

ESSAI
SUR LE CALORIQUE.

1 A 2 2 1

SUR LE CALONIQUE

ESSAI
SUR LE CALORIQUE,
OU
RECHERCHES

Sur les causes physiques et chimiques des phénomènes que présentent les corps soumis à l'action du fluide igné. — Avec des applications nouvelles, relatives à la théorie de la respiration, de la chaleur animale, de l'origine des feux volcaniques, &c.

SUIVI d'un Essai particulier sur les anomalies d'affinités chimiques; d'expériences et d'observations sur le métal des cloches; enfin d'une description de la fameuse aluminière de SOUVIGNACO en ISTRIE, et des procédés employés pour l'extraction et la purification de l'alun naturel.

Par JOSEPH-MARIE SOCQUET, docteur de la Faculté de Turin, et ci-devant médecin aux armées.

Desine quapropter novitate exterritus ipsâ,
Expuere ex animo rationem: sed magis acri
Judicio perpende: et, si tibi vera videtur,
Dede manus. — LUCRET.

A PARIS,
CHEZ DESRAY, RUE HAUTEFEUILLE, n° 36.
AN IX — 1801.

AVANT-PROPOS.

C'EST montrer beaucoup trop de confiance peut-être, que d'oser traiter des sujets difficiles et profonds, sur-tout en fait de sciences positives, lorsqu'on s'expose à publier quelques essais de ses premiers travaux et de ses méditations. Cette confiance même semble toucher de près aux limites d'une présomption dangereuse, quand on se permet encore d'étendre les conséquences déduites des faits et des théories les mieux établies, jusqu'au point d'en faire des applications nouvelles, et quelquefois très-divergentes d'avec les idées et les opinions les plus universellement reçues. J'ai senti le poids de ces justes réflexions, et j'aurois gardé un silence modeste et prudent sur la plupart des articles contenus dans cet ouvrage, si, après avoir donné pendant quelques années des leçons publiques et particulières de chimie,

je n'avois cru m'appercevoir qu'il étoit possible de trouver dans le tableau des vérités actuellement bien démontrées , une série de principes essentiellement liés entr'eux , à l'aide desquels on pouvoit , par une suite de développemens faciles à saisir , éclairer plusieurs questions importantes et très-difficiles à aborder , qui doivent nécessairement précéder l'étude approfondie de la chimie.

En effet , cette branche particulière de la physique spéciale a cela de malheureux , je dirai presque de décourageant , que les premiers pas à faire dans la carrière nouvelle qu'elle nous présente , sont les plus coûteux et les moins assurés , puisqu'on ne sauroit guère entreprendre de s'y livrer avec quelques succès , sans avoir acquis des connoissances assez étendues et exactes sur les propriétés de quelques agens très-subtils de la nature , et sur les circonstances et les loix particulières qui changent ou modifient leur action sur d'autres corps. Telle est , en-

tr'autres, la matière du feu. Ce fluide fait si étrangement varier les apparences extérieures, et souvent même toutes les propriétés des substances qu'il pénètre, et sa manière d'agir sur elles offre encore aujourd'hui tant de problèmes à résoudre, qu'on s'étonnera moins, après une sérieuse méditation, de voir des chimistes et des physiciens célèbres disputer sur l'existence physique du calorique et sur la cause des phénomènes qu'il nous offre; au point même que plusieurs d'entr'eux ne voient dans ses effets que des modifications particulières du mouvement imprimé à la matière. Les doutes proposés par le savant comte de Rumfort, ou, disons mieux, les inductions qu'il a tirées de ses dernières expériences sur la production de la chaleur par le frottement, sont une forte preuve de ce que j'avance.

Et vraiment on ne sauroit disconvenir qu'on n'a point encore déterminé, d'après des principes uniquement fondés sur les démonstrations de la saine physique et de

la chimie, en quoi consiste essentiellement la différence entre l'état du calorique fixé par combinaison dans les corps et celui retenu par capacité, ou même entre ces deux états et celui du calorique de température ou d'irradiation (1). Malgré qu'il soit bien prouvé qu'il n'est aucune expérience de l'art, aucun phénomène de la nature, dont les résultats ne puissent être plus ou moins modifiés, ou même totalement changés, selon l'état particulier dans lequel se trouve le fluide igné, et la nature des substances soumises à son action. J'ose même en appeler

(1) Le citoyen Montgolfier (à qui je me fais honneur de témoigner ici la plus haute estime, et une vraie reconnoissance pour les développemens que j'ai puisés dans ses entretiens instructifs, sur quelques points de doctrine touchant le calorique), éclaircira, sans doute encore beaucoup ces différentes questions, lorsqu'il aura publié les réflexions et les résultats importans que lui ont fournis la variété, la précision et la simplicité de ses expériences sur cette matière.

à ceux que les découvertes modernes et les théories démonstratives actuelles, ont guidés dans l'étude de la chimie ; ont-ils jamais éprouvé d'embarras plus pénibles et moins faciles à lever, que lorsqu'il s'est agi d'expliquer les différentes formes et les propriétés nouvelles qu'acquièrent les corps affectés par le calorique, lorsqu'enfin il a fallu déterminer la cause physique de leur capacité, de leur conducibilité, de leur dilatation, de leur fluidité et de leur gasification ?

Aussi je me suis constamment appliqué, dans mes cours, à ramener les effets du calorique à des causes sensibles et manifestes, entièrement analogues à celles qui nous servent à expliquer les phénomènes de réaction des autres corps entr'eux ; ainsi qu'à prouver par des faits multipliés, et des analogies simples, immédiates et souvent répétées, que la matière du feu, comme toutes les autres substances, étoit sujette à des loix particulières d'attraction, qui peuvent conti-

nuellement faire varier ses différens modes d'être, selon la nature des corps sur lesquels ce fluide agit, et les circonstances dans lesquelles il les trouve. Je n'entrerai dans aucun détail sur la manière dont j'ai envisagé et suivi les effets des corps sur le calorique, et de celui-ci sur les corps. Je laisse au lecteur à juger jusqu'à quel point j'ai rempli la tâche difficile, que je me suis imposée, en traitant une matière aussi délicate.

Les préliminaires de la chimie offrent encore des difficultés également épineuses et multipliées, lorsqu'il faut, avant tout, s'exercer à bien connoître et justement interpréter les loix générales et particulières des affinités. Ces obstacles même deviennent plus sensibles, lorsqu'il arrive que l'application de toutes celles jusqu'ici bien constatées, ne suffit point à l'explication de certains faits, qu'on est bientôt forcé de placer au rang des exceptions apparentes, en attendant des découvertes nouvelles ou de plus exactes notions. J'ai

recueilli un grand nombre de ces cas anoma-
liques ; et cédant à cette impulsion ac-
tive , qui naît souvent des difficultés mêmes
qu'on rencontre dans la recherche des vé-
rités les plus compliquées , j'ai tâché de
trouver la solution de plusieurs de ces ano-
malies , sans m'écarter des principes géné-
ralement reçus. J'en ai formé successive-
ment un tableau, qui pût servir à montrer à
mes élèves la route à suivre pour éviter de
confondre des résultats qui appartiennent
à des forces d'affinité bien connues , mais
qu'on ne sauroit aisément démêler au
travers d'une multitude de phénomènes
accessoirs , qui ne permettent pas de les
distinguer assez clairement de prime
abord , pour les faire rentrer dans le cercle
des loix ordinaires.

Je n'ai hasardé ici que l'exposition de
quelques exemples assez frappans. Le suc-
cès de ce premier travail m'apprendra si
j'ai le droit de le continuer avec quel-
qu'espoir d'approbation.

Mon séjour en Italie m'ayant fourni

l'occasion de parcourir presque toutes les provinces de l'Etat de Venise et quelques autres dépendantes de l'Autriche, j'ai visité alors un grand nombre de fabriques riches et intéressantes. La vaste aluminifère de Souvignaco en Istrie, dont il n'existe aucune description que je sache, probablement à cause de sa situation extrêmement écartée et sauvage, et peut-être aussi, de son peu d'ancienneté, m'a paru offrir des détails curieux, tant par la disposition et la nature du minerai aluminifère, que sous le rapport des procédés simples, ingénieux, et en partie nouveaux, qu'on y suit, et de la théorie des phénomènes multipliés qu'ils présentent. J'en ai fait le sujet d'un mémoire particulier.

Enfin on trouvera à la fin de ces Essais un précis de mes expériences sur l'extraction du cuivre pur du métal des cloches, dont plusieurs journaux italiens avoient déjà publié les résultats conjointement à quelques autres opérations en grand

que j'avois faites à Venise sur différens objets d'art, notamment sur la séparation de la soude du sel marin (1). Les corrections, ou plutôt les additions proposées par le célèbre chevalier Nappione, aux procédés déjà connus, relatifs à la décomposition des différentes especes de bronze (et desquelles j'ai pu m'assurer de l'utilité, en répétant, à Turin, les expériences de ce savant minéralogiste), m'ont paru trop intéressantes pour ne pas mériter d'être connues en détail.

(1) *Voyez* Opuscoli scelti sulle scienze e sulle arti. Da Carlo Amoreti, tom. xx, Milano, &c.

AVIS ESSENTIEL.

ON a laissé, par inadvertance, subsister dans quelques pages, lors de la revue des épreuves, l'énoncé suivant :
En raison du quarré des distances ; lisez par-tout, en raison inverse du quarré des distances.

