoises et les schistes le mica y est souvent aussi atténué, aussi doux au toucher que le talc; en sorte qu'on peut suivre les nuances successives de cette décomposition des sables vitreux, jusqu'à leur conversion en argile. Les glaises mélangées de ces sables vitreux trop peu décomposés, n'ont point encore acquis leur entière ductilité; mais en général l'argile même la plus molle, devient d'autant plus dure qu'elle est plus desséchée et plus imprégnée de bitume, et d'autant plus feuilletée qu'elle est plus mêlée de mica.

Je ne vois pas qu'on puisse attribuer à d'autres causes qu'au dessèchement et au mélange du mica et du bitume, cette sécheresse des ardoises et des schistes qui se re-

connaît jusque dans leurs molécules; et j'imagine que comme elles sont mêlées de particules micacées en assez grande quantité, chaque paillette de mica aura dû attirer l'humidité de chaque molécule d'argile, et que le bitume qui se refuse à toute humidité, aura pu durcir l'argile au point de la changer en schiste et en ardoise; dès-lors les molécules d'argile seront demeurées sèches, et les schistes composés de ces molécules desséchées et de celles du mica, auront acquis assez de dureté pour être, comme les bitumes, impénétrables à l'eau; car indépendamment de l'humidité que les micas ont dû tirer de l'argile, on doit encore observer qu'étant mêlés en quantité dans tous les schistes et ardoises, le seul mélange de ces particules sèches qui paraît être moins intime qu'abondant, a dû laisser de petits vides par lesquels l'humidité contenue dans les molécules d'argile a pu s'échapper.

Cette quantité de mica que contiennent les ardoises, me semble leur donner quelques rapports avec les talcs; et si l'argile fait le fonds de la matière de l'ardoise, on peut croire que le mica en est l'alliage et lui donne la forme; car les ardoises se délitent comme le talc, en feuilles minces, elles participent de sa sécheresse et résistent de même aux impressions des éléments humides; enfin elles se changent également en verre brun par un feu violent. L'ardoise paraît donc participer de la nature de ce verre primitif; on le voit en fait considérant attentivement au grand jour, sa surface présente une infinité de particules micacées, d'autant plus apparentes que l'ardoise est de meilleure qualité.

La bonne ardoise ne se trouve jamais dans les premières couches du schiste; les ardoisières les moins profondes sont à trente ou quarante pieds; celles d'Angers sont à deux cents. Les derniers lits de l'ardoise comme ceux de l'argile, sont plus noirs que les premiers: cette ardoise noire des lits inférieurs, exposée à l'air pendant quelque temps, prend néanmoins comme les autres la couleur bleuâtre que nous leur connaissons et que toutes conservent très-long-temps; elles ne perdent cette couleur bleue que pour en prendre une plus tendre d'un blanc grisâtre, et c'est alors qu'elles brillent de tous les reflets des particules micacées qu'elles contiennent, et qui se montrent d'autant plus, que ces ardoises ont été plus anciennement exposées aux impressions de l'air.

L'ardoise ne se trouve pas dans les argiles molles et pénétrées de l'humidité des eaux, mais dans les schistes qui ne sont eux-mêmes que des ardoises grossières; les mières d'ardoise s'annoncent ordinairement (1) par un lit de schiste noirâtre de quelques pouces d'épaisseur, qui se trouve immédiatement sous la couche de terre végétale, ce premier lit de pierre schisteuse est divisé par un grand nombre de fentes verticales, comme le sont les premiers lits des pierres calcai-

« (1) L'ardoise d'Angers est formée par des bancs » plus ou moins hauts, d'une pierre qu'on lève aisément par feuillets, et qui sont inclinés à l'horizon : » ces bancs ont en général une hauteur verticale assez » considérable; les premiers sont ordinairement ceux » qui sont les moins hauts, et celui qui est à la surface de la terre n'est souvent composé que de petits » quartiers de pierres qui ont une figure rhomboïdale, et qui se détachent aisément les uns des autres. »

» Après ce banc, il n'est pas rare d'en voir qui ont » plusieurs pieds de hauteur, et cette hauteur augmente à mesure que les bancs sont plus profonds, » de façon que ceux d'en bas ont vingt à trente pieds » dans cette dimension, sur une largeur indéterminée : ce sont communément ceux qui se délitent » avec le plus de facilité; ils sont aussi d'une pierre » plus fine, et probablement plus homogène.

» Ces lits sont rarement séparés les uns des autres » par des couches de matières étrangères.... on ne » peut presque jamais creuser une carrière d'ardoise, » au-delà de vingt-cinq foncées ou deux cent vingt-cinq pieds; on en est empêché par le danger où l'on » pourrait se trouver dans les dernières, les chutes » de pierres devenant plus à craindre.

» Ordinairement la pierre des dernières foncées est » la plus parfaite; il n'y a cependant pas de règle » sûre à ce sujet, quelquefois la pierre qu'on tire » après la première découverte, se trouve bonne pendant deux ou trois foncées, et elle se dément ensuite pendant quatre ou cinq; d'autres fois la carrière ne donne de bonne pierre qu'à la quinzième » ou seizième foncée.... d'autres fois enfin la carrière » continue à ne rien valoir; telles ont été celles de » terre rouge et de la maze....

» Un point intéressant, c'est de détacher les lames » d'ardoise d'une manière uniforme, de manière » qu'elles aient une égale épaisseur dans toute leur » étendue.... La façon dont les bancs d'ardoise sont » composés, facilite ce travail; ce sont en quelque » sorte de grands feuillets appliqués les uns sur les » autres et posés de champ; ainsi les ouvriers les » écartent perpendiculairement au moyen de leurs » coins : cette direction doit faire que les quartiers » qu'on veut détacher ne résistent pas beaucoup aux » efforts des ouvriers. » (Mémoires de M. Guettard, dans ceux de l'Académie des sciences, année 1757, pag. 52 et suiv.)

res, et l'on peut également en faire du moellon; mais ce schiste, quoique assez dur, n'est pas aussi sec que l'ardoise; il est même spongieux et se ramollit par l'humidité lorsqu'il y est long-temps exposé. Les bancs qui sont au-dessous de ce premier lit, ont plus d'épaisseur et moins de fentes verticales, leur continuité augmente avec leur masse à mesure que l'on descend, et il n'est pas rare de trouver des bancs de cette pierre schisteuse de quinze ou vingt pieds d'épaisseur sans débris remarquables. La finesse du grain de ces schistes, leur sécheresse, leur pureté et leur couleur noire augmentent aussi en raison de leur situation à de plus grandes profondeurs, et d'ordinaire c'est au plus bas que se trouve la bonne ardoise.

L'on voit sur quelques-uns de ces feuillettes d'ardoise des impressions de poissons à écailles, de crustacés et de poissons mous, dont les analogues vivants ne nous sont pas connus, et en même temps on n'y voit que très-peu ou point de coquilles (1). Ces deux faits paraissent au premier coup d'œil difficiles à concilier, d'autant que les argiles dont on ne peut douter que les ardoises ne soient au moins en partie composées, contiennent une infinité de coquilles, et rarement des empreintes de poissons. Mais on doit observer que les ardoises et surtout celles où l'on trouve des impressions de poissons, sont toutes situées à une grande profondeur, et qu'en même temps les argiles contiennent une plus grande quantité de coquilles dans leurs lits supérieurs que dans les inférieurs, et que même lorsqu'on arrive à une certaine profondeur, on n'y trouve plus de coquilles; d'autre part on sait que le plus grand nombre des coquillages vivants n'habitent que les rivages ou les terrains élevés dans le fond de la mer, et qu'en même temps il y a quelques espèces de poissons et de coquillages qui n'en habitent que les vallées à une

profondeur plus grande que celle où se trouvent communément tous les autres poissons et coquillages. Dès-lors on peut penser que les sédiments argileux, qui ont formé les ardoises à cette plus grande profondeur, n'auront pu saisir en se déposant que ces espèces, en petit nombre, de poissons ou de coquillages qui habitent les bas-fonds, tandis que les argiles qui sont situées plus haut que les ardoises, auront enveloppé tous les coquillages des rivages et des hauts-fonds, où ils se trouvent en bien plus grande quantité (2).

Nous ajouterons aux propriétés de l'ardoise, que quoiqu'elle soit moins dure que la plupart des pierres calcaires, il faut néanmoins employer la masse et les coins pour la tirer de sa carrière; que la bonne ardoise ne fait pas effervescence avec les acides, et qu'aucune ardoise ni aucun schiste ne se réduisent en chaux, mais qu'ils se convertissent par un feu violent en une sorte de verre brun, souvent assez spumeux pour nager sur l'eau. Nous observerons aussi qu'avant de se vitrifier, ils brûlent en partie en exhalant une odeur bitumineuse; et enfin que quand on les réduit en poudre, celle de l'ardoise est douce au toucher comme la poussière de l'argile séchée; mais que cette poudre d'ardoise détremée avec de l'eau, ne reprend pas en se séchant sa dureté, ni même autant de consistance que l'argile.

Le même mélange de bitume et de mica qui donne à l'ardoise sa solidité, fait en même-temps qu'elle ne peut s'imbibber d'eau; aussi lorsqu'on veut éprouver la qualité d'une ardoise, il ne faut qu'en faire tremper dans l'eau le bord d'une feuille suspendue verti-

(1) L'ardoise est très-commune dans le canton de Glarus (ou Glaris en Suisse); les plus belles carrières sont dans la vallée de Seruft, d'où l'on en tire des feuilles assez grandes et assez épaisses pour faire des tables, qui font un article considérable d'exportation. — Parmi ces ardoises, on en trouve une quantité innombrable qui portent les plus belles empreintes de plantes marines et terrestres, d'insectes et de poissons, soit entiers, soit en squelettes: j'en ai vu de choisies dans le Blattenberg, dont la netteté, la perfection et la grandeur ne laissent rien à désirer. (Lettres sur la Suisse, par M. Will. Coxe, avec les additions de M. Ramond, tome 1, page 69.)

(2) Nota. Il se trouve aussi, quoique rarement, des poissons pétrifiés dans les substances calcaires au-dessus des montagnes; mais les espèces de ces poissons ne sont pas inconnues ou perdues, comme celles qui se trouvent dans les ardoises. M. Ferber rapporte qu'on trouve dans la collection de M. Moreni de Vérone, le poisson ailé et quelques poissons du Brésil, qui ne vivent ni dans la Méditerranée, ni dans le golfe Adriatique; la pinne marine, des os d'animaux, des plantes exotiques, pétrifiées et imprimées sur un schiste calcaire, toutes tirées de la montagne du Véronais appelée *Monte-Bolca*. (Lettres sur la Minéralogie, par M. Ferber, page 27.) — Observons que ces poissons, dont les analogues vivants existent encore, n'ont été pétrifiés que bien long-temps après ceux dont les espèces sont perdues; aussi se trouvent-ils au-dessus des montagnes, tandis que les autres ne se trouvent que dans les ardoises à de grandes profondeurs.

calement; si l'eau n'est pas pompée par la succion capillaire, et qu'elle n'humecte pas l'ardoise au-dessus de son niveau, on aura la preuve de son excellente qualité, car les mauvaises ardoises, et même la plupart de celles qu'on emploie à la couverture des bâtiments, sont encore spongieuses et s'imbibent plus ou moins de l'humidité, en sorte que la feuille d'ardoise dont le bord est plongé dans l'eau, s'humectera à plus ou moins de hauteur en raison de sa bonne ou mauvaise qualité (1); la bonne ardoise peut se polir, et on en a fait des tables de toutes dimensions; on en a vu de dix à douze pieds en longueur sur une largeur proportionnée.

Quoiqu'il y ait des schistes plus ou moins durs, cependant on doit dire qu'en général ils sont encore plus tendres que l'ardoise, et que la plupart sont d'une couleur moins foncée; ils ne se divisent pas en feuilletés aussi minces que l'ardoise, et néanmoins ils contiennent souvent une plus grande quantité de mica, mais l'argile qui en fait le fonds est vraisemblablement composée de molécules grossières, et qui, quoiqu'en partie desséchées, conservent encore leur qualité spongieuse et peuvent s'imbibier d'eau, ou bien leur mica plus aigre et moins atténué, n'a pas acquis en s'adouissant cette tendance à la conformation talqueuse ou feuilletée qu'il paraît communiquer aux ardoises; aussi lorsqu'on réduit le schiste en lames minces, il se détériore à l'air et ne peut servir aux mêmes usages que l'ardoise, mais on peut l'employer en masses épaisses pour bâtir.

(1) M. Samuel Colepress dit que l'ardoise d'Angleterre dure très-long-temps, et qu'il en reste sur les maisons pendant plusieurs siècles: « Pour connaître, dit-il, la bonne ardoise, prenez, 1^o la pierre coupée fort mince, frappez-la contre quelque matière dure; si en sort un son clair, cette pierre n'est point fêlée, mais solide et bonne; 2^o lorsqu'on la coupe, il ne faut pas qu'elle se brise sous le tranchant; 3^o si après avoir été dans l'eau pendant deux, quatre et même huit heures, elle pèse plus étant bien essuyée qu'auparavant, c'est une preuve qu'elle s'imbibé d'eau et qu'elle ne peut durer long-temps; 4^o la bleue tirant sur le noir, prend volontiers l'eau; celle qui est d'un bleu léger est toujours la plus compacte et la plus solide; au toucher elle doit paraître dure et raboteuse et non soyeuse; 5^o si, étant plongée la moitié dans l'eau pendant une journée entière, elle n'attire pas l'eau au-dessus de six lignes de son niveau, ce sera une preuve que l'ardoise est d'une contexture ferme. » (Collection académique, partie étrangère, tome 4, pages 10 et 11.)

J'ai dit que les collines calcaires avaient l'argile pour base, et j'ai entendu non-seulement les glaises ou argiles molles communes, mais aussi les schistes ou argiles desséchées; la plupart des montagnes calcaires sont posées sur l'argile ou sur le schiste (2). « Les montagnes, dit M. Ferber, de la Styrie inférieure, de toute la Carniole, et jusqu'à Vienne en Autriche, sont formées de couches horizontales plus ou moins épaisses (de pierre calcaire), entassées les unes sur les autres, et ont pour base un véritable schiste argileux, c'est-à-dire une ardoise bleue ou noire, ou bien un schiste de corne mélangé de quartz et de mica, pénétré d'une petite partie d'argile. J'ai eu, dit-il, presque à chaque pas l'occasion de me convaincre que ce schiste s'étend sans interruption sous ces montagnes calcaires; quelquefois même on le voit à découvert s'élever au-dessus du rez de terre, mais lorsqu'il s'est montré pendant un certain temps, il s'enfouit de nouveau sous la pierre calcaire (3). »

L'argile, ou sous sa propre forme, ou sous celle d'ardoise et de schiste, compose donc la première terre, et forme les premières couches qui aient été transportées et déposées par les eaux; et ce fait s'unit à tous les autres, pour prouver que les matières vitrescibles sont les substances premières et primitives; puisque l'argile formée de leurs débris, est la première terre qui ait couvert la surface du globe. Nous avons vu de plus

(2) « J'ai reconnu... qu'il y a toujours du schiste sous les terrains calcaires des montagnes du Padouan, du Vicentin et du Véronais, qui font partie de la chaîne qui sépare l'Allemagne de l'Italie, ainsi que dans les montagnes de l'Autriche, de la Styrie et de la Carniole. M. Arduini m'a assuré qu'il en est de même dans une partie des Apennins, et c'est aussi la remarque de M. Targioni Tozzetti dans ses Voyages en Toscane, et de M. le professeur Baldasari, in *Actis Academiæ Siennensis*. . . . Il n'y a pas jusqu'au marbre salin de Carrara et de Seravezza, qui n'ait du schiste pour base. . . . Qu'il vous suffise, quant à présent (il parle à M. le chevalier de Born), de savoir que le schiste s'étend sous les montagnes calcaires du Vicentin et du Véronais, et que, malgré le silence des plus grands écrivains, il y eut autrefois, dans beaucoup de parties de ces montagnes, des éruptions de volcans, qui vraisemblablement avaient leur foyer au-dessous de la pierre calcaire, dans le schiste et même plus bas. » (Lettres sur la Minéralogie, par M. Ferber, pages 30 et suivantes.)

(3) Lettres sur la Minéralogie, etc., page 4.

que c'est dans cette terre que se trouvent généralement les coquilles d'espèces anciennes, comme c'est aussi sur les ardoises qu'on voit les empreintes des poissons inconnus, qui ont appartenu au premier Océan. Ajoutons à ces grands faits une observation non moins importante, et qui rappelle à la fois et l'époque de la formation des couches d'argile, et les grands mouvements qui bouleversaient encore alors la première nature : c'est qu'un grand nombre de ces lits de schistes et d'ar-

doises ne paraissent s'être inclinés que par violence, ayant été déposés sur les voûtes des grandes cavernes, avant que leur affaissement ne fit pencher les masses dont elles étaient surmontées; tandis que les couches calcaires, déposées plus tard sur la terre affermie, offrent rarement de l'inclinaison dans leurs bancs qui sont assez généralement horizontaux, ou beaucoup moins inclinés que ne le sont communément les lits des schistes et des ardoises.

DE LA CRAIE.

Jusqu'ici nous n'avons parlé que des matières qui appartiennent à la première nature : le quartz, le jaspe, les porphyres, les granites; produits immédiats du feu primitif : les grès, les argiles, les schistes, les ardoises; détriments de ces premières substances, et qui, quoique transportés, pénétrés, figurés par les eaux, et même mélangés des premières productions de ce second élément, n'en appartiennent pas moins à la grande masse primitive des matières vitreuses, lesquelles dans cette première époque, composaient seules le globe entier. Maintenant considérons les matières calcaires qui se trouvent en si grande quantité, et en tant d'endroits sur cette première surface du globe, et qui sont proprement l'ouvrage de l'eau même et son produit immédiat : c'est dans cet élément que se sont en effet formées ces substances qui n'existaient pas auparavant, qui n'ont pu se produire que par l'intermède de l'eau, et qui non-seulement ont été transportées, entassées et disposées par ses mouvements, mais même ont été combinées, composées et produites dans le sein de la mer.

Cette production d'une nouvelle substance pierreuse par le moyen de l'eau, est un des plus étonnants ouvrages de la nature, et en même temps un des plus universels : il tient à la génération la plus immense peut-être qu'elle ait enfantée dans sa première fécondité : cette génération est celle des coquilles, des madrépores, des coraux et de toutes les espèces qui filtrent le suc pierreux et produisent la matière calcaire, sans que nul autre agent, nulle autre puissance particulière de la nature, puisse ou ait pu former cette substance. La multiplication de ces animaux à coquilles est si prodigieuse, qu'en

s'amoncelant ils élèvent encore aujourd'hui en mille endroits des récifs, des bancs, des hauts-fonds, qui sont les sommets des collines sous-marines, dont la base et la masse sont également formées de l'entassement de leurs dépouilles (1). Et combien dut être

(1) « Toutes les îles basses du tropique austral, » semblent avoir été produites par des animaux du » genre des polypes, qui forment les lithophytes; » ces animalcules élèvent peu à peu leur habitation de » dessus une base imperceptible, qui s'étend de plus » en plus, à mesure que sa structure s'élève davan- » tage : j'ai vu de ces larges structures à tous les de- » grés de leur construction. » (Observations de Forster, à la suite du second Voyage du capitaine Cook, page 135.) — « Ces îles sont généralement liées » les unes aux autres, par des récifs de rochers de co- » rail. » (*Idem, ibid.*)... « Nous découvrimmes les îles, » vues par M. de Bougainville, par les 17° 24' lati- » tude, et 141° 39' longitude ouest; une de ces îles » basses, à moitié submergée, n'était qu'un grand » banc de corail, de vingt lieues de tour. » (Cook, second Voyage, tome 1, page 293.)... « On ren- » contra une ceinture de petites îles, jointes ensemble » par un récif de rochers de corail. » (*Idem*, tome 2, page 285.)... « Nous abordâmes à l'île Sauvage (une » de celles des Amis); ses bords n'étaient que des ro- » chers de corail. » (*Idem*, tome 3, page 10.) Cette multitude d'îles basses et de bancs sur lesquels se perdit le navigateur Roggevin, ont été revus et reconnus par MM. Byron et Cook; toutes ces îles ne sont soutenues que par des bancs de corail, élevés du fond de la mer jusqu'à sa surface (*voyez* le chapitre 11 de la relation du second Voyage du capitaine Cook, traduction française, tome 2, page 275). Ce fait étonnant a été si bien vu par ces bons observateurs, qu'on ne peut le révoquer en doute, et il fournit à M. Forster cette réflexion frappante : « Le » petit ver, dont le corail est l'ouvrage et qui paraît » si insensible qu'on le distingue à peine d'une plante, » agrandit son habitation, et construit un édifice de » roche, depuis un point du fond de la mer, que

encore plus immense le nombre de ces ouvriers du vieil Océan dans le fond de la mer universelle, lorsqu'elle saisit tous les principes de fécondité répandus sur le globe animé de sa première chaleur!

Sans cette réflexion, pourrions-nous soutenir la vue vraiment accablante des masses de nos montagnes calcaires (1), entièrement composées de cette matière toute formée des dépouilles de ces premiers habitants de la mer? Nous en voyons à chaque pas les prodigieux amas; nous en avons déjà recueilli mille preuves (2); chaque contrée peut en offrir de nouvelles, et les articles suivants les confirmeront encore par un plus grand développement (3).

Nous commencerons par la craie, non qu'elle soit la plus commune ou la plus noble des substances calcaires; mais parce que

» l'art humain ne peut pas mesurer, jusqu'à la sur-
 » face des flots; il prépare ainsi une base à la rési-
 » dence de l'homme. » (Forster, second Voyage de
 Cook, tome 2, page 283. — Voyez de plus toutes les
 relations des navigateurs, sur les sondes tombées sur
 des rochers de coquillages, et sur les cables et gre-
 lins des ancrs coupés contre les récifs de madré-
 pores et de coraux.) « En traversant la Picardie, la
 » Flandre française, la Champagne, la Lorraine al-
 » lemande, le pays Messin, etc., M. Monnet a ob-
 » servé que les coquilles se montrent jusqu'à plus de
 » trois cents pieds de profondeur perpendiculaire, à
 » commencer des vallées les plus profondes. . . . On
 » trouve même des bancs de corail ou de madrépores
 » auprès de Clermont, village de la principauté de
 » Liège, de plus de soixante pieds de hauteur. Ces
 » bancs sont droits comme des murailles; ils ressem-
 » blent assez à ceux qui sont décrits par le capitaine
 » Cook, et qui sont situés auprès de la Nouvelle-
 » Guinée; ils renferment des bancs de bon marbre
 » qu'on exploite. » (Tableau des Voyages minéralo-
 giques de M. Monnet; Journal de Physique, février
 1781, pages 160 et suiv.)

(1) M. Monnet profita d'une ouverture qu'on avait faite dans une des plus profondes vallées du bas Boulonais, à dessein d'y découvrir du charbon, pour observer jusqu'où vont les bancs de pierres calcaires et les coquilles : cette ouverture, de cinq cents pieds de profondeur perpendiculaire, et qui passait le niveau de la mer de plus de cent pieds, a montré autant de coquilles dans son fond que dans sa hauteur. (Tableau des Voyages minéralogiques de M. Monnet; Journal de Physique, février 1781, page 161.)

(2) Voyez tous les articles de la Théorie de la terre, des preuves et des suppléments, sur les carrières et les montagnes, composées de coquillages et autres dépouilles des productions marines.

(3) Voyez, en particulier, les articles de la pierre calcaire et du marbre.

de ces matières, qui toutes également tirent leur origine des coquilles, la craie doit en être regardée comme le premier détriment, dans lequel cette substance coquilleuse est encore toute pure, sans mélange d'autre matière, et sans aucune de ces nouvelles formes de cristallisation spathique, que la stillation des eaux donne à la plupart des pierres calcaires : car en réduisant des coquilles en poudre, on aura une matière toute semblable à celle de la craie pulvérisée.

Il a donc pu se former de grands dépôts de ces poudres de coquilles, qui sont encore aujourd'hui sous cette forme pulvérulente, où qui ont acquis avec le temps de la consistance et quelque solidité : mais les craies sont en général, ce qu'il y a de plus léger et de moins solide dans ces matières calcaires, et la craie la plus dure est encore une pierre tendre; souvent au lieu de se présenter en masses solides, la craie n'est qu'une poussière sans cohésion, surtout dans ses couches extérieures; c'est à ces lits de poussières de craie qu'on a souvent donné le nom de *marne*; mais je dois avertir, pour éviter toute confusion, que ce nom ne doit s'appliquer qu'à une terre mêlée de craie et d'argile, ou de craie et de terre limoneuse, et que la craie est au contraire une matière simple, produite par le seul détriment des substances purement calcaires.

Ces dépôts de poudre coquilleuse ont formé des couches épaisses et souvent très-étendues, comme on le voit dans la province de Champagne, dans les falaises de Normandie, dans l'Île-de-France, à la Roche-Guyon, etc., et ces couches composées de poussières légères ayant été déposées les dernières, sont exactement horizontales, et prennent rarement de l'inclinaison, même dans leurs lits les plus bas, où elles acquièrent plus de dureté que dans les lits supérieurs; cette même différence de solidité s'observe dans toutes les carrières anciennement formées par les sédiments des eaux de la mer. La masse entière de ces bancs calcaires était également molle dans le commencement; mais les couches inférieures, formées avant les autres, se sont consolidées les premières; et en même temps elles ont reçu par infiltration toutes les particules pierreuses que l'eau a détachées et entraînées des lits supérieurs : cette addition de substance a rempli les intervalles et les pores des pierres inférieures, et a augmenté leur densité et leur dureté à mesure qu'elles

se formaient et prenaient de la consistance par la réunion de leurs propres parties. Cependant la dureté des matières calcaires est toujours inférieure à celle des matières vitreuses qui n'ont point été altérées ou décomposées par l'eau : les substances coquilleuses, dont les pierres calcaires tirent leur origine, sont par leur nature d'une consistance plus molle et moins solide que les matières vitreuses ; mais quoiqu'il n'y ait point de pierres calcaires aussi dures que le quartz ou les jaspes, quelques-unes, comme les marbres, le sont néanmoins assez pour recevoir un beau poli.

La craie, même la plus durcie, n'est susceptible que du poli gras que prennent les matières tendres, et se réduit au moindre effort en une poussière semblable à la poudre des coquilles : mais quoiqu'une grande partie des craies ne soient en effet que le débris immédiat de la substance des coquilles, on ne doit pas borner à cette seule cause la production de toutes les couches de craie qui se trouvent à la surface de la terre ; elles ont, comme les sables vitreux, une double origine ; car la quantité de la matière coquilleuse réduite en poussière, s'est très-considérablement augmentée par les détriments et les exfoliations qui ont été détachés de la surface des masses solides de pierres calcaires, par l'impression des éléments humides ; l'établissement local de ces masses calcaires paraît en plusieurs endroits avoir précédé celui des couches de craie. Par exemple, le grand terrain crétacé de la Champagne, commence au-dessous de Troyes et finit au-delà de Rhétel ; ce qui fait une étendue d'environ quarante lieues, sur dix ou douze de largeur moyenne ; et la montagne de Reims qui fait saillie sur ce terrain, n'est pas de craie, mais de pierre calcaire dure : il en est de même du mont *Aimé*, qui est isolé au milieu de ces plaines de craie, et qui est également composé de bancs de pierres dures très-différentes de la craie, et qui sont semblables aux pierres des montagnes situées de l'autre côté de Vertus et de Bergères. Ces montagnes de pierre dure paraissent donc avoir surmonté de tout temps les collines et les plaines où gisent actuellement les craies, et dès-lors on peut présumer que ces couches de craie ont été formées, du moins en partie, par les exfoliations et les poussières de pierre calcaire que les éléments humides auront détachées de ces montagnes, et que les eaux auront

entraînées dans les lieux plus bas où git actuellement la craie. Mais cette seconde cause de la production des craies est subordonnée à la première, et même dans plusieurs endroits de ce grand terrain crétacé, la craie présente sa première origine, et paraît purement coquilleuse ; elle se trouve composée ou remplie de coquilles entières parfaitement conservées, comme on le voit à Courtagon et ailleurs ; en sorte qu'on ne peut douter que l'établissement local de ces couches de craie mêlée de coquilles, ne se soit fait dans le sein de la mer et par le mouvement de ses eaux. D'ailleurs, on trouve souvent les dépôts ou lits de craie surmontés par d'autres matières qui n'ont pu être amenées que par alluvion, comme en Pologne, où les craies sont très-abondantes, et particulièrement dans le territoire de Sadki, où M. Guettard dit, d'après Rzaczynski, qu'on ne trouve la craie qu'au-dessous d'un lit de mine de fer qui est précédé de plusieurs autres couches de différentes matières (1).

Ces dépôts de craie formés au fond de la mer par le sédiment des eaux, n'étaient pas originellement d'une matière aussi simple et aussi pure qu'elle l'est aujourd'hui ; car on trouve entre les couches de cette matière crétacée des petits lits de substance vitreuse ; le *silex*, que nous nommons pierre à fusil, n'est nulle part en aussi grande quantité que dans les craies. Ainsi cette poussière crétacée était mêlée de particules vitreuses et silicées, lorsqu'elle a été transportée et déposée par les eaux ; et après l'établissement de ces couches de craie mêlées de parties silicées, l'eau les aura pénétrées par infiltration, se sera chargée de ces particules silicées, et les aura déposées entre les couches de craie, où elles se seront réunies par leur force d'affinité ; elles y ont pris la forme et le volume que les cavités ou les intervalles entre les couches leur ont permis de prendre. Cette sécrétion de silex se fait dans les craies de la même manière que celle de la matière calcaire se fait dans les argiles : ces substances hétérogènes, atténuées par l'eau et entraînées par sa filtration, sont également posées entre les grandes couches de craie et d'argile, et disposées de même en lits horizontaux ; seulement on observe que les petites masses de pierres calcaires, ainsi formées dans l'argile, sont ordinaire-

(1) Mémoires de l'Académie des sciences, année 1762, page 294.

ment plates et assez minces , au lieu que les masses de silex formées dans la craie , sont presque toujours en petits blocs épais et arrondis. Cette différence peut provenir de ce que la résistance de l'argile est plus grande que celle de la craie ; en sorte que la force de la masse silicée qui tend à se former, soulève ou comprime aisément la craie dont elle se trouve environnée , au lieu que la même force ne peut faire un aussi grand effet dans l'argile qui , étant plus compacte et plus pesante , cède plus difficilement et se comprime moins. Il y a encore une différence très-apparente dans l'établissement de ces deux sécrétions relativement à leur quantité ; dans les collines de craie coupées à pic , on voit partout ces lits de silex , dont la couleur brune contraste avec le blanc de la couche de craie ; souvent il se trouve de distance à autre plusieurs de ces lits toujours posés horizontalement entre les grands lits de craie , dont l'épaisseur est de plusieurs pieds , en sorte que toute la masse de craie , jusqu'à la dernière couche , paraît être traversée horizontalement par ces petits lits de silex , au lieu que dans les argiles coupées de même aplomb , les petits lits de pierre calcaire ne se trouvent qu'entre les couches supérieures , et n'ont jamais autant d'épaisseur et de continuité que les lits de silex , ce qui paraît encore provenir de la plus grande facilité de l'infiltration des eaux dans la craie qu'elles pénètrent dans toute son épaisseur ; au lieu qu'elles ne pénètrent que les premières couches de l'argile , et ne peuvent par conséquent déposer des matières calcaires à une grande profondeur.