Plus, à la page 12, à la fin de la ligne 16, *progressivement d'un degré ; lisez, progressivement diminuée d'un degré.*

Pour le reste, consultez l'errata.

TABLE GÉNÉRALE DES MATIÈRES.

AVANT-PROPOS. pag. v

PREMIER ESSAI SUR LE CALORIQUE.

CHAPITRE PREMIER. Définitions générales.	1
CHAP. II. Capacité des corps pour le calorique.	7
CHAP. III. Conducibilité des corps pour le calorique.	47
CHAP. IV. Dilatation et fusion des corps par le calorique.	67
CHAP. V. Gasification des corps par le calorique.	87
CHAP. VI. Calorique radiant.	97
DEUXIÈME ESSAI sur la cause de la production perpétuelle de la chaleur par le frottement des corps.	129
TROISIÈME ESSAI sur la faculté conductrice des liquides pour le calorique.	154
QUATRIÈME ESSAI. Nouvelles vues sur la respiration et sur la cause de la production de la chaleur dans les animaux à sang chaud.	178
CINQUIÈME ESSAI sur la nature des feux volcaniques et des causes qui les entretiennent, considérées comme indépendantes de toute combustion locale quelconque produite par la décomposition de l'eau ou de tout autre oxide, ou par des courans d'air sous-marins et terrestres.	225
SIXIÈME ESSAI sur plusieurs cas anomaliques d'affinités chimiques.	279
PREMIER CAS touchant les affinités dites prédisposantes.	281

XVJ TABLE DES MATIÈRES.

- DEUXIÈME CAS. Décomposition du sulfate de fer par l'ammoniac caustique. pag. 327
- TROISIÈME CAS. Décomposition du muriate de soude par le sulfate de magnésie au-dessous du zéro réaumurien. 334
- QUATRIÈME CAS. Décomposition réciproque des phosphates alkalis par le charbon, et des carbonates alkalis par le phosphore. 343
- CINQUIÈME CAS. Décomposition d'eau dans la dissolution du fer par l'acide sulfurique alongé; et décomposition du même acide et non de l'eau dans la dissolution du mercure par le même dissolvant. 350
- SIXIÈME CAS. Précipitation d'acide sulfurique libre, par le mélange des deux sulfates de mercure et d'ammoniac. 354
- SEPTIÈME CAS. D'où vient que les portions des dissolvans, les dernières fixées sur les bases, s'en séparent aisément, tandis que les premières, quoique de même nature et fixées sur les mêmes corps, leur adhèrent beaucoup plus fortement? 359
- SEPTIÈME ESSAI sur la fabrique d'alun naturel de Souvignaco en Istrie, et sur les procédés employés pour son extraction et sa purification. 377
- HUITIÈME ESSAI sur l'extraction du cuiyre pur des différentes espèces de métal des cloches. 454

FIN DE LA TABLE.

ESSAIS

ESSAIS THÉORIQUES

SUR PLUSIEURS POINTS IMPORTANS

DE PHYSIQUE ET DE CHIMIE.

PREMIER ESSAI

SUR LE CALORIQUE,

CONSIDÉRÉ sous ses rapports physiques et chimiques avec les autres corps, d'où l'on peut déduire les principaux phénomènes que ceux-ci nous présentent, soumis à l'action de ce fluide; tels que leur capacité pour le calorique, leur dilatation, leur fusion, gasification, tendance à l'équilibre de température, etc.

CHAPITRE PREMIER.

ON nomme calorique cet être délié, difficilement coërcible, éminemment élastique, source de toute élasticité peut-être, dont la présence et le mouvement à l'état de liberté nous donnent la sensation vulgairement dite chaleur, et dont

A

l'absence non absolue, mais relative, nous donne celle dite froid.

Pendant long-temps on s'est servi des mêmes expressions pour désigner cette substance et ses effets, en confondant les noms de feu et de chaleur. Plus exacts aujourd'hui, les chimistes et les physiciens modernes ont donné des termes précis et limités à chaque chose; et à l'aide de ce perfectionnement de nomenclature, on n'est plus sujet à commettre des équivoques en prononçant ses idées.

On entend par le mot *calorique* la substance dont nous nous occupons actuellement, privée de toute combinaison, ou au moins supposée telle; par *chaleur*, la sensation produite par son passage abondant sur nos organes; par *température*, ses effets sur des corps (non animés), par retraite, ou par dilatation; enfin par le mot de *feu*, cette substance devenue comme visible par son union avec la lumière.

On peut se former des idées assez précises et exactes des différens phénomènes que nous offrent les corps exposés à l'action libre du calorique avec le contact de l'atmosphère, en les différenciant de la manière suivante. Tout corps soumis à l'action du calorique, est dit en général être en état de *combustion* ou brûler. Si, abstraction faite de tous les autres phénomènes qui accompagnent la *combustion*, nous ne nous attachons

à en remarquer d'autre effet que celui de la fixation de la base oxigène sur le corps brûlant ou brûlé; la combustion prendra sous ce seul rapport d'être envisagée, le nom général d'*oxigénation*. Si nous observons ensuite que cette oxigénation a fait passer à l'état d'acide le corps brûlé, nous nommons cette combustion particulière *acidification*; si la vérification ultérieure des produits de l'oxigénation nous montre que le corps n'a point été acidifié, nous la désignons particulièrement par le terme de simple *oxidation*.

Si le corps en brûlant, abstraction faite de l'oxigénation, dégage à-la-fois lumière et calorique, nous nommons cette combustion, *ignition*; s'il n'y a que dégagement bien sensible de lumière, *phosphorescence*; s'il n'y a dégagement que de très-peu de lumière et de beaucoup de calorique, *calorification*; avec grande extrication simultanée de lumière et calorique sans flamme bien apparente, *incandescence*; avec beaucoup de flamme, *inflammation*; avec bruit, *détonnation*; avec grand fracas, violence et précipitation extrêmes, *fulguration*.

Il n'y a pas de corps dans la nature qui ne soit soumis à l'action du calorique, et qui n'en puisse plus ou moins efficacement ressentir les effets. Mais, de son côté, le calorique, comme toutes les autres substances de la nature, exerce divers

degrés d'affinité pour les différens corps tant simples que composés ; affinité dont les effets sont pourtant toujours subordonnés et modifiés par les pressions extérieures atmosphériques , ou d'autre espèce , seules , ou concourantes à-la-fois. Aussi tous les chimistes actuels , bien au fait des principes démonstratifs de la moderne chimie , conviennent-ils que , chaque fois que les bases simples (relativement à nos connoissances du jour) , oxigène , azote , hydrogène , &c. deviennent , par la décomposition des corps , presque entièrement libres et anudées ; elles ne sont immédiatement dissoutes et gasifiées par le calorique atmosphérique (quelque basse que soit la température) que par l'extrême affinité de celui-ci pour elles ; et ils sont assez unanimement d'accord que la cause qui empêche , dans les grands froids des zones glaciales , la chute des molécules d'air atmosphérique sur la surface de la terre , n'est autre que cette extrême affinité de combinaison des bases gasifiables et du calorique entr'elles ; comme ils déduisent avec autant de fondement et de raison la réduction de l'eau gasifiée , ou simplement vaporisée , à l'état de liquidité et de glace sous une pression invariable , du manque d'affinité suffisante des molécules du calorique pour celles aqueuses , au-dessous de beaucoup de degrés du zéro réaumurien. Et c'est sur cette

différence seule d'affinité du calorique, pour différentes bases gasifiables, sous une même pression d'ailleurs, qu'ils ont établi la distinction des *gas*, en *permanens* et *non permanens*. Ce premier principe donc d'*affinité variée* du calorique pour les différens corps, est universellement reçu.

De ce principe nous pouvons conclure que le calorique, qui se dégagera d'un centre où il étoit cumulé et retenu, pour reprendre son expansion naturelle, suivra nécessairement pour s'échapper la route des corps voisins et contigus préférablement à celle du vide. Car il y a une cause manifeste qui le détermine à glisser sur la surface des corps, outre celle de son élasticité, savoir celle de son affinité d'adhésion pour ces surfaces. Ainsi, pour me servir d'un exemple familier, si l'on plonge dans un verre d'eau une bandelette de toile, dont une des extrémités pende en-dehors du vase, l'eau s'écoulera toute par cette extrémité. C'est, comme on voit, ici l'affinité des molécules d'eau pour les fibres de la toile qui détermine cette ascension de l'eau, ou, disons mieux, qui rend la toile bonne conductrice de l'eau; ainsi encore, a-t-on observé, que si on approche une goutte d'eau d'une surface métallique ou de verre, l'eau arrivée à une certaine distance, si les surfaces sont privées de tout vernis étranger (même de couches d'air qui leur

adhère), est attirée par ces surfaces et s'y unit dans un moment de temps pour nous indivisible. Si donc le calorique en état d'expansion plus ou moins libre , rencontre des corps pour lesquels il ait une affinité d'adhésion très-active , il n'y a pas de raison pour nier , qu'il ne suive la route des surfaces de ces corps , de préférence à s'exhaler dans le vide. Car il est déterminé à passer sur les corps par une cause réelle et très-agissante, celle de l'affinité ; tandis que dans le vide tout est passif , et qu'il ne trouve rien de déterminant pour s'y répandre , excepté la force de son élasticité naturelle , qui le pousse également sur les corps environnans.

L'action du calorique sur les corps y produit différens phénomènes , qu'il est important de bien distinguer et dont nous allons tâcher de nous rendre raison , à l'aide des seuls principes évidens que nous fourniront la chimie et la physique , en considérant le calorique comme un corps réel et non une simple modification de la matière , et lui appliquant , ainsi qu'aux autres substances , les loix d'affinités , de pression , &c.

Les phénomènes principaux, qu'il est important et curieux de bien observer et soigneusement distinguer dans les corps affectés actuellement par le calorique , sont leur capacité pour le calorique , leur conducibilité , leur dilatation , leur

fusion, leur gasification, enfin leur tendance à l'équilibre de température ; nous dirons quelque chose ensuite du calorique radiant, de celui, c'est-à-dire, qui, n'affectant point actuellement les corps et ne les touchant nullement, court dans les espaces et obéit entièrement à son élasticité naturelle, jusqu'à ce que celle-ci, étant satisfaite, elle trouve des obstacles insurmontables. Nous y joindrons un appendice fort court sur la nature des feux volcaniques, dont la production paroît être indépendante de toute, ou presque toute décomposition d'eau ou autres oxides quelconques, et par conséquent de toute accumulation souterraine de corps combustibles.

C H A P I T R E I I.

Capacité des corps pour le calorique.

LES corps pour avoir autour d'eux des températures égales exigent, c'est-à-dire absorbent d'inégales quantités de calorique. Cette propriété, non pas différente dans les différens corps, comme on dit souvent, mais seulement variable en puissance dans les corps différens ou dans les mêmes corps qui ont changé d'état, est ce qu'on a désigné par la phrase, *capacité des corps pour le calorique*. L'effet de cette propriété des corps est très-facile à saisir en plusieurs cas, dans la

latitude de ses degrés de puissance variée dans les différentes substances.

Qu'on prenne une livre d'eau à 60 degrés réaumurians, qu'on la verse sur une autre livre d'eau, élevant de deux degrés seulement au-dessus de zéro le même thermomètre, abstraction faite du calorique perdu, tant par le contact des vases que par celui de l'air, on verra que la température que présentera la masse du mélange achevé, portera environ au 31^e degré le thermomètre. Ce qui est réellement la moyenne de 62; donc on aura raison de prononcer que l'eau à 60" en a transmis 29° à celle élevée seulement à deux. Ces deux masses d'eau se sont donc réparti, en toute égalité, le calorique entr'elles. Mais, si au lieu de jeter l'eau à 60, sur la livre d'eau à deux seulement de température, on la versoit sur une livre de glace pilée à zéro, cette livre de glace seroit fondue et convertie en eau, et produiroit, avec celle qu'on lui a ajoutée, une masse de deux livres d'eau, mais qui ne marqueroit que zéro au lieu de manquer 31, comme dans le premier exemple. Ce qui nous annonce évidemment qu'une livre de glace, pour se fondre, absorbe et retient à elle seule 60 degrés de calorique, lesquels elle ôte à l'eau qu'on lui offre à 60 degrés de température. La capacité de l'eau est donc à celle de la glace, comme 60 est à 1, puisque la glace

prend soixante fois plus de calorique pour marquer un degré de température, que l'eau.

Si l'on verse une livre d'eau à 32 degrés de température du thermomètre réaumurien, sur une livre de mercure à la température d'un degré, la température commune sera, à très-peu près, de 31 degrés et quart, tandis que la moyenne auroit dû être de 16 et demi. Si vous jetez au contraire une livre de mercure à la température de 32 degrés sur une livre d'eau marquant un degré, la commune sera, à quelques corrections près, et variables par les circonstances, d'un degré et quart, tandis que la moyenne auroit été de 16 et quart environ, si les deux liquides avoient eu une même capacité. On voit, par cet exemple, que j'ai pris exprès dans des corps liquides, qui ne changeassent pas d'état, afin d'offrir moins de sujet d'exceptions au raisonnement, que la capacité de l'eau est à celle du mercure, comme 32 est à 1, différence, comme on voit, très-sensible.

Il est absolument important qu'on se fasse une idée claire et distincte du calorique fixé par capacité dans les corps, à l'aide de quelque exemple analogue, frappant et sensible. Qu'on me suive attentivement, afin de ne pas, dans la suite, me prêter des idées que je n'aurois pas eues.

L'eau est composée d'hydrogène et d'oxigène

combinés ensemble par affinité de combinaison chimique; dans cette combinaison ni l'hydrogène ni l'oxygène ne sont spoliés d'une manière absolue de leur calorique, mais ils en ont retenu une portion chimiquement unie à leurs molécules premières; le composé *eau*, qui résulte de leur union, contient donc ce calorique comme partie essentielle constitutive de ses molécules intégrantes; elles ne sauroient donc le perdre sans se dénaturer et changer de mode d'existence. Voilà proprement le calorique de composition de l'eau, qui ne peut jamais devenir libre et thermométrique tant que l'eau ne sera pas décomposée.

Les molécules d'eau réunies entr'elles par affinité d'agrégation offrent dans leur arrangement particulier, une infinité de pores ou soit points de surfaces, libres de contact actuel; c'est sur ces points de contacts libres que le calorique, l'air et plusieurs espèces de gas peuvent venir se fixer par affinité d'adhésion. Cependant tous les corps aériformes ou autres n'auront pas la propriété d'exercer une égale force d'affinité d'adhésion pour toutes ces petites surfaces; comme tout le monde sait que les forces d'affinités croissent en raison du quarré des distances, il s'ensuivra que plus les corps qui auront affinité pour ces surfaces, leur seront rapprochés, plus ils en seront attirés efficacement, c'est-à-dire, que si les molécules étoient

rapprochées d'un millième de ligne, et qu'elles fussent alors attirées par les surfaces comme 2 : lorsque la pression, ou autres raisons quelconques, les aura rapprochées de huit millièmes de ligne, elles seront attirées comme 128. On voit combien un petit rapprochement successif peut efficacement augmenter les forces d'affinités qui croissent toujours en raison du quarré des distances. Revenons à notre exemple de l'eau ; il y a toujours du calorique répandu dans l'atmosphère, qui, selon la loi de l'équilibre propre à tous les fluides, se distribue également par-tout où il ne trouve que d'égales résistances ; il pénètre donc aussi les pores de l'eau, mais là il y trouve des surfaces pour lesquelles il a affinité ; cette seconde cause le fait se porter un peu plus près de ces surfaces : si ces surfaces sont très-multipliées, elles attireront un grand nombre de molécules de calorique sur elles-mêmes par affinité d'adhésion ; et l'on conçoit bien que ce calorique, ainsi attiré, n'est plus aussi docile à son élasticité naturelle, et qu'il ne se détacherait point de la proximité (ou du contact comme on voudra) de ces mêmes surfaces, quand même la pression extérieure, qui l'avoit obligé à entrer dans ce corps, diminueroit légèrement, si elle ne diminuait assez pour équivaloir l'effet que produit sur les molécules de calorique l'affinité d'attraction ; il faudra donc que la pression

diminue assez pour que l'augmentation d'énergie qu'acquiert l'élasticité naturelle des molécules de calorique, par cette pression diminuée, surpasse les effets d'enchaînement et de fixation du calorique qu'opéroit l'affinité d'adhésion. Mais les efforts de l'élasticité croissent seulement en raison progressive géométrique 1. 2. 3. 4 de la moindre compression, tandis que les efforts et les effets de la force d'affinité d'adhésion croissent en raison du carré des distances, c'est-à-dire comme 2 - , 2,612. 3,555. 5,116. 8. 14,222. 32. 128, &c. La pression rapprochant de quatre degrés les molécules du calorique des surfaces, l'affinité, si elle étoit deux, devient huit. Si la pression rapproche de huit degrés, l'affinité deviendra 128, &c. Mais l'élasticité naturelle du calorique ne sera par la compression augmentée que progressivement d'un degré par un degré de pression, de deux degrés par deux degrés de pression, &c. C'est ce calorique retenu par la force d'affinité d'adhésion sur les surfaces des corps (adhésion qui augmentera en raison du carré des distances), qui est précisément celui que les corps retiennent par capacité. On voit qu'il ne sauroit être sensible au thermomètre, car le thermomètre ne mesure que le calorique libre autour des corps en en absorbant une partie, mais ne mesure pas celui qui y est retenu, fixé par la force d'adhésion, augmen-

tée par la pression qui rapproche davantage les molécules des surfaces. Plus donc ces surfaces seront multipliées sous un même volume, ce qui dépend de la configuration particulière des pores, plus encore ces surfaces exerceront une énérgique affinité d'adhésion pour les molécules du calorique; et plus enfin la pression sera grande sur ces molécules pour les forcer au rapprochement, plus aussi les corps auxquels ces mêmes surfaces appartiendront auront pris de calorique en état de calorique de capacité; ces conditions pouvant varier les unes en plus, les autres en moins dans tous les corps, ils pourront donc tous, sous d'égales masses, avoir différentes capacités pour le calorique. Calorique de capacité, comme on voit qui n'a rien à faire avec la nature et l'essence des molécules d'eau, ou avec leur calorique de composition. Les molécules d'eau sont aussi parfaites molécules d'eau avant, qu'après avoir satisfait plus ou moins leur capacité pour le calorique. Mais quand le calorique est retenu dans les corps par l'effet de leur capacité pour lui, alors il y est dans un état différent de celui où il se trouve, lorsqu'il n'est autour d'eux qu'à l'état de calorique de température.