La craie est blanche , légère et tendre , et selon ses degrés de pureté elle prend différents noms. Comme toutes les autres substances calcaires , elle se convertit en chaux par l'action du feu et fait effervescence avec les acides ; elle perd environ un tiers de son poids par la calcination , sans que son volume en soit sensiblement diminué , et sans que sa nature en soit essentiellement altérée , car en la laissant exposée à l'air et à la pluie , cette chaux de craie reprend peu à peu les parties intégrantes que le feu lui avait enlevées , et dans ce nouvel état on peut la calciner une seconde fois , et en faire de la chaux d'aussi bonne qualité que la première. On peut même se servir de la craie crue pour faire du mortier , en la mêlant avec la chaux , car elle est de même nature que le gravier calcaire dont elle ne diffère que par la peti-

tesse de ses grains. La craie que l'on connaît sous le nom de blanc d'Espagne , est l'une des plus fines , des plus pures et des plus blanches ; on l'emploie pour dernier enduit sur les autres mortiers. Cette craie fine ne se trouve pas en grandes couches ni même en bancs , mais dans les fentes des rochers calcaires et sur la pente des collines crétacées ; elle y est conglomérée en pelotes plus ou moins grosses , et quand cette craie fine est encore plus atténuée , elle forme d'autres concrétions d'une substance encore plus légère , auxquelles les naturalistes ont donné le nom de *lac lunæ* (1) (nom très impropre , puisqu'il ne désigne qu'un rapport chimérique) , *medulla saxi* (qui ne convient guère mieux , puisque le mot *saxum* , traduit par ces mêmes naturalistes , ne désigne pas la pierre calcaire , mais le roc vitreux) ; cette matière serait donc mieux désignée par le nom de *fleur de craie* , car ce n'est en effet que la partie la plus tenue de la craie que l'eau détache et dépose ensuite dans les cavités qu'elle rencontre. Et lorsque ce dépôt , au lieu de se faire en masses , ne se fait qu'en superficie , cette même matière prend la forme de lames et d'écaillés , auxquelles ces mêmes nomenclateurs (2) en minéralogie ont donné le nom d'*agaric minéral* (ce qui n'est fondé que sur une fausse analogie).

Les hommes , avant d'avoir construit des maisons , ont habité les cavernes ; ils se sont mis à l'abri des rigueurs de l'hiver et de la trop grande ardeur de l'été , en se réfugiant dans les antrès des rochers , et lorsque cette commodité leur a manqué , ils ont cherché à se la procurer aux moindres frais possible , en faisant des galeries et des excavations dans les matières les moins dures , telles que la craie. Le nom de *Trogodytes* , habitants des cavernes , donné aux peuples les plus antiques , en est la preuve ; aussi-bien que le grand nombre de ces grottes , que l'on voit encore aux Indes , en Arabie , et dans tous les climats où le soleil est brûlant et l'ombrage rare. La plupart de ces grottes ont été travaillées de main d'homme , et souvent agrandies au point de former de vastes habitations souterraines , où il ne manque que la facilité de recevoir le jour , car du reste elles sont saines , et , dans ces climats chauds , fraîches sans humidité. On voit même dans nos coteaux et collines de craie des excava-

(1) Wormiüs , et plusieurs autres après lui.

(2) Ferrante Imperati , et d'autres après lui.

tions à rez-de-chaussée, pratiquées avec avantage et moins de dépense qu'il n'en faudrait pour construire des murs et des voûtes, et les blocs tirés de ces excavations, servent de matériaux pour bâtir les étages supérieurs. La craie des lits inférieurs est en effet une espèce de pierre assez tendre dans sa carrière, mais qui se durcit à l'air, et qu'on peut employer non-seulement pour bâtir, mais aussi pour les ouvrages de sculpture.

La craie n'est pas si généralement répandue que la pierre calcaire dure; ses couches quoique très-étendues en superficie, ont rarement autant de profondeur que celles des autres pierres, et dans cinquante ou soixante pieds de hauteur perpendiculaire, on voit souvent tous les degrés du plus ou moins de solidité de la craie; elle est ordinairement en poussière ou en moëllon très-tendre dans le lit supérieur; elle prend plus de consistance à mesure qu'elle est située plus bas; et comme l'eau la pénètre jusqu'à la plus grande profondeur, et se charge des molécules crétaées les plus fines, elle produit non-seulement les pelottes de blanc d'Espagne, de moëlle de pierre (1) et de fleur de craie, mais aussi les stalactites solides ou en tuyaux, dont sont formés les tufs. Toutes ces concrétions, qui proviennent des détriments de la craie, ne contiennent point de coquilles; elles sont, comme toutes les autres exsudations ou stillations, composées des particules les plus déliées que l'eau a enlevées et ensuite déposées sous différentes formes dans les fentes ou cavités des rochers, ou dans les lieux plus bas où elles se sont rassemblées.

(1) On a aussi nommé cette moëlle de pierre ou de craie *farina mineralis*, parce qu'elle ressemble à la farine par sa blancheur et sa légèreté, et qu'on a même prétendu, mais fort mal à propos, qu'elle peut devenir un aliment en la mêlant avec de la farine de grain. (Voyez les Éphémérides d'Allemagne, déc. 3, observation 219.)

Ces dépôts secondaires de matières crétaées se font assez promptement pour remplir en quelques années des trous de trois ou quatre pieds de diamètre et d'autant de profondeur; toutes les personnes qui ont planté des arbres dans les terrains de craie, ont pu s'apercevoir d'un fait qui doit servir ici d'exemple: ayant planté un bon nombre d'arbres fruitiers dans un terrain fertile en grains, mais dont le fond est d'une craie blanche et molle, et dont les couches ont une assez grande profondeur, les arbres y poussèrent assez vigoureusement la première et la seconde année; ensuite ils languirent et périrent. Ce mauvais succès ne rebuta pas le propriétaire du terrain; on fit des tranchées plus profondes dont on tira toute la craie, et on les remplit ensuite de bonne terre végétale, dans laquelle on planta de nouveaux arbres, mais ils ne réussirent pas mieux, et tous périrent en cinq ou six années. On visita alors avec attention le terrain où ces arbres avaient été plantés, et l'on reconnut avec quelque surprise que la bonne terre qui avait été mise dans les tranchées, était si fort mêlée de craie, qu'elle avait presque disparu, et que cette très-grande quantité de matière crétaée n'avait été amenée que par la stillation des eaux (2).

Cependant cette même craie qui paraît stérile et même si contraire à la végétation, peut l'aider et en augmenter le produit en la répandant sur les terres argileuses trop dures et trop compactes; c'est ce que l'on appelle *marnier les terres*, et cette espèce de préparation leur donne de la fécondité pour plusieurs années; mais comme les terres de différentes qualités demandent à être marnées de différentes façons, et que la plupart des marnes dont on se sert diffèrent de la craie, nous croyons devoir en faire un article particulier.

(2) Note communiquée par M. Nadault.

DE LA MARNE.

La marne n'est pas une terre simple, mais composée de craie mêlée d'argile (1) ou de limon; et selon la quantité plus ou moins grande de ces terres argileuses ou limoneuses, la marne est plus ou moins sèche ou plus ou moins grasse; il faut donc, avant de l'employer à l'amendement d'un terrain, reconnaître la quantité de craie contenue dans la marne qu'on y destine, et cela est aisé par l'épreuve des acides, et même en la faisant délayer dans l'eau. Or, toute marne sèche, et qui contiendra beaucoup plus de craie que d'argile ou de limon, conviendra pour marnier les terres dures et compactes que l'eau ne pénètre que difficilement, et qui se durcissent et se crevassent par la sécheresse; et même la craie pure, mêlée avec ces terres, les rend plus meubles et par conséquent susceptibles d'une culture plus aisée; elles deviennent aussi plus fécondes par la facilité que l'eau et les jeunes racines des plantes, trouvent à les pénétrer et à vaincre la résistance que leur trop grande compacité opposait à la germination et au développement des graines délicates; la craie pure et même le sable fin, de quelque nature qu'il soit, peuvent donc être employés avec grand avantage pour marnier les terres trop compactes ou trop humides; mais il faut au contraire de la marne mêlée de beaucoup d'argile, ou mieux encore de terre limoneuse pour les terres stériles par sécheresse et qui sont elles-mêmes composées de craie, de tuf et de sable; la marne la plus grasse est la meilleure pour ces terrains maigres, et pourvu qu'il y

ait dans la marne qu'on veut employer, une assez grande quantité de parties calcaires pour que l'argile y soit divisée, cette marne presque entièrement argileuse, et même la terre limoneuse toute pure, seront les meilleurs engrais qu'on puisse répandre sur les terrains sableux. Entre ces deux extrêmes, il sera aisé de saisir les degrés intermédiaires, et de donner à chaque terrain la quantité et la qualité de la marne qui pourra convenir pour engrais (2). On doit seulement observer que dans tous les cas il faut mêler la marne avec une certaine quantité de fumier, et cela est d'autant plus nécessaire, que le terrain est plus humide et plus froid. Si l'on répand les marnes sans y mêler le fumier, on perdra beaucoup sur le produit de la première et même de la seconde récolte, car le bon effet de l'amendement marné ne se manifeste pleinement qu'à la troisième ou quatrième année.

Les marnes qui contiennent une grande quantité de craie sont ordinairement blanches; celles qui sont grises, rougeâtres ou brunes, doivent ces couleurs aux argiles ou à la terre limoneuse dont elles sont mélangées, et ces couleurs plus ou moins foncées, sont encore un indice par lequel on peut juger de la qualité de chaque marne en particulier. Lorsqu'elle est tout-à-fait convenable à la nature du terrain sur lequel on la répand, il est alors bonifié pour nombre d'années (3), et le cultivateur fait un double

(1) En faisant l'analyse de la marne, on trouve que c'est un composé d'argile et de craie; la première dominant quelquefois, et d'autres fois la seconde, ce qui leur fait donner le nom de *marne forte* et de *marne légère*, et qui ne signifie autre chose que le plus ou moins d'argile qui se trouve mêlée avec la craie; et on dit qu'elle est bonne ou mauvaise pour améliorer un champ, selon le besoin qu'il a plus ou moins d'une de ces matières: sa couleur et sa dureté varient; elle est aisée à connaître; car elle se gerce aisément au soleil, à l'air et à la pluie, qu'elle soit dure ou molle... Celle où il y a beaucoup d'argile ne peut être bonne pour les terres fortes, comme celle de Biscaye et de Guipuscoa; et celle où il y a trop de matière calcaire ne vaut rien pour les terres légères. (Histoire naturelle d'Espagne, par M. Bowles.)

(2) M. Faujas de Saint-Fond parle de certains cantons du Dauphiné qui sont très-fertiles, et dont le sol contient environ un quart de matière calcaire, mêlée naturellement avec un tiers d'argile noire, tenace, mais rendue friable par environ un quart d'un sable sec et grenu; et pour le surplus, d'un second sable fin, doux et brillant... (Voyez le Mémoire sur la marne, par M. Faujas de Saint-Fond, et les Affiches du Dauphiné, octobre 1780.)

(3) Suivant Plin, la fécondité communiquée aux terres par certaines marnes, dure cinquante et jusqu'à quatre-vingts années. (Voyez son Histoire naturelle, liv. 17, chap. 7 et 8.) Il dit aussi que c'est aux Gaulois et aux Bretons qu'on doit l'usage de cet engrais pour la fertilisation des terres. (*Idem, ibidem.*) — M. de Gensanne, en parlant des marnes, fait de bonnes observations sur leur emploi, et il cite un exemple qui prouve que cet engrais est non-seulement utile pour augmenter la production des grains, mais aussi pour faire croître plus promptement et plus

profit, le premier par l'épargne des fumiers dont il usera beaucoup moins, et le second par le produit de ses récoltes qui sera plus abondant; si l'on n'a pas à sa portée des marnes de la qualité qu'exigeraient les terrains qu'on veut améliorer, il est presque toujours possible d'y suppléer, en répandant de l'argile sur les terres trop légères, et de la chaux sur les terres trop fortes ou trop humides, car la chaux éteinte est absolument de la même nature que la craie, puisqu'elles ne sont toutes deux que de la pierre calcaire réduite en poudre; ce qu'on a dit (1) sur les prétendus sels ou qualités particulières de la marne pour la végétation, sur son caractère générative, etc., n'est fondé que sur des préjugés. La cause principale et peut-être unique de l'amélioration des terres, est le mélange d'une autre terre différente, et dont les qualités se compensent et font de deux terres stériles une terre féconde (2). Ce n'est pas que les sels en petite quantité ne puissent aider les progrès de la végétation et en augmenter le produit; mais les effets du mélange convenable des terres sont indépendants de cette cause particulière: et ce serait beaucoup accorder à l'opinion vulgaire, que d'admettre dans la marne des principes plus

vigoureusement les arbres, et en particulier les mûriers blancs. (Histoire naturelle du Languedoc, tome 1.)

(1) OEuvres de Palissy; Paris, 1777, in-4^o, pages 142 jusqu'à 184.

(2) « Entre les diverses couches que l'on perce en fouillant la terre, il en est plusieurs qui sont le plus heureusement et le plus prochainement disposées à la fécondité; il suffit en les mélangeant, de les exposer aux influences de l'air et à l'aspect du ciel, pour les rendre végétales... telles sont non-seulement les marnes, mais les craies et les argiles qui, par des mélanges appropriés aux différents sols, leur communiquent une force de végétation si vigoureuse et si durable... Dans ces dépôts précieux, que la nature ne semble avoir cachés à quelque profondeur que pour les réserver à nos besoins, sont amassés les éléments les plus précieux à l'espèce humaine... N'allons donc plus, loin de la douce vue du ciel, arracher l'or du sein déchiré de la terre... Les vrais trésors sont sous nos pas; ce sont ces terres douces et fécondes qu'il faut apporter au jour, dont il faut couvrir nos champs, et qui vont renouveler un sol épuisé par nos déprédations et languissant sous nos mains avides. » (Extrait du Système de la fertilisation, par M. l'abbé Bexon; ouvrage que j'ai déjà cité (dans l'Introduction à l'Histoire naturelle des Minéraux) comme offrant, dans sa brièveté, les vues les plus étendues et les plus profondes.)

actifs pour la végétation que dans toute autre terre, puisque par elle-même la marne est d'autant plus stérile, qu'elle est plus pure et plus approchante de la nature de la craie.

Comme les marnes ne sont que des terres plus ou moins mélangées et formées assez nouvellement par les dépôts et les sédiments des eaux pluviales, il est rare d'en trouver à quelque profondeur dans le sein de la terre; elles gisent ordinairement sous la couche de la terre végétale, et particulièrement au bas des collines et des rochers de pierres calcaires qui portent sur l'argile ou le schiste. Dans certains endroits la marne se trouve en forme de noyaux ou de pelotes, dans d'autres elle est étendue en petites couches horizontales ou inclinées suivant la pente du terrain; et lorsque les eaux pluviales chargées de cette matière, s'infiltrent à travers les couches de la terre, elles la déposent en forme de concrétions et de stalactites, qui sont formées de couches concentriques et irrégulièrement groupées. Ces concrétions provenant de la craie et de la marne, ne prennent jamais autant de dureté que celles qui se forment dans les rochers de pierres calcaires dures; elles sont aussi plus impures, elles s'accumulent irrégulièrement au pied des collines, pour y former des masses d'une substance à demi pierreuse, légère et poreuse, à laquelle on donne le nom de *tuf*, qui souvent se trouve en couches assez épaisses et très-étendues au bas des collines argileuses couronnées de rochers calcaires.

C'est aussi à cette même matière crétacée et marneuse, qu'on doit attribuer l'origine de toutes les incrustations produites par les eaux des fontaines, et qui sont si communes dans tous les pays où il y a de hautes collines de craie et de pierres calcaires. L'eau des pluies, en filtrant à travers les couches de ces matières calcaires, se charge des particules les plus ténues qu'elle soutient et porte avec elle quelquefois très-loin, elle en dépose la plus grande partie sur le fond et contre les bords des routes qu'elle parcourt, et enveloppe ainsi toutes les matières qui se trouvent dans son cours: aussi voit-on des substances de toute espèce et de toute figure, revêtues et incrustées de cette matière pierreuse qui non-seulement en recouvre la surface, mais se moule aussi dans toutes les cavités de leur intérieur; et c'est à cet effet très-simple, auquel on doit rapporter la cause qui produit ce que l'on appelle communément des *pétrifications*, lesquelles ne

diffèrent des incrustations que par cette pénétration dans tous les vides et interstices de l'intérieur des matières végétales ou animales, à mesure qu'elles se décomposent ou pourrissent.

Dans les craies blanches et les marnes les plus pures, on ne laisse pas de trouver des différences assez marquées, surtout pour les sels qu'elles contiennent; si on fait bouillir quelque temps dans de l'eau distillée une certaine quantité de craie prise au pied d'une colline ou dans le fond d'un vallon, et qu'après avoir filtré la liqueur, on la laisse évaporer jusqu'à siccité, on en retirera du nitre et un mucilage épais d'un rouge brun; en certains lieux même le nitre est si abondant dans cette sorte de craie ou de marne qui a ordinairement la forme de tuf, que l'on pourrait en tirer du salpêtre en très-grande quantité, et qu'en effet on en tire bien plus abondamment des décombres ou des murs bâtis de ce tuf crétacé que de toute autre matière. Si l'on fait la même épreuve sur la craie pelotonnée qui se trouve dans les fentes des rochers calcaires, et surtout sur ces masses de matière molle et légère de fleur de craie dont nous avons parlé, au lieu de nitre on n'en retirera souvent que du sel marin, sans aucun mélange d'autre sel, et en beaucoup plus grande quantité qu'on ne retire de nitre des tufs et des craies prises dans les vallons ou sous la couche de terre végétale; cette différence assez singulière ne vient que de la différente qualité des eaux; car indépendamment des matières terreuses et bitumineuses qui se trouvent dans toutes les eaux, la plupart contiennent des sels en assez grande quantité et de nature différente, selon la différente qualité du terrain où elles ont passé; par exemple, toutes les eaux dont les sources

sont dans la couche de terre végétale ou limoneuse, contiennent une assez grande quantité de nitre; il en est de même de l'eau des rivières et de la plupart des fontaines, au lieu que les eaux pluviales les plus pures et recueillies en plein air avec précaution pour éviter tout mélange, donnent après l'évaporation une poudre terreuse très-fine, d'une saveur sensiblement salée et du même goût que le sel marin; il en est de même de la neige, elle contient aussi du sel marin comme l'eau de pluie, sans mélange d'autres sels, tandis que les eaux qui coulent sur les terres calcaires ou végétales, ne contiennent point de sel marin, mais du nitre. Les couches de marne stratifiées dans les vallons au pied des montagnes sous la terre végétale, fournissent du salpêtre, parce que la pierre calcaire et la terre végétale dont elles tirent leur origine en contiennent. Au contraire les pelotes qui se trouvent dans les fentes ou dans les joints des pierres et entre les lits des bancs calcaires, ne donnent, au lieu de nitre, que du sel marin, parce qu'elles doivent leur formation à l'eau pluviale tombée immédiatement dans ces fentes, et que cette eau ne contient que du sel marin, sans aucun mélange de nitre; au lieu que les craies, les marnes et les tufs amassés au bas des collines et dans les vallons, étant perpétuellement baignés par des eaux qui lavent à chaque instant la grande quantité de plantes dont la superficie de la terre est couverte, et qui arrivent par conséquent toutes chargées et imprégnées du nitre qu'elles ont dissous à la superficie de la terre, ces couches reçoivent le nitre d'autant plus abondamment que ces mêmes eaux y demeurent sans écoulement et presque stagnantes.

DE LA PIERRE CALCAIRE.

La formation des pierres calcaires est l'un des plus grands ouvrages de la nature; quelque brute que nous en paraisse la matière, il est aisé d'y reconnaître une forme d'organisation actuelle et des traces d'une organisation antérieure bien plus complète dans les parties dont cette matière est originairement composée. Ces pierres ont en effet été primitivement formées du détriment des coquilles, des madrépores, des coraux et de toutes les autres substances qui ont servi d'enveloppe

ou de domicile à ces animaux infiniment nombreux, qui sont pourvus des organes nécessaires pour cette production de matière pierreuse; je dis que le nombre de ces animaux est immense, infini, car l'imagination même serait épouvantée de leur quantité, si nos yeux ne nous en assuraient pas en nous démontrant leurs débris réunis en grandes masses, et formant des collines, des montagnes et des terrains de plusieurs lieues d'étendue. Quelle prodigieuse pullulation ne

doit-on pas supposer dans tous les animaux de ce genre ? Quel nombre d'espèces ne faut-il pas compter, tant dans les coquillages et crustacés actuellement existants, que pour ceux dont les espèces ne subsistent plus et qui sont encore de beaucoup plus nombreux ? Enfin combien de temps et quel nombre de siècles n'est-on pas forcé d'admettre pour l'existence successive des unes et des autres ? Rien ne peut satisfaire notre jugement à cet égard, si nous n'admettons pas une grande antériorité de temps pour la naissance des coquillages avant tous les autres animaux, et une multiplication non interrompue de ces mêmes coquillages pendant plusieurs centaines de siècles, car toutes les pierres et craies disposées et déposées en couches horizontales par les eaux de la mer, ne sont en effet formées que de ces coquilles ou de leurs débris réduits en poudre, et il n'existe aucun autre agent, aucune autre puissance particulière dans la nature, qui puisse produire la matière calcaire dont nous devons par conséquent rapporter la première origine à ces êtres organisés.

Mais dans les amas immenses de cette matière toute composée des débris des animaux à coquilles, nous devons d'abord distinguer les grandes couches qui sont d'ancienne formation, et en séparer celles qui ne s'étant formées que des détriments des premières, sont à la vérité d'une même nature, mais d'une date de formation postérieure; et l'on reconnaîtra toujours leurs différences par des indices faciles à saisir. Dans toutes les pierres d'ancienne formation, il y a toujours des coquilles ou des impressions de coquilles et de crustacées très-évidentes, au lieu que dans celles de formation moderne, il n'y a nul vestige, nulle figure de coquilles : ces carrières de pierres parasites, formées du détriment des premières, gisent ordinairement au pied ou à quelque distance des montagnes et des collines, dont les anciens bancs ont été attaqués dans leur contour par l'action de la gelée et de l'humidité; les eaux ont ensuite entraîné et déposé dans les lieux plus bas toutes les poudres et les graviers détachés des bancs supérieurs, et ces débris stratifiés les uns sur les autres par le transport et le sédiment des eaux, ont formé ces lits de pierres nouvelles où l'on ne voit aucune impression de coquilles, quoiqu'il y ait des pierres de seconde formation soient comme la pierre ancienne entièrement composées de substance coquilleuse.

Et dans ces pierres de formation secondaire, on peut encore en distinguer de plusieurs dates différentes, et plus ou moins modernes ou récentes; toutes celles, par exemple, qui contiennent des coquilles fluviatiles, comme on en voit dans la pierre qui se tire derrière l'Hôpital-Général à Paris, ont été formées par des eaux vives et courantes, long-temps après que la mer a laissé notre continent à découvert; et néanmoins la plupart des autres, dans lesquelles on ne trouve aucune de ces coquilles fluviatiles, sont encore plus récentes. Voilà donc trois dates de formation bien distinctes; la première et plus ancienne est celle de la formation des pierres, dans lesquelles on voit des coquilles ou des impressions de coquilles marines, et ces anciennes pierres ne présentent jamais des impressions de coquilles terrestres ou fluviatiles; la seconde formation est celle de ces pierres mêlées de petites *visses* et limaçons fluviatiles ou terrestres; et la troisième sera celle des pierres, qui ne contenant aucune coquille marine ou terrestre, n'ont été formées que des détriments et des débris réduits en poussière des unes ou des autres (1).

(1) « N'y aurait-il pas des pierres de troisième, et peut-être de quatrième formation ? Les carrières qui se trouvent dans les plaines à de grandes distances des montagnes, et dont la pierre est si différente de celle d'ancienne formation, semblent annoncer plusieurs décompositions, et conséquemment plusieurs formations.

» Les carrières de seconde formation, non-seulement ne sont pas aussi étendues que les anciennes carrières, mais elles sont toujours placées au-dessous des montagnes dominantes; elles sont plus proches de la surface de la terre : leurs bancs réunis ont moins d'épaisseur que les carrières de première formation. Ces carrières plus nouvelles contiennent rarement plus d'un ou deux bancs; on en voit, comme celles d'Anières, à deux lieues de Dijon, sur la route d'Issurtille, où il n'y a qu'un seul banc de cinq à six toises d'épaisseur, sans aucun lit, et presque sans joints perpendiculaires.

» La petite montagne où se trouve cette carrière, est plus basse que la chaîne qui traverse la Bourgogne du nord au sud; elle est isolée et séparée de cette chaîne par le vallon de Vanton.

» La carrière d'Issurtille ressemble beaucoup à celle d'Anières, excepté qu'elle a le grain moins fin; elle est de même dans un monticule, isolée et séparée de la grande chaîne par un vallon assez profond : il se trouve dans cette pierre quelques cavités remplies d'un spath fort dur et transparent. La pierre d'Anières, qui est éloignée de trois lieues

Les lits de ces pierres de seconde formation, ne sont pas aussi étendus ni aussi épais que ceux des anciennes et premières couches dont ils tirent leur origine, et ordinairement les pierres elles-mêmes sont moins dures, quoique d'un grain plus fin; souvent aussi elles sont moins pures, et se trouvent mélangées de différentes substances que l'eau a rencontrées et charriées avec la matière de la pierre (1). Ces lits de pierres nouvelles ne

» de celle-ci, n'offre pas les mêmes accidents; elle
 » est d'une pâte plus douce, plus blanche et d'un
 » grain plus fin: il n'y a aucun lit marqué dans la
 » carrière d'Issurtille, où l'on coupe la pierre à vo-
 » lonté, de toute longueur et épaisseur.

» La carrière de Tonnerre est située comme les
 » deux précédentes; cette pierre a le grain encore
 » plus fin, mais plus compacte que celle des deux pre-
 » mières.

» La carrière des Montots, située à Puligny, près
 » Clugny, est encore de même nature que les précé-
 » dentes; elle est située au pied de la chaîne de
 » montagnes qui traverse la Bourgogne, mais elle
 » n'est pas isolée: la pierre est rousse, parfaitement
 » pleine, plus dure, mais d'un grain aussi fin que
 » celle des carrières précédentes; les bancs ont une
 » très-grande épaisseur, elle est très-propre pour la
 » sculpture. » (Note communiquée par M. Dumorey,
 ingénieur du roi, et en chef de la province de Bour-
 gogne.)

(1) Dans une carrière de cette espèce, dont la pierre est blanche et d'un grain assez fin, située à Condat, près d'Agen, on trouve non-seulement des pyrites, mais du charbon de bois brûlé, qui a conservé sa nature de charbon; voici ce que m'en a écrit M. de la Ville de Lacépède, par sa lettre du 7 novembre 1776. « La carrière de Condat, autant qu'on en peut juger, occupe un arpent de terre et paraît s'étendre à une assez grande profondeur, quoiqu'elle n'ait été encore exploitée qu'à celle de deux ou trois toises: les couches supérieures sont fort minces et divisées par un grand nombre de fentes perpendiculaires; elles sont moins dures que celles qui sont situées plus bas; cette pierre ne contient aucune impression de coquilles, mais elle renferme plusieurs matières hétérogènes, comme du silex, entre les couches et même dans les fentes perpendiculaires, des pyrites qui sont comme incorporées avec la substance de la pierre, et enfin des morceaux de charbon. Vous pourrez, monsieur, voir par vous-même la manière dont ces matières étrangères y sont renfermées, en jetant les yeux sur les morceaux de pierre que je vais avoir l'honneur de vous envoyer au Jardin du Roi, et que vous m'avez demandés... J'ai trouvé aussi des pyrites enchâssées dans des pierres d'une carrière voisine de celle de Condat, ayant la même composition intérieure, et ne contenant point de coquilles; ces deux carrières occupent les deux côtés d'un très-petit vallon qui les sépare, et sont à peu près à la même hauteur... et

sont dans la réalité que des dépôts semblables à ceux des incrustations, et chacune de ces carrières parasites doit être regardée comme une aggrégation d'un grand nombre d'incrustations ou concrétions pierreuses, superposées et stratifiées les unes sur les autres. Elles prennent avec le temps plus ou moins de consistance et de dureté, suivant leur degré de pureté, ou selon les mélanges qui sont entrés dans leur composition; il y a de ces concrétions, telles que les albâtres qui reçoivent le poli; d'autres qu'on peut comparer à la craie par leur blancheur et leur légèreté; d'autres qui ressemblent plus au tuf. Ces lits de pierre de seconde et troisième formation, sont ordinairement séparés les uns des autres par des joints ou délits horizontaux assez larges, et qui sont remplis d'une matière pierreuse moins pure et moins liée que l'on nomme *bousin* (2); tandis que dans les pierres de première formation, les délits horizontaux sont étroits et remplis de spath. On peut encore remarquer que dans les pierres de première formation, il y a plus de solidité, plus d'adhérence entre les grains dans le sens horizontal que dans le sens vertical, en sorte qu'il est plus aisé de les fendre ou casser verticalement qu'horizontalement, au lieu que dans les pierres de seconde et troisième formation, il est à peu près égale-

» toutes deux sont situées au bas de plusieurs montag-
 » nes, dont les sommets sont composés de pierres
 » calcinables d'ancienne formation, et d'un grain bien
 » moins fin que celui des pierres de Condat, qui
 » seules ont cette blancheur éclatante, et cette facilité
 » à recevoir un beau poli qui les fait employer à la
 » place du marbre. »

(2) M. de la Hire fils a reconnu dans une carrière peu fréquentée proche la fausse porte Saint-Jacques, dont toute la hauteur avait peut-être vingt pieds, que toute cette hauteur n'était pas de pierre, mais était interrompue par des lits moins hauts que ceux de la pierre, et à peu près également horizontaux, et de la même couleur, mais d'une matière beaucoup plus tendre, grasse, et qui ne se durcit point à l'air comme fait la pierre tendre; on l'appelle *bousin*. Il s'en trouve dans toutes les carrières des environs de Paris: il faut, selon M. de la Hire, que des ravines d'eau aient charrié en certain temps, pendant un hiver par exemple, différentes matières qui se sont arrêtées dans un fond; là, étant en repos, les plus pesantes se sont précipitées et auront formé un lit de pierre, et les plus légères seront demeurées au-dessus et auront fait le *bousin*: une seconde ravine survenue pendant un autre hiver sur ces deux lits formés et desséchés, en aura fait deux autres pareils, et ainsi de suite jusqu'à ce que le fond où tout s'assemblait ait été comblé. (Histoire de l'Académie des sciences.)

ment aisé de les travailler dans tous les sens. Enfin dans les pierres d'ancienne formation, les bancs ont d'autant plus d'épaisseur et de solidité qu'ils sont situés plus bas, au lieu que les lits de formation moderne, ne suivent aucun ordre ni pour leur dureté ni pour leur épaisseur. Ces différences très-apparentes suffisent pour qu'on puisse reconnaître et distinguer au premier coup d'œil une carrière d'ancienne ou de nouvelle pierre.