Le calorique de température est celui qui, ayant par les efforts de son élasticité naturelle vaincu les obstacles qu'il retenoient dans un corps,

ou à l'état de calorique de capacité, ou à l'état de calorique de combinaison chimique, faisant pour lors partie constitutive essentielle des molécules intégrantes du corps décomposé, reste néanmoins cumulé autour de ce corps sans lui adhérer, et libre entièrement de tout lien actuel d'affinités, mais ne pouvant obéir à toute son élasticité naturelle, et se répandre au loin dans les espaces, à l'état de calorique radiant, à cause des forces comprimantes dont il est environné. Ce calorique donc reste momentanément autour des corps, leur faisant atmosphère et remplissant avec plus ou moins de densité les espaces de leurs interstices, sans déranger le calorique qui est fixé sur leurs parois internes par l'effet de la capacité.

Le *calorique de température* n'est donc pas un calorique en état d'entière liberté, mais il n'est plus soumis qu'à une seule force, celle de la pression environnante extérieure, sans aucun lien actuel, tandis que le calorique de capacité est soumis à une force d'adhésion, qui peut être indéfiniment augmentée par les pressions extérieures, qui la feront croître en raison du carré des rapprochemens qu'elles forceront à s'opérer. Au lieu que le calorique de température ne perd les effets de son élasticité naturelle qu'en raison progressive simple 1. 2. 3. 4 des pressions qu'il éprouve.

Le *calorique de capacité* cependant peut devenir par la suite *calorique de température* ; il suffit pour cela que les pressions diminuent assez , pour que les rapprochemens qu'elles ont opérés entre les molécules de calorique et les surfaces des pores soient vaincus par les efforts de l'élasticité naturelle de ces mêmes molécules ; élasticité qui n'est jamais anéantie, mais qui peut être surpassée en puissance, quoique toujours en activité (insuffisante à la vérité). Il faut ici observer que les effets de l'élasticité du calorique seront très-lents et très-foibles dans les premiers instans ; car les molécules très-rapprochées des surfaces , ayant augmenté d'affinité d'adhésion en raison du carré des distances , et l'élasticité n'augmentant de force qu'en raison progressive de la diminution des pressions, cette augmentation d'élasticité commencera par vaincre seulement quelques degrés de rapprochement , et en conséquence quelques degrés seulement d'affinité d'adhésion ; mais l'élasticité , après avoir vaincu ces premiers degrés , trouve moins de difficulté à vaincre les suivans ; et cette difficulté diminuera en raison du carré de l'éloignement opéré et infiniment petit , tandis que de son côté l'élasticité ira toujours progressivement gagnant , c'est-à-dire qu'au second moment de temps elle aura l'énergie du premier ; plus , celle qu'elle a acquise dans le second ; et dans le quatrième, elle aura

celle du premier, du second, du troisième, plus celle du quatrième. Son énergie ira donc progressivement augmentant, si les pressions restent les mêmes; et au contraire les forces d'adhésion iront diminuant en raison du quarré des distances, comme elles avoient augmenté dans la même raison. L'élasticité naturelle produira donc ses premiers effets avec beaucoup de lenteur, mais elle les continuera avec une augmentation de force progressive étonnante. Je vais tâcher par un exemple de bien faire sentir à quel point la pression peut faire augmenter les forces d'adhésion, c'est-à-dire les capacités.

Si vous mettez dans un vase d'une capacité suffisante un volume d'eau distillée de deux pieds cubes et un volume de quatre pieds cubes d'oxigène pur, à même pression et température que l'atmosphère, vous verrez l'eau avoir absorbé au bout d'un certain temps une petite portion d'oxigène, et puis elle cessera d'en prendre : cette petite portion d'oxigène est retenue dans l'intérieur de l'eau par capacité, à l'état de pression actuelle qu'elle souffre : car si aucune cause de pression n'avoit rapproché le gas oxigène des surfaces de l'eau, pour l'obliger par les communications des surfaces des pores à pénétrer jusque dans son intérieur, pour satisfaire également par-tout la capacité de la masse d'eau pour l'oxigène, il n'y auroit jamais eu une molécule

cule d'oxigène absorbée, mais par son élasticité naturelle il seroit resté libre sans adhésion. Aussi mettez cette eau sous le vide, l'oxigène en sortira par un effet de son élasticité naturelle, qui vaincra, lorsqu'il n'y a point de pression, l'affinité d'adhésion. Cependant la pression rapprochant les molécules d'oxigène des surfaces des pores de l'eau, et ce rapprochement augmentant la force d'affinité en raison du quarré des distances, on voit qu'un très-petit rapprochement successif de huit degrés, par exemple, des molécules d'oxigène sur les molécules d'eau, augmentera étonnamment les degrés de cette force attractive, puisqu'elle aura acquis 128 degrés d'augmentation par ces huit degrés de rapprochement, s'ils étoient deux dans le principe. Plus donc l'oxigène sera comprimé sur les surfaces des pores de l'eau, ou soit plus il en sera rapproché, plus son affinité d'adhésion pour ces surfaces augmentera, et plus en conséquence ces surfaces en pourront efficacement enchaîner. L'expérience prouve la vérité de cette assertion : au moyen des pressions additionnelles, on est parvenu à faire absorber à l'eau un volume au moins égal au sien de gas oxigène; et ce moyen a fourni la médecine d'un excellent remède, celui des eaux oxigénées.

Dans l'exemple que je viens de citer, si la pression a été assez forte pour faire absorber aux deux

pieds cubes d'eau distillée deux pieds cubes d'oxigène, il en restera encore deux, puisqu'il y en avoit quatre; mais ces deux auront seulement un peu diminué de volume par l'action de la pression. Eh bien! dans ce cas-ci, il faudra dire que la pression aidant la force de l'affinité d'adhésion, a fait prendre à l'eau deux pieds cubes d'oxigène par capacité, et qu'il en est resté autour d'elle autant de température. Mais on auroit grand tort de croire que l'oxigène uni à l'eau fût dans un même état que celui resté libre autour d'elle; car celui pris par capacité est dans un état de fixation qui ne le rend pas sensible au gasomètre, et lui ôte une infinité de propriétés qu'on retrouvera de suite dans celui resté par température au-dessus de l'eau. On sent que j'emploie ici abusivement l'expression d'oxigène de température, afin de rendre l'exemple plus analogue au calorique.

Il faut appliquer absolument le même raisonnement aux phénomènes du calorique à l'égard des corps, lorsqu'il est obligé d'en satisfaire la capacité, et qu'une portion en outre reste en état de température autour d'eux, après que leur capacité est satisfaite, relativement à la pression actuelle. (Car les pressions, selon ce que nous avons dit, venant à augmenter, forceront les corps à prendre par capacité de nouvelles quantités ou de gas, ou de calorique, ou d'autres substances.) On sent

d'après tout cela que les capacités peuvent varier sous des masses égales selon les pressions, selon les degrés d'affinités électives d'adhésion des substances entr'elles, enfin selon le nombre de points de contact, ou soit surfaces libres des pores, pour y faire adhérer les corps fluides, à fixer par capacité.

Quand, par le moyen des pressions, on aura suroxygéné l'eau, si on l'expose à l'air atmosphérique, en la délivrant des pressions additionnelles produites par l'art, le gas oxigène ne l'abandonnera pas de suite pour reprendre son élasticité naturelle; mais il lui restera uni assez longtemps, et ne s'en dégagera à l'état de gas expansif, que successivement; parce que les liens d'affinité d'adhésion, que les rapprochemens forcés l'ont obligé à contracter avec les surfaces des pores, sont assez étroits, pour qu'ils ne puissent être vaincus qu'à la longue par le progressif développement de la force élastique naturelle aux molécules d'oxigène; et l'on pourroit soupçonner même que des efforts de rapprochemens artificiels, jusques ici non encore tentés, pussent tellement avoisiner les molécules d'eau et d'oxigène, que les effets de l'affinité d'adhésion, qui vont croissant en raison du carré des distances, tandis que les efforts de l'élasticité n'augmentent par la pression qu'en raison directe

d'un, deux, trois, &c. ; que les effets, dis-je, de cette affinité fussent augmentés à un point tel, qu'il ne fût plus possible à l'élasticité naturelle de l'oxigène de les vaincre, sous la pression et la température actuelle de notre atmosphère. Ce qui nous prouve d'autant mieux la différence qu'il y a entre l'état de l'oxigène absorbé par capacité, et celui de l'oxigène existant autour d'eux en état de liberté, mais plus ou moins condensé. L'oxigène contenu dans l'eau par capacité y est donc d'autant plus strictement adhérent, que les pressions sont plus fortes. Cette adhésion pourroit être augmentée en énergie par des rapprochemens forcés, occasionnés par les pressions, au point de rendre les corps unis par capacité, inséparables ensuite, même avec soustraction de toute pression qui les a rapprochés, pourvu seulement que la somme des forces d'adhésion, successivement augmentée, surpassât la somme totale des forces d'élasticité inhérente aux molécules d'air qui tendent à se mettre en expansion, et à se dégager des liens quelconques de combinaison.

J'ai toujours raisonné d'après l'exemple de l'oxigène et de l'eau, parce que ces deux corps sont très-sensibles, et peuvent être maniés à plaisir, retenus, conservés, &c. et que l'on peut mieux suivre les phénomènes que nous offre leur réaction entr'eux. On peut de soi-même actuellement

en faire l'application au calorique retenu par capacité dans les corps, aux difficultés qu'il doit éprouver pour s'en séparer, &c.

Il faudra convenir encore que les forces d'affinité augmentant en raison du carré des distances, plus les pressions seront fortes, plus aussi les rapprochemens des molécules de calorique seront avancés, et plus en conséquence les affinités d'adhésion pour les surfaces seront efficaces, ce qui obligera les molécules des corps à s'écarter les unes des autres pour fournir de nouveaux points de contacts, et fera prendre un plus grand volume à la masse, comme nous le verrons à l'article *dilatation*.

D'après de telles considérations, on ne pourroit pas prouver (au moins d'une manière très-absolue), l'impossibilité de former une masse dure (par le moyen d'une pression augmentée à un point sans doute indéterminable), par la réunion des seules molécules ignées: car elles ont sans doute une force d'élasticité naturelle, ou soit d'expansion, finie, quoique indéterminable pour nous; il suffiroit donc qu'à force de pressions additionnelles, on obligât leurs molécules à des rapprochemens successifs, si multipliés, qu'enfin les degrés d'affinité d'agrégation qu'elles recevraient en raison du carré des distances diminuées, fissent une somme dont le produit surpassât la somme totale des

degrés d'élasticité naturelle aux mêmes molécules.

Rumford, dans les dernières expériences qu'il a faites sur la détonnation de la poudre à canon dans des vases clos, a toujours trouvé une portion de matière très-dure, dont la nature lui est inconnue; je soupçonne fort qu'elle soit due à l'agrégation des molécules des gas produits par la décomposition de la poudre. Les molécules intégrantes de ces gas excessivement et pendant longtemps rapprochées par les efforts soutenus et puissans du calorique dégagé par la combustion de la poudre, les auront peut-être tellement et de si près avoisinées les unes des autres, que les effets de l'affinité d'agrégation pour elles-mêmes, seront arrivés au point de les faire concreter en masse dure. Il suffit pour cela que la somme d'affinité, qu'ont successivement reçue ces molécules gaseuses par les rapprochemens successifs, ait prévalu à la somme d'élasticité qui leur étoit naturellement inhérente. On pourroit conjecturer avec quelque vraisemblance encore, que plusieurs produits singuliers des volcans, ne fussent que le résultat de la pression énorme que leurs principes constitutifs auront éprouvée sous la masse des montagnes qui recouvre leurs foyers et leurs entrailles; il se pourroit même que la formation par agrégation des substances

graniteuses, porphyritiques, qu'on retrouve toujours dans les profondeurs du globe, ne fût, peut-être en partie, due qu'à l'effet de la compression qui aura été suffisante pour rapprocher assez les molécules intégrantes de ces vastes masses composées, pour que les affinités d'adhésion aient pu jouer avec une énergie inappréciable. Ainsi encore pourrons-nous croire peut-être que les terres calcaires, argileuses, endurcies sous des masses immenses d'eau au fond des mers, ne devront en partie leur prompte concrétion, leur dureté extrême, et leur passage à l'état de roches très-compactes, qu'à la pression incalculable qui aura rapproché le plus près possible, ou du moins très-efficacement, leurs molécules intégrantes, pour leur faire contracter une affinité d'agrégation qu'elles n'auroient jamais prise autrement. Car, il faut l'avouer, on sent qu'une pression qui pourra seulement faire rapprocher de quelques degrés les molécules intégrantes d'un corps, qui seront déjà placées dans une sphère très-active d'affinité entr'elles, augmentera la dureté de ce corps d'une manière étrange, ainsi que son indestructibilité; car au premier instant de rapprochement d'un centième de ligne, si l'affinité d'adhésion se trouvoit être deux, par le rapprochement de huit centièmes de ligne, elle se trouvera portée à 128; tandis que des pressions

n'auront augmenté que de huit degrés ; puisque les augmentations des degrés de forces d'adhésion croissent en raison du quarré des distances diminuées.

Il est inutile de prouver que les différens corps n'ont pas les mêmes degrés d'affinité d'adhésion pour les mêmes substances. L'acide carbonique, par exemple, adhère plus fortement à l'eau que ne le fait le gas oxigène ; aussi, sous une même température et pression, elle prend davantage du premier que du second par capacité, et la pression successive lui en fait toujours prendre en plus grande proportion que de l'autre. Il en est ainsi du calorique pour les différens corps. Si l'élasticité naturellement inhérente à certaines substances qu'on voudroit fixer par capacité, est plus grande que celle de diverses autres substances, les premières éprouveront plus de difficulté à être fixées, parce que l'élasticité particulière à chaque espèce de corps tend toujours à empêcher les effets de l'affinité d'adhésion. Nous n'avons pas besoin d'observer ici que les effets de l'affinité d'adhésion, n'étant que le pur résultat des forces d'affinité qu'exercent réciproquement les unes envers les autres, les surfaces des corps différens, rapprochées suffisamment, plus ces surfaces seront nombreuses, plus leurs effets pourront être étendus.

Je me résumerai donc à dire que la capacité des corps pour le calorique n'est que l'expression de la quantité de molécules de calorique, que les parois internes des pores de ces corps peuvent attirer et fixer plus ou moins complètement sur elles-mêmes, en vaincant plus ou moins efficacement l'élasticité naturelle des molécules du même calorique; que cette fixation de calorique sous une même pression et sous une même masse, sera plus copieuse et plus efficace, si le corps offre plus de surfaces dans l'intérieur de ses interstices, ce qui dépendra uniquement de la configuration de ses pores; que cette fixation sera encore plus abondante, en raison de la plus grande affinité du calorique pour les surfaces de telle substance, que pour celles de telle autre. Le calorique, par exemple, paroît ne vouloir presque pas adhérer aux molécules de l'air, du mercure, &c.; car ces corps ne s'unissent au calorique que très-lentement, et lorsqu'ils sont en contact immédiat avec les surfaces des corps qui doivent le leur fournir.

Quand j'appliquerai donc une livre d'eau élevée à 52 degrés, à une livre de mercure, à la température d'un degré; le mercure, à raison de la configuration de ses pores, comme encore de son peu d'affinité pour le calorique, ne voudra prendre que la trente-deuxième partie de calorique que contient la livre d'eau, pour

avoir la même température qu'elle. La température commune du mélange sera donc 31 degrés à-peu-près, comme l'expérience le prouve; et l'eau comme le mercure, auront autour de leurs masses, et dans les espaces vides de leurs pores, une même quantité de molécules de calorique libre, appelé de *température*, c'est-à-dire, qui n'est absolument en rien combiné avec ces corps par aucune espèce d'affinité, ni d'adhésion, ni de composition; ce qui annonce que cette trente-deuxième portion de calorique, que l'eau a transmise au mercure, et qui s'est fixée sur ce dernier par capacité, exige autant d'effort de pression extérieure, pour être retenue dans le mercure, que les autres 31 — 32^{es} parties de calorique en exigent pour être fixées sur l'eau par capacité; car si vous jetez dans une livre d'eau à un degré, une livre de mercure à 32 degrés, l'eau et le mercure ne montreront plus (le mélange fait) qu'une température commune de deux degrés à-peu-près; ce qui prouve que l'eau a pris par capacité les 31 autres degrés, que le mercure montrait à l'état thermométrique, ou soit de température, parce qu'il ne pouvoit les absorber par capacité sous la même pression; au lieu que, si la configuration et le nombre des pores du mercure et de l'eau, ainsi que leur affinité d'adhésion pour le calorique sous une même

masse, eussent été parfaitement égaux, ils se seroient réparti par moitié juste le calorique; et le mélange alors auroit montré une température moyenne de 16 degrés et demi, comme cela arrive effectivement, si l'on mêle des corps de même capacité, ayant différens degrés de température, et soumis à une même pression, sous des masses égales. Si l'on réunissoit donc une livre d'eau chaude à 60 degrés, avec une autre livre d'eau chaude à 10, sous une pression égale, le mélange fait, la température commune seroit 35 : ce qui donne la moyenne arithmétique.

Tant que les corps ne changent pas d'état, leur capacité pour le calorique ne change pas non plus, ou du moins d'une manière sensible; ce qui annonce des éloignemens progressivement égaux entre leurs molécules intégrantes, et des points de contacts rendus libres en même nombre. Si donc je doublois la pression, qui fait entrer le calorique dans un corps, il prendroit une nouvelle dose de calorique par capacité; puisque les pressions augmentent les rapprochemens, et les rapprochemens occasionnent, produisent la fixation du calorique par capacité, comme nous l'avons vu; mais nous observerions que, dès que ce corps refuseroit, sous cette pression doublée, de recevoir du nouveau calorique de capacité, et que nous mesurerions sa température,

si cette température étoit d'un quart au-dessus de la première, le calorique absorbé par capacité, auroit également été d'un quart de plus. Si la température avoit été triplée, par exemple, sous une seconde pression suffisante, tant que cette température subsisteroit, nous observerions que le calorique retenu par capacité, y subsisteroit également en triple quantité de la première, prise pour terme de comparaison.