Mais outre ces couches de première, de seconde et de troisième formation, dans lesquelles la pierre calcaire est en masses uniformes ou par bancs composés de grains plus ou moins fins, on trouve, en quelques endroits des amas entassés et très-étendus de pierres arrondies et liées ensemble par un ciment pierreux, ou séparées par des cavités remplies d'une terre presque aussi dure que les pierres avec lesquelles elle fait masse continue, et si solide qu'on ne peut en détacher des blocs qu'au moyen de la poudre (1). Ces couches de pierres arrondies

(1) « J'ai suivi, dit M. l'abbé de Sauvages, une chaîne depuis Montmoirac jusqu'à Rousson, ce qui fait une étendue d'environ deux lieues; elle se distingue des autres par la forme de ses pierres et par leur arrangement; les rochers de ces montagnes et de ces coteaux ne sont point par lits, ils sont entièrement formés de tas immenses de pierres à chaux de différentes grosseurs, toutes arrondies, d'un grain extrêmement fin, serré, et si bien lié qu'en choquant ces pierres, elles tintent pour l'ordinaire : celles qui se trouvent vers la surface du rocher, sont peu liées entre elles; mais pour peu qu'on creuse, on trouve que tous les vides qui les séparent sont exactement remplis d'une terre dont le grain est plus grossier que celui des pierres : cette terre a été si bien durcie qu'elle ne fait avec les pierres arrondies qu'une même masse, dont on ne détache des blocs qu'au moyen de la mine.

» On voit, à la cassure de ces rochers, que la terre qui lie les différents morceaux, est partout roussâtre; mais les morceaux eux-mêmes sont de différentes couleurs, ce qui donnerait, si cette pierre était taillée et polie, une assez belle espèce de brèche.

» Ce rocher de cailloutages, connu à Alais sous le nom d'*amenla*, est de la nature des pierres calcaires ou des marbres, et fait la plus excellente de toutes les chaux, d'une tenue prompte et très-forte, et qu'on recherche pour bâtir dans l'eau; cette chaux demande une plus longue cuite que les autres, surtout si on emploie les pierres détachées qui ont été long-temps exposées à l'air, ne fussent-elles que de la grosseur d'un œuf de poule; si on ne les casse en deux, on a beau les faire rougir dans le four à chaux pendant vingt-quatre heures, comme

sont peut-être d'une date aussi nouvelle que celles des carrières parasites de dernière formation. La finesse du grain de ces pierres arrondies, leur résistance à l'action du feu,

» à l'ordinaire, elles sont trop réfractaires pour se calciner; elles ne fusent point à l'eau, ou ne se détrempent jamais bien.

» Le rocher d'*amenla* ne va pas à une grande profondeur, comme ceux des autres chaînes; on en voit dans quelques ravins les fondements ou la base, qui se trouve souvent mêlée de couches d'un rocher jaunâtre de pierre morte : ce rocher sur lequel porte l'*amenla*, est fort commun dans tous les endroits par où passe notre chaîne; il est assez dur dans la carrière, mais il s'éclate et se calcine pour peu qu'il ait été à l'air, et cela parce qu'il est fort poreux : en conséquence sa cassure est mate, et n'a point de ces grains luisants, qui sont communs à toutes les pierres à chaux; aussi lorsqu'on les met cuire ensemble, ces pierres mortes ne donnent que de la terre....

» Ce rocher porte toutes les marques d'un bouleversement et d'un désordre qui a confondu les pierres avec les coquillages qu'on trouve indifféremment répandus dans toute l'épaisseur du rocher, et dans les endroits les plus profonds où sa base aboutit.

» C'est principalement de ce désordre et de la forme arrondie des pierres, que j'ai conjecturé, 1^o que la pétrification des morceaux arrondis du rocher d'*amenla* et des coquillages qui s'y trouvent mêlés, est de beaucoup antérieure à celle de la terre qui les lie les uns avec les autres; 2^o que tout le rocher est étranger, pour ainsi dire, dans la place qu'il occupe; 3^o que les pierres d'*amenla* paraissent s'être arrondies en roulant confusément les unes sur les autres, de la même façon que les galets de la mer ou des rivières : qu'on examine les raisons que j'en rapporte, pour juger si je fais des suppositions trop violentes.

» 1^o. La terre qui lie les pierres d'*amenla* de différentes couleurs, est elle-même d'une couleur toujours uniforme et d'un grain plus grossier; cette terre n'est jamais si bien pétrifiée qu'à la fin elle ne se gerce et ne se calcine à l'air lorsqu'elle y a resté long-temps exposée; aussi la surface des rochers d'*amenla* où l'on n'a pas touché, est toute soulevée en morceaux détachés, tandis que les pierres arrondies, ou l'*amenla* proprement dit, reste entier et n'en devient que plus dur.

» C'est à cette cause qu'il faut attribuer la facilité que les couches d'un rocher ont de se séparer les unes des autres, et c'est ce qui me fait conclure que notre rocher est le produit de deux pétrifications faites en des temps différents, d'abord celle des pierres arrondies ou des *amenlas*, et ensuite celle de la terre qui les lie.

» 2^o. Dans la cassure d'un bloc, composé de plusieurs *amenlas* liés par une terre durcie, j'ai vu

plus grande que celle des autres pierres à chaux, le peu de profondeur où se trouve la base de leurs amas, la forme même de ces pierres qui semble démontrer qu'elles ont été roulées, tout se réunit pour faire croire que ce sont des blocs en débris de pierres plus ou moins anciennes, lesquels ont été arrondis par le frottement, et ensuite liés ensemble par une terre mêlée d'une assez grande quantité de substance spathique, pour se durcir et faire corps avec ces pierres.

Nous devons encore citer ici d'autres pier-

res en blocs, qui d'abord étaient liées ensemble par des terres durcies, et qui se sont ensuite séparées lorsque ce ciment terreux a été dissous ou délayé par les éléments humides : on trouve dans le lit de plusieurs rivières un très-grand nombre de ces pierres calcaires arrondies en petit ou gros volume, et à des distances considérables des montagnes dont elles sont descendues (1).

Et c'est à cette même interposition de matière terreuse entre ces blocs en débris, qu'on doit attribuer l'origine des pierres

» souvent des veines blanches de suc pierreux qui traversent un morceau arrondi d'amenla ; mais ces veines ne s'étendent point au-delà dans la terre pétrifiée, qui n'est veinée dans aucun endroit : la veine du caillou n'a point de suite, elle se termine nettement à ses bords ; c'est ce que j'ai remarqué depuis dans un grand nombre de ces espèces de marbre appelés *brèches*, qui sont dans le cas de nos amenlas.

» Cette observation prouve non-seulement que la pétrification de nos pierres arrondies et de la terre qui les lie, n'a pas été faite ni dans un même lieu, ni dans un même temps, car autrement la veine blanche traverserait indifféremment tout le bloc, et passerait de la pierre arrondie dans la terre qui est durcie autour ; mais elle indique encore que les pierres d'amenla, aujourd'hui arrondies, et probablement anguleuses autrefois, sont des morceaux détachés d'une plus grosse masse, parce que dans tous les rochers à chaux traversés par des veines de suc pierreux, ces veines parcourent une assez grande étendue avant de se terminer, et elles ne se terminent communément qu'en s'amortissant en une pointe insensible qui se perd dans le rocher ; les veines ne sont coupées nettement et avec toute leur largeur que dans les morceaux détachés ; c'est ce qu'on voit au moins tous les jours dans nos rochers à chaux et dans tous les marbres veinés : nos amenlas seraient-ils les seuls exceptés de la loi commune ? Les veines, tant celles des morceaux qui sont détachés, que celles des morceaux qui sont liés en un bloc, montrent qu'ils ont fait partie d'un autre rocher, et que ces morceaux n'ont point toujours été isolés : ceux qui sont accoutumés à voir les pierres en philosophes, et qui en ont beaucoup manié le marteau à la main, sentiront mieux que les autres la force de cette preuve.

» 3°. Les coquillages fossiles de cette chaîne sont partout confondus avec la pierre d'amenla jusqu'à la pierre morte qui leur sert de base ; mais ils ne vont point au-delà, ce qui est une assez forte présomption pour croire que les coquillages et les amenlas ont été portés, ou plutôt roulés d'ailleurs sur ce terrain, et qu'ils y sont, pour ainsi dire, dépayés.

» 4°. Nos amenlas sont arrondis comme les galets des rivières ; ils ne sont que de la grosseur des

» pierres qu'elles entraînent ; ils sont enfin de grains et de couleurs différentes : peut-on méconnaître à ces caractères un ramassis de pierres qui ont appartenu originellement à différents rochers de montagnes éloignées les unes des autres ? Ces pierres ont été entraînées dans un même endroit, loin de leur première place, comme celles qu'on trouve dans les lits des torrents, des rivières, ou sur le rivage de la mer.

» Ce que je viens de dire, indique déjà que l'état primitif de nos amenlas était d'être anguleux, et que leur forme arrondie est l'effet du frottement qu'ils ont éprouvé en roulant.

» On peut cependant objecter contre ce fait que je prétends établir, que la rondeur de ces pierres peut tenir à d'autres causes ; que les géodes, par exemple, et presque tous les cailloux de pierre à fusil, sont naturellement arrondis, sans qu'on puisse raisonnablement attribuer cette forme à aucun frottement ; parce que ces dernières pierres en particulier, ont une croûte blanchâtre et opaque, qui semble avoir toujours terminé leur surface, sans avoir souffert aucune altération.

» Mais je demanderai sur cela, si cette croûte se trouvait enclavée dans quelques-uns de ces cailloux, si elle paraissait visiblement plus usée dans certains côtés plus exposés que dans d'autres qui le sont moins, la preuve ou la présomption du frottement ou du roulement ne serait-elle pas bien forte ? Heureusement nous l'avons tout entière pour nos amenlas, et nous la trouvons d'une manière incontestable dans les coquilles fossiles de cette chaîne, qui ont sans doute éprouvé une agitation commune avec les autres pierres qui la composent.

» En effet la plupart des huitres de cette chaîne se sont arrondies, leurs angles les plus saillants ont été emportés, etc., etc. » (Mémoire de M. de Sauvages, dans ceux de l'Académie royale des sciences de Paris, année 1746, pages 723 jusqu'à 728.)

(1) Dans le Rhône et dans les rivières et ruisseaux qui descendent du mont Jura, dont tous les contours sont de pierres calcaires jusqu'à une grande hauteur, on trouve une très-grande quantité de ces pierres calcaires arrondies, à plusieurs lieues de distance de ces montagnes.

trouées qu'on rencontre si communément dans les petites gorges et vallons où les eaux ont autrefois coulé en ruisseaux, qui depuis ont tari ou ne coulent plus que pendant une partie de l'année; ces eaux ont peu à peu délayé la terre contenue dans tous les intervalles de la masse de ces pierres qui se présentent actuellement avec tous leurs vides, souvent trop grands pour qu'elles puissent être employées dans la maçonnerie. Ces pierres à grands trous ne peuvent aussi être taillées régulièrement; elles se brisent sous le marteau, et tiennent ordinairement plus ou moins de la mauvaise qualité de la *roche morte*, qui se divise par écailles ou en morceaux irréguliers. Mais lorsque ces pierres ne sont percées que de petits trous de quelques lignes de diamètre, on les préfère pour bâtir, parce qu'elles sont plus légères et qu'elles reçoivent et saisissent mieux le mortier que les pierres pleines.

Il y a dans le genre calcaire, comme dans le genre vitreux, des pierres vives et d'autres qu'on peut appeler mortes, parce qu'elles ont perdu les principes de leur solidité et qu'elles sont en partie décomposées; ces roches mortes se trouvent le plus souvent au pied des collines, et environnent leur base à quelques toises de hauteur et d'épaisseur, au-delà desquelles on trouve la roche vive sur le même niveau; ce qui suffit pour démontrer que cette roche aujourd'hui morte était jadis aussi vive que l'autre, mais qu'étant exposée aux impressions de l'air, de la gelée et des pluies, elle a subi les différentes altérations qui résultent de leur action long-temps continuée, et qui tendent toutes à la désunion de leurs parties constituantes, soit en interrompant leur continuité, soit en décomposant leur substance.

On voit déjà que quoique en général toutes les pierres calcaires aient une première origine commune, et que toutes soient essentiellement de la même nature, il y a de grandes différences entre elles pour les temps de leur formation, et une diversité encore plus grande dans leurs qualités particulières. Nous avons parlé des différents degrés de leur dureté qui s'étendent de la craie jusqu'au marbre: la craie, dans ses couches supérieures, est souvent plus tendre que l'argile sèche, et le marbre le plus dur ne l'est jamais autant à beaucoup près que le quartz ou le jaspe: entre ces deux extrêmes, on trouve toutes les nuances du plus ou moins de dureté dans les pierres cal-

caires, soit de première, soit de seconde ou de troisième formation; car dans ces dernières carrières on rencontre quelquefois des lits de pierre aussi dure que dans les couches anciennes, comme la pierre de *liais*, qui se tire dans les environs de Paris, et dont la dureté vient de ce qu'elle est surmontée de plusieurs bancs d'autres pierres, dont elle a reçu les sucs pétrifiants.

Le plus ou moins de dureté des pierres dépend de plusieurs circonstances, dont la première est celle de leur situation au-dessous d'une plus ou moins grande épaisseur d'autres pierres; et la seconde, la finesse des grains et la pureté des matières dont elles sont formées: leur force d'affinité s'étant exercée avec d'autant plus de puissance que la matière était plus pure, et que les grains se sont trouvés plus fins, c'est à cette cause qu'il faut attribuer la première solidité de ces pierres, et cette solidité se sera ensuite fort augmentée par les sucs pierreux continuellement infiltrés des bancs supérieurs dans les inférieurs: ainsi c'est à ces causes, toutes deux évidentes, qu'on doit rapporter les différences de la dureté de toutes les pierres calcaires pures; car nous ne parlons pas encore ici de certains mélanges hétérogènes qui peuvent augmenter leur dureté; le fer, les autres minéraux métalliques et l'argile même, produisent cet effet lorsqu'ils se trouvent mêlés avec la matière calcaire en proportion convenable (1).

Une autre différence qui, sans être essentielle à la nature de la pierre, devient très-importante pour l'emploi qu'on en fait, c'est de résister ou non à l'action de la gelée; il y

(1) Il est à propos de remarquer qu'il y a certains fossiles qui procurent aux pierres une plus grande dureté que celle qui leur est propre, lorsqu'ils se trouvent mêlés dans une certaine proportion avec les matières lapidifiques, telles sont les terres minérales ferrugineuses, limoneuses, argileuses, etc., qui, quoique d'un autre genre, s'unissent entre elles; c'est ainsi que le mortier fait avec de gros sable vitrifiable et de la chaux, a plus de force, plus de cohésion que celui dans lequel il n'est entré que de la chaux et du gravier calcaire, et j'ai éprouvé plusieurs fois que de la chaux vive, fondue dans des vaisseaux de verre, s'attachait si fortement à leurs parois qu'il était impossible de les nettoyer et de l'en séparer qu'avec l'eau-forte: c'est pour cela que les pierres rousses, jaunes, grises, noires, rouges, bleuâtres, etc., et tous les marbres sont ordinairement toujours plus durs que les pierres blanches. (Note communiquée par M. Nadault.)

a des pierres qui quoiqu'en apparence d'une consistance moins solide que d'autres, résistent néanmoins aux impressions du plus grand froid, et d'autres qui, malgré leur dureté et leur solidité apparente, se fendent et tombent en écailles plus ou moins promptement, lorsqu'elles sont exposées aux injures de l'air. Ces pierres *gelisses* doivent être soigneusement rejetées dans toutes les constructions exposées à l'air et à la gelée; néanmoins elles peuvent être employées dans celles qui en sont à l'abri. Ces pierres commencent par se fendre, s'éclater en écailles, et finissent par se réduire avec le temps en graviers et en sables (1).

On reconnaîtra donc les pierres gelisses aux caractères ou plutôt aux défauts que je vais indiquer; elles sont ordinairement moins pesantes (2) et plus poreuses que les autres; elles s'imbibent d'eau beaucoup plus aisément: on n'y voit pas ces points brillants qui dans les bonnes pierres sont les témoins du spath ou suc lapidifique dont elles sont pénétrées; car la résistance qu'elles opposent à l'action de la gelée, ne dépend pas seulement de leur tissu plus serré, puisqu'il se trouve aussi des pierres légères et très-po-

(1) M. Dumorey, habile ingénieur et constructeur très-expérimenté, m'a donné quelques remarques sur ce sujet: « J'ai, m'a-t-il dit, constamment observé » que les pierres gelisses se fendent parallèlement à » leur lit de carrière, et très-rarement dans le sens » vertical: celle dont le grain est lisse et luisant, est » plus sujette à geler que la pierre dont le grain paraît rond, ou plutôt *grenu*.

» On peut tenir pour certain que plus le grain de la » pierre est aplati et luisant dans ses fractures, et plus » cette pierre est gelisse: toutes les carrières de Bourgogne que j'ai observées portent ce caractère; il est » surtout très-sensible dans celles où il se trouve entre » plusieurs bancs gelisses un seul qui soit exempt de » ce défaut, comme on peut l'observer à la carrière » de Saint-Siméon, à la porte d'Auxerre, et dans les » carrières de Givry, près de Châlons-sur-Saône, où » la pierre qui reçoit le poli gèle, et celle dont le » grain est rond et ne peut se polir, ne gèle point. » Je présume que cette différence vient de ce que l'expansion de l'eau gelée se fait plus aisément entre » les interstices des grains de la pierre, qu'elle ne » peut se faire entre les lames de celle qui est formée » par des couches horizontales très-minces, ce qui » les rend luisantes et naturellement polies dans » leurs fractures. »

(2) Le poids des pierres calcaires les plus denses n'excède guère deux cents livres le pied cube, et celui des moins denses cent soixante-quinze livres; toutes les pierres gelisses approchent plus de cette dernière limite que de la première.

reuses qui ne sont pas gelisses, et dont la cohérence des grains est si forte, que l'expansion de l'eau gelée dans leurs interstices n'a pas assez de force pour les désunir, tandis que dans d'autres pierres plus pesantes et moins poreuses, cet effet de la gelée est assez violent pour les diviser et même pour les réduire en écailles et en sables.

Pour expliquer ce fait, auquel peu de gens ont fait attention, il faut se rappeler que toutes les pierres calcaires sont composées ou des détriments de coquilles, ou des sables et graviers provenant des débris des pierres précédemment formées de ces mêmes détriments liés ensemble par un ciment, qui n'est lui-même qu'un extrait de ce qu'il y a de plus homogène et de plus pur dans la matière calcaire: lorsque ce suc lapidifique en a rempli tous les interstices, la pierre est alors aussi dense, aussi solide et aussi pleine qu'elle peut l'être; mais quand ce suc lapidifique en moindre quantité, n'a fait que réunir les grains sans remplir leurs intervalles, et que les grains eux-mêmes n'ont pas été pénétrés de cet élément pétrifiant, qu'enfin ils n'ont pas encore été pierre compacte, mais une simple craie ou poussière de coquilles dont la cohésion est faible, l'eau se glaçant dans tous les petits vides de ces pierres qui s'en imbibe aisément, rompt tout aussi aisément les liens de leur cohésion, et les réduit en assez peu de temps en écailles et en sables; tandis qu'elle ne fait aucun effet avec les mêmes efforts contre la ferme cohérence des pierres, toutes aussi poreuses, mais dont les grains précédemment pétrifiés, ne peuvent ni s'imbiber ni se gonfler par l'humidité, et qui se trouvant liés ensemble par le suc pierreux, résistent sans se désunir à la force expansive de l'eau qui se glace dans leurs interstices (3).

(3) Les différents degrés de dureté des pierres, et la résistance plus ou moins grande qu'elles opposent à l'effet de la gelée, ne dépendent pas toujours de leur densité; il y a des pierres très-pesantes et très-dures dont le grain est très-fin, telles que l'albâtre, les marbres blancs, qui sont cependant très-tendres: il y en a d'autres à gros grains aussi très-compactes, dans lesquelles on aperçoit même quantité de facettes brillantes, mais qui cependant n'ont qu'une médiocre dureté, et que la gelée fait éclater lorsqu'elles s'y trouvent exposées avant que d'avoir été suffisamment desséchées... Les pierres que la gelée fait éclater s'imbibent d'eau et sont poreuses; mais ce n'est pas seulement parce qu'elles sont poreuses que la gelée les décompose avec le temps, il s'en trouve qui le

En observant la composition des pierres dans les couches d'ancienne formation, nous reconnaitrons à n'en pouvoir douter que ces couches pour la plupart sont composées de graviers, c'est-à-dire de débris d'autres pierres encore plus anciennes, et qu'il n'y a guère que les couches de craie qu'on puisse regarder comme produites immédiatement par les détriments des coquilles. Cette observation semble reculer encore de beaucoup la date de la naissance des animaux à coquilles, puisque avant la formation de nos rochers calcaires, il existait déjà d'autres rochers de même nature, dont les débris ont servi à leur construction; ces débris ont quelquefois été transportés sans mélange par le mouvement des eaux, d'autres fois ils se sont trouvés mêlés de coquilles; ou bien les graviers et les coquilles auront été déposés par lits alternatifs, car les coquilles sont rarement dispersées dans toute la hauteur des bancs calcaires; souvent sur une douzaine de

sont autant que les pierres poncees, et qui résistent cependant comme celles-ci aux plus fortes gelées, parce que la qualité du gravier dont elles sont formées et du ciment qui les lie, est telle que la force d'expansion de l'eau gelée dans leurs interstices n'en peut forcer la résistance; les pierres que la gelée fait fendre et éclater, ou sont produites par une terre crétacée qui n'a d'autre adhérence que celle que lui procurent le dessèchement et la juste position de ses parties constituanes et dont le grain n'est presque point apparent, ou elles sont formées de graviers extrêmement fins, roulés et arrondis, qui, vus de près, ressemblent à des œufs de poisson unis par une poussière pierreuse, ce qui a fait donner à ces sortes de pierres le nom d'*ammites*; elles sont ordinairement blanches, toujours tendres, leur cassure est mate et sans points brillants, et à ces caractères on distinguera d'une manière sûre les pierres que la gelée fait éclater de celles qui y résistent... Ces pierres sont formées ou de matières lapidifiques décomposées, mais qui ne sont pas liées par le suc pierreux, ou de matières propres en effet à entrer dans la composition des pierres, mais qui n'ont pas encore été pierres, qui n'ont pas passé de la pierre au gravier et du gravier à la pierre... Les pierres au contraire qui résistent à la gelée, sont ordinairement dures, souvent aigres et cassantes; leurs molécules sont serrées et très-adhérentes, et soit que leur coupe ou cassure soit lisse ou grenue, elles sont toujours parsemées de points brillants; mais ces pierres ne sont telles que parce qu'elles sont composées de matières combinées depuis longtemps sous cette forme; que parce qu'elles ne sont qu'un amas de graviers qui ont été pierres, liés par des concrétions de même nature, plus pures et plus homogènes encore que ces mêmes graviers. (Note communiquée par M. Nadault.)

ces bancs tous posés les uns sur les autres, il ne s'en trouvera qu'un ou deux qui contiennent des coquilles, quoique l'argile qui d'ordinaire leur sert de base, soit mêlée d'un très-grand nombre de coquilles dispersées dans toute l'étendue de ses couches; ce qui prouve que dans l'argile, où l'eau n'ayant pas pénétré, n'a pu les décomposer, elles se sont mieux conservées que dans les couches de matière calcaire où elles ont été dissoutes, et ont formé ce suc pétrifiant qui a rempli les pores des bancs inférieurs, et a lié les grains de la pierre qui les compose.

Car c'est à la dissolution des coquilles et des poussières de craie et de pierre qu'on doit attribuer l'origine de ce suc pétrifiant, et il n'est pas nécessaire d'admettre dans ce liquide des qualités semblables à celles des sels, comme l'ont imaginé quelques physiiciens (1) pour expliquer la dureté que ce suc donne aux corps qu'il pénètre; on pêche toujours en physique lorsqu'on multiplie les causes sans nécessité, car il suffit ici de considérer que ce liquide ou suc pétrifiant, n'est que de l'eau chargée des molécules les plus fines de la matière pierreuse, et que ces molécules toutes homogènes et réduites à la plus grande ténuité, venant à se réunir par leur force d'affinité, forment elles-mêmes une matière homogène, transparente et assez dure, connue sous le nom de *spar* ou *spath calcaire*, et que par la même raison de leur extrême ténuité, ces molécules peuvent pénétrer tous les pores des matières calcaires qui se trouvent au-dessous des premiers lits dont elles découlent; qu'enfin et par conséquent elles doivent augmenter la densité et la dureté de ces pierres, en raison de la quantité de ce suc qu'elles auront reçu dans leurs pores. Supposant donc que le banc supérieur imbibé par les eaux, fournisse une certaine quantité de ces molécules pierreuses, elles descendront par stillation et se fixeront en partie dans toutes les cavités et les pores des bancs inférieurs, où l'eau pourra les con-

(1) Il y a, dit M. l'abbé de Sauvages, une grande analogie entre les sucs pierreux et les sucs salins, ou les sels proprement dits... Nos sucs pierreux ne faisaient-ils pas eux-mêmes la base de différents sels neutres?... De même que les sels rendent plus fermes et plus inaltérables les parties des animaux ou des végétaux qu'ils pénètrent; ainsi les sucs pierreux, en s'insinuant dans les craies et les terres, les rendent plus solides, etc. (Mémoires de l'Académie des sciences, année 1746, page 733.)

duire et les déposer, et cette même eau, en traversant successivement les bancs et détachant partout un grand nombre de ces molécules, diminue la densité des bancs supérieurs et augmente celle des bancs inférieurs.

Le dépôt de ce liquide pétifiant se fait par une cristallisation plus ou moins parfaite, et se manifeste par des points plus ou moins brillants, qui sont d'autant plus nombreux que la pierre est plus pétrifiée, c'est-à-dire plus intimement et plus pleinement pénétrée de cette matière spathique; et c'est par la raison contraire, qu'on ne voit guère de ces points brillants dans les premiers lits des carrières qui sont à découvert, et qu'il n'y en a qu'un petit nombre dans ces premiers lits lorsqu'ils sont recouverts de sables ou de terres, tandis que dans les lits inférieurs la quantité de cette substance spathique et brillante, surpasse quelquefois la première matière pierreuse. Dans cet état, la pierre est vive et résiste aux injures des éléments et du temps, la gelée ne peut en altérer la solidité; au lieu que la pierre est morte dès qu'elle est privée de ce suc, qui seul entretient sa force de résistance à l'action des causes extérieures: aussi tombe-t-elle avec le temps en sables et en poussières qui ont besoin de nouveaux suc pour se pétrifier.

On a prétendu que la cristallisation en rhombes était le caractère spécifique du spath calcaire, sans faire attention que certaines matières vitreuses ou métalliques et sans mélange de substance calcaire, sont cristallisées de même en rhombes, et que d'ailleurs, quoique le spath calcaire semble affecter de préférence la figure rhomboïdale, il prend aussi des formes très-différentes; et nos *crystallographes*, en voulant emprunter des géomètres la manière dont un rhombe peut devenir un octaèdre, une pyramide et même une lentille (parce qu'il se trouve du spath lenticulaire), n'ont fait que substituer des combinaisons idéales aux faits réels de la nature. Il en est de cette cristallisation en rhombe comme de toutes les autres; aucune ne fera jamais un caractère spécifique, parce que toutes varient, pour ainsi dire, à l'infini, et que non-seulement il n'y a guère de formes de cristallisation qui ne soient communes à plusieurs substances de nature différente, mais que réciproquement il y a peu de substances de même nature qui n'offrent différentes formes de cristallisation; témoin la prodigieuse variété de formes des spaths

calcaires eux-mêmes. En sorte qu'il serait plus que précaire d'établir des différences ou des ressemblances réelles et essentielles, par ce caractère variable et presque accidentel.

Ayant examiné les bancs de plusieurs collines de pierre calcaire, j'ai reconnu presque partout que le dernier banc qui sert de base aux autres et qui porte sur la glaise, contient une infinité de particules spathiques brillantes, et beaucoup de cristallisations de spath en assez grands morceaux; en sorte que le volume de ces dépôts du suc lapidifique, est plus considérable que le volume de la première matière pierreuse déposée par les eaux de la mer; si l'on sépare les parties spathiques, on voit que l'ancienne matière pierreuse n'est que du gravier calcaire, c'est-à-dire des détriments de pierre encore plus ancienne que celle de ce banc inférieur, qui néanmoins a été formé le premier dans ce lieu par les sédiments des eaux: il y a donc eu d'autres rochers calcaires qui ont existé dans le sein de la mer avant la formation des rochers de nos collines, puisque les bancs situés au-dessous de tous les autres bancs, ne sont pas simplement composés de coquilles, mais plutôt de gravier et d'autres débris de pierres déjà formées. Il est même assez rare de trouver dans ce dernier banc quelques vestiges de coquilles, et il paraît que ce premier dépôt du sédiment ou du transport des eaux, n'est qu'un banc de sable et de gravier calcaire sans mélange de coquilles, sur lequel les coquillages vivants se sont ensuite établis, et ont laissé leurs dépouilles, qui bientôt auront été mêlées et recouvertes par d'autres débris pierreux amenés et déposés comme ceux du premier banc; car les coquilles, comme je viens de le dire, ne se trouvent pas dans tous les bancs, mais seulement dans quelques-uns; et ces bancs coquilleux sont, pour ainsi dire, interposés entre les autres bancs, dont la pierre est uniquement composée de graviers et de détriments pierreux.