Il est bon d'observer ici en passant, que nous avons dit que l'élasticité naturelle des corps, qui tendoit à les maintenir en état d'expansion, étoit une force qui les empêchoit jusqu'à un certain point de se fixer par adhésion sur les surfaces des corps, et que même c'étoit cette seule force d'élasticité, qui leur faisoit reprendre leur premier état, dès que les pressions venoient à cesser. Si l'on devoit donc faire réunir, par affinité d'agrégation, au moyen des pressions, deux molécules d'air, d'oxigène, par exemple, il faudroit une pression qui vainquît la force d'élasticité inhérente aux deux molécules; mais si l'une de ces deux molécules étoit déjà fixée, et par-là eût perdu une portion considérable de sa force élastique, il ne faudroit plus qu'une force suffisante à vaincre l'élasticité de la molécule encore libre, plus le restant d'élasticité qu'auroit conservé celle déjà fixée. Quand je dirai, par la suite, que le calo-

rique est susceptible non-seulement de se fixer sur les surfaces des pores immédiatement, mais encore de former plusieurs couches de sa propre substance sur les mêmes surfaces, ce qui augmentera étrangement la capacité des corps pour le calorique : c'est à cette idée qu'il faudra revenir, et que je ne sache pas qu'on ait jusqu'ici bien saisie. Je vais m'expliquer par un exemple. Si je fais une pression assez forte autour d'un corps, supposons autour de l'eau pour lui faire absorber une grande quantité de calorique de capacité, que pourra-t-il arriver ? Tant que l'eau aura des surfaces libres pour y laisser placer les molécules de calorique par adhésion, c'est sur ces surfaces immédiatement que se placera le calorique, et satisfera ainsi la capacité de l'eau. Si l'on force davantage les pressions, les molécules d'eau s'écartent plus encore pour laisser de nouvelles surfaces au calorique; en s'écartant, elles se dilateront et occuperont plus d'espace; mais leur affinité d'agrégation entr'elles sera encore assez forte pour les retenir réunies à l'état liquide: si vous pressez successivement, le calorique qui trouve de la résistance à écarter entièrement les molécules d'eau, qui s'attirent par affinité d'agrégation, exerce alors lui-même une somme d'affinité d'agrégation pour ses propres molécules; il se rapproche davantage des molécules de

calorique, déjà fixées sur les surfaces de l'eau; et ce rapprochement est d'autant plus facile, que des molécules de calorique, déjà fixées, ont beaucoup perdu des effets de leur ressort élastique. Les molécules pressées contre celles-ci pourront donc plus aisément en être rapprochées par la pression; et si la pression est très-forte, comme les affinités croissent en raison du quarré des distances, cette attraction des molécules de calorique pour les molécules de calorique, pourra devenir très-énergique. Si l'on suppose pourtant, ce qu'on peut regarder comme vrai, que ces molécules, malgré leur rapprochement, restent encore à une certaine distance les unes des autres, distance que leur fait conserver leur résidu d'élasticité naturelle non vaincu, elles formeront autour des molécules d'eau une certaine atmosphère, plus ou moins étendue, de couches superposées les unes aux autres de calorique fixé par adhésion, au moyen des pressions accumulées, et ces couches concentriques étant considérées comme hors du contact immédiat les unes avec les autres (contact uniquement empêché par la force inhérente d'élasticité, ou soit de tendance au dégagement et à l'expansion des mêmes molécules qui forment ces couches); celles-ci seront encore compressibles sur elles-mêmes, si la pression enfin arrive au point que ces couches superposées

les unes aux autres, forment une atmosphère parfaite autour de tous les points de chaque molécule d'eau, et que le diamètre de cette atmosphère ignée excède celui des sphères d'affinité d'agrégation des molécules d'eau entr'elles, celles-ci ne s'entr'attireront plus efficacement; mais, d'autre part, les atmosphères multipliées de calorique qu'ont autour d'elles les molécules d'eau, seront assez étendues, pour que l'emplacement qu'elles exigent, occupe un volume, que plusieurs molécules d'air ne rempliroient pas. Or les atmosphères de calorique ont un poids si petit, qu'il est inappréciable, et peut être calculé zéro. Il n'y aura donc dans tout ce grand volume que le poids de la molécule d'eau primitive, elle-même infiniment petite, et dont la masse ne sauroit égaler le poids de plusieurs molécules d'air réunies sous un volume égal. L'eau doit donc s'élever dans l'atmosphère, comme tout autre corps qui seroit dans le même cas. Mais quand de pareils corps perdront leurs atmosphères calorifiques, leur décomposition aura lieu par la destruction successive des couches ignées concentriques, dont les molécules, par leurs efforts d'élasticité naturelle, vaincront les degrés d'affinité d'agrégation, que leur avoient fait prendre les pressions, en les forçant à un plus grand rapprochement.

On conçoit néanmoins que si ce rapprochement

avoit été suffisant pour produire une somme d'affinité d'adhésion supérieure à la somme de l'élasticité naturelle aux molécules des corps, il n'y auroit jamais eu séparation des atmosphères ignées d'avec les molécules d'eau, même par la soustraction entière de toute pression; et que cette décomposition auroit seulement pu avoir lieu ou par les affinités doubles, ou par les affinités électives (ce qui arrive, je crois, pour les bases, azote, oxigène, &c.). Si, par exemple, un autre corps avoit puissamment attiré ou la base eau ou celle calorique, ou que toutes deux à la fois eussent été attirées, en sens contraire, par des corps étrangers; alors la somme de ces forces divellentes réunies, auroit pu vaincre le total des forces quiescentes d'affinité d'adhésion, occasionnées par les pressions.

C'est encore à la diminution extrême de cette force inhérente d'élasticité naturelle aux bases gasifiables, oxigène, azote, hydrogène, &c. qu'il faut attribuer leur facilité à la combinaison entre elles, ou avec différens principes, lorsque ces bases gasifiables, au moment de la décomposition des corps dont elles faisoient parties constitutives, sont réduites à leur état, qu'on appelle assez communément *état naissant*, c'est-à-dire, qu'elles sont spoliées jusqu'à un certain point de calorique, et non encore en état
d'expansion,

d'expansion, mais prêtes à s'y mettre, étant balancées par l'attraction du calorique et celle des corps dont elles vont se dégager. Dans cet état naissant, les affinités de compositions n'ont qu'à vaincre l'élasticité naturelle des seules molécules à l'état de gas qui doivent se combiner avec celles à l'état naissant et près desquelles elles sont assez rapprochées pour que leurs sphères mutuelles d'attractions puissent agir, tandis que, si les deux molécules qui doivent se combiner étoient à l'état gazeux, il faudroit vaincre les deux élasticités à la fois, ce qui exigeroit une double force d'affinité. Les gas azote et oxigène, dans l'atmosphère, ne se combinent point à l'état d'acide nitreux pour cette raison, à ce que je conjecture.

Je ne suis pas même éloigné de croire que les molécules des gas ne sont telles que parce qu'elles ont autour d'elles, par affinité d'adhésion, des couches concentriques très-multipliées de molécules de calorique qui leur font de très-étendues atmosphères; mais que l'affinité des bases gasifiables pour les molécules caloriques est telle, qu'au défaut même de toute pression, celles-ci restent adhérentes aux bases gazeuses. Ce sont ses couches des molécules ignées qui donnent, sans doute, tant de capacité aux gas. Ceci me mèneroit trop loin si je voulois poursuivre le sujet dans toute son extension. Je

me résumerai à dire seulement que tout le calorique qui est ainsi adhérent autour des bases gasifiables, est leur calorique de capacité ; que leurs couches concentriques ne se touchant pas, de fortes pressions peuvent encore les rapprocher, d'où dérive la compressibilité des gas ; mais que ces couches, après la cessation de la compression, s'écartent nouvellement, d'où vient leur dilatation ; qu'il peut y avoir entre ces sphères gaseuses une quantité de molécules de calorique de température non adhérent interposé, et que c'est celui qui sortira lorsqu'on comprimera ces gas ; qu'enfin, ces gas pourront se dilater infiniment par la soustraction de pression, les couches concentriques reprenant successivement plus d'élasticité, &c. Si les gas sont mauvais conducteurs du calorique, il ne faut peut-être en attribuer la cause qu'à l'épaisseur des couches ignées dont ils sont environnés, jusques à saturation ; le calorique ne sauroit alors chercher à se combiner qu'avec les dernières couches concentriques ignées ; mais celles-ci ont conservé un certain degré d'élasticité, et les molécules de calorique de température en ont une très-grande développée ; elles ne se rapprocheront donc point assez pour s'adhérer, mais se repousseront plutôt par leur mutuelle sphère d'élasticité.

Il paroît contradictoire d'abord et inintelligible

d'admettre dans une même molécule deux forces opposées, l'une d'attraction, l'autre répulsive, celle de l'élasticité. Un exemple fera sentir évidemment cette possibilité. Tout le monde convient aujourd'hui (les chimistes au moins) que l'eau est un composé de deux bases, oxygène et hydrogène, et que ce composé n'est que le résultat des effets de l'affinité de composition de l'une de ces bases pour l'autre, si forte qu'elles ne se désunissent plus sans des moyens particuliers. On ne doute donc nullement de l'affinité très-énergique de ces deux bases entre elles. Si je renferme cependant dans un vase très-fort et clos hermétiquement de l'hydrogène et de l'oxygène gas, ils ne se combineront point à l'état d'eau. Si je les comprime fortement, ils résisteront par leur élasticité naturelle, et se repousseront mutuellement. S'ils n'avoient pas cette élasticité, et que les deux bases pussent se rapprocher assez, nous verrions de suite l'eau se former par la pression des deux gas, qui pourroit rapprocher dans leurs sphères d'affinité de combinaison les deux bases au point de les convertir en eau. Elles ont donc deux forces simultanées et en apparence opposées, l'une d'élasticité, qui les repousse mutuellement, l'autre d'affinité de composition qui ne peut avoir lieu à cause de la résistance de la première. Le calorique donc peut avoir également affinité d'agré-

gation très-forte pour ses propres molécules et celles d'autres bases simples et composées , et à la fois une force répulsive d'élasticité naturelle qui l'empêche d'obéir à la première, sans des conditions particulières qui anéantissent les effets de la seconde. Quelle est la cause de l'élasticité du calorique ? c'est ici une question qui n'entre pas dans mon plan. Quant aux atmosphères ignées autour des molécules des corps , atmosphères qui y restent fixées par une affinité particulière jusqu'à une certaine distance , on n'y sauroit trouver rien de plus répugnant que l'existence des atmosphères électriques autour de certains corps préférablement à d'autres. Ces dernières ont quelquefois des diamètres très-mesurables.

On a dit , et on soutient encore , que l'eau n'est nullement compressible. Je n'oserois affirmer cette proposition dans toutes les latitudes de température qu'on peut faire subir à l'eau sans la vaporiser , quoiqu'elle puisse être vraie pour certains degrés de température peu élevée.

Ce que j'ai dit jusqu'ici, touchant la cause de la capacité des corps, pour le calorique et la modification particulière qu'il acquiert dans cet état , peut s'appliquer également aux deux hypothèses qui divisent encore les physiciens ; soit que les molécules constitutives des corps

adhérent entre elles par contact immédiat, soit qu'elles ne soient simplement que plus ou moins rapprochées des contacts, selon le plus ou moins d'énergie des affinités qui tendent à les réunir au contact immédiat. J'inclinerai pour la dernière opinion; mais je proteste ici que je n'en défends aucune.

Si l'on s'attachoit à celle du contact immédiat, il faudroit supposer que, lorsque les corps se compriment en diminuant de volume, ils ne feroient que changer de points de contacts, pour en prendre de nouveaux, qui leur permettroient de se toucher par un plus grand nombre à la fois, leurs surfaces étant alors plus analogues entr'elles.

J'ai dit, au commencement de ce chapitre, que le calorique préféroit, pour se mettre en état d'expansion, le chemin de la surface des corps à celle du vide. Cela est vrai; mais il ne faudroit pas en conclure qu'un corps en conséquence se refroidiroit dans tous les cas nécessairement plutôt, placé au milieu des corps conducteurs que dans un vide parfait. Le calorique, il est vrai, attiré par les surfaces de ces corps, quitteroit le vide pour venir s'y placer, dès que le rapprochement seroit suffisant; mais fixé sur ces surfaces par adhésion, il est obligé de glisser des unes sur les autres, pour arriver jusqu'au centre du corps, sa course est retardée

par la tortuosité des pores, et sans doute par une portion de molécules d'air qu'il y rencontre, qui l'embarrassent et le contrarient dans son passage de surface en surface; car les molécules d'air, contenues dans les pores des corps, y adhèrent aussi. Le calorique donc passant au travers d'un corps, éprouve du retard dans sa marche, quelque bon conducteur qu'il soit; au lieu que dans le vide, il n'en éprouveroit pas. Car on prévoit que, lorsque du nouveau calorique arrivera sur un corps, il devra attendre que le premier arrivé ait fait son chemin, afin de le suivre, et que le dernier reste par conséquent cumulé en état de calorique de température en expectative, jusqu'à ce qu'il trouve le chemin libre. Plus les pores seront réguliers, plus alors le chemin sera court, facile et prompt, *et vice versa*; plus l'attraction des surfaces sera puissante, plus le calorique courra rapidement s'y appliquer; ce qui rendra son passage très-vélocé. Si vous offrez de l'eau contenue liquide dans un vase, à un corps pour la surface duquel elle ait beaucoup d'affinité, de suite vous verrez l'eau courir rapidement, vernisser ces surfaces même de bas en haut, sans que son propre poids l'arrête. Les premières molécules seront, sans interruption de continuité, suivies par d'autres molécules qui seront attirées par une double force, celle d'affi-

nité d'agrégation pour les molécules d'eau qui les précèdent sur les surfaces du corps, et celle encore d'affinité d'adhésion pour les surfaces du même corps. Dans un instant toutes les surfaces seront recouvertes d'eau avec la plus grande prestesse. C'est ainsi qu'il faut concevoir la propagation du calorique, de proche en proche dans l'intérieur des corps ; ce qui nous fait pressentir que la première molécule de calorique va toujours la première en avant, et se trouve suivie successivement par les autres, qui s'attirent toutes par affinité d'agrégation, outre l'affinité d'adhésion pour les surfaces à *mouiller de calorique*, qu'on me passe l'expression. Il est donc assez probable que la première molécule de calorique entrée dans le corps, et qui s'est portée sur les surfaces pour en satisfaire la capacité à raison de l'affinité d'adhésion et des forces de pression, sera la dernière à en sortir, toujours par la voie des surfaces des pores, de proche en proche.

Je me garderois bien d'inférer de-là pourtant que l'unique chemin du calorique pour satisfaire la capacité d'un corps, et le pénétrer intérieurement, est celui des surfaces. Car les corps, au moins la plupart, ont une quantité de pores qui sont autant d'espaces libres pour le calorique de température ; et quand même le calorique aura recouvert par capacité les surfaces des parois de

ces pores, il n'en aura pas oblitéré entièrement le calibre, peut-être même la ténuité de ces molécules est-elle si excessive, qu'en faisant plusieurs couches sur ces parois, elles y auront à peine formé une épaisseur appréciable pour nous. Tout le reste donc du vide des pores devra se remplir de calorique libre de température, qui leur arrivera de l'espace extérieur, dont ils ne doivent être considérés que comme de très-petites ramifications ou prolongemens. Si le calorique peut exister, autour des corps par pression, à l'état de calorique de température, il pourroit donc aussi se faire qu'il pût exister tel dans les petits espaces qu'ils contiendront, et qui seront en communication avec le grand espace extérieur.

Le calorique, dans ce cas, qui, de l'espace extérieur sera poussé dans ces petits vides, pourra être en partie aussi employé à satisfaire leur capacité, sans empêcher que celui, glissant sur les surfaces, n'y concoure également. Ces pores ne feront que rendre plus facile et plus prompt l'équilibre de température du dehors au-dedans; et le calorique, contenu libre et sans adhésion dans les pores de ces corps, sera leur seul et vrai calorique de température; car si on prenoit une boule de fer, et qu'on la jetât de suite dans une fournaise ardente, sa surface seroit enveloppée de suite et revêtue de la température du

four, mais son intérieur n'aurait pas atteint encore cette température; si l'on vouloit de suite mesurer la température de la surface de la boule, ce n'est pas la sienne qu'on mesurerait, mais celle du four; si l'on prenoit au contraire un boulet rouge, qu'on le jetât de suite dans la neige, et qu'on en mesurât immédiatement la température, ce n'est pas elle qu'on retrouveroit, mais celle de la glace environnante ou celle mixte des couches extérieures métalliques déjà fortement refroidies, tandis que la température de son intérieur seroit tout autre.

Comme un corps peut recevoir immédiatement du calorique de deux manières, par le contact des surfaces des pores et par les vides des pores indépendamment des surfaces, on conçoit qu'il peut également le perdre de ces deux manières; mais il y aura cette différence que plus les pores des corps seront petits, moins il sera aisé à l'air d'y pénétrer; les métaux n'en contiennent peut-être pas dans les leurs. Le calorique donc aura un grand obstacle de moins à vaincre chez eux, puisqu'il ne faudra ni chasser l'air de l'intérieur des pores à l'état d'air libre, ni comme contenu par capacité adhérent plus ou moins à leurs surfaces; cependant il ne faut pas pousser trop loin les conjectures à cet égard, car le verre est très-compacte, et cependant se laisse difficilement pé-

nétrer par le calorique, les surfaces de ses pores n'ayant pas d'affinité pour les molécules du calorique. Cette différence d'affinité ne doit pas plus étonner, que la différence d'affinité des acides pour différentes bases salifiables. La cause nous en est jusqu'ici inconnue. C'est un manque d'affinité que nous n'expliquerons pas mieux que la cause d'une affinité énergique quelconque d'un corps pour un autre.