Par ces considérations tirées de l'inspection même des objets, ne doit-on pas présumer, comme je l'ai ci-devant insinué, qu'il a fallu plus de temps à la nature que je n'en ai compté pour la formation de nos collines calcaires, puisqu'elles ne sont que les décombres immenses de ses premières constructions dans ce genre; seulement on pourrait se persuader que les matériaux de ces anciens rochers qui ont précédé les nôtres,

n'avaient pas acquis dans l'eau de la mer la même dureté que celle de nos pierres, et que par leur peu de consistance, ils auront été réduits en sable et transportés aisément par le mouvement des eaux. Mais cela ne diminue que de très-peu l'énormité du temps, puisqu'il a fallu que ces coquillages se soient habitués et qu'ils aient vécu et se soient multipliés sans nombre, avant d'avoir péri sur les lits où leurs dépouilles gisent aujourd'hui en bancs d'une si grande étendue, et en masses aussi prodigieuses. Ceci même peut encore se prouver par les faits (1); car on trouve des bancs entiers quelquefois épais de plusieurs pieds, composés en totalité d'une seule espèce de coquillages, dont les dépouilles sont toutes couchées sur la même face et au même niveau; cette régularité dans leur position, et la présence d'une seule espèce, à l'exclusion de toutes les autres, semblent démontrer que ces coquilles n'ont pas été amenées de loin par les eaux; mais que les bancs où elles se trouvent se sont formés sur le lieu même, puisqu'en supposant les coquilles transportées elles se trouveraient mêlées d'autres coquilles, et placées irrégulièrement en tous sens avec les débris pierreaux amenés en même temps, comme on le voit dans plusieurs autres couches de pierre. La plupart de nos collines ne se sont donc pas formées par des dépôts successifs amenés par un mouvement uniforme et constant; il faut nécessairement admettre des repos dans ce grand travail, des intervalles considérables de temps entre les dates de la formation

(1) On trouve au sommet de la plupart des plus hautes montagnes des Cévennes, des grands bancs de roches calcaires tous parsemés de coquillages... Ces bancs de roches calcaires sont souvent appuyés sur d'autres bancs considérables de schistes ou roches ardoisées, qui ne sont autre chose que des vases argileuses ou des limons plus ou moins pétrifiés... Ces bancs de schiste faisaient autrefois un fond de mer... Mais un fait qui surprendra plus d'un naturaliste, c'est qu'il est des endroits où, au-dessous de ces bancs de schiste, il s'en trouve un second de roche calcaire d'une couleur différente du premier, et dont les in-crustations testacées ne paraissent pas les mêmes.

Comment concevoir que la mer ait pu produire dans les mêmes parages, une espèce de coquillages dans un temps et une autre espèce dans un autre? Et comment pourrait-on comprendre que la mer a pu déposer ses vases sur un fond de rochers calcaires, sans présumer en même temps que la mer a couvert ces endroits à deux reprises différentes et fort éloignées l'une de l'autre? (Histoire naturelle du Languedoc, par M. de Gensanne, tome 1, pages 260 et 261.)

THÉORIE DE LA TERRE. *Tome II.*

de chaque banc, pendant lesquels intervalles certaines espèces de coquillages auront habité, vécu, multiplié sur ce banc, et formé le lit coquilleux qui le surmonte: il faut accorder encore du temps, pour que d'autres sédiments de graviers et de matières pierreaux aient été transportés et amenés par les eaux, pour recouvrir ce dépôt de coquilles.

En ne considérant la nature qu'en général, nous avons dit que soixante-seize mille ans d'ancienneté suffisaient pour placer la suite de ses plus grands travaux sur le globe terrestre; et nous avons donné la raison pour laquelle nous nous sommes restreints à cette limite de durée, en avertissant qu'on pourrait la doubler, et même la quadrupler si l'on voulait se trouver parfaitement à l'aise, pour l'explication de tous les phénomènes. En effet, lorsqu'on examine en détail la composition de ces mêmes ouvrages, chaque point de cette analyse augmente la durée et recule les limites de ce temps trop immense pour l'imagination, et néanmoins trop court pour notre jugement.

Au reste, la pétrification a pu se faire au fond de la mer, tout aussi facilement qu'elle s'opère à la surface de la terre; les marbres qu'on a tirés sous l'eau vers les côtes de Provence, les albâtres de Malte, les pierres des Maldives (2), les rochers calcaires durs qui se trouvent sur la plupart des hauts-fonds dans toutes les mers, sont des témoins irrécusables de cette pétrification sous les eaux: le doute de quelques physiciens à cet égard, était fondé sur ce que le suc pétrifiant se forme sous nos yeux par la stillation des eaux pluviales dans nos collines calcaires, dont les pierres ont acquis par un long dessèchement, leur solidité et leur dureté; au lieu que dans la mer, ils présument qu'étant toujours pénétrées d'humidité, ces mêmes pierres ne pouvaient acquérir le der-

(2) On tire cette pierre de la mer en tel volume que l'on veut, elle est polie et de bel emploi... Et la manière dont ces insulaires l'enlèvent est assez ingénieuse; ils prennent des madriers et plateaux de bois de Candon, qui est aussi léger que le liège, et ils les joignent ensemble pour en former un gros volume; ils y attachent un cable, dont ils portent en plongeant l'autre extrémité pour attacher la pierre qu'ils veulent enlever, et comme ces blocs sont isolés et ne sont point adhérents par leur base, le volume de ce bois léger enlève la masse pesante de la pierre. (Voyage de François Pyrard de Laval; Paris, 1719, tome 1, page 135.)

nier degré de leur consistance; mais, comme je viens de le dire, cette présomption est démentie par les faits; il y a des rochers au fond des eaux tout aussi durs que ceux de nos terres les plus sèches; les amas de graviers ou de coquilles d'abord pénétrés d'humidité, et sans cesse baignés par les eaux, n'ont pas laissé de se durcir avec le temps par le seul rapprochement et la réunion de leurs parties solides; plus elles se seront rapprochées, plus elles auront exclu les parties humides; le suc pétrifiant distillant continuellement de haut en bas aura, comme dans nos rochers terrestres, achevé de remplir les interstices et les pores des bancs inférieurs de ces rochers sous-marins: on ne doit donc pas être étonné de trouver au fond des mers, à de très-grandes distances de toute terre, de trouver, dis-je, avec la sonde, des graviers calcaires aussi durs, aussi pétrifiés que nos graviers de la surface de la terre. En général, on peut assurer qu'il s'est fait, se fait, et se fera partout une conversion successive de coquilles en pierres, de pierres en gravier et de gravier en pierres, selon que ces matières se trouvent remplies ou dénuées de cet extrait tiré de leur propre substance, qui seul peut achever l'ouvrage commencé par la force des affinités, et compléter celui de la pleine pétrification.

Et cet extrait sera lui-même d'autant plus pur et plus propre à former une masse plus solide et plus dure, qu'il aura passé par un plus grand nombre de filières; plus il aura subi de filtrations depuis le banc supérieur, plus ce liquide pétrifiant sera chargé de molécules denses, parce que la matière des bancs inférieurs étant déjà plus dense, il ne peut en détacher que des parties de même densité. Nous verrons dans la suite que c'est à des doubles et triples filtrations qu'on doit attribuer l'origine de plusieurs stalactites du genre vitreux; et quoique cela ne soit pas aussi apparent dans le genre calcaire, on voit néanmoins qu'il y a des spaths plus ou moins purs, et même plus ou moins durs, qui nous représentent les différentes qualités du suc pétrifiant dont ils ne sont que le résidu, ou pour mieux dire, la substance même cristallisée et séparée de son eau superflue.

Dans les collines, dont les flancs sont ouverts par des carrières coupées à pic, l'on peut suivre les progrès et reconnaître les formes différentes de ce suc pétrifiant et pétrifié; on verra qu'il produit communé-

ment des concrétions de même nature que la matière à travers laquelle il a filtré; si la colline est de craie et de pierre tendre sous la couche de terre végétale, l'eau en passant dans cette première couche et s'infiltrant ensuite dans la craie, en détachera et entraînera toutes les molécules dont elle pourra se charger, et elle les déposera aux environs de ces carrières en forme de concrétions branchues et quelquefois fistuleuses, dont la substance est composée de poudre calcaire mêlée avec de la terre végétale, et dont les masses réunies forment un tuf plus léger et moins dur que la pierre ordinaire, ces tufs ne sont en effet que des amas de concrétions, où l'on ne voit ni fentes perpendiculaires ni délits horizontaux, où l'on ne trouve jamais de coquilles marines, mais souvent de petits coquillages terrestres et des impressions de plantes, particulièrement de celles qui croissent sur le terrain de la colline même; mais lorsque l'eau s'infiltré dans les bancs d'une pierre plus dure, il lui faut plus de temps pour en détacher des particules, parce qu'elles sont plus adhérentes et plus denses que dans la pierre tendre; et dès-lors les concrétions formées par la réunion de ces particules denses, deviennent des congélations à peu près aussi solides que les pierres dont elles tirent leur origine; la plupart seront même à demi transparentes, parce qu'elles ne contiennent que peu de matières hétérogènes en comparaison des tufs et des concrétions impures dont nous venons de parler: enfin si l'eau filtre à travers les marbres et autres pierres les plus compactes et les plus pétrifiées, les congélations ou stalactites seront alors si pures, qu'elles auront la transparence du cristal. Dans tous les cas, l'eau dépose ce suc pierreux partout où elle peut s'arrêter et demeurer en repos, soit dans les fentes perpendiculaires, soit entre les couches horizontales des rochers (1); et par ce

(1) On trouve un banc de spath strié ou filamenteux et blanc, dans une gorge formée par des monticules qu'on peut regarder comme les premiers degrés de la chaîne de montagnes qui bordent la Limagne et l'Auvergne du côté du couchant, au-dessous de Châtel-Guyon; cette pierre striée, dont le banc est fort étendu, est employée à faire de la chaux, mais il faut beaucoup de temps pour la calciner. On voit dans les rochers, que ce spath y est déposé par couches mêlées parmi d'autres couches d'une espèce de pierre graveleuse et grisâtre: dans l'un des rochers, qui a quatorze à quinze pieds d'élevation, les

long séjour entre ces couches, le liquide pétifiant pénètre les bancs inférieurs et en augmente la densité (1).

On voit par ce qui vient d'être exposé, que les pierres calcaires ne peuvent acquérir un certain degré de dureté, qu'autant qu'elles sont pénétrées d'un suc déjà pierreux; qu'ordinairement les premières couches des montagnes calcaires sont de pierre tendre, parce qu'étant les plus élevées, elles n'ont pu recevoir ce suc pétifiant, et qu'au contraire elles l'ont fourni aux couches inférieures. Et lorsqu'on trouve de la pierre dure au sommet des collines, on peut s'assurer en considérant le local, que ces sommets de collines ont été dans le commencement surmontés d'autres bancs de pierre, lesquels ensuite ont été détruits; cet effet est évident dans les collines isolées, elles sont toujours moins élevées que les montagnes voisines; et en prenant le niveau du banc supérieur de la colline isolée, on trouvera, à la même

hauteur, dans les collines voisines, le banc correspondant et d'égale dureté, surmonté de plusieurs autres bancs dont il a reçu les sucs pétifiants, et par conséquent le degré de dureté qu'il a conservé jusqu'à ce jour. Nous avons expliqué (2) comment les courants de la mer ont dû rabaisser les sommets de toutes les collines isolées, et il n'y a eu nul changement, nulle altération dans les couches de ces pierres depuis la retraite des mers, sinon dans celles où le banc supérieur s'est trouvé exposé aux injures de l'air, ou recouvert d'une trop petite épaisseur de terre végétale; ce premier lit s'est en effet délité horizontalement et fondu verticalement, et c'est là d'où l'on tire ces pierres calcaires dures et minces, appelées *laves* en plusieurs provinces, et dont on se sert au lieu de tuile, pour couvrir les maisons rustiques (3); mais immédiatement au-dessus de ce lit de pierres minces, on retrouve les bancs solides et épais qui n'ont subi aucune altération, et qui sont encore tels qu'ils ont été formés par le transport et le dépôt des eaux de la mer.

En remontant de nos collines isolées aux carrières des hautes montagnes calcaires, dont les bancs supérieurs n'ont point été détruits, on observera partout que ces bancs supérieurs sont les plus minces, et que les inférieurs deviennent d'autant plus épais qu'ils sont situés plus bas; la cause de cette différence me paraît encore simple. Il faut considérer chaque banc de pierre comme composé de plusieurs petits lits stratifiés les uns sur les autres; or, à mesure que l'eau pénètre et descend à travers les masses de gravier ou de craie, elle se charge de plus en plus des molécules qu'elle en détache, et dès qu'elle est arrêtée par un lit de pierre plus compacte, elle dépose sur ce lit une partie des molécules dont elle était chargée, et entraîne le reste dans les pores et jusqu'à la surface inférieure de ce lit, et même sur la surface supérieure du lit au-dessous. L'épaisseur des deux lits augmente donc en même temps, et leurs surfaces se rapprochent pour ainsi dire par l'addition de cette nouvelle matière; enfin ces petits lits se joignent et ne forment plus qu'un seul et même lit qui se réunit de

couches de spath ont deux ou trois pouces et plus d'épaisseur, et celles de la pierre grisâtre en ont huit et même douze. La base de ce rocher est distribuée par couches, et la partie supérieure est composée de pierres et de cailloux arrondis, dont plusieurs sont de la grosseur de la tête; ils sont liés par une matière pierreuse, dure, blanchâtre, et parsemée de petits graviers de toutes sortes de couleurs. (Mémoire sur la Minéralogie d'Auvergne, par M. Guettard, dans ceux de l'Académie des sciences, année 1759.)

(1) « Les sucs pétifiants, dit M. l'abbé de Sauvages, sont certainement la cause de la solidité des pierres; celles qui n'en sont point pour ainsi dire abrévées, ne portent ce nom qu'improprement; telles sont les craies, les marnes, les pierres mortes, etc., qui ne doivent le peu de solidité qu'elles ont dans la carrière qu'à l'affaïssement de leurs parties appliquées l'une sur l'autre, sans aucun intermède qui les lie: aussi dès que ces pierres sont exposées aux injures de l'air, leurs parties, que rien ne fixe et ne retient, s'enflent, s'écartent, se calcinent et se durcissent en terre; au lieu que ces agents sont trop faibles pour décomposer les pierres proprement dites.... J'ai été assez heureux pour trouver dans les carrières de nos rochers, des morceaux dont une partie était pétrifiée et avait la cassure brillante, tandis que l'autre, qui était encore sur le métier, était tendre, mate dans sa cassure, et n'avait rien de plus qu'une marne qui à la longue se détrempe à l'air et à la pluie: le milieu de cette pierre mi-partie participait de la différente solidité des deux, sans qu'on pût assigner au juste le point où la marne commençait à être de la pierre. » (Mémoires de l'Académie des sciences, année 1746, pages 732 et suiv.)

(2) Époques de la Nature.

(3) Il ne faut pas confondre ces pierres calcaires en laves, avec les laves de grès feuilleté dont nous avons parlé ci-devant; et bien moins encore avec les véritables laves volcaniques, qui sont d'une tout autre nature.

même à un troisième lit, en sorte que plus il y a de matière lapidifique amenée par la stillation des eaux, plus il se fait de réunion des petits lits, dont la somme fait l'épaisseur totale de chaque banc, et par conséquent cette épaisseur doit être plus grande dans les bancs inférieurs que dans les supérieurs, puisque c'est aux dépens de ceux-ci que leurs joints se remplissent et que leurs surfaces se réunissent.

Pour reconnaître évidemment ce produit du travail de l'eau, il ne faut que fendre une pierre dans le sens de son lit de carrière; en la divisant horizontalement, on verra que les deux surfaces intérieures qu'on vient de séparer, sont réciproquement hérissées d'un très-grand nombre de petits mamelons qui se corrompent alternativement, et qui ont été formés par le dépôt des stillations de l'eau: la pierre délitée dans ce sens présente une cassure spathique qui est partout convexe et concave et comme ondulée de petites éminences, au lieu que la cassure dans le sens vertical n'offre aucun de ces petits mamelons, mais le grain seul de la pierre.

Comme ce travail de l'eau chargée du suc pétrifiant a commencé de se faire sur les pierres calcaires dès les premiers temps de leur formation, et qu'il s'est fait sous les eaux par l'infiltration de l'eau de la mer, et sur la terre par la stillation des eaux pluviales, on ne doit pas être étonné de la grande quantité de matière spathique qui en est le produit: non-seulement cette matière a formé le ciment de tous les marbres et des autres pierres dures, mais elle a pénétré et pétrifié chaque particule de la craie et des autres détriments immédiats des coquilles, pour les convertir en pierre: elle a même formé de nouvelles pierres en grandes masses, telles que les albâtres, comme nous le prouverons dans l'article suivant; souvent cette matière spathique s'est accumulée dans les fentes et les cavités des rochers où elle se présente en petits volumes cristallisés et quelquefois en blocs irréguliers, qui par la finesse de leurs grains et le grand nombre de points brillants qu'ils offrent à la cassure, démontrent leur origine et leur composition toujours plus ou moins pure, à mesure que cette matière spathique y est plus ou moins abondante.

Ce spath, cet extrait le plus pur des substances calcaires, est donc le ciment de toutes les pierres de ce genre, comme le suc cristallin qui n'est qu'un extrait des matières

vitreuses, est aussi le ciment de toutes les pierres vitreuses de seconde et de troisième formation; mais indépendamment de ces deux ciments, chacun analogue aux substances qu'ils pénètrent, et dont ils réunissent et consolident les parties intégrantes, il y a une autre sorte de *gluten* ou ciment commun aux matières calcaires et aux substances formées des débris de matières vitreuses, dont l'effet est encore plus prompt que celui du suc pétrifiant, calcaire ou vitreux. Ce gluten est le bitume, qui dès le premier temps de la mort et de la décomposition des êtres organisés, s'est formé dans le sein de la terre, et a imprégné les eaux de la mer où il se trouve quelquefois en grande quantité. Il y a de certaines plages voisines des côtes de la Sicile, près de Messine, et de celles de Cadix en Espagne (1), où l'on a observé qu'en moins d'un siècle les graviers, les petits cailloux, et les sables de quelque nature qu'ils soient, se réunissent en grandes masses dures et solides, et dont la pétrification sous l'eau ne fait que s'augmenter et se consolider de plus en plus avec le temps; nous en parlerons plus en détail, lorsqu'il sera question des pierres mélangées de détriments calcaires et de débris vitreux: mais il est bon de reconnaître d'avance l'existence de ces trois *glutens* ou ciments différents, dont le premier et le second, c'est-à-dire le suc cristallin et le suc spathique réunis au bitume, ont augmenté la dureté des pierres de ces deux genres lorsqu'elles se sont formées sous l'eau; ce dernier ciment paraît être celui de la plupart des pierres schisteuses, dans lesquelles il est souvent assez abondant pour les rendre inflammables; et quoique la présence de ce

(1) Cadix est situé dans une presqu'île, sur des rochers, où vient se briser la mer. Ces rochers sont un mélange de différentes matières, comme marbre, quartz, spath, cailloux et coquilles réduites en mortier avec le sable et le gluten ou bitume de la mer, lequel est si puissant dans cet endroit, que l'on observe dans les décombres qu'on y jette, que les briques, les pierres, le sable, le plâtre, les coquilles, etc., se trouvent après un certain temps si bien unis et attachés ensemble, que le tout ne paraît qu'un morceau de pierre. (Histoire naturelle d'Espagne, par M. Bowles.) — M. le prince de Pignatelli d'Egmont, amateur très-éclairé de toutes les grandes et belles connaissances, a eu la bonté de me donner, pour le Cabinet du Roi, un morceau de cette même nature, tiré sur le rivage de la mer de Sicile, où cette pétrification s'opère en très-peu de temps. Fazzelo (*de Rebus siculis*) attribue à l'eau du détroit de Carylde, cette propriété de cimenter le gravier de ses rivages.

ciment ne soit pas évidente dans les pierres calcaires, l'odeur qu'elles exhale lorsqu'on les taille, indique qu'il est entré de la matière inflammable dans leur composition.

Mais revenons à notre objet principal, et après avoir considéré la formation et la composition des pierres calcaires, suivons en détail l'examen des variétés de la nature dans leur décomposition; après avoir vu les coupes perpendiculaires des rochers dans les carrières, il faut aussi jeter un coup d'œil sur les pierres errantes qui s'en sont détachées, et dont il y a trois espèces assez remarquables: les pierres de la première sorte sont des blocs informes qui se trouvent communément sur la pente des collines et jusque dans les vallons; le grain de ces pierres est fin et semé de points brillants sans aucun mélange ni vestiges de coquilles; l'une des surfaces de ces blocs est hérissée de mamelons assez longs, la plupart figurés en cannelures et comme travaillés de main d'homme; tandis que les autres surfaces sont unies; on reconnaît donc évidemment le travail de l'eau sur ces blocs, dont la surface cannelée portait horizontalement sur le banc duquel ils ont été détachés; leur composition n'est qu'un amas de congélations grossières faites par les stillations de l'eau à travers une matière calcaire tout aussi grossière.

Les pierres de seconde sorte ne sont pas des blocs informes; ils affectent au contraire des figures presque régulières; ces blocs ne se trouvent pas communément sur la pente des collines ni dans leurs vallons, mais plutôt dans les plaines au-dessus des montagnes calcaires, et la substance dont ils sont composés est ordinairement blanche; les uns sont irrégulièrement sphériques ou elliptiques, les autres hémisphériques, et quelquefois on en trouve qui sont étroits dans leur milieu, et qui ressemblent à deux moitiés de sphères réunies par un collet; ces sortes de blocs figurés présentent encore la forme de la substance des *astroïtes*, *cerveaux de mer*, etc., dont ils ne sont que les masses entières ou les fragments; leurs rides et leurs pores ont été remplis d'une matière blanche toute semblable à celle de ces productions marines. Les stries et les étoiles que l'on voit à la surface de plusieurs de ces blocs, ne laissent aucun doute sur la première nature de ces pierres qui n'étaient d'abord que des masses coquilleuses produites par les polypes et autres animaux de

même genre, et qui dans la suite par l'addition et la pénétration du suc extrait de ces mêmes substances, sont devenues des pierres solides et même sonores.

La troisième espèce de ces pierres en blocs et en débris, se trouve comme la première sur la pente des montagnes calcaires et même dans leurs vallons; ces pierres sont plates comme le moëllon commun, et presque toujours renflées dans leur milieu, et plus minces sur les bords comme sont les galets; toutes sont colorées de gris-foncé ou de bleu dans cette partie du milieu qui est toujours environnée d'une substance pierreuse blanchâtre, qui sert d'enveloppe à tous ces noyaux colorés (1), et qui a été formée

(1) C'est à ces sortes de pierres que l'on peut rapporter celles qui se trouvent à une lieue et demie de Riom en Auvergne, et dont M. Dutour fait mention dans les termes suivants: « La terre végétale qui » couvre la terre crétacée en est séparée par un lit de » pierres; ces pierres sont branchues, baroques, quel- » quefois percées de part en part par des trous ronds: » intérieurement elles sont compactes, nullement fa- » rineuses, et de couleur ou grise ou bleuâtre; leur » extérieur est recouvert d'une écorce, tantôt dure, » tantôt friable, toujours blanche, et telle que si on » les avait trempées dans de la chaux éteinte: il y a » de ces pierres éparses au-dessus de la terre végétale; » mais au-dessous de cette couche végétale, qui a » environ un pied et demi d'épaisseur, on voit un lit » de ces mêmes pierres, si exactement enclavées les » unes dans les autres, qu'il en résulte un banc con- » tinu en apparence: sa surface supérieure est seule- » ment raboteuse, et ce lit de pierres se continue sur » la terre crétacée... L'espace où se trouvent ces » pierres ainsi que la terre crétacée qui est au-dessous, » était occupé dans les premiers temps par un banc » homogène de pierres calcaires, que les eaux des » pluies ont entraîné par succession de temps. » (Observation sur un banc de terre crétacée, etc., par M. Dutour, dans les Mémoires des savants étrangers, tome 5, page 54.) — Aux bords de l'Albarine, surtout près de Saint-Denis, il y a une immensité de cailloux roulés (qui sont bien de terre calcaire, puisqu'on en fait de très-bonne chaux); ils ont une croûte blanche à peu près concentrique, et un noyau d'un beau gris-bleu; le hasard ne peut avoir fait que des fragments de blocs mêlés, se soient usés et arrondis concentriquement suivant leurs couleurs; quelle peut donc être la formation de ces cailloux? (Lettre de M. de Morveau à M. le comte de Buffon, datée de Bourgen-Bresse, le 22 septembre 1778.) — Je puis ajouter à toutes ces notes particulières, que dans presque tous les pays dont les collines sont composées de pierres calcaires, il se trouve de ces pierres dont l'intérieur plus anciennement formé que l'extérieur, est teint de gris ou de bleu, tandis que les couches supé-

postérieurement à ces noyaux; néanmoins ils ne paraissent pas être d'une formation aussi ancienne que ceux de la seconde sorte, car ils ne contiennent point de coquilles; leur couleur et les points brillants dont leur substance est parsemée, indiquent qu'ils ont d'abord été formés par une matière pierreuse, imprégnée de fer ou de quelque autre minéral qui les a colorés, et qu'après avoir été séparés des rochers où ils se sont formés, ils ont été roulés et aplatis en forme de galets, et qu'enfin ce n'est qu'après tous ces mouvements et ces altérations, qu'ils ont été saisis de nouveau par le liquide pétrifiant qui les a tous enveloppés séparément et quelquefois réunis ensemble; car on trouve de ces pierres à noyau coloré non-seulement en gros blocs, mais même en grands bancs de carrières, qui toutes sont situées sur la pente et au pied des montagnes ou collines calcaires, dont ces blocs ne sont que les plus anciens débris.

On trouve encore sur les pentes douces des collines calcaires dans les champs cultivés, une grande quantité de pétrifications de coquilles et de crustacées entières et bien conservées, que le soc de la charrue a détachées et enlevées du premier banc qui gît immédiatement sous la couche de terre végétale; cela s'observe dans tous les lieux où ce premier banc est d'une pierre tendre et glisse; les morceaux de moellon que le soc enlève, se réduisent en graviers et en poussière au bout de quelques années d'exposition à l'air, et laissent à découvert les pétrifications qu'ils contenaient et qui étaient auparavant enveloppées dans la matière pierreuse; preuve évidente que ces pétrifications sont plus dures et plus solides que la matière qui les environnait, et que la décomposition de la coquille a augmenté la densité de la portion de cette matière qui en a rempli la capacité intérieure; car ces pétrifications en forme de coquilles, quoique exposées à la gelée et à toutes les injures de l'air, y ont résisté sans se fendre ni s'égrener, tandis que les autres morceaux de pierre enlevés du même banc ne peuvent subir une seule fois l'action de la gelée, sans s'égrener ou se diviser en écailles. On doit donc dans ce cas regarder la décomposition de la coquille, comme la substance spathique qui a augmenté la densité de la matière pierreuse, contenue et moulée dans son intérieur, laquelle sans cette addition de substance tirée de la coquille même, n'aurait

pas eu plus de solidité que la pierre environnante (1). Cette remarque vient à l'appui de toutes les observations par lesquelles on peut démontrer que l'origine des pierres en général et de la matière spathique en particulier, doit être rapportée à la décomposition des coquilles pas l'intermède de l'eau. J'ai de plus observé que l'on trouve assez communément une espèce de pétrification dominante dans chaque endroit, et plus abondante qu'aucune autre; il y aura, par exemple, des milliers de cœurs de bœufs (*bucardites*) dans un canton, des milliers de cornes d'Ammon dans un autre, autant d'oursins dans un troisième, souvent seuls, ou tout au plus accompagnés d'autres espèces en très-petit nombre; ce qui prouve encore que la matière des bancs où se trouvent ces pétrifications, n'a pas été amenée et transportée confusément par le mouvement des eaux, mais que certains coquillages se sont établis sur le lit inférieur, et qu'après y avoir vécu et s'être multipliés en grand nombre ils y ont laissé leurs dépouilles.

L'on trouve encore sur la pente des collines calcaires des gros blocs de pierres calcaires grossières, enterrées à une petite profondeur qu'on appelle vulgairement des *pierres à four*, parce qu'elles résistent sans se fendre aux feux de nos fours et fourneaux, tandis que toutes les autres pierres qui résistent à la gelée et au plus grand froid, ne peuvent supporter ce même degré de feu sans s'éclater avec bruit: communément les pierres légères, poreuses et glissées, peuvent être chauffées jusqu'au point de se convertir en chaux sans se casser, tandis que les plus pesantes et les plus dures sur lesquelles la gelée ne fait aucune impression, ne peuvent supporter la première action de ce même feu. Or, notre pierre à four est composée de gros graviers calcaires détachés

rieures et inférieures sont blanches; ces pierres sont en moellons plats, et il ne leur manque pour ressembler entièrement aux prétendus cailloux du Rhône que d'avoir été roulés.

(1) « On distingue très-bien, dit M. l'abbé de Sauvages, les suc pierreux dans les rochers de Navages, au moyen de certains noyaux qui y sont ré-pandus, et dans lesquels ce suc se trouve ramassé et cristallisé; ces noyaux qui arrêtent le marteau des tailleurs de pierre, ne sont que des coquillages que la pétrification a défigurés: le test de la coquille semble s'être changé en une matière cristalline qui en occupe la place. » (Mémoires de l'Académie des sciences, année 1746, page 716.)

des rochers supérieurs, et qui se trouvant recouverts par une couche de terre végétale se sont fortement agglutinés par leurs angles sans se joindre de près, et ont laissé entre eux des intervalles que la matière spathique n'a pas remplis; cette pierre criblée de petits vides n'est en effet qu'un amas de graviers durs, dont la plupart sont colorés de jaune ou de rougeâtre, et dont la réunion ne paraît pas s'être faite par le suc spathique, car on n'y voit aucun de ces points brillants qui le décèlent dans les autres pierres auxquelles il sert de ciment; celui qui lie les grains de ce gros gravier de la pierre à four, n'est pas apparent, et peut-être est-il d'une autre nature ou en moindre quantité que le ciment spathique : on pourrait croire que c'est un extrait de la matière ferrugineuse qui a lié ces grains en même temps qu'elle leur a donné la couleur (1), ou bien ce ciment qui n'a pu se former que par la filtration de l'eau pluviale, à travers la couche de terre végétale est un produit de ces mêmes parties ferrugineuses et pyriteuses, provenant de la dissolution des pyrites qui se sont effleurées par l'humidité dans cette terre végétale; car cette pierre à four, lorsqu'on la travaille, répand une odeur de soufre encore plus forte que celle des autres pierres. Quoi qu'il en soit, cette pierre à four, dont les grains sont gros et pesants, et dont la masse est néanmoins assez légère par la grandeur de ses vides, résiste sans se fendre au feu où les autres s'éclatent subitement; aussi l'emploie-t-on de préférence pour les âtres des fourneaux, les gueules de four, les contre-cœurs de cheminée, etc.

Enfin l'on trouve au pied et sur la pente douce des collines calcaires, d'autres amas de gravier ou d'un sable plus fin, dans lesquels il s'est formé plusieurs lits de pierres inclinées suivant la pente du terrain, et qui se délitent très-aisément selon cette même inclinaison; ces pierres ne contiennent point de coquilles et sont évidemment d'une formation nouvelle; leurs bancs inclinés n'ont

guère plus d'un pied d'épaisseur et se divisent aisément en moellons plats, dont les deux surfaces sont unies; ces pierres parasites ont été nouvellement formées par l'aggrégation de ces sables ou graviers, et elles ne sont ni dures ni pesantes, parce qu'elles n'ont pas été pénétrées du suc pétrifiant, comme les pierres anciennes qui sont posées sous des bancs d'autres pierres.

La dureté, la pesanteur et la résistance à l'action de la gelée dans les pierres, dépend donc principalement de la grande quantité de suc lapidifique dont elles sont pénétrées; leur résistance au feu suppose au contraire des pores très-ouverts et même d'assez grands vides entre leurs parties constituantes; néanmoins plus les pierres sont denses, plus il faut de temps pour les convertir en chaux; ce n'est donc pas que la pierre à four se calcine plus difficilement que les autres, ce n'est pas qu'elle ne se réduise également en chaux, mais c'est parce qu'elle se calcine sans se fendre, sans s'écailler ni tomber en fragments, qu'elle a de l'avantage sur les autres pierres pour être employée aux fours et aux fourneaux, et il est aisé de voir pourquoi ces pierres en se calcinant ne se divisent ni ne s'égrèlent; cela vient de ce que les vides disséminés en grand nombre dans toute leur masse, donnent à chaque grain dilaté par la chaleur, la facilité de se gonfler, s'étendre et occuper plus d'espace sans forcer les autres grains à céder leur place; au lieu que dans les pierres pleines, la dilatation causée par la chaleur, ne peut renfler les grains sans faire fendre la masse en d'autant plus d'endroits qu'elle sera plus solide.

Ordinairement les pierres tendres sont blanches, et celles qui sont plus dures ont des teintes de quelques couleurs; les grises et les jaunâtres, celles qui ont une nuance de rouge, de bleu, de vert, doivent toutes ces couleurs au fer ou à quelque autre minéral qui est entré dans leur composition; et c'est surtout dans les marbres où l'on voit toutes les variétés possibles des plus belles couleurs; les minéraux métalliques ont teint et imprégné la substance de toutes ces pierres colorées dès le premier temps de leur formation; car la pierre rousse même dont on attribue la couleur aux parties ferrugineuses de la couche végétale, se trouve souvent fort au-dessous de cette couche et surmontée de plusieurs bancs qui n'ont point de couleur; il en est de même de la plupart des marbres colorés; c'est dans le temps de leur formation et de leur première pétrification qu'ils ont

(1) Il me semble qu'on pourrait rapporter à notre pierre à four celle qu'on nomme *roussier* en Normandie : « C'est, dit M. Guettard, une pierre graveleuse et dont il y a des carrières aux environs de la » Trape... Ces pierres sont d'un jaune rouille-de-fer, » ce sont des amas de gros sable ou de gravier liés par » une matière ferrugineuse qui a été dissoute, et qui » s'est filtrée et déposée entre les grains qui composent maintenant ces pierres par leur réunion. » (Mémoires de l'Académie des sciences, année 1763, page 81.)

reçu leurs couleurs, par le mélange du fer ou de quelque autre minéral ; et ce n'est que dans des cas particuliers, et par des circonstances locales, que certaines pierres ont été colorées par la stillation des eaux à travers la terre végétale.

Les couleurs, surtout celles qui sont vives ou foncées, appartiennent donc aux marbres et aux autres pierres calcaires d'ancienne formation ; et lorsqu'elles se trouvent dans des pierres de seconde et de troisième formation, c'est qu'elles y ont été entraînées avec la matière même de ces pierres par la stillation des eaux. Nous avons déjà parlé de ces carrières en lieu bas qui se sont formées aux dépens des rochers plus élevés ; les pierres en sont communément blanches, et il n'y a que celles qui sont mêlées d'une petite quantité d'argile ou de terre végétale qui soient colorées de jaune ou de gris. Ces carrières de nouvelle formation, sont très-communes dans les vallées et dans le voisinage des grandes rivières, et il est aisé d'en reconnaître l'origine et de suivre les progrès de leur établissement depuis le sommet des montagnes calcaires jusqu'aux plaines les plus basses (1).

(1) « Lorsque les eaux pluviales s'infiltrant dans les » lits de pierres tendres qui se trouvent à découvert, » elles s'y glacent par le froid, et tendent alors à y » occuper plus d'espace ; ces couches, d'autant plus » minces qu'elles sont plus près de la superficie, et » déjà divisées en plusieurs pièces par les fentes per- » pendiculaires, s'éclatent, se fendent en mille en- » droits, et c'est ce qui fournit le moellon ou la pierre » meureuse : et lorsque ces fragments de pierre sont » entraînés par les torrents, le long de la pente des » collines et jusque dans le courant des rivières, leurs » angles alors s'éroussent par les frottements, ils de- » viennent des galets, et à force d'être roulés, ils se » réduisent enfin en graviers arrondis plus ou moins » fins. L'action de l'air et les grands froids dégradent » de même la coupe perpendiculaire des carrières, et » la surface de toutes les pierres qui se gercent et s'é- » grènent, produit le gravier qui se trouve ordinaire- » ment au pied des carrières ; ce gravier continue » d'être atténué par les gelées et par le frottement, » lorsqu'il est ensuite entraîné dans des eaux couran- » tes jusqu'à ce qu'il soit enfin réduit en poussière : » telle est l'origine de quelques craies et de toutes » les espèces de gravier qui ne sont que des fragments » de différentes grosseurs de toutes les sortes de pier- » res... Les eaux pluviales, en s'infiltrant dans les » couches disposées dans l'ordre que nous venons de » voir, doivent donc entraîner dans les plus basses, » les molécules les plus divisées des lits supérieurs » qu'elles continuent d'atténuer en les exfoliant, et » dont elles remplissent les interstices ; elles s'unis- » sent alors étroitement, et forment dans ces lits de » gravier, de petites congélations ou stalactites, qui

On trouve quelquefois dans ces carrières de nouvelle formation des lits d'une pierre aussi dure que celle des bancs anciens dont elle tire son origine ; cela dépend, dans ces nouvelles carrières, comme dans les anciennes, de l'épaisseur des lits superposés ; les inférieurs recevant le suc pierreux des lits supérieurs, prendront tous les degrés de dureté et de densité à mesure qu'ils en seront pénétrés ; mais les pierres qui se trouvent dans les plaines ou dans les vallées voisines des grandes rivières disposées en lits horizontaux ou inclinés, n'ont été formées que des sédiments de craie ou de poussière de pierre, qui primitivement ont été détachés des rochers, et atténués par le mouvement et l'impression de l'eau ; ce sont les torrents, les ruisseaux et toutes les eaux courantes sur la terre découverte, qui ont amené ces poudres calcaires dans les vallées et les plaines, et qui souvent y ont mêlé des substances de toute nature : on ne trouve jamais de coquilles marines dans ces pierres, mais souvent des coquilles fluviatiles et terrestres (2) ; on y a

» lient, qui serrent étroitement, qui ne sont enfin » qu'un tout continu de toutes les parties de la cou- » che auparavant divisées, et cela successivement jus- » qu'à une certaine hauteur de la carrière, et la » pierre alors a acquis sa perfection : sa coupe ou » cassure est lisse et sans grains apparents, si le gra- » vier qui en fait la base est très-fin ; elle est au con- » traire rude au toucher et grenue, si elle est formée » de gros gravier : il s'en trouvera aussi qui ne seront » qu'un assemblage de galets ou pierres roulées, liées » par ce suc pierreux, par ces petites congélations » que nous venons de décrire. J'ai même observé » dans la démolition des remparts d'un très-ancien » château, que dans l'espace de quelques toises, les » pierres n'étaient plus liées par les mortiers, mais » par une matière transparente, par une concrétion » pierreuse, que des eaux gouttières avaient pro- » duites de la décomposition du mortier des parties » supérieures de ce mur, et qui en remplissait en cet » endroit tous les vides, parce que la chaux n'étant » en effet que de la pierre décomposée, elle en con- » serve toutes les propriétés, et elle reprend dans cer- » taines circonstances la forme de pierre. » (Note communiquée par M. Nadault.)

(2) La pierre qu'on tire à peu de distance de la Seine, près de l'Hôpital-Général de Paris, et dont j'ai parlé plus haut, est remplie de petites *visses* qui sont communes dans les ruisseaux d'eau vive ; cette pierre de la Seine ressemble à peu près aux pierres que l'on tire dans les vallées, entre la Saône et la Vingeanne, auprès du village de Talmay en Bourgogne : je cite ce dernier exemple, parce qu'il démontre évidemment que la matière de ces lits de pierre a été amenée de loin, parce qu'il n'y a aucune montagne calcaire qu'à environ une lieue de distance.

même trouvé des morceaux de fer (1) et de bois (2), travaillés de main d'homme : nous avons vu du charbon de bois dans quelques-unes de ces pierres; ainsi l'on ne peut douter que toutes les carrières en lieu bas ne soient d'une formation moderne, qu'on doit dater depuis que nos continents, déjà découverts, ont été exposés aux dégradations de leurs parties même les plus solides, par la gelée et par les autres injures des éléments humides. Au reste, toutes les pierres de ces basses carrières ne présentent qu'un grain plus ou moins fin et très-peu de ces points brillants qui indiquent la présence de la matière spathique; aussi sont-elles ordinairement plus légères et moins dures que la pierre des hautes carrières, dans lesquelles les bancs inférieurs sont de la plus grande densité.

Et cette matière spathique qui remplit tous les vides et s'étend dans les délités et dans les couches horizontales des bancs de pierre, s'accumule aussi le long de leurs fentes perpendiculaires; elle commence par en tapisser les parois, et peu à peu elle les recouvre d'une épaisseur considérable de couches additionnelles et successives, elle y forme des mamelons, des stries, des cannelures creuses et saillantes, qui souvent descendent d'en haut jusqu'au point le plus bas, où elle se réunit en congélations, et finit par remplir quelquefois en entier la fente qui séparerait auparavant les parties du rocher. Cette matière spathique qui s'accumule dans les cavités et les fentes des rochers, n'est pas ordinairement du spath pur, mais mélangé de

(1) Le sieur Dumontier, maître maçon à Paris, m'a assuré qu'il y a quelques années, il avait trouvé dans un bloc de pierre dite de *Saint-Leu*, laquelle ne se tire qu'à la surface de la terre, c'est-à-dire à quelques pieds de profondeur, un corps cylindrique qui lui paraissait être une pétrification, parce qu'il était incrusté de matières pierreuses; mais que l'ayant nettoyé avec soin, il reconnut que c'était vraiment un canon de pistolet, c'est-à-dire du fer.

(2) Dans un bloc de pierre de plusieurs pieds de longueur sur une épaisseur d'environ un pied ou quinze pouces, tiré des carrières du faubourg Saint-Marceau à Paris, l'ouvrier tailleur de pierre s'aperçut en la sciant, que sa scie poussait au-dehors une matière noire qu'il jugea être des débris de bois pourri; en effet la pierre ayant été séparée en deux blocs, il trouva qu'elle renfermait dans son intérieur, un morceau de bois de près de deux pouces d'épaisseur sur six à sept pouces de longueur, lequel était en partie pourri et sans aucun indice de pétrification.

parties pierreuses plus grossières et opaques; on y reconnaît seulement le spath par les points brillants qui se trouvent en plus ou moins grande quantité dans ces congélations.

Et lorsque ces points brillants se multiplient, lorsqu'ils deviennent plus gros et plus distincts, ils ressemblent par leur forme à des grains de sel marin; aussi les ouvriers donnent aux pierres revêtues de ces cristallisations spathiques, le nom impropre de *pierre de sel*. Ce ne sont pas toujours les pierres les plus dures, ni celles qui sont composées de gravier, mais celles qui contiennent une très-grande quantité de coquilles et de pointes d'oursins, qui offrent cette espèce de cristallisation en forme de grains de sel, et l'on peut observer qu'elle paraît être toujours en plus gros grains sur la surface qu'à l'intérieur de ces pierres, parce que les grains dans l'intérieur sont toujours liés ensemble.

Ce suc pétrifiant qui pénètre les pierres des bancs inférieurs, qui en remplit les cavités, les joints horizontaux et les fentes perpendiculaires, ne provenant que de la décomposition de la matière des bancs supérieurs, doit, en s'en séparant, y causer une altération sensible; aussi remarque-t-on dans la pierre des premiers bancs des carrières, qu'elle a éprouvé des dégradations; on n'y voit qu'un très-petit nombre de points brillants; elle se divise en petits morceaux irréguliers, minces, assez légers et qui se brisent aisément. L'eau en passant par ces premiers bancs a donc enlevé les éléments du ciment spathique qui liait les parties de la pierre, et en même temps elle en a détaché une grande quantité d'autre matière pierreuse plus grossière, et c'est de ce mélange qu'ont été composées toutes les congélations opaques qui remplissent les cavités des rochers; mais lorsque l'eau chargée de cette même matière passe à travers un second filtre, en pénétrant la pierre des bancs inférieurs dont le tissu est plus serré, elle abandonne et dépose en chemin ces parties grossières, et alors les stalactites qu'elle forme sont du vrai spath pur, homogène et transparent. Nous verrons ci-après que dans les pierres vitreuses, comme dans les calcaires, la pureté des congélations dépend du nombre des filtrations qu'elles ont subies, et de la ténuité des pores dans les matières qui ont servi de filtre.

TABLE RAISONNÉE

DES MATIÈRES CONTENUES DANS CE VOLUME.

Cinquième époque. Lorsque les éléphants et les autres animaux du midi ont habité les terres du nord. Page 1

Les régions polaires ont été habitées avant celles de l'équateur, page 1. — L'équateur a été couvert d'eau plus long-temps que les pôles, *ibid.* — Les éléphants et les autres animaux habitants du midi sont nés les premiers de tous, 2. — Les premiers animaux terrestres étaient plus grands que ceux de nos jours, 3. — Après avoir habité les zones polaires, ils sont descendus dans des régions plus tempérées, *ibid.* — La marche des grands animaux du nord au midi, régulière dans l'ancien monde, paraît avoir souffert des obstacles dans le nouveau continent, 4. — Les animaux de nos régions froides et tempérées se trouvent également dans le nord de l'Amérique, *ibid.* — Les animaux des contrées équatoriales ou méridionales de l'Amérique diffèrent de ceux du vieux continent : ils sont plus petits et plus faibles, 5. — L'établissement de la nature vivante en Amérique est bien postérieur à celui de l'ancien monde, *ibid.* — Les grands cétacés appartiennent aux mers polaires, 6. — Leur existence doit être postérieure à celle des grands animaux du midi, *ibid.* — C'est dans le nord que la nature vivante s'est élevée à ses plus grandes dimensions, 7. — Les végétaux que l'on trouve actuellement entre les tropiques couvraient les terres du nord lorsque les éléphants les habitaient, 8. — **TOUT PROUVE QUE L'HOMME EST LE DERNIER ET LE PLUS GRAND OEUVRE DE LA CRÉATION, *ibid.***

Sixième époque. Lorsque s'est faite la séparation des continents. 9

Les éléphants existaient depuis long-temps lorsque les continents se sont séparés, 9. — La forme actuelle des continents est due aux mouvements des eaux, *ibid.* — L'étendue des terres dans l'hémisphère austral ne peut se comparer à celle de l'hémisphère boréal ; ce dernier pourrait se nommer l'hémisphère terrestre, le premier l'hémisphère maritime, 10. — Dans le nord, toutes les terres ont été primitivement continues ; leur séparation est moderne, *ibid.* — Probabilité de la continuité de l'Amérique avec l'Asie plutôt qu'avec l'Europe, *ibid.* — Ressemblance des naturels du nord-ouest de l'Amérique avec ceux du nord-est de l'Asie, 11. — C'est aux Égyptiens que l'on doit le peu que l'on sait sur l'atlantide, *ibid.* — La Méditerranée et le Bosphore à l'époque de la submersion de l'Atlantide avant la rupture des détroits de Gibraltar et des Dardanelles, *ibid.* — La mer Noire réunie avec la mer Caspienne et l'Aral formaient un bassin plus grand que celui de la Méditerranée, 12. — Déluges partiels ; ils sont postérieurs

au déluge universel, et ne peuvent être considérés que comme de grandes inondations, 13. — Les hautes sommités du globe se refroidissaient en même temps que les terres polaires, 14. — Époques de la séparation de l'Europe et de l'Amérique, de la France et de l'Angleterre, *ibid.* — Causes de cette séparation, *ibid.* — Après la séparation des continents et des grandes îles, les eaux ont cessé d'envahir de grands espaces, 15. — Les atterrissements se sont formés, *ibid.* — La Guyane est une terre des plus nouvelles, 16. — Géants de l'Amérique, *ibid.* — Le nombre d'hommes a diminué dans le nord, 17. — Glaciers et glaces polaires, *ibid.* — Époque présumée de leur première existence, 18. — L'hémisphère austral est plus froid que le boréal, 19. — Tableau rapide des époques précédentes, *ibid.*

Septième et dernière époque. Lorsque la puissance de l'homme a secondé celle de la nature. 20

Les premiers hommes devenus presque sauvages, 20. — Leurs préjugés, leurs idées, 21. — L'Asie paraît avoir été le séjour de ces premiers hommes, *ibid.* — Connaissances astronomiques, *ibid.* — Les Brame les ont reçues de ces premiers hommes, 22. — Les Chinois, les Chaldéens, les Perses, etc., de même, *ibid.* — Ces premiers hommes disparurent, *ibid.* — Et ne laissèrent après eux que des débris de leurs connaissances scientifiques, 23. — Les arts utiles se sont conservés, et les grands empires ont commencé à se former, *ibid.* — Aperçu des travaux de l'homme, *ibid.* — Influence de la puissance de l'homme sur celle de la nature, 25.

NOTES JUSTIFICATIVES DES FAITS RAPPORTÉS DANS LES ÉPOQUES DE LA NATURE.

Notes sur le discours préliminaire.	30
Notes sur la première époque.	39
Notes sur la seconde époque.	<i>Ibid.</i>
Notes sur la troisième époque.	46
Notes sur la cinquième époque.	55
Notes sur la sixième époque.	<i>Ibid.</i>
Notes sur la septième et dernière époque. 67	

Nota. Il n'y a point de notes justificatives pour la 4^e époque.

Explication de la carte géographique. . . 71

HISTOIRE NATURELLE.

INTRODUCTION A L'HISTOIRE DES MINÉRAUX.

Des éléments. Première partie. De la lumière, de la chaleur et du feu.	76
Les puissances de la nature peuvent se réduire à	

deux forces primitives : la première cause la pesanteur, la deuxième produit la chaleur, 76. — Tous les corps sont élastiques, tous s'attirent, *ibid.* — On peut rapporter à l'attraction seule tous les effets de la matière brute ; et à cette même force d'attraction, jointe à celle de la chaleur, tous les phénomènes de la matière vive, 77. — Puisque la force d'attraction et la force d'expansion dues à la chaleur sont deux effets généraux, on ne doit pas en demander la cause, *ibid.* — La force expansive pourrait bien n'être, dans le réel, que la réaction de la force attractive, 78. — Toute matière peut devenir lumière, chaleur, feu, 79. — La matière du feu et de la lumière conserve les qualités essentielles de la matière commune, *ibid.* — Toute matière deviendra lumière dès que, toute cohérence étant détruite, elle se trouvera divisée en molécules suffisamment petites, et que ces molécules étant en liberté seront déterminées par leur attraction mutuelle à se précipiter les unes contre les autres, 80. — La lumière, à son tour, peut se convertir en matière, 81. — Propriétés communes et particulières de la lumière et du feu, *ibid.* — La chaleur n'est-elle pas une modification de la matière ? 82. — La chaleur existe partout, *ibid.* — Principe de la chaleur, 83. — La chaleur diminue à mesure que l'on s'élève dans les montagnes, 84. — Les molécules de la lumière perdent leur chaleur avant d'arriver sur la terre, à cause de leur divergence et de l'espace qu'elles ont à parcourir, *ibid.* — La chaleur, en se propageant, diminue beaucoup plus que la lumière, 85. — Les molécules lumineuses reprennent leur chaleur en traversant l'atmosphère terrestre, ou en se réunissant, *ibid.* — Autres différences entre la lumière et la chaleur, *ibid.* — On doit reconnaître deux sortes de chaleur : l'une qui nous vient du soleil, et l'autre dont le réservoir est dans le globe terrestre, 86. — Chaleur intérieure du globe, *ibid.* — Ses principaux phénomènes, 87. — Elle était dans l'origine plus grande qu'aujourd'hui, *ibid.* — Le feu diffère-t-il de la chaleur et de la lumière ? 88. — L'air est le premier aliment du feu, *ibid.* — Toute fluidité à la chaleur pour cause, *ibid.* — Les matières combustibles sont inutiles sans l'action de l'air, 89. — Il y a des matières qui semblent brûler et s'enflammer sans le concours de l'air, *ibid.* — Rapport de nature des matières combustibles avec le feu, 90. — Leur nature et leur origine, 91. — Le phlogistique n'est qu'un être idéal, *ibid.* — Les acides contiennent des principes de la combustion, *ibid.* — Le phosphore artificiel se tire des deux sources de toute matière combustible, 92. — L'action du feu sur les différentes substances dépend beaucoup de la manière dont on l'applique ; on doit considérer le feu dans trois états différents, *ibid.* — 1^o la vitesse, *ibid.* — 2^o le volume, *ibid.* — 3^o La masse, 93. — On peut diviser en trois classes les matières que l'on peut soumettre à l'action du feu, *ibid.* — Le feu est une matière, il en a les propriétés, 94. — La division des matières en trois classes n'exclut pas celle qui est relative à leur nature toujours vitrescible ou calcaire, 95. — La flamme n'est pas la partie la plus chaude du feu, 97. — De la calcination, 98. — De la combustion, 99.

— La calcination est toujours accompagnée d'un peu de combustion et réciproquement, *ibid.*

Des éléments. Seconde partie. De l'air, de l'eau et de la terre. 102

L'air est l'adminicule nécessaire et le premier aliment du feu, 102. — L'air se condense dans le corps au moyen du feu, *ibid.* — Dans les animaux, comme dans les végétaux, 103. — Chaleur des végétaux facile à observer pendant l'hiver, *ibid.* — Les animaux pourvus de poumons ont plus de chaleur que les autres, *ibid.* — Les végétaux et la plupart des insectes n'ont, au lieu de poumons, que des tuyaux aspiratoires, des espèces de trachées, par lesquelles ils ne laissent pas de pomper tout l'air qui leur est nécessaire, 105. — La chaleur intérieure du globe doit être regardée comme le vrai feu élémentaire, 107. — Cette chaleur constante et toujours agissante entre comme élément dans toutes les combinaisons des autres éléments, *ibid.* — L'air, considéré sous sa forme élastique, réside dans les corps comme l'air fixe, 108. — Le plus grand froid connu ne peut détruire le ressort de l'air, et la moindre chaleur suffit pour cet effet, lorsque ce fluide est divisé en parties très-petites, *ibid.* — L'eau en contient toujours une certaine quantité, *ibid.* — Grande affinité de l'eau pour l'air, 109. — La vapeur d'eau peut entretenir et augmenter le feu comme le fait l'air ordinaire, *ibid.* — L'air contient une grande quantité d'eau, 110. — Toutes nos collines, tous nos rochers de pierre calcaire, de marbre, de craie, etc., ne viennent originairement que de la dépouille des animaux à coquilles, 111. — Les matières calcaires ne sont qu'une faible partie de la masse solide du globe, *ibid.* — L'eau s'unit avec les sels, 112. — L'eau réside dans les sels sous sa forme primitive, 113. — Toute liquidité et même toute fluidité suppose la présence d'une certaine quantité de feu, *ibid.* — La nature peut faire et fait par le moyen de l'eau tout ce que nous faisons par celui du feu, 114. — La lumière, la chaleur, le feu, l'air, l'eau, les sels, sont les degrés par lesquels l'on descend du haut de l'échelle de la nature à sa base, qui est la terre fixe, 115. — Il en est de même de l'élément de la terre, *ibid.* — Dans la grande masse de matière solide qui nous représente l'élément de la terre, la couche superficielle est la terre la moins pure, 116. — Les matières vitrifiables doivent être regardées comme le vrai fond de cet élément, *ibid.* — Le verre est la substance la plus ancienne de la terre, *ibid.* — Les autres matières se sont formées plus tard, *ibid.* — L'eau n'a commencé à agir que long-temps après le feu, 117. — Les pierres calcaires se sont formées les dernières, *ibid.* — Pour établir une théorie générale sur la formation des minéraux, il faut commencer par désigner avec la plus grande attention, 1^o ceux qui ont été produits par le feu primitif de la terre ; 2^o ceux qui ont été formés du détriment des premiers par le moyen de l'eau ; 3^o ceux qui, dans les volcans, etc., ont une seconde fois subi l'épreuve d'une violente chaleur, *ibid.*

Réflexions sur la loi de l'attraction. . . 118

Le mouvement des planètes dans leurs orbites est

un mouvement composé de deux forces, 118. — La première de ces forces peut être regardée comme une impulsion; la seconde peut être considérée comme une attraction vers le soleil, et doit se mesurer par la raison inverse du carré de la distance, *ibid.* — Tous les corps célestes sont soumis à cette loi de l'attraction, *ibid.* — La loi de l'attraction par rapport à la distance ne peut pas être exprimée par deux termes, 121.

Introduction à l'histoire des minéraux. Partie expérimentale. 124

PREMIER MÉMOIRE. Expériences sur les progrès de la chaleur dans les corps. . . 125

Expériences sur dix boulets de fer forgé et battu, 125. — Observations nécessaires avant de rapporter les expériences, *ibid.* — Expériences, 126. — Résultats, *ibid.* — Les boulets ont perdu beaucoup de leur poids chaque fois qu'on les a chauffés, *ibid.* — Causes, 127. — Nouvelles expériences, *ibid.* — Le temps employé au refroidissement des boulets est en raison plus grande que celle de leur diamètre, 128. — La principale cause du refroidissement n'est pas le contact du milieu ambiant, mais la force expansive de la chaleur et du feu, 129. — Réflexions sur la chaleur que reçoit une comète en passant près du soleil, 130. — Expériences avec des globes de glaise et de grès, 132. — Avec des globes de marbre, de pierre, de plomb, d'étain, *ibid.* — Le progrès de la chaleur dans les corps se fait en raison inverse de leur solidité, 133. — Définition du mot solidité, *ibid.*

SECOND MÉMOIRE. Suite des expériences sur le progrès de la chaleur dans les différentes substances minérales. . . . 134

Globes de matières représentant à peu près le règne minéral, 134. — Précautions à prendre pour la réussite des expériences, 135. — L'étain préféré au soufre pour terme de comparaison, *ibid.* — Expériences, *ibid.*

Table des rapports du refroidissement des différentes substances minérales. . . 167

Fer, 167. — Éméril, *ibid.* — Cuivre, *ibid.* — Or, *ibid.* — Zinc, *ibid.* — Argent, 168. — Marbre blanc, *ibid.* — Marbre commun, *ibid.* — Pierre calcaire dure, *ibid.* — Grès, *ibid.* — Verre, *ibid.* — Plomb, *ibid.* — Étain, *ibid.* — Pierre calcaire tendre, *ibid.* — Glaise, *ibid.* — Bismuth, *ibid.* — Porcelaine, 169. — Antimoine, *ibid.* — Ocre, *ibid.* — Craie, *ibid.* — Gypse, *ibid.* — Bois, *ibid.* — Les tables précédentes offrent quelques légères imperfections, *ibid.* — Leurs causes, *ibid.* — Pour tirer de ces nombreuses expériences le plus d'avantages possible, il faut diviser les matières qui en font l'objet en quatre genres ou classes: 1^o les métaux; 2^o les demi-métaux et minéraux métalliques; 3^o les substances vitrées et vitrescibles; 4^o les substances calcaires et calcinables, *ibid.* — Ordre des métaux suivant leur densité, *ibid.* — Le progrès et la durée de la chaleur dans les métaux ne suit pas l'ordre de leur densité, 170. — La densité dépend de la

quantité de matière que la nature place dans un espace donné, *ibid.* — Cause de la fusibilité, *ibid.* — La ductilité participe de la fusibilité et de la densité, *ibid.* — Ordre de densité des demi-métaux, 171. — Le rapport dans lequel ils reçoivent et perdent la chaleur est à peu près le même que celui de leur fusibilité, *ibid.* — Ordre de densité des métaux et des demi-métaux, *ibid.* — Ordre dans lequel ils s'échauffent et se refroidissent, *ibid.* — Le progrès de la chaleur dans les métaux, dans les demi-métaux et dans les minéraux métalliques, est en raison très-voisine de celle de leur fusibilité, 172. — Ordre de la densité des matières vitrées et vitrescibles; ordre de leur refroidissement, *ibid.* — Le progrès de la chaleur dans ces matières est relatif à l'ordre de leur densité, *ibid.* — Matières calcaires rangées suivant l'ordre de leur densité, et suivant l'ordre dans lequel elles s'échauffent et se refroidissent, 173. — Est exactement le même que celui de la densité, *ibid.*

TROISIÈME MÉMOIRE. Observations sur la nature de la platine. 174

La platine paraît plus difficile à fondre que le fer et l'émeril, 174. — Sa pesanteur; diffère de l'or, *ibid.* — Buffon pense que c'est un mélange de fer et d'or formé par la nature, *ibid.* — Caractères du fer et de la platine, 175. — Le fer a la plus grande affinité pour l'or, 176. — Densité de la platine, moyenne entre celle de l'or et du fer, 177. — Son poids, *ibid.* — Première addition, 178. — Examen de la platine, *ibid.* — Action de l'aimant, 179. — Emploi des moyens chimiques, *ibid.* — On soupçonne la platine un produit de la main des hommes, 180. — Remarques de Buffon sur les observations précédentes, *ibid.* — Il croit que la platine est un produit de la nature, 182. — Qu'elle est due au feu des volcans, *ibid.* — Seconde addition, *ibid.* — Expériences faites par M. de Morveau en septembre 1773, 183. — Remarques de Buffon sur les expériences précédentes, 185.

QUATRIÈME MÉMOIRE. Expériences sur la ténacité et la décomposition du fer. . . 187

Le fer perd de sa pesanteur chaque fois qu'on le chauffe à un feu violent; pourquoi? 187. — Si l'on veut conserver au fer sa solidité et son nerf, il ne faut l'exposer au feu ni plus souvent ni plus longtemps qu'il est nécessaire, *ibid.* — Expériences, 188. — Le bon fer est au moins cinq fois aussi tenace que le fer sans nerf et à gros grain, 189. — En malléant beaucoup et chauffant peu, on donne au fer beaucoup plus de force, *ibid.* — Le mâchefer qu'on peut regarder, dit Buffon, comme un résidu de la combustion du bois, contient du fer, *ibid.* — Manière de travailler le fer, 190. — Moyens de corriger la mauvaise qualité de la fonte, *ibid.* — Travail du fer destiné à la filière, 191. — Les vieilles ferrailles refondues donnent du fer d'excellente qualité, *ibid.* — Ce fer, en le chauffant, perd de sa qualité et finit par se réduire en terre, 192. — Le fer tiré de cette terre ainsi que du mâchefer, est très-magnétique et très-infusible, *ibid.* — Qualité du fer le plus parfait, 193. — Les chaudes douces, de couleur cerise, améliorent

le fer autant que les chaudes poussées au blanc le dé-
tériorent, *ibid.* — Les tôles de France sont inférieures
à celles de Suède et d'Angleterre; pourquoi? *ibid.*
— Avec du fer nerveux on pourra toujours faire d'ex-
cellente tôle, 194. — Les fers de charrue sont un
objet qui mérite la plus grande attention, *ibid.* — Le
fer que l'on casse à froid, à grands coups de masse,
s'échauffe et s'aimeant très-fort, *ibid.* — On soude le
fer avec lui-même ou sur lui-même, 195. — Le fer
se décompose par l'humidité comme par le feu, *ibid.*

CINQUIÈME MÉMOIRE. Expériences sur les ef- fets de la chaleur obscure. 197

Première expérience, 197. — La chaleur obscure,
renfermée et privée d'air, produit, avec le temps, des
effets semblables à ceux du feu le plus actif et le
plus lumineux, 198. — Deuxième expérience, 200.
— La plus violente chaleur et la plus concentrée pen-
dant un très-long temps, ne peut, sans le secours de
l'air, ni fondre la mine de fer, ni même le sable vi-
trescible, 201. — Troisième expérience, 202. — En
augmentant la masse de la chaleur obscure, on peut
produire de la lumière de la même manière qu'en
augmentant la masse de la lumière, on produit de la
chaleur, *ibid.* — Quatrième expérience, 203. —
Toute pierre calcaire chauffée pendant long-temps,
acquiert de la masse; cette augmentation de masse
ou de pesanteur varie: elle est due à la chaleur qui
semble se fixer dans la pierre, et remplacer l'eau qui
s'évapore, 204. — Cinquième expérience, 205. — Les
particules de chaleur qui se fixent dans la pierre n'y
sont unies que par force, *ibid.* — Sixième expérience,
ibid. — La pesanteur spécifique de la fonte aug-
mente par une très-longue application de la cha-
leur, 206.

SIXIÈME MÉMOIRE. Expériences sur la lumière et sur la chaleur qu'elle peut produire. 207

Article I^{er}. Invention des miroirs pour brûler à de grandes distances. 207

Miroirs ardents d'Archimède: Descartes a nié la
possibilité de leur invention, 207. — Difficultés que
présente l'exécution de ces miroirs, *ibid.* — Pre-
mières expériences, *ibid.* — Sur la lumière d'une
bougie réfléchie par un miroir plan, 208. — Sur l'image
du soleil reçue sur un miroir carré, *ibid.* — Sur un
miroir triangulaire, *ibid.* — A de grandes distances,
une grande et une petite glace donnent à peu près une
image de la même grandeur, 209. — De toutes ces
expériences, il résulte qu'Archimède n'a pu employer
que des miroirs plans, *ibid.* — A égale intensité de
lumière, les grands foyers doivent brûler plus vive-
ment que les petits, 210. — La force des foyers de
même longueur est proportionnelle à la surface des
miroirs, *ibid.* — Expériences pour le démontrer,
ibid. — Exécution du premier miroir, 211. — Choix
des glaces, *ibid.* — Manière de se servir des miroirs,
ibid. — Avantages de cette découverte, 213. — Ar-
chimède est le premier inventeur de ces miroirs, 214.
— Auteurs qui en ont parlé, *ibid.*

Article II. Réflexions sur le jugement de Descartes au sujet des miroirs d'Archi- mède, avec le développement de la théorie de ces miroirs, et l'explication de leurs principaux usages. 216

Analyse des discours de Descartes sur la dioptri-
que, 216. — On n'a pu appliquer la théorie de Des-
cartes à la pratique, 217. — Le diamètre d'un foyer
augmente en raison de la distance, 218. — Deux objets
également lumineux, et dont les diamètres sont diffé-
rents, ou bien deux objets dont les diamètres sont
égaux, et dont l'intensité de lumière est différente,
doivent être observés avec des lunettes différentes,
ibid. — Autre assertion de Descartes; elle est con-
traire aux expériences rapportées, 220. — Preuves,
ibid. — Un petit miroir ardent ne peut jamais faire
autant d'effet qu'un grand, *ibid.* — Autre assertion
de Descartes, 221. — Ses raisonnements sont faux;
pourquoi? *ibid.* — Les auteurs anciens ou contem-
porains d'Archimède ne font aucune mention de ses
miroirs, 221. — Galien est le premier qui en ait parlé,
ibid. — Auteurs des 3^e et 12^e siècles, 223. — Toutes
les probabilités pour et contre étant évaluées, il reste
une forte présomption qu'Archimède avait en effet in-
venté ces miroirs, et qu'il s'en était servi contre les
Romains, *ibid.* — Buffon dit que ses miroirs ne doi-
vent être regardés que comme des essais, *ibid.* —
Moyens de les perfectionner, *ibid.* — Leurs effets, 224.
— Avantages et utilité de ces miroirs pour évaporer
les liquides, *ibid.* — Pour la calcination du plâtre, 225.
— Pour enflammer les voiles des navires et les bois
goudronnés, 226. — Pour construire des thermomè-
tres invariables, *ibid.* — Pour recueillir avec facilité
les vapeurs d'or et d'argent, 227. — Autres expé-
riences sur les moyens d'apercevoir de loin les objets
à l'œil simple ou au moyen d'un miroir, 228.

Article III. Invention d'autres miroirs pour brûler à de moindres distan- ces. 234

1^o Miroirs d'une seule pièce à foyer mobile, 234.
— 2^o Miroirs d'une seule pièce pour brûler très-vive-
ment à des distances médiocres et de petites distan-
ces, 235. — 3^o Lentilles ou miroirs d'eau, 236. —
4^o Lentilles de verre solide, 237. — 5^o Lentilles à
échelons pour brûler avec la plus grande vivacité pos-
sible, 240.

Explication des figures qui représentent le fourneau dans lequel j'ai fait couler des glaces pour faire les miroirs ardents de différentes espèces. 242

Grand miroir de réflexion, appelé miroir d'Ar-
chimède, 242. — Miroir de réflexion, rendu con-
cave par la pression d'une vis appliquée au centre,
244. — Miroir de réflexion, rendu concave par la
pression de l'atmosphère, *ibid.* — Autre miroir de
réflexion, 245. — Lentille à l'eau, 246. — Lentille
à échelons, *ibid.*

SEPTIÈME MÉMOIRE. Observations sur les couleurs accidentelles et sur les ombres colorées. 247

Cause des couleurs en général, 247. — Il y a plusieurs moyens de les produire : la réfraction est le premier, *ibid.* — Lois de la réfraction, *ibid.* — La lumière se décompose en sept couleurs nommées primitives ; pourquoi ? *ibid.* — Elles sont inaltérables, 248. — Couleurs produites par inflexion, *ibid.* — La réflexion est le moyen le plus puissant pour produire les couleurs, *ibid.* — Les corps réfléchissent les couleurs selon leur épaisseur, *ibid.* — Couleurs accidentelles, leur définition, 249. — Phénomènes qu'elles présentent, *ibid.* — Plus les couleurs naturelles sont brillantes, plus est durable l'impression des couleurs accidentelles, 250. — Les ombres sont toujours colorées au lever et au coucher du soleil, 252. — Les ombres ne paraissent jamais vertes au lever ou au coucher du soleil, que quand l'horizon est chargé de beaucoup de vapeurs rouges ; dans tous les autres cas, les ombres sont toujours bleues, et d'autant plus bleues que le ciel est plus serein, *ibid.* — Faits observés par M. l'abbé Millot, 253.

HUITIÈME MÉMOIRE. Expériences sur la pesanteur du feu, et sur la durée de l'incandescence. 254

Le feu ne peut guère exister sans lumière, et jamais sans chaleur, tandis que la lumière existe souvent sans chaleur sensible : la chaleur existe encore plus souvent sans lumière, 254. — La lumière est une matière mobile, élastique et pesante, *ibid.* — Toute fluidité a la chaleur pour cause, 255. — La chaleur est une matière réelle qui doit avoir son poids comme toute autre matière, 256. — La lumière et la chaleur sont les deux éléments matériels du feu, *ibid.* — Il est très-difficile de peser le feu, peut-être même impossible, *ibid.* — Le fer chauffé à blanc, et qui n'a reçu que deux volées de coups de marteau, perd en se refroidissant $\frac{1}{438}$ de sa masse, 258. — Le fer parfaitement forgé et de la meilleure qualité, chauffé à blanc, perd en se refroidissant $\frac{1}{425}$ de sa masse, 258. — Le verre chauffé couleur de feu perd en se refroidissant $\frac{1}{570}$ de sa masse, 259. — Le grès ne gagne rien et ne perd que très-peu au feu, *ibid.* — Résultats de ces expériences, *ibid.* — Elles ne laissent aucun doute sur la pesanteur réelle du feu, 260. — Sur le fer, 261. — Divers degrés de la consolidation de la fonte, suivant le temps, etc., 262. — Les temps nécessaires pour consolider le métal fluide sont précisément en même raison que celle de leur épaisseur, *ibid.* — Sur le verre, *ibid.* — Expériences sur le fer incandescent, *ibid.* — La durée de l'incandescence totale est comme celle de la prise de consistance proportionnelle à l'épaisseur de la matière, 263. — Dans les globes de même matière, la chaleur ou le feu du plus haut degré s'y conserve et y dure en raison de leur diamètre, 264. — Application au globe terrestre du résultat de ces expériences, *ibid.*

NEUVIÈME MÉMOIRE. Expériences sur la fusion des mines de fer. 266

Les mines de fer peuvent se réduire à deux espèces principales ; la première est la mine en roche, 266. — La deuxième est la mine en grains, *ibid.* — Avec la plus mauvaise mine, on peut faire de bon fer, 267. — Moyens employés pour y parvenir, *ibid.* — Résultat, fer excellent, *ibid.* — Autre expérience avec des fourneaux plus petits, 268. — Résultat de 17 expériences avec ces fourneaux, *ibid.* — Expériences pour le démontrer, 271. — Opérations pour purifier le minéral, 272. — Précautions à prendre pour fondre la mine de fer avec économie, 274. — Différences entre la mine de fer en grains, et la mine de fer en roche, 277. — Difficultés pour essayer en grand les différentes mines, *ibid.* — Différence du prix entre le bon et le mauvais fer, 278. — Qualités de la fonte pour avoir un bon fer, 279.

DIXIÈME MÉMOIRE. Observations et expériences faites dans la vue d'améliorer les canons de la marine. 280

Les canons de la marine sont presque partout en fonte de fer, 280. — Inconvénient des canons de bronze, *ibid.* — Inconvénient des canons de fer, *ibid.* — Manière de fondre les canons, 281. — Cette pratique est mauvaise ; en quoi ? 282. — Moyens d'y remédier, *ibid.* — Causes de la fragilité des canons, 283. — Autres causes, 284. — Nouveau moyen d'éprouver les canons, 287. — Projets pour faire de meilleurs canons, *ibid.* — Inconvénient de se servir des mines de fer en roche pour la fonte des canons, *ibid.* — Descriptions de différentes sortes de mines de fer employées pour la fonte des canons, *ibid.*

ONZIÈME MÉMOIRE. Expériences sur la force du bois. 291

Ces expériences sont faites dans le but de déterminer avec précision la force et la résistance du bois, mis en œuvre dans les constructions de toute espèce, 291. — Description de l'organisation d'un arbre, *ibid.* — Accroissement des arbres en hauteur et en grosseur, *ibid.* — Un gros et grand arbre est un composé de cônes ligneux qui s'enveloppent et se recouvrent tant que l'arbre grossit, 292. — Comment on connaît l'âge des arbres. Description des couronnes concentriques ou cercles annuels de la croissance des arbres, *ibid.* — Les couches ligneuses varient beaucoup pour l'épaisseur dans les arbres de même espèce, *ibid.* — Dans le bois la cohérence longitudinale et bien plus considérable que l'union transversale, *ibid.* — Défauts des petites pièces de bois sur lesquelles on a voulu faire des expériences pour en reconnaître la force, *ibid.* — Défauts de toutes les expériences qui avaient été faites sur la force et la résistance du bois avant celles de l'auteur, 293. — Le jeune bois est moins fort que le bois plus âgé ; un barreau tiré du pied d'un arbre, résiste plus qu'un barreau qui vient du sommet du même arbre, *ibid.* — Un barreau pris à la circonférence près de l'aubier, est moins fort qu'un pareil morceau pris au

centre de l'arbre, et le degré de dessèchement du bois fait beaucoup à sa résistance, *ibid.* — Le bois vert casse bien plus difficilement que le bois sec, *ibid.* — Préparatifs des expériences pour reconnaître la force relative des pièces de bois de différentes grandeurs et grosseurs, *ibid.* — Les bois venus dans différents terrains ont des résistances différentes. Il en est de même des bois des différents pays, quoique pris dans des arbres de même espèce, *ibid.* — Le degré de dessèchement du bois fait varier très-considérablement sa résistance, *ibid.* — Description de la machine pour faire rompre les poutres et les solives de bois, et reconnaître par-là leur résistance respective, 294. — Le bois ne casse jamais sans avertir, à moins que la pièce ne soit fort petite ou fort sèche, 295. — Le bois vert casse plus difficilement que le bois sec, et en général le bois qui a du ressort résiste beaucoup plus que celui qui n'en a pas, *ibid.* — La force du bois n'est pas proportionnelle à son volume; une pièce double ou quadruple d'une autre pièce de même longueur, est beaucoup plus du double ou du quadruple plus forte que la première. Il en est de même pour la longueur, *ibid.* — La force du bois est proportionnelle à sa pesanteur, *ibid.* — Dans le même terrain le bois qui croît le plus vite est le plus fort, *ibid.* — Utilité qu'on doit tirer de cette remarque, *ibid.* — On peut assurer, d'après l'expérience, que la différence de force d'une pièce sur deux appuis, libre par les bouts, et de celle d'une pièce fixée par les deux bouts dans une muraille bâtie à l'ordinaire, est si petite, qu'elle ne mérite pas qu'on y fasse attention, 296. — Dans des bâtiments qui doivent durer long-temps, il ne faut donner au bois tout au plus que la moitié de la charge qui peut le faire rompre, *ibid.* — Moyens d'estimer la diminution que les nœuds font à la force d'une pièce de bois, *ibid.* — Les pièces courbes résistent davantage en opposant à la charge le côté concave, qu'en opposant le côté convexe, 297. — Le contraire ne serait vrai que pour les pièces qui seraient courbes naturellement, et dont le fil du bois serait continu et non tranché, *ibid.* — Expériences sur la pesanteur spécifique du bois, *ibid.* — Il y a environ un quinzième de différence entre la pesanteur spécifique du cœur de chêne et la pesanteur spécifique de l'aubier, 298. — La pesanteur spécifique du bois décroît à très-peu près en raison arithmétique depuis le centre jusqu'à la circonférence de l'arbre, *ibid.* — Le bois du pied d'un arbre pèse plus que celui du milieu, et celui du milieu plus que celui du sommet, *ibid.* — Dès que les arbres cessent de croître, cette proportion commence à varier, *ibid.* — Preuve par l'expérience que dans les vieux chênes au-dessus de l'âge de cent ou cent dix ans, le cœur n'est plus la partie la plus pesante de l'arbre, et qu'en même temps l'aubier est plus solide dans les vieux que dans les jeunes arbres, *ibid.* — L'âge où le bois des arbres est dans sa perfection, n'est ni dans le temps de la jeunesse, ni dans celui de la vieillesse de l'arbre, mais dans l'âge moyen, où les différentes parties de l'arbre sont à peu près d'égale pesanteur, 299. — Dans l'extrême vieillesse de l'arbre, le cœur, bien loin d'être le plus

pesant, est souvent plus léger que l'aubier, 298. — Un barreau ou une solive résiste bien davantage, lorsque les couches ligneuses qui le composent, sont situées perpendiculairement; et plus il y a de couches ligneuses dans les barreaux ou autres petites pièces de bois, plus la différence de la force de ces pièces dans ces deux positions est considérable, 300. — La force des pièces de bois n'est pas proportionnelle à leur grosseur; preuve par l'expérience, 301. — Les pièces de 28 pieds de longueur sur 5 pouces d'équarrissage, portent 1800 livres ou environ, avant que d'éclater et de rompre; celles de 14 pieds de longueur, sur la même grosseur de 5 pouces, portent 5000 livres, tandis que par la loi du levier, elles n'auraient dû porter que le double des pièces de 28 pieds, 305. — Il en est de même des pièces de 7 pieds de longueur; elles ne rompent que sous la charge d'environ 11,000 livres, tandis que leur force ne devrait être que quadruple de celle des pièces de 28 pieds, qui n'est que de 1800, et par conséquent elles auraient dû rompre sous une charge de 7200 livres, *ibid.* — Les pièces de vingt-quatre pieds de longueur, sur 5 pouces d'équarrissage, éclatent et rompent sous la charge de 2200 livres, tandis que les pièces de 12 pieds, et de même grosseur, ne rompent que sous celle de 6000 livres environ, au lieu que par la loi du levier elles auraient dû rompre sous la charge de 4400 livres, 306. — Raison pour quoi dans un même terrain il se trouve quelquefois des arbres dont le bois est très-différent en pesant et en résistance. La seule humidité plus ou moins grande du terrain qui se trouve au pied de l'arbre, peut produire cette différence, *ibid.* — Le bois des terrains sablonneux a beaucoup moins de pesant et de résistance que celui des terrains fermes et argileux. Preuve par l'expérience, *ibid.* — Les pièces de 20 pieds de longueur, sur 5 pouces d'équarrissage, portent 3225 livres, tandis que celles de 10 pieds, et de même grosseur, peuvent porter une charge de 7125 livres, au lieu que par la loi du levier elles n'auraient dû porter que 6450 livres, 307. — Les pièces de 18 pieds de longueur, sur 5 pouces d'équarrissage, portent 3700 livres avant de rompre, et celles de 9 pieds peuvent porter 8308 livres, tandis qu'elles n'auraient dû porter, suivant la règle du levier, que 7400 livres, *ibid.* — Les pièces de 16 pieds de longueur, sur 5 pouces d'équarrissage, portent 4350 livres, et celles de 8 pieds, et du même équarrissage, peuvent porter 9787 livres, au lieu que par la force du levier elles ne devraient porter que 3700 livres, *ibid.* — A mesure que la longueur des pièces de bois diminue, la résistance augmente, et cette augmentation de résistance croît de plus en plus, 308. — Les pièces de bois pliées par une forte charge, se redressent presque en entier, et néanmoins rompent ensuite sous une charge moindre que celle qui les avait courbées, *ibid.*

Force des pièces de six pouces d'équarrissage.

La charge d'une pièce de 10 pieds de longueur, sur 6 pouces d'équarrissage, est le double et beaucoup plus d'un septième de celle d'une pièce de 20 pieds.

La charge d'une pièce de 9 pieds de longueur, est le double et beaucoup plus d'un sixième de celle d'une pièce de 18 pieds.

La charge d'une pièce de 8 pieds de longueur, est le double et beaucoup plus d'un cinquième de celle d'une pièce de 16 pieds.

La charge d'une pièce de 7 pieds, est le double et beaucoup plus d'un quart de celle d'une pièce de 14 pieds : ainsi l'augmentation de la résistance est beaucoup plus grande à proportion que dans les pièces de 5 pouces d'équarrissage, 309.

Force des pièces de sept pouces d'équarrissage.

La charge d'une pièce de 10 pieds de longueur et de 7 pouces d'équarrissage, est le double et plus d'un sixième de celle d'une pièce de 18 pieds.

La charge d'une pièce de 9 pieds, est le double et près d'un cinquième de celle d'une pièce de 18 pieds.

La charge d'une pièce de 8 pieds de longueur, est le double et beaucoup plus d'un cinquième de celle d'une pièce de 16 pieds ; ainsi non-seulement la résistance augmente, mais cette augmentation accroît toujours à mesure que les pièces deviennent plus grosses, c'est-à-dire que plus les pièces sont courtes, et plus elles ont de résistance, au-delà de ce que suppose la règle du levier ; et plus elles sont grosses, plus cette augmentation de résistance est considérable, 311.

Examen et modification de la loi donnée par Galilée, pour la résistance des solides, 312. — Tables de la résistance des pièces de bois de différentes longueurs et grosseurs, 313.

DOUZIÈME MÉMOIRE. Article I^{er}. Moyen facile d'augmenter la solidité, la force et la durée du bois. 317

Les arbres écorcés du haut en bas et entièrement dépouillés de leur écorce dans le temps de la sève, ne paraissent souffrir qu'au bout de deux mois, 317. — Ils deviennent durs, au point que la coignée a peine à les entamer, 318. — Ils devancent les autres pour la verdure lorsqu'ils ne meurent pas dans la première année, *ibid.* — Le bois écorcé et séché sur pied est toujours plus pesant et considérablement plus fort que le bois coupé à l'ordinaire. Preuve par l'expérience, 319. — L'aubier du bois écorcé est non-seulement plus fort que l'aubier ordinaire, mais même beaucoup plus que le cœur de chêne non écorcé, quoiqu'il soit moins pesant que ce dernier, *ibid.* — La partie extérieure de l'aubier dans les arbres écorcés sur pied, est celle qui résiste davantage, 320. — Le bois des arbres écorcés et séchés sur pied est plus dur, plus solide, plus pesant et plus fort que le bois des arbres abattus dans leur écorce, d'où l'auteur croit pouvoir conclure qu'il est aussi plus durable. Causes physiques de cet effet, *ibid.* — Moyens de hâter la production des arbres fruitiers lorsqu'on ne se soucie pas de les conserver, 321. — Il faut douze ou quinze ans pour que l'aubier d'un chêne acquière la même solidité que le bois du cœur, 322. — Autres avantages du bois écorcé et séché sur pied, *ibid.* —

Raisons pourquoi on doit défendre l'écorcement des bois taillés, et le permettre pour les futailles, *ibid.*

Article II. Expériences sur le dessèchement du bois à l'air, et sur son imbibition dans l'eau. 323

Expérience première, pour reconnaître le temps et la gradation du dessèchement, 323. — Expérience seconde, pour comparer le temps et la gradation du dessèchement, 324. — Expérience troisième pour reconnaître si le dessèchement se fait proportionnellement aux surfaces, 326. — Expérience quatrième, sur le même sujet de la précédente, 326. — Expérience cinquième, sur le dessèchement d'un morceau de bois, et de huit morceaux, desquels la superficie était double de celle du premier morceau, le poids étant le même, 328. — Expérience sixième, pour comparer le dessèchement du bois parfait, qu'on appelle le cœur, avec le dessèchement du bois imparfait qu'on appelle l'aubier, 329. — Expérience septième, sur l'imbibition de deux morceaux de bois qui étaient entièrement desséchés lorsqu'on les a plongés dans l'eau (expérience qui a duré vingt ans), 330. — Expérience huitième pour reconnaître la différence de l'imbibition des bois, dont la solidité est plus ou moins grande, 336. — Expérience neuvième, sur l'imbibition du bois vert, 338. — Expérience dixième sur l'imbibition du bois sec tant dans l'eau douce que dans l'eau salée, 339.

Ces expériences démontrent : 1^o qu'après le dessèchement à l'air pendant dix ans, et ensuite au soleil et au feu pendant dix jours, le bois de chêne, parvenu au dernier degré de dessèchement, perd plus du tiers de son poids lorsqu'on le travaille tout vert, et moins d'un tiers lorsqu'on le garde dans son écorce pendant un an avant de le travailler ; 2^o que le bois gardé dans son écorce avant d'être travaillé, prend plus promptement et plus abondamment l'eau, et par conséquent l'humidité de l'air, que le bois travaillé tout vert, 335 ; 3^o quel est le temps nécessaire pour que le bois reprenne autant d'eau qu'il a perdu de sève en se desséchant, *ibid.* ; 4^o que le bois plongé dans l'eau, tire non-seulement autant d'humidité qu'il contenait de sève, mais encore près d'un quart au-delà, et que la différence est de trois à cinq environ (un morceau de bois bien sec qui ne pèse que trente livres, en pesant cinquante lorsqu'il a séjourné plusieurs années dans l'eau), *ibid.* ; 5^o que lorsque l'imbibition du bois est plénière, le bois suit au fond de l'eau les vicissitudes de l'atmosphère, et qu'il se trouve toujours plus pesant lorsqu'il pleut et plus léger lorsqu'il fait beau, 336 ; 6^o que le bois gardé dans l'eau, en tire et rejette alternativement dans une proportion dont les qualités sont très-considérables par rapport au total de l'imbibition, 338 ; 7^o que le bois tire l'eau douce en plus grande quantité que l'eau salée, 339 ; 8^o que le bois plongé dans l'eau, s'imbibe bien plus promptement qu'il ne se dessèche à l'air, 341 ; 9^o que les bois moins solides que le chêne perdent plus d'un tiers de leur poids, par le dessèchement, *ibid.* ; 10^o que quand le bois est parvenu aux deux tiers de son dessèche-

ment il commence à repomper l'humidité de l'air, et qu'il faut par conséquent conserver dans des lieux fermés, les bois secs qu'on veut employer à la menuiserie, *ibid.*; — 11° que le dessèchement des bois ne diminue pas sensiblement leur volume, *ibid.*; — 12° que le bois de chêne abattu en pleine sève, s'il est sans aubier, n'est pas plus sujet aux vers que le bois de chêne abattu dans toute autre saison, *ibid.*; — 13° que le dessèchement des bois est d'abord en même raison que celle des surfaces, et ensuite en moindre raison; que le dessèchement total d'un morceau de bois de volume égal et de surface double d'un autre, se fait en deux ou trois fois moins de temps; que le dessèchement total du bois à volume égal et surface triple se fait en cinq ou six fois environ moins de temps, 341; — 14° que l'augmentation de pesanteur que le bois sec acquiert en repompant l'humidité de l'air, est proportionnelle à sa surface, *ibid.*; — 15° que le dessèchement total des bois est proportionnel à leur légèreté, en sorte que l'aubier se dessèche plus que le cœur de chêne dans la raison de sa densité relative, qui est de $\frac{1}{15}$ moindre que celle du cœur, *ibid.*; — 16° que quand le bois est entièrement desséché à l'ombre, la quantité dont on peut encore le dessécher en l'exposant au soleil, et ensuite dans un four échauffé à quarante-sept degrés, n'est guère que d'une dix-septième ou dix-huitième partie du poids total du bois, et que par conséquent ce dessèchement artificiel est coûteux et inutile, *ibid.*; — 17° que les bois secs et légers, lorsqu'ils sont plongés dans l'eau, s'en remplissent en très-peu de temps et qu'il ne faut, par exemple, qu'un jour à un petit morceau d'aubier pour se remplir d'eau, au lieu qu'il faut vingt jours à un pareil morceau de cœur de chêne, *ibid.*; — 18° que le bois de cœur de chêne n'augmente que d'une douzième partie de son poids total, lorsqu'on l'a plongé dans l'eau au moment qu'on vient de le couper, et qu'il faut même un très-long temps pour qu'il augmente de cette douzième partie en pesanteur, etc., *ibid.*; — 19° qu'il paraît qu'il y a dans le bois une matière grasse que l'eau dissout fort aisément et que le bois contient des parties ferrugineuses qui donnent à cette dissolution une couleur noirâtre, 339.

Article III. Sur la conservation et le rétablissement des forêts. 341

Nécessité de s'occuper de la conservation des forêts, 341. — Les projets de l'auteur sur les bois, se réduisent à tâcher de conserver ceux qui nous restent et à renouveler une partie de ceux que nous avons détruits, 342. — Dommages que les baliveaux portent aux taillis, *ibid.* — Le bois des baliveaux n'est pas ordinairement de bonne qualité, *ibid.* — La gelée fait un beaucoup plus grand tort aux taillis surchargés de baliveaux qu'à ceux où les baliveaux sont en petit nombre, *ibid.* — Le quart de réserve dans les bois des ecclésiastiques et gens de main-morte, est un avantage pour l'État, qu'il est utile de maintenir. Les arbres de ces réserves ne sont pas sujets aux défauts des baliveaux et ne produisent pas les mêmes inconvénients. Moyen de rendre ces réserves encore plus utiles, 343. — Age auquel on doit abattre les forêts,

suivant les différents terrains, pour en tirer du bois du meilleur service, *ibid.* — Dommages considérables que les gelées du printemps portent au jeune bois; moyens de prévenir en partie ces dommages, *ibid.* — La gelée du printemps agit sur les bois taillis bien plus vivement à l'exposition du midi qu'à l'exposition du nord: elle fait tout périr à l'abri du vent, tandis qu'elle épargne tout dans les endroits où il peut passer librement, 344. — Les coupes réglées dans les bois ne sont pas, comme on le croit, le moyen d'en tirer le plus grand produit, *ibid.* — Dans les bons terrains on gagnera à retarder les coupes, et dans ceux où il n'y a pas de fonds, il faut couper les bois fort jeunes, *ibid.* — Pour augmenter la force et la solidité du bois de service, il faut écorcer les arbres et les laisser ainsi sécher et mûrir sur pied avant que de les abattre; l'aubier devient, par cette opération, aussi dur que le cœur de chêne, il augmente considérablement de force et de densité. Moyens qu'on doit employer pour renouveler les bois, 345. — Les expériences d'Évelyn, de Miller, etc., sur l'aménagement des bois paraissent avoir été faites en petit dans des jardins, dans des pépinières, ou tout au plus dans quelques parcelles où l'on pouvait cultiver et soigner les jeunes arbres. L'auteur, ayant suivi leurs méthodes en tout point, n'a pas été long-temps à s'apercevoir qu'elle était ruineuse, *ibid.* — Description du terrain destiné par M. de Buffon à ses expériences sur les semis et les plantations d'arbres forestiers, *ibid.* — Exposition d'un grand nombre d'essais pour semer et planter du bois, 346. — Détail des différentes manières dont on peut semer les glands, et les raisons de préférence pour telle ou telle autre manière; le tout prouvé par l'expérience, *ibid.* — Expériences sur l'amputation des pédoncules des glands germés, 347. — Une plantation de bois par de jeunes arbres tirés des forêts, ne peut avoir un grand succès, *ibid.* — Dans quelle espèce de terrain on doit semer de l'avoine avec les glands, *ibid.* — Au contraire, de jeunes arbres tirés d'une pépinière, peuvent se planter avec succès, 348. — Manière de semer et planter dans les terrains secs et graveleux, *ibid.* — Expériences pour reconnaître quelles sont les terres les plus contraires à la végétation, *ibid.* — Le gland peut venir dans tous les terrains, *ibid.* — Il n'y a point de terrain, quelque mauvais, quelque ingrat qu'il paraisse, dont on ne puisse tirer parti, même pour planter du bois; et il ne s'agit que de connaître les différentes espèces d'arbres qui conviennent aux différents terrains, 349.

Article IV. Sur la culture et l'exploitation des forêts. 349

Exposition des différentes manières de cultiver les jeunes bois plantés ou semés, 349. — Manière de semer et de planter du bois en imitant la nature, qui est aussi la moins dispendieuse et la plus sûre de toutes. Preuve par l'observation et par l'expérience, *ibid.* — L'abri est l'une des choses les plus nécessaires à la conservation des jeunes plants, 350. — Arbres et arbrisseaux qu'il faut planter pour faire des abris aux jeunes chênes venus de glands dans les

premières années, 350. — Comparaison de l'accroissement des chênes semés et cultivés dans un jardin et des chênes semés en pleine campagne et abandonnés sans culture, 351. — Détail des inconvénients de la culture des bois semés ou plantés, 352. — Moyen simple et facile qui équivaut à toute culture, et qu'on doit toujours employer dans tous les cas, *ibid.* — L'accroissement des jeunes bois peut indiquer le temps où il faut les receper, 353. — Il y a des terrains où il suffit de receper une fois, d'autres où il faut receper deux et même trois fois les jeunes chênes qui proviennent des glands semés, *ibid.* — Manière de rétablir les jeunes plants frappés de la gelée, 354. — La meilleure manière est de les receper en les coupant au pied : on perd deux ou trois ans pour en gagner dix ou douze, *ibid.* — Le chêne, le hêtre et le pin sont les seuls arbres qu'on puisse semer avec succès dans les terrains en friche, et sans culture précédente, *ibid.* — La graine de hêtre ne peut pas sortir dans les terres fortes, parce qu'elle pousse au-dehors son enveloppe au-dessus de la tige naissante; ainsi il lui faut une terre meuble et facile à diviser, sans quoi elle reste et pourrit, *ibid.* — Le pin dans les terrains les plus arides, et où la terre n'a que peu ou point de liaison; le hêtre dans les terrains mêlés de gravier ou de sable, où la terre est encore aisée à diviser; et le chêne dans presque tous les terrains, *ibid.* — Toutes les autres espèces d'arbres veulent être semées en pépinière, et ensuite transplantées à l'âge de deux ou trois ans, *ibid.* — Lorsqu'on veut semer du bois, il faut attendre une année abondante en glands, *ibid.* — Dans les années où le gland n'est pas abondant, les oiseaux, les sangliers, et surtout les mulots détruisent le semis, *ibid.* — Le nombre des mulots qui viennent emporter les glands semés nouvellement est prodigieux, et le dégât qu'ils font est incroyable : exemple à ce sujet, *ibid.* — Pins, sapins, épicéas; expériences faites sur ces arbres pour en former des cantons de bois, 355.

Article V. Addition aux observations précédentes. 355

Lorsqu'on aura des terres tout-à-fait ingrates et stériles où le bois refuse de croître, et des parties de terrain situées dans de petits vallons en montagnes où la gelée supprime les rejetons des chênes et des autres arbres qui quittent leurs feuilles, la manière la plus sûre et la moins coûteuse de peupler ces terrains, est d'y planter des jeunes pins à vingt ou vingt-cinq pas les uns des autres, 355. — Un bois de pins exploité convenablement peut devenir un fonds non seulement aussi fructueux, mais aussi durable qu'aucun autre fonds de bois, 356. — Avantages qu'on peut tirer des bois blancs, tels que le coudrier, le marseau, le bouleau, dans l'exploitation des taillis, *ibid.* — Age auquel on doit les couper, selon la nature du terrain, *ibid.* — Exploitation des taillis en les jardinant, *ibid.* — Différence de l'accroissement des taillis dans les parties élevées et dans les parties basses du terrain; observations importantes à ce sujet, 357. — Différences des *chaumes* et des friches, *ibid.* — Il faudrait faire écorcer et sécher sur pied les sapins que l'on emploie à la mâture des vaisseaux, *ibid.* — Et à l'égard des

pièces courbées qu'on emploie à la construction des vaisseaux, il vaut mieux les prendre d'arbres de brins de la grosseur nécessaire pour faire une seule pièce courbe, que de scier ces courbes dans de plus grosses pièces. Preuve par l'expérience, 358. — Les arbres verts, écorcés sur pied, vivent plus long-temps que les chênes auxquels on fait la même opération, et leur bois acquiert de même plus de force et plus de solidité, *ibid.* — Inconvénients du martelage dans les bois, *ibid.* — Différentes espèces de chênes; observations utiles à ce sujet, *ibid.* — Le bois de chêne blanc a souvent été pris pour du bois de châtaignier, 359. — Comparaison du bois de chêne à gros glands au bois de chêne à petits glands, *ibid.*

TREIZIÈME MÉMOIRE. Recherches sur la cause de l'excentricité des couches ligneuses qu'on aperçoit quand on coupe horizontalement le tronc d'un arbre; de l'inégalité d'épaisseur, et du différent nombre de ces couches, tant dans le bois formé que dans l'aubier, par MM. Duhamel et de Buffon. 360

Les couches ligneuses qui composent le tronc d'un arbre ne sont presque jamais d'une épaisseur égale dans toutes leurs parties et partout également éloignées du centre, 360. — Expériences qui démontrent la vraie cause de la différente épaisseur, et de l'excentricité des couches ligneuses dans les arbres, *ibid.* — Cela dépend de la force et de la position des racines et des branches, 361. — Les nœuds qu'on trouve dans le bois et qui viennent sans doute de branches qui ont péri, contribuent aussi à donner de l'excentricité aux couches ligneuses, 363. — Les plaies cicatrisées, la gélivure, le double aubier dans un même arbre peuvent encore produire l'augmentation d'épaisseur des couches ligneuses, *ibid.* — Observations tendantes à prouver qu'elle est absolument indépendante de l'exposition, *ibid.* — Les couches ligneuses sont plus épaisses dans les endroits de l'arbre où la sève a été portée en grande abondance, soit que cela vienne des racines ou des branches, car on sait que les unes et les autres agissent de concert pour le mouvement de la sève, 364. — L'épaisseur de l'aubier est d'autant plus grande que le nombre des couches qui le forment est plus petit; explication de ce fait, *ibid.*

QUATORZIÈME MÉMOIRE. Observations des différents effets que produisent sur les végétaux, les grandes gelées d'hiver et les petites gelées du printemps, par MM. Duhamel et de Buffon. . . . 367

Les calamités que causent les grandes gelées d'hiver, telles que celle de 1709, n'ont lieu qu'à des époques éloignées; mais le dommage que causent les gelées du printemps nous devient plus important, parce qu'elles nous affligent beaucoup plus fréquemment, 367. — Les unes attaquent le corps même et les parties les plus solides des arbres, au lieu que les autres détruisent simplement leurs productions et s'opposent à leur accroissement, 368. — Vices (tels que les gélivures, les gélivures entrelardées et le

double aubier) produits par la grande gelée d'hiver, qui se reconnaissent dans l'intérieur des arbres, *ibid.* — Origine du double aubier ou faux aubier dans les arbres, *ibid.* — Il est plus faible, moins parfait et moins pesant que l'aubier ordinaire. Preuve par l'expérience, 369. — Gélivure dans l'intérieur des arbres; origine de ce défaut, 370. — Les fortes gelées d'hiver font quelquefois fendre les arbres, suivant la direction de leurs fibres et même avec bruit; observations relatives à cet accident, 371. — Le bois des arbres fendus par l'effort de la gelée ne se réunit jamais dans la partie fendue. Mercure dans les arbres; leur origine différente, *ibid.* — Les arbres résineux sont rarement endommagés dans leur intérieur par les fortes gelées, *ibid.* — Observations diverses sur les gelées du printemps, *ibid.* — Expériences qui prouvent démonstrativement que la gelée du printemps fait beaucoup plus de mal à l'exposition du midi qu'à l'exposition du nord, 372. — Dans les endroits bas et où il règne des brouillards, la gelée se fait sentir plus vivement et plus souvent qu'ailleurs, 373. — Les chênes sont souvent endommagés par la gelée du printemps dans les forêts, tandis que ceux qui sont dans les haies et dans les autres lieux découverts, ne le sont point du tout, *ibid.* — Cause de cet effet, *ibid.* — Les grands bois peuvent rendre les taillis qui sont dans leur voisinage, dans le même état qu'ils seraient dans le fond d'une vallée, *ibid.* — La gelée n'est jamais plus à craindre que lorsqu'elle succède à des brouillards ou même à une pluie, quelque légère qu'elle soit, *ibid.* — Elle agit plus puissamment dans les endroits labourés fraîchement, parce que les vapeurs qui s'élèvent de la terre y transpirent plus librement et plus abondamment, *ibid.* — Dans les terrains légers et sablonneux, la gelée fait plus de dégâts que dans les terres fortes, 374. — Dans les vignes, le voisinage d'un champ de sainfoin ou de pois, nuit aux ceps qui en sont le plus rapprochés, *ibid.* — Les verges de vignes élevées sont moins sujettes à la gelée que celles qui sont près de la souche, *ibid.* — Dans les bois, les bourgeons latéraux d'une souche sont souvent atteints par la gelée, tandis que les rejetons supérieures ne souffrent point, *ibid.* — Dans certaines circonstances, la gelée fait plus de tort à l'exposition du levant qu'à toutes les autres; observations diverses à ce sujet, *ibid.* — Une gelée assez vive ne cause aucun préjudice aux plantes quand elle fond avant que le soleil les ait frappées, *ibid.* — On sauve les plantes délicates, en les rentrant dans la serre ou en les couvrant avant que le soleil ait donné dessus, *ibid.* — Cette précaution revient assez à ce qu'on pratique pour les animaux qui ont un membre gelé: on se garde de les exposer d'abord à une chaleur trop forte, 375. — Si l'on fait dégeler précipitamment des fruits, ils périssent à l'instant, *ibid.* — Causes des désordres que le soleil produit sur les plantes gelées, *ibid.* — Nécessité de couvrir les plantes hâtives placées à l'exposition du midi, sur des ados, dans les temps de gelée, 376. — Avantages des espaliers, *ibid.* — Et surtout des espaliers en niche ou renfoncement, 377. — Quelques moyens de prévenir et de tempérer les effets de la gelée sur les vignes, 378.

HISTOIRE NATURELLE DES MINÉRAUX.

De la figuration des minéraux. . . . 379

Le temps ne peut nous être représenté que par le mouvement et par ses effets, c'est-à-dire par la succession des opérations de la nature, 379. — Les matières dont le globe terrestre est composé, peuvent être divisées d'abord en trois grandes classes: la première, de celles qui ont été produites par le feu primitif, telles que le quartz, le jaspe, le feld-spath, le schorl, le mica, le grès, le porphyre, le granite et encore les sables vitreux, les argiles, les schistes, les ardoises, *ibid.* — La seconde comprend les matières qui ont subi une seconde action du feu dans les volcans, telles que les laves, les basaltes, les pierres ponceuses, les pouzzolanes; ces deux classes sont celles de la nature brute; car toutes les matières qu'elles contiennent ne portent que peu ou point de traces d'organisation, *ibid.* — La troisième contient les substances calcinables, les terres végétales, et toutes les matières formées du détriment et des débris des animaux et des végétaux, par l'action ou l'intermédiaire de l'eau, telles que les marbres, les pierres calcaires, les craies, les plâtres et la couche universelle de terre végétale qui couvre la surface du globe, ainsi que les couches particulières de tourbes, de bois fossiles et de charbons de terre, *ibid.* — Il n'y a de matières entièrement brutes que celles qui ne portent aucun trait de figuration, *ibid.* — Tout minéral figuré a été travaillé par les molécules organiques, provenant du détriment des êtres organiques ou existantes avant leur formation, 380. — La plupart des minéraux figurés ne doivent leurs différentes formes qu'au mélange et aux combinaisons des molécules organiques avec l'eau qui leur sert de véhicule, *ibid.* — Les productions de la nature organisée qui, dans l'état de vie et de végétation, représentent sa force et font l'ornement de la terre, sont encore, après la mort, ce qu'il y a de plus noble dans la nature brute, *ibid.* — Les détriments des animaux et des végétaux conservent des molécules organiques actives, qui communiquent à la matière brute et passive, les premiers traits de l'organisation en lui donnant la forme extérieure, *ibid.* — L'organisation a, comme toute autre qualité de la matière, ses degrés et ses nuances dont les caractères les plus généraux, les plus distincts, et les résultats les plus évidents sont la vie dans les animaux, la végétation dans les plantes, et la figuration dans les minéraux, *ibid.* — L'élément du feu, comme toute autre matière, est soumis à la puissance générale de la force attractive, *ibid.* — L'art de l'homme ne peut que tracer des figures et former des surfaces, tandis que celui de la nature travaille les corps dans leur intérieur et dans toutes les dimensions à la fois, *ibid.* — Les deux grandes forces de la nature sont celle de l'attraction, qui tend à rapprocher toute matière, et celle de la chaleur qui ne tend au contraire qu'à les séparer; ces deux forces, lorsqu'elles sont réunies, peuvent travailler la matière dans les trois dimensions à la fois: par la combinaison de ces deux forces actives, la matière

ductile peut prendre la forme d'un germe organisé, 380. — Et lorsqu'elles n'agissent pas sur une matière ductile, mais sur des matières dures qui leur opposent trop de résistance, elles ne peuvent alors agir que sur la surface, sans pénétrer l'intérieur de cette matière trop dure; et par conséquent, elles ne peuvent la travailler que dans deux dimensions au lieu de trois, en traçant à sa superficie quelques linéaments; et cette matière n'étant travaillée qu'à la surface, ne pourra prendre d'autre forme que celle d'un minéral figuré, *ibid.* — Dans le minéral, il n'y a point de germe, point de moule intérieur capable de se développer par la nutrition, ni de transmettre sa forme par la reproduction, *ibid.* — Comparaison de l'accroissement des minéraux et de l'accroissement ou développement des animaux et des végétaux, 381. — Le minéral n'augmente et n'accroît que par la juxtaposition successive de ses parties constituantes, qui toutes n'étant travaillées que sur deux dimensions, ne peuvent prendre d'autre forme que celle de petites lames infiniment minces et de figures semblables ou différentes, et ces lames figurées, superposées et réunies, composent par leur agrégation, un volume plus ou moins grand et figuré de même, *ibid.* — Explication de la figuration des minéraux, *ibid.* — La figuration des minéraux est un premier trait d'organisation, *ibid.* — Nos moules artificiels ne sont qu'extérieurs et ne peuvent que figurer des surfaces, c'est-à-dire opérer sur deux dimensions; mais l'existence des moules intérieurs, et leur extension est démontrée par le développement de tous les germes dans les végétaux, de tous les embryons dans les animaux, puisque toutes leurs parties, soit extérieures, soit intérieures, croissent proportionnellement, ce qui ne peut se faire que par l'augmentation du volume de leur corps dans les trois dimensions à la fois, 382. — Un homme, un animal, un arbre, une plante, en un mot tous les corps organisés sont autant de moules intérieurs, dont toutes les parties croissent proportionnellement, et par conséquent s'étendent dans les trois dimensions à la fois, *ibid.* — Quoique la substance du temps ne soit point matérielle, néanmoins le temps entre comme élément général, comme ingrédient réel et plus nécessaire qu'aucun autre, dans toutes les compositions de la matière; or la dose de ce grand élément ne nous est point connue, il faut peut-être des siècles pour opérer la cristallisation d'un diamant, tandis qu'il ne faut que quelques minutes pour cristalliser un sel, 383. — Toutes les fois qu'on dissout une matière, soit par l'eau, soit par le feu, et qu'on la réduit à l'homogénéité, elle ne manque pas de se cristalliser, pourvu qu'on tienne cette matière dissoute assez long-temps en repos, pour que les particules similaires et déjà figurées puissent exercer leur force d'affinité, s'attirer réciproquement, se joindre et se réunir, *ibid.* — Ce n'est pas la faute de l'homme, si par son art il ne peut imiter la nature dans ses opérations, puisque, quand même par les lumières de son esprit il pourrait reconnaître tous les éléments que la nature emploie, quand il les aurait à sa disposition, il lui manquerait encore la puissance de disposer du temps,

et de faire entrer des siècles dans l'ordre de ses combinaisons, *ibid.* — Comment se sont formés les verres primitifs, desquels toutes les matières vitreuses tirent leur origine, *ibid.* — Discussion critique sur la nomenclature en minéralogie, *ibid.*

Des verres primitifs. 384

Comparaison de la vitrification générale du globe avec celle qui s'opère sous nos yeux, par le feu des volcans, avec les différences de leurs produits, 384. — Le quartz et les autres verres produits par le feu primitif, sont très-différents des baaltes ou des laves, produits par le feu des volcans, *ibid.* — Le quartz est le premier verre primitif et la matière dont la roche entière de l'intérieur du globe est composée; c'est aussi la première base de toutes les matières vitreuses, *ibid.* — La substance du quartz est simple, dure, et résistant à toute action des acides ou du feu. Sa cassure vitreuse indique son essence, et tout démontre que c'est le premier verre qu'ait produit la nature, *ibid.* — Matière dont il s'est formé, et comment il a acquis sa solidité dans l'intérieur du globe en même temps qu'il s'est exfolié et réduit en paillettes, à l'extérieur de ce même globe, 385. — En général, plus la substance d'une matière est simple et homogène, moins elle est fusible, *ibid.* — Première origine du mica par les exfoliations du quartz. Légère différence entre la substance du quartz et celle du mica, qui seulement est un peu moins simple et un peu moins réfractaire au feu que celle du quartz. Comment il est arrivé que la substance des micas est devenue moins simple que celle du quartz, *ibid.* — Le quartz, le jaspe et le mica, sont les trois premiers verres primitifs, et en même temps les matières les plus simples de la nature, *ibid.* — Le jaspe s'est formé dans les fentes du quartz: ce n'est au fond qu'une matière quartzeuse imprégnée de substances métalliques qui ont donné au jaspe ses couleurs, *ibid.* — Le feld-spath et le schorl sont les deux derniers verres primitifs; ils sont moins simples et beaucoup plus fusibles que les trois premiers: raison de cette différence, *ibid.* — Formation du feld-spath et du schorl, *ibid.* — Formation du jaspe. Il est aussi infusible que le quartz, *ibid.* — Objections au sujet de la nature des verres primitifs, et réponses à ces objections, 386. — Le globe terrestre n'a pu prendre la forme renflée sous l'équateur et abaissée sous les pôles, que dans son état de liquéfaction par le feu. Les boursouflures et les grandes éminences du globe, ont été nécessairement formées par l'action de ce même élément dans le temps de sa consolidation. L'eau, en quelque quantité et dans quelque mouvement qu'on la suppose, n'a pu produire ces chaînes de montagnes primitives qui font la charpente de la terre et tiennent à la roche qui en occupe l'intérieur, *ibid.* — Les grandes masses de matières vitreuses qui composent les éminences primitives du globe, n'ont pas été formées par le dépôt des eaux, car elles ne portent aucune trace de cette origine, et n'offrent pas le plus petit indice du travail de l'eau. On ne trouve aucune production marine, ni dans le quartz, ni dans le granite, et leurs masses, au lieu d'être disposées par

couches comme le sont les matières transportées ou déposées par les eaux, sont au contraire comme fondues d'une seule pièce, sans lits ni divisions que celles des fentes perpendiculaires qui se sont formées par la retraite de la matière sur elle-même dans le temps de sa consolidation par le refroidissement, 387. — Comparaison de la substance des jaspes à celle du quartz, *ibid.* — Pourquoi les jaspes sont beaucoup plus rares que les quartz, *ibid.* — Les couleurs ne doivent pas être regardées comme parties intégrantes d'aucune substance, parce qu'il ne faut qu'une très-petite quantité de matière pour colorer de très-grandes masses, et que l'addition de ces couleurs n'ajoute rien ou presque rien à leur poids, *ibid.* — L'infusibilité, ou plutôt la résistance à l'action du feu, dépend en entier de la pureté ou de la simplicité de la matière; la craie ou l'argile pure sont aussi infusibles que le quartz et le jaspe : toutes les matières mixtes ou composées sont au contraire très-aisément fusibles, *ibid.*

Du quartz. 388

Formation des montagnes vitreuses ou primitives. Le quartz a formé non-seulement la roche intérieure du globe, mais aussi les éminences et appendices extérieurs de cette roche; il sert de noyau aux montagnes vitreuses. Ces noyaux des plus hautes montagnes se sont trouvés d'abord environnés et couverts de fragments décrépités de ce premier verre, ainsi que des écailles du jaspe, des paillettes du mica, et des petites masses cristallisées du feld-spath et du schorl, qui dès-lors ont formé par leur réunion les grandes masses de granite et de porphyre, et de toutes les autres roches vitreuses, composées de ces premières matières produites par le feu primitif; les eaux n'ont agi que long-temps après sur ces mêmes fragments et poudres de verre, pour en former les grès, les talcs, et les convertir enfin par une longue décomposition en argile et en schiste, 388. — Les matières vitreuses telles que les cailloux, les laves des volcans, et tous nos verres factices se convertissent en terre argileuse, par la longue impression de l'humidité de l'air; le quartz et tous les autres verres produits par la nature, quelque durs qu'ils soient, doivent subir la même altération et se convertir à la longue, en terre plus ou moins analogue à l'argile, *ibid.* — Le quartz se présente dans des états différents. Le premier, en grandes masses dures et sèches, produites par la vitrification primitive; le second, en petites masses brisées et décrépités par le premier refroidissement, et c'est sous cette seconde forme qu'il est entré dans la composition des granites et de plusieurs autres matières vitreuses. Le troisième état du quartz est celui où ces petites masses sont dans un état d'altération, ou de décomposition, produit par les vapeurs de la terre ou par l'infiltration de l'eau, *ibid.* — Différence sensible de ces quartz, *ibid.* — Un des caractères du quartz est d'avoir la cassure vitreuse, c'est-à-dire par ondes convexes et concaves, également polies et luisantes, et ce caractère seul suffirait pour indiquer que le quartz est un verre, quoiqu'il ne soit pas fusible au feu de nos fourneaux, 389. — Le cristal est

de la même nature que le quartz; il n'en diffère que par la forme et par la transparence : leurs caractères communs, *ibid.* — Quartz de seconde formation, quartz feuilleté, quartz troué, etc., *ibid.* — Quartz qui accompagne les filons des métaux; observation à ce sujet, *ibid.* — Concrétions quartzeuses produites par les vapeurs, dans l'intérieur de la terre. Exemple à ce sujet, *ibid.* — Les quartz en blocs détachés et roulés par les eaux, ne sont que des débris des grandes masses de quartz primitif. On trouve des bancs d'une grande étendue, qui ne sont composés que de ces morceaux de quartz roulés, quelquefois mêlés avec des pierres calcaires, et ces bancs ont été formés de ces matières transportées par les eaux, 390. — Différence des rocs vitreux et des rochers calcaires. Les premiers ne sont pas disposés horizontalement par bancs et par couches, mais ils sont en pleines masses comme s'ils étaient fondus d'une seule pièce, *ibid.* — Caractères par lesquels on peut reconnaître et l'on doit distinguer les matières minérales : 1^o le plus ou le moins de fusibilité; 2^o le caractère de la calcination ou non calcination avant la fusion; 3^o l'effervescence avec les acides par laquelle on distingue les substances calcaires des matières vitreuses; 4^o celui d'étinceler ou de faire feu par le choc du briquet, qui indique plus qu'aucun autre la sécheresse et la dureté; 5^o la cassure vitreuse, spathique, terreuse ou grenue, qui présente à nos yeux la texture intérieure de chaque substance; 6^o les couleurs qui démontrent la présence des parties métalliques, dont les différentes matières sont imprégnées; 7^o la densité ou le poids spécifique de chaque matière, qui est de tous les caractères le plus essentiel, 391.

Du jaspe. 392

Le quartz, le jaspe, le mica, le feld-spath et le schorl, sont les cinq verres produits par le feu primitif; en les combinant deux à deux, ils ont pu former dix matières différentes; combinés trois à trois, ils ont pu former encore dix autres matières; et combinés quatre à quatre ou tous les cinq ensemble, ils ont encore pu former cinq matières différentes : et en général, toutes les matières vitreuses ont été produites par leur mélange ou par la combinaison de leurs détriments, 392. — La cassure du jaspe est moins nette que celle du quartz; il est aussi plus opaque, *ibid.* — Ses propriétés communes avec le quartz; il est un peu moins dur; raison de cette différence, *ibid.* — Il reçoit un beau poli dans tous les sens, 393. — Jaspes de première et seconde formation, les uns par le feu primitif, et les autres par la stillation des eaux, *ibid.* — Observations par lesquelles on peut démontrer l'origine et la formation du jaspe dans le quartz, *ibid.* — Les jaspes se trouvent en grandes masses dans la Lorraine, en Provence, en Allemagne, en Bohême, en Saxe, 394. — En Italie, en Pologne, *ibid.* — En Sibérie. Il y a même près d'Argun, une montagne entière de jaspe vert; on en trouve jusqu'en Groenland; il y en a des montagnes dans la haute Égypte; il s'en trouve aussi dans plusieurs endroits des grandes Indes, à la Chine, 395. — Il y en a de même dans les montagnes de

l'Amérique, 395. — Jaspes de différentes couleurs, *ibid.* — Caractères apparents du jade, et ses ressemblances avec le quartz, *ibid.*

Du mica et du talc 396

Le mica ne se trouve pas comme le quartz et le jaspe en grandes masses solides et dures, mais presque toujours en paillettes et en petites lames minces et disséminées dans plusieurs matières vitreuses, 396. — Le talc est formé par l'aggrégation des paillettes du mica atténuées et réunies, *ibid.* — Différences du talc et du mica, *ibid.* — Les parcelles du mica ne sont pas aussi douces au toucher que celles du talc, *ibid.* — Le mica est un verre primitif en petites lames et paillettes très-minces, lesquelles d'une part ont été sublimées par le feu, ou déposées dans certaines matières, telles que les granites, au moment de leur consolidation, et qui, d'autre part, ont ensuite été entraînées par les eaux, et mêlées avec les matières molles, telles que les argiles, les ardoises et les schistes, *ibid.* — Les micas ont produit les talcs quand ils se sont trouvés sans mélange; et quand ils se sont réunis avec d'autres matières qui leur sont analogues, ils ont formé des masses plus ou moins tendres, telles que le crayon noir ou molybdène, la craie de Briançon, la craie d'Espagne, les pierres ollaires, les stéatites et les serpentines, *ibid.* — On trouve aussi des micas en masses pulvérulentes : exemples là-dessus, *ibid.* — Différences des talcs par leurs couleurs et leur transparence : lieux où l'on les trouve, 397. — Usage du talc pour les petites fenêtres des vaisseaux, *ibid.* — Différences du vrai talc d'avec celui qu'on appelle *talc de Venise* ou *craie de Briançon*, etc., 398. — Raisons pourquoi ce verre primitif n'a pas formé des masses solides comme les quatre autres verres, *ibid.* — Il est un peu moins réfractaire au feu que le quartz et le jaspe, et en même temps il est beaucoup moins fusible que le feld-spath et le schorl, *ibid.*

Du feld-spath. 399

Le feld-spath est le quatrième verre primitif; sa cassure, au lieu d'être vitreuse, est spatique, et c'est par cette raison qu'on lui a donné le nom de *spath*, 399. — Il n'est nulle part en grandes masses; on le trouve incorporé dans les granites et les porphyres, ou quelquefois en petits morceaux isolés, et toujours plus ou moins régulièrement cristallisés. — Sa cristallisation n'a pas été produite par l'eau, mais opérée par l'action du feu primitif, *ibid.* — Ses différences avec le quartz, sa fusibilité, sa dureté, qui le fait étinceler contre l'acier, *ibid.* — Sa substance est moins simple que celle du quartz, du jaspe et du mica, *ibid.* — Le feld-spath est non-seulement fusible par lui-même, mais il communique la fusibilité au quartz, au jaspe et au mica, avec lesquels il est intimement lié dans les granites et les porphyres, *ibid.* — Ses autres caractères, *ibid.* — Différences essentielles du feld-spath d'avec les autres spaths, auxquels il ne ressemble que par sa cassure, lamellée ou spatique, *ibid.* — Il se fond au même degré de feu que nos verres factices, *ibid.* — Ses combi-

naisons et ses mélanges avec les autres matières vitreuses, 400. — Explication de la manière dont il a été formé, et comment il s'est mêlé avec les porphyres et les granites, *ibid.* — Usage du feld-spath pour la composition des porcelaines et pour les émaux blancs, *ibid.* — Ses couleurs différentes et sa forme de cristallisation, 401.

Du schorl. 401

Le schorl est le cinquième et le dernier des verres primitifs; il a plusieurs caractères communs avec le feld-spath, et particulièrement la fusibilité qu'il communique de même aux autres matières vitreuses : ils se sont formés en même temps, et par les mêmes effets de nature, lors de la vitrification générale. Il est composé de lames longitudinales comme le feld-spath; il a de même la cassure spatique : il se présente aussi en petites masses cristallisées en prismes, au lieu que celles du feld-spath sont cristallisées en rhombes, 401. — Il est entré, ainsi que le feld-spath, dans la composition de plusieurs matières vitreuses, et en particulier dans celles des porphyres et des granites, *ibid.* — Schorl de seconde formation; ses différences d'avec le schorl primitif : il a été produit par l'intermède de l'eau, au lieu que l'autre a été produit par le feu primitif, 402. — Rapports très-voisins entre le schorl et le feld-spath, *ibid.*

Des roches vitreuses de deux et trois substances, et en particulier du porphyre. 402

Les cinq verres primitifs, combinés deux à deux, ont formé les masses vitreuses composées : 1^o de quartz et de jaspe : cette matière se trouve dans les fentes où le jaspe est contigu au quartz, 402; — 2^o de quartz et de mica : cette matière est fort commune et se trouve par grandes masses; on pourrait l'appeler *quartz micacé*, *ibid.*; — 3^o de quartz et de feld-spath : il y a des roches de cette matière en Provence et en Laponie, 403; — 4^o de quartz et de schorl : c'est ce que l'on a improprement appelé *jaspe d'Égypte*, 404; — 5^o de jaspe et de mica : cette combinaison ne m'est pas connue, *ibid.*; — 6^o de jaspe et de feld-spath, et 7^o de jaspe et de schorl : ces deux mélanges forment également des porphyres, *ibid.*; — 8^o de mica et de feld-spath : ce mélange comme celui du jaspe et du mica, n'est que superficiel, et nous ne connaissons aucune pierre dans laquelle il soit intime, *ibid.*; — 9^o de mica et de schorl : cette combinaison ne m'est pas mieux connue, et peut-être n'existe-t-elle pas plus dans la nature que la cinquième, *ibid.*; — 10^o de feld-spath et de schorl : ce mélange a formé les oplites, *ibid.* — Ces mêmes verres primitifs combinés trois à trois, quatre à quatre, ont formé des granites et des porphyres : le quartz, le feld-spath et le mica, composent la substance de plusieurs granites; et d'autres granites, au lieu de mica, sont mêlés de schorl : d'autres contiennent quatre de ces verres primitifs au lieu de trois, et sont composés de quartz, de mica, de feld-spath et de schorl; et dans les porphyres, il y en a qui sont composés de jaspe, de feld-spath et de schorl, *ibid.* — Le porphyre est, après le jaspe, la plus belle des matières vitreuses de

première formation. Il est composé de jaspe, de feld-spath et de petites parties de schorl, incorporés ensemble, *ibid.* — Ses différences d'avec les jaspes et d'avec les granites, 405. — Porphyre de différentes couleurs avec des taches plus ou moins grandes, *ibid.* — Il n'y a ni quartz, ni mica dans les porphyres, *ibid.* — Comparaison des porphyres et des granites, *ibid.* — Le porphyre se trouve par fortes masses et par grands blocs en plusieurs endroits : il est ordinairement voisin des jaspes, 406. — Solidité, dureté et durée des ouvrages faits de porphyre, qui résistent beaucoup plus long-temps que les granites aux injures de l'air, *ibid.* — Ouvrages de granite; pourquoi tous les grands et anciens monuments sont de granite, *ibid.* — Différentes sortes de porphyres, et leurs descriptions, *ibid.* — Discussion critique sur l'énumération des porphyres, donnée par M. Ferber, *ibid.* — Il faut distinguer les vrais et anciens porphyres, formés par le feu primitif, des nouveaux porphyres qui ont pu l'être par l'intermède de l'eau ou par l'action du feu des volcans, 407. — Le granite est de toutes les matières vitreuses la plus abondante et celle qui se trouve en plus grandes masses, puisque le granite forme les chaînes de la plupart des montagnes primitives, sur tout le globe de la terre, 408.

Du granite. 409

De toutes les matières produites par le feu primitif, le granite est la moins simple et la plus variée; il est ordinairement composé de quartz, de feld-spath et de schorl, ou de quartz, de feld-spath et de mica, ou enfin de quartz, de feld-spath, de schorl et de mica, 409. — Explication de la formation des granites, *ibid.* — Leur gissement sur la roche quartzreuse du globe, et leur accumulation sur les appendices de cette roche, dans toutes les boursoffures et montagnes primitives du globe, 411. — Granites à gros et à petits grains : leurs différences dans leur formation, et leur composition, 412. — Manière dont s'opère la décomposition des granites exposés à l'action des éléments humides, 415. — Granite décomposé par les vapeurs souterraines et par l'infiltration des eaux, 416. — Montagnes de granite. Les montagnes de granite s'offrent à la superficie du globe de la terre, dans tous les lieux où les argiles, les schistes et les couches calcaires n'ont pas recouvert l'ancienne surface du globe, et où le feu des volcans ne l'a point bouleversée, en un mot, partout où subsiste la structure primitive de la terre, 411. — A mesure que l'on fouille dans les montagnes, dont la cime et les flancs sont de granite, loin de trouver du granite plus solide et plus beau à mesure que l'on pénètre, l'on voit au contraire qu'au-dessous, à une certaine profondeur, le granite se change, se perd et s'évanouit à la fin, en reprenant peu à peu la nature brute du roc vif et quartzeux, *ibid.* — Les sommets des montagnes granitiques sont généralement plus élevés que les montagnes schisteuses ou calcaires. Ces sommets n'ont jamais été surmontés ni travaillés par les eaux, dont la plus grande hauteur nous est indiquée par les bancs calcaires les plus élevés, 412. — On ne trouve aucun indice de coquilles ou d'autres productions marines,

dans l'intérieur de ces granites primitifs, à quelque niveau qu'on les prenne; et l'on ne voit jamais de bancs calcaires interposés dans les masses de ce même granite, ni de granites posés sur des couches calcaires, si ce n'est par bancs de seconde formation, ou par morceaux détachés et tombés de sommets plus élevés, *ibid.* — Les anciens ont travaillé des blocs de granite de plus de vingt mille pieds cubes; et de nos jours on a travaillé des masses encore plus grandes. Le piédestal de la statue du czar Pierre I^{er} a été tiré d'un bloc de granite de trente-sept mille pieds cubes, 413. — Origine et formation des granites secondaires, 417. — Caractères par lesquels on peut reconnaître que ces granites sont de nouvelle formation, *ibid.* — Différence de position dans les anciens et les nouveaux granites; les premiers ont été formés par le feu primitif, et les seconds par le transport et le dépôt des eaux, *ibid.* — Les couches de cailloux de granite et de quartz arrondis sont non-seulement de seconde, mais de troisième formation, 418. — Formation des *poudingues vitreux*, 419. — Formation des *marbres brèches*, *ibid.*

Du grès 419

Le grès pur n'est composé que de petits grains de quartz réunis entre eux par l'intermède de l'eau; ses propriétés sont communes avec celles du quartz. Explication de la formation des grès, 419. — Ciment qui remplit les interstices entre les grains quartzeux dont le grès est composé. Deux manières dont le ciment a pu être porté dans la masse des grès; observations et exemples à ce sujet, 420. — Les limons naturels sont de plusieurs sortes, et diffèrent principalement entre eux, en ce que les uns sont de la même nature et homogènes avec la matière dont ils remplissent les interstices et que les autres sont d'une substance différente de celle qu'ils pénètrent, 421. — Les fentes perpendiculaires qui se sont formées par la retraite des matières vitreuses, dans le temps du premier refroidissement du globe sont les grands soupiraux par où se sont échappés, et s'échappent encore, les vapeurs denses et métalliques. Les émanations minérales, qui étaient très-abondantes lors de la grande chaleur de la terre, ne laissent pas de s'élever, mais en moindre quantité, dans l'état actuel d'attidissement, *ibid.* — Lorsque le grès est pur il ne contient que du quartz réduit en grains plus ou moins menus, et souvent si petits qu'on ne peut les distinguer qu'à la loupe. Les grès impurs sont au contraire mélangés d'autres substances vitreuses ou métalliques, et plus souvent encore de matières calcaires, 422. — Gissement des grandes masses de grès dans les sables quartzeux, *ibid.* — Tous les grès sont humides au sortir de la carrière, et ils se dessèchent à l'air, *ibid.* — Différence dans la position et le gissement des grès purs et des grès mélangés, 423. — Formation des grès : les grès se sont formés par l'intermède de l'eau; preuve de cette assertion, *ibid.* — Différence du grès et du granite, *ibid.* — Le grès réduit en poudre très-subtile, pénètre à travers le verre : exemple à ce sujet, *ibid.* — Variétés dans la composition des grès, aussi-bien que dans leur densité, leur dureté, etc., *ibid.*

— Exposition détaillée de la dureté et des autres qualités des différents grès, 424. — Le grès pur, comme le quartz, réduit en sablons, fait la base de tous nos verres factices, *ibid.* — Grès colorés. Quelques grès sont colorés de rougeâtre par les molécules ferrugineuses qui s'écoulent de la terre végétale ou limoneuse; exemple à ce sujet, *ibid.* — Il y a des grès figurés régulièrement à l'extérieur et d'autres en géodes, et qui sont creux intérieurement : formation de ces géodes de grès, 425. — On a trouvé en plusieurs endroits des grès figurés assez régulièrement en rhombes : raisons de cette figuration qui ne se trouve pas dans les grès purs, mais seulement dans ceux qui sont mélangés d'une grande quantité de matières calcaires, *ibid.* — Expérience qui le démontre, 426.

Des argiles et des glaises 426

L'argile doit son origine à la décomposition des matières vitreuses, qui, par l'impression des éléments humides, se sont divisées, atténuées et réduites en terre : preuves de cette vérité, 426. — Comment l'argile devient une terre féconde, *ibid.* — Les argiles pures et blanches ne se trouvent qu'en certains lieux; raisons de ce fait. Ces argiles pures sont aussi réfractaires que le quartz d'où elles proviennent, 427. — Les argiles mélangées ne sont pas aussi réfractaires au feu que les argiles pures, *ibid.* — La nature a suivi pour la formation des argiles les mêmes procédés que pour celle des grès, *ibid.* — On doit donner le nom de *glaises* aux argiles mélangées, qui sont ordinairement colorées, et l'on doit réserver le nom d'*argile* aux argiles pures, *ibid.* — Le globe terrestre est presque environné partout d'une couche de glaise plus ou moins épaisse, qui a été déposée par les eaux, et sur laquelle portent immédiatement les bancs de matière calcaire, *ibid.* — Disposition de ces couches de glaise, *ibid.* — Observations et expériences à ce sujet, *ibid.* — Différentes concrétions qui se forment entre les lits de glaise, *ibid.* — Différence des argiles pures d'avec la marne, 430. — Distinction entre les argiles et les glaises, 431. — Lieux où se trouvent les argiles pures; il n'y a point de coquilles ni d'autres productions marines dans les masses d'argiles blanches ou pures, tandis que toutes les couches de glaise en contiennent une grande quantité, *ibid.* — Toutes les glaises deviennent rouges par l'impression d'un premier feu, et peuvent se fondre à un feu violent, au lieu que l'argile pure ne change point de couleur et résiste à l'action de tous nos feux, *ibid.* — Il ne faut pas confondre avec les glaises les terres limoneuses, *ibid.* — Les glaises ont été transportées et déposées par les eaux avec les dépouilles des animaux marins qui s'y trouvent mêlées en grande quantité, *ibid.* — Leurs couleurs indiquent qu'elles sont imprégnées de parties minérales, et particulièrement de fer. On trouve entre les lits de glaise, des pyrites martiales, dont les parties constituantes ont été entraînées de la couche de terre végétale par l'infiltration des eaux, et se sont réunies sous cette forme de pyrites, entre les lits de ces argiles impures, *ibid.* — Propriétés des glaises soumises à l'action du feu, 432. — La

glaise forme l'enveloppe de la masse entière du globe; les premiers lits se trouvent immédiatement sous la couche de terre végétale, comme sous les bancs calcaires auxquels la glaise sert de base; c'est sur cette terre ferme et compacte, que se rassemblent tous les filets d'eau qui descendent par les fentes des rochers, ou qui se filtrent à travers la terre végétale; cette eau ne peut qu'humecter la première surface, et ne pénètre point la glaise, elle suit la première pente qui se présente, et sort en forme de source entre le dernier banc des rochers et le premier lit de glaise; c'est là l'origine de toutes les fontaines, *ibid.* — L'usage de l'argile cuite pour les bâtiments, les vases, etc., paraît être de toute antiquité, et avoir précédé l'emploi des pierres calcaires, *ibid.* — L'eau que la glaise retient produit des vapeurs humides qui sont très-favorables à la végétation; exemple à ce sujet, *ibid.* — Origine de toutes les fontaines, *ibid.* — Productions hétérogènes qui se forment par l'intermède de l'eau entre les lits de glaise : 1° la pierre calcaire provenant de la décomposition des corps marins contenus dans la glaise; 2° de petites couches de plâtre formées par cette même matière calcaire et par l'acide vitriolique contenu dans la glaise; 3° des pyrites qui sont ordinairement en forme aplatie et séparées les unes des autres; 4° de petites masses de charbon de terre et de jayet, et une matière grasse ou bitumineuse; 5° les glaises ont ordinairement une couleur grise, bleue, brune ou noire, qui devient d'autant plus foncée qu'on descend plus profondément, 432 et suiv. — L'argile prend le nom de *schiste* et d'*ardoise*, lorsqu'elle est dure et sèche, 434.

Des schistes et de l'ardoise 434

L'argile ou glaise diffère du schiste et de l'ardoise en ce que ses molécules sont spongieuses et molles; au lieu que les molécules de l'ardoise et du schiste ont perdu cette mollesse et cette texture spongieuse qui fait que l'argile peut aisément s'imbiber d'eau, 434. — Le mélange du *mica* et du *bitume* a contribué, avec le dessèchement, à cette dureté des molécules de l'ardoise et du schiste, *ibid.* — Époque de leur formation : elle a été postérieure à celle des glaises, *ibid.* — L'ardoise et le schiste sont plus ou moins imprégnés de bitume et mêlés de mica; ils présentent aussi des impressions de plantes et d'animaux, *ibid.* — Les lits des ardoises n'ont pas régulièrement une position horizontale; ils sont souvent fort inclinés comme ceux des charbons de terre, *ibid.* — Autre rapport entre l'ardoise et le charbon de terre, *ibid.* — Les schistes sont généralement adossés aux flancs des montagnes primitives, 435. — Après le quartz et le granite, le schiste est la plus abondante des matières du genre vitreux; il forme des collines et enveloppe souvent des noyaux de montagnes jusqu'à une grande hauteur, *ibid.* — Ils peuvent se réduire à quatre variétés : la première, des schistes simples qui ne sont que des argiles plus ou moins durcies, et qui ne contiennent que très-peu de bitume et de mica : la seconde, des schistes, qui, comme l'ardoise, sont mêlés de beaucoup de mica et d'une assez grande quantité de bitume, pour en exhaler l'odeur au feu : la

troisième, des schistes ou le bitume est en telle abondance, qu'ils brûlent à peu près comme les charbons de terre de mauvaise qualité, et la quatrième, des schistes pyriteux qui sont les plus durs de tous dans leurs carrières, mais qui se décomposent dès qu'ils en sont tirés, *ibid.* — Les schistes qui contiennent beaucoup de mica sont les meilleures pierres dont on puisse se servir pour les fourneaux de fusion des mines de fer et de cuivre, 436. — Les couches les plus extérieures des schistes se divisent en morceaux qui affectent une figure rhomboïdale : *cause de cet effet, ibid.* — Comparaison des qualités du schiste et de l'ardoise, 437. — Comment les molécules spongieuses et humides de l'argile sont devenues dures et sèches dans les schistes et les ardoises, *ibid.* — Rapports de l'ardoise avec le talc, 438. — Différences entre la bonne et la mauvaise ardoise ; la bonne ne se trouve pas dans les premières couches du schiste, mais toujours à d'assez grandes profondeurs : exemple à ce sujet, *ibid.* — Indices qui annoncent les minières d'ardoise, *ibid.* — Disposition des schistes dans leur carrière. L'on voit sur quelques-uns des feuillettes de l'ardoise, des impressions de poissons à écailles, de crustacés et de poissons mous, dont les analogues vivants ne nous sont pas connus, et en même temps on n'y voit que très-peu ou point de coquilles. Explication de ces deux faits qui paraissent difficiles à concilier, 439. — Propriétés particulières de l'ardoise, et manière d'en exploiter les carrières, *ibid.* — Manière d'éprouver la qualité de l'ardoise, *ibid.* — On peut employer les schistes en masse pour bâtir, 440. — Plusieurs collines et montagnes calcaires sont posées sur le schiste ; exemple à ce sujet, *ibid.* — L'argile, ou sous sa propre forme ou sous celle d'ardoise et de schiste, doit être regardée comme la première terre ; elle forme les premières couches qui aient été transportées et déposées par les eaux ; ce fait s'unit à tous les autres pour prouver que les matières vitrescibles sont les substances premières et primitives, puisque l'argile, formée de leurs débris, est la première terre qui ait couvert la surface du globe. C'est aussi dans cette terre que se trouvent généralement les coquilles d'espèces anciennes, comme c'est aussi sur les ardoises qu'on voit les empreintes des poissons inconnus, qui ont appartenu au premier Océan : un grand nombre de ces lits de schistes, et d'ardoises ne paraissent s'être inclinés que par violence, ayant été déposés sur les voûtes des grandes cavernes, avant que leur affaissement ne fit pencher les masses dont elles étaient surmontées, tandis que les couches calcaires déposées plus tard sur la terre affermie, offrent rarement de l'inclinaison dans leurs bancs, qui sont assez généralement horizontaux, ou beaucoup moins inclinés que ne le sont communément les lits des schistes et des ardoises, *ibid.*

De la craie. 441

La craie doit être regardée comme le premier débris des coquilles et autres dépouilles des animaux marins ; la substance coquilleuse est encore toute pure dans la craie, sans mélange sensible d'autre ma-

tière, et sans aucune de ces nouvelles formes de cristallisation spathique, que la stillation des eaux donne à la plupart des pierres calcaires, 442. — La craie est en général ce qu'il y a de plus léger et de moins solide dans les matières calcaires, et la craie la plus dure est encore une pierre tendre, *ibid.* — Il y a des couches de craie très-épaisses et très-étendues exemple à ce sujet, *ibid.* — Les couches de craie sont ordinairement horizontales ; raisons de ce fait, *ibid.* — Il ne faut pas confondre la craie avec la marne, celle-ci étant toujours mêlée de terre argileuse ; au lieu que la craie est une terre calcaire pure, *ibid.* — La craie est plus dure dans les lits inférieurs que dans les lits supérieurs, et cette même différence de solidité s'observe dans toutes les couches anciennement formées par les sédiments des eaux de la mer : raisons de ce fait général, 443. — La craie a, comme le sable, une double origine ; la première par les coquilles réduites en poussière, et la seconde par la poudre des pierres déjà formées ; exemple de cette seconde formation, *ibid.* — On trouve entre les couches épaisses de craie, de petits lits de substance vitreuse ; et le silex, que nous nommons *Pierre à fusil*, se trouve en grande quantité dans les craies, ce qui prouve que la matière coquilleuse s'est mêlée avec des poudres vitreuses dans son transport par les eaux, *ibid.* — On donne à la craie différents noms, selon ses différents degrés de pureté ; l'une des plus fines s'appelle *blanc d'Espagne*, elle est aussi l'une des plus pures et des plus blanches : son usage. Quand elle est encore plus légère, on l'a appelée *lac luna*, *medulla saxi*, *agariç minéral*, noms impropres auxquels on pourrait substituer celui de *fleur de craie*, 444. — Propriétés de la craie, communes avec celles des autres substances calcaires, *ibid.* — La craie fine, connue sous le nom de *blanc d'Espagne*, ne se trouve pas en grandes couches, ni même en bancs, mais dans les fentes des rochers calcaires, et sur la pente des collines crétaées ; elle y est conglomérée en pelotes plus ou moins grosses, *ibid.* — Anciennes excavations faites par les hommes dans les montagnes de craie pour y habiter. Exemples de ces excavations dans les Indes, en Arabie et ailleurs, *ibid.* — La craie des lits inférieurs, quoique solide et dure, est assez tendre au sortir de la carrière, mais elle prend en se séchant à l'air, assez de dureté pour qu'on puisse l'employer à bâtir, 445. — La craie n'est pas généralement si répandue que la pierre calcaire dure, et les couches, quoique très-étendues en superficie, ont rarement autant de profondeur que celles des autres pierres, *ibid.* — Concrétions provenant de la craie, *ibid.* — Dépôts secondaires de la matière crétaée ; se font très-promptement. Exemple à ce sujet, *ibid.* — Usage de la craie en agriculture ; elle peut aider la végétation et en augmenter le produit, lorsqu'elle est répandue sur les terres argileuses trop dures et trop compactes, *ibid.*

De la marne. 446

La marne n'est pas une terre simple, mais composée de craie mêlée d'argile ou de limon, 446. — Manière de reconnaître la qualité de la marne et les do-

ses de son mélange. Usage que l'on en doit faire suivant les différentes terres que l'on veut amender, 446. — Les marnes doivent leurs différentes couleurs à l'argile et à la terre limoneuse dont elles sont mélangées. La marne blanche ne contient que peu d'argile ou de terre limoneuse, mais une très-grande quantité de craie, *ibid.* — Manière de suppléer à la marne dans les endroits où l'on ne peut en trouver pour amender les terres, *ibid.* — La chaux éteinte et desséchée est de la même nature que la craie, et peut servir aux mêmes usages, 447. — Les marnes ne sont que des terres plus ou moins mélangées et formées assez nouvellement par les dépôts et les sédiments des eaux pluviales : il est rare d'en trouver à quelque profondeur dans le sein de la terre, *ibid.* — Différentes positions dans lesquelles elles se trouvent, *ibid.* — Expériences sur les sels que la craie contient, 448. — Le nitre se trouve en assez grande quantité dans la craie qui est à la surface de la terre et exposée à l'air. On trouve aussi du sel marin dans le blanc d'Espagne et dans la fleur de craie, *ibid.* — Eaux chargées de différents sels : toutes les eaux dont les sources sont dans la couche de terre végétale ou limoneuse, contiennent une assez grande quantité de nitre; au lieu que les eaux pluviales les plus pures et recueillies en plein air avec précaution, donnent, après l'évaporation, une poudre terreuse très-fine, d'une saveur sensiblement salée, et du même goût que le sel marin. La neige contient du sel marin comme l'eau de pluie, sans mélange d'autres sels, tandis que les eaux qui coulent sur les terres calcaires ou végétales, ne contiennent point de sel marin, mais du nitre, 448. — Les couches de marne stratifiées dans les vallons, au pied des montagnes, sous la terre végétale, fournissent du salpêtre, parce que la terre calcaire et la terre végétale dont elles tirent leur origine en sont imprégnées, surtout à leur superficie; au contraire, les pelotes qui se trouvent dans les fentes ou dans les joints des pierres et entre les lits des bancs calcaires, ne donnent, au lieu de nitre, que du sel marin, parce qu'elles doivent leur formation à l'eau pluviale tombée immédiatement dans les fentes, et que cette eau ne contient que du sel marin, sans aucun mélange de nitre, *ibid.*

De la pierre calcaire. 448

Première origine de la pierre calcaire, et multiplication innombrable des coquillages dont plusieurs espèces ont existé et n'existent plus, 448. — On doit distinguer les couches de pierre calcaire d'ancienne formation de celles qui sont d'une formation postérieure, 449. — Manière de les reconnaître et de les distinguer, *ibid.* — Comment ont été produits les bancs de pierre calcaire de seconde formation, *ibid.* — Dans les pierres de formation secondaire, on peut encore en distinguer de plusieurs dates différentes, et plus ou moins modernes ou récentes. Exemple à ce sujet, *ibid.* — La plus ancienne formation des pierres calcaires est donc celle des pierres où l'on voit des coquilles ou des impressions de coquilles marines, *ibid.* — Les pierres de formation secondaire de seconde date, sont les pierres mêlées de pe-

tites visses et limaçons fluviales ou terrestres; celles de la seconde date sont les pierres qui, ne contenant aucune coquille marine ou terrestre, n'ont été formées que des détriments et des débris réduits en poudre des unes et des autres, *ibid.* — Les bancs des pierres calcaires de seconde et de troisième formation sont ordinairement séparés les uns des autres par des joints ou délits horizontaux assez larges, et qui sont remplis d'une matière pierreuse moins pure et moins liée, que l'on nomme *bousin*; tandis que dans les pierres de première formation, les délits horizontaux sont étroits et remplis de spath, 450. — Autres différences entre les pierres calcaires de première et de seconde formation, *ibid.* — Pierres calcaires arrondies, liées par un ciment pierreux; il s'en trouve des bancs d'une grande étendue, *ibid.* — Ces pierres sont d'une formation postérieure à celle des autres, 451. — Origine des pierres calcaires roulées et trouées, 452. — Il y a dans le genre calcaire, comme dans le genre vitreux, des pierres vives et d'autres qu'on peut appeler *mortes*, parce qu'elles ont perdu les principes de leur solidité et qu'elles sont en partie décomposées, 453. — Les différents degrés de la dureté des pierres calcaires s'étendent de la craie jusqu'au marbre : le plus ou le moins de dureté dans ces pierres provient de leur position plus ou moins inférieure aux bancs de même nature qui les surmontent, et de quelques autres circonstances qu'il est aisé d'observer, *ibid.* — Pierres calcaires plus ou moins résistantes à la gelée; leurs principales différences, *ibid.* — Explication des effets de la gelée sur les pierres calcaires, 454. — Les pierres calcaires de la plus ancienne formation sont composées, pour la plupart, de graviers, c'est-à-dire de débris d'autres pierres encore plus anciennes, et il n'y a guère que les couches de craie qu'on puisse regarder comme produites immédiatement par les détriments des coquilles. Ainsi avant la formation de nos rochers calcaires, il existait déjà d'autres rochers de même nature, dont les débris ont servi à leur construction, 455. — Preuves de cette assertion, 456. — Les coquilles sont rarement dispersées dans toute la hauteur des bancs calcaires : souvent sur une douzaine de ces bancs, tous posés les uns sur les autres, il ne s'en trouvera qu'un ou deux où se voient encore des coquilles, quoique l'argile qui d'ordinaire leur sert de base soit mêlée d'un grand nombre de coquilles, ce qui prouve que dans l'argile, où l'eau, n'ayant pas pénétré, n'a pu les décomposer, elles se sont mieux conservées que dans les couches de matière calcaire où elles ont été dissoutes, et ont formé le suc pétifiant qui a rempli les pores des bancs inférieurs, et a lié les grains de la pierre qui les compose, 455. — Explication de la manière dont agit le suc pétifiant dans les pierres calcaires, et comment il leur donne de la solidité et de la dureté, *ibid.* — Il y a beaucoup de points brillants de spath dans les lits inférieurs, et très-peu dans les lits supérieurs des carrières calcaires, 456. — On trouve des bancs entiers composés d'une seule espèce de coquilles, qui toutes sont couchées sur la même face : cette régularité dans leur position et la présence d'une

seule espèce, à l'exclusion de toutes les autres, semblent démontrer que ces coquilles n'ont pas été amenées de loin par les eaux, puisqu'alors elles se trouveraient mêlées avec d'autres coquilles, et placées irrégulièrement, *ibid.* — Les pierres calcaires ne peuvent acquérir un certain degré de dureté qu'autant qu'elles sont pénétrées d'un suc déjà pierreux, 459. — Ordinairement les premières couches d'une montagne calcaire sont de pierre tendre, parce qu'étant les plus élevées, elles n'ont pu recevoir le suc pétrifiant, et qu'au contraire elles l'ont fourni aux couches inférieures : comment il est arrivé que dans certaines collines le banc calcaire supérieur est de pierre dure, *ibid.* — Les bancs supérieurs dans les carrières calcaires sont les plus minces, et les inférieurs deviennent d'autant plus épais, qu'ils sont situés plus bas : raison de ce fait, *ibid.* — Comment se fait cette augmentation d'épaisseur dans les bancs inférieurs, 460. — Pierres calcaires errantes et détachées des rochers : on peut en distinguer trois principales sortes. La première est en blocs informes, et néanmoins cannelés et sillonnés comme s'ils eussent été travaillés de main d'homme, mais qui ne l'ont été en effet que par l'action de l'eau : ce sont des congélations grossières qui se sont accumulées. Les pierres de la se-

conde sorte affectent des figures presque régulières : ce sont des *astroïtes* ou *cerveaux de mer*, etc., pétrifiés; et l'on reconnaît à leur surface les stries et les étoiles de ces productions marines. Les pierres de la troisième sorte sont plates, renflées et colorées de gris-foncé ou de bleu dans leur milieu. Formation de ces pierres à noyau coloré, 461. — Pierres calcaires de formation récente, 463. — Plus les pierres calcaires sont denses, plus il faut de temps pour les réduire en chaux, *ibid.* — Les couleurs des pierres calcaires proviennent quelquefois des produits métalliques, et particulièrement du fer contenu dans la terre végétale ou limoneuse qui surmonte leurs bancs; mais plus souvent ces pierres ont été imprégnées de ces couleurs dès le temps de leur première formation : preuves de cette vérité, *ibid.* — Pierres calcaires en grands bancs et de nouvelle formation; on peut suivre leur origine depuis le haut des montagnes jusque dans les vallées, *ibid.* — Elles n'ont été formées que depuis que nos continents, déjà découverts, ont été exposés aux dégradations de leurs parties, même les plus solides, par la gelée et par les autres injures des éléments humides, 464. — Pierres calcaires qui offrent à leur surface le spath cristallisé en forme de grains de sel, 465.