Mais il est toujours vrai de dire que l'expérience prouve, que plus les corps solides ont d'affinité pour une substance fluide, plus promptement ils s'en recouvrent à leurs surfaces. Témoin la prompte expansion de l'eau sur la toile ou tout autre corps; témoin une infinité d'autres liquides qui prouvent la même chose dans les phénomènes qu'ils nous présentent. Mais l'exemple actuellement rapporté du verre, nous démontre aussi que le calorique se propage et se transmet plus par les surfaces que par les pores, car le verre ne manque pas de ceux-ci, et sans doute ils sont assez grands pour les infiniment petites molécules du calorique; ils sont assez réguliers, puisqu'ils transmettent directement la lumière, et pourtant le calorique de température ne passe que difficilement au travers d'eux. Cet exemple, que je ne sache pas qu'on ait jusqu'ici envisagé sous ce rapport, me semble bien digne de remarque, puisqu'il tendroit à prouver

que les pores des corps ne transmettent au travers d'eux que peu de calorique, quelque réguliers qu'ils soient, et que les surfaces sont le principal moyen de transmission : que lorsque les surfaces viennent à manquer d'affinité d'adhésion, la transmission est presque nulle, malgré la présence de pores nombreux et très-réguliers des mêmes corps ; qu'enfin lorsque celle-ci est très-énergique, la transmission de calorique est en proportion. Seroit-ce l'air qui adhérerait assez opiniâtrément sur le verre, ou bien le fluide électrique qui repousserait le calorique, ou bien l'élasticité du verre même ? ce ne sont là que de pures et gratuites hypothèses. Il paroît que c'est les surfaces principalement qui transmettent le calorique de température, tandis que les corps diaphanes le repoussent, et laissent un libre passage presque au seul calorique radiant, dont nous parlerons ailleurs : voilà ce que les faits prouvent journellement et positivement, et rien de plus.

D'après tout ce que nous avons établi, on prévoit de suite que la différente capacité des corps pour le calorique, considérés sous une masse et une pression égales et invariables, dépend uniquement de deux causes : 1°. Du plus grand nombre de pores et de la plus grande somme de leur surface ; 2°. de la plus grande affinité du calorique pour ces mêmes surfaces, qui en re-

tiennent alors davantage, toujours sous une même pression. Si l'on avoit donc, par hypothèse, le corps *A* d'un grain de masse, qui eût neuf pouces quarrés de surface, dans la capacité de ses pores prise en total, capacité qui sera absolument dépendante de la configuration particulière des pores mêmes; et qu'on eût, d'un autre côté, le corps *B* d'un grain de masse également, mais dont le nombre et la configuration des pores fussent tels, à n'offrir que six pouces quarrés de surface dans la somme du produit de leurs surfaces; on sent d'avance que ces deux corps exposés à une même température supérieure à la leur actuelle, ne laisseroient pas dans le même temps passer sur leurs surfaces un égal nombre de molécules de calorique; et que si les parois des pores du corps *A* pouvoient fournir 15,000 points de contacts aux molécules ignées, le corps *B* ne pourroit en fournir que 10,000. Cependant les espaces étant proportionnellement inégaux aux quantités inégales de calorique qui les traverse, celui-ci se trouvera tout aussi gêné et pressé dans l'intérieur du corps *B* que dans le corps *A*; il ne faudra donc pas plus de pression pour retenir 15,000 molécules de calorique dans le corps *A*, que pour en faire contenir 10,000 au corps *B*.

Or la température des corps n'étant, à strictement parler, que l'expression de la quantité de

calorique qui sort de leur intérieur, et passe en dehors en état d'expansion plus libre, quoique non absolue à cause des pressions, et ne sortant des corps que lorsque celles-ci lui permettent d'obéir aux efforts de son élasticité naturelle; si ce calorique est également pressé dans les deux corps *A* et *B*, il en sortira avec une égale vitesse et en quantités égales. Il sortira donc dans un même temps donné un égal nombre de molécules de calorique du corps *B* que du corps *A*; ils auront donc une température égale, toutes choses égales d'ailleurs. La seule différence occasionnée par leur différente capacité, sera que le corps *A* continuera beaucoup plus longtemps à donner du calorique que le corps *B*, parce qu'il en contient un tiers de plus, et qu'il passera beaucoup plus lentement par ses degrés successifs de décroissement de température.

Si à cette première cause d'inégalité de capacité des corps entr'eux pour le calorique, et que nous venons d'éclairer par un exemple, on en ajoute une deuxième, celle du plus ou moins d'affinité d'adhésion du calorique pour les surfaces, on aura une idée claire et précise de ce qu'on doit entendre par différence de capacité des corps pour le calorique, et de la cause de cette différence.

Voici un exemple de cette seconde cause. Si les surfaces du corps *A* attiroient comme 8 le calo-

rique , et que les surfaces du corps *B* ne l'attirassent que comme 4 , on sent que le calorique feroit moitié moins d'efforts pour se détacher des surfaces du corps *A* que du corps *B* ; il faudroit donc une moindre pression pour l'y retenir ; et si les deux corps étoient soumis à une même pression , l'un contiendrait plus de calorique de capacité que l'autre (s'ils avoient même des surfaces égales sous une même masse), car le corps *A* le retiendrait plus aisément et en plus grande quantité par affinité majeure , et il pourroit avoir par-là , sous une même pression , sous une même température , sous une même masse , sous une même surface , plus de calorique de capacité que le corps *B* ; car la pression pour retenir les molécules du calorique adhérentes aux surfaces des pores des corps , ne doit vaincre que les efforts de l'élasticité d'expansion inhérente à ces molécules ignées , qui est la seule force qui tende à les en détacher lorsqu'elles sont dans ces pores ; plus donc ces molécules adhereront aux surfaces , moins leurs efforts d'élasticité naturelle seront efficaces , et moins en conséquence il faudra de pression pour les comprimer et retenir sur les surfaces.

CHAPITRE III.

Conducibilité.

On appelle *conducibilité* des corps pour le calorique, la propriété qu'ils possèdent de transmettre plus ou moins facilement le calorique qui passe au travers d'eux, et que leur fournit la température plus élevée des corps voisins.

D'après ce que nous avons déjà dit, on verra bientôt que cette propriété n'est que l'effet de deux causes principales, concourant simultanément : la première, la facilité avec laquelle ils peuvent se charger de calorique, c'est-à-dire, de leur affinité d'adhésion pour lui : la seconde, de la configuration et du nombre des pores des mêmes corps, sous une même masse et pression.

Si un corps qui a beaucoup d'affinité d'adhésion pour le calorique, et une disposition très-régulière dans ses pores, présente au calorique qui lui arrive, peu de tortuosités à parcourir, et peu de contre-marches à faire, le calorique arrivera promptement au centre de ce corps, ou à son extrémité opposée, s'il ne reçoit le calorique que par un côté; car le fluide igné ne fera que tapisser l'intérieur des pores de la première couche, et passera de suite et sans beaucoup de détour sur les pores de la seconde, et ainsi de suite; il faut

remarquer que le passage de la troisième à la quatrième , et de celle-ci à la cinquième et suivante , s'opérera toujours de même , à la vérité ; mais avec moins de célérité dans les couches secondaires plus intérieures , qu'il n'a d'abord fait dans les plus superficielles ; par la raison que plus les corps sont éloignés d'équilibre de température entr'eux , plus promptement ils se transmettent le calorique , comme nous le verrons bientôt. Or , comme dans notre cas , la première couche est plus chargée de calorique que la seconde , la seconde plus que la troisième , et celle-ci plus encore que la quatrième et suivantes , il s'ensuivra naturellement que le calorique passera plus lentement de la première à la seconde , de celle-ci à la troisième , etc. à raison de leur moindre distance à l'équilibre ; car si la première couche étoit aussi chargée de calorique que la seconde , et la seconde que la troisième , le calorique ne se transmettroit plus de l'une à l'autre , puisqu'elles seroient en équilibre ; mais on conçoit en revanche que jamais toutes les couches ne seront en équilibre , tant qu'il y en aura quelques-unes encore foiblement chargées ; car celles-ci enlèveront le calorique à leurs voisins plus saturés , pour s'équilibrer avec elles ; ces dernières en reprendront à leurs plus proches , pour atteindre au même équilibre , et ainsi des unes aux autres.

autres. Mais la dernière couche peu chargée de calorique, en prendra moins à la pénultième un peu plus chargée, que la première couche superficielle n'en a reçu dans le même espace de temps de la forte température qui devoit échauffer tout le corps.

Les métaux solides et durs, qui ont beaucoup de masse sous un petit volume, doivent avoir des pores plus petits, quoiqu'aussi nombreux peut-être, et probablement plus réguliers que d'autres corps beaucoup moins denses. Exposés donc à une même température que ces derniers, les métaux recevront le calorique dans des canaux très-étroits, infiniment multipliés, offrant des surfaces très-voisines et beaucoup de régularité. Il y aura donc, sous un volume très-petit, beaucoup de chemins frayés au calorique, quoique très-étroits; il aura donc une multiplicité de petites surfaces à parcourir, il trouvera beaucoup de régularité, peu de tortuosités par conséquent à surpasser. Donc ces corps réuniront toutes les propriétés requises pour laisser librement passer le calorique qui est refoulé plus ou moins fortement sur leurs surfaces, en raison de la plus ou moins grande température qui les environne; donc ils seront excellens conducteurs. Il y a ceci à remarquer que plus les pores seront étroits, plus les molécules de calorique qui les traverseront, seront attirées

à-la-fois par un plus grand nombre de points de toute part, parce que la petitesse du calibre fait que tous les points de la circonférence intérieure pourront agir en même temps sur la même molécule de calorique. Car voilà pourquoi l'eau monte plus vite et plus haut dans les tubes capillaires que dans de plus larges.

Prenons en examen une autre espèce de corps mauvais conducteurs, un liquide, par exemple, ou une brique. Nous y rencontrerons des pores très-larges, très-irréguliers, sous un grand volume, le calorique ne sera donc pas attiré par plusieurs points des surfaces à-la-fois, et devra encore chasser les molécules d'air adhérentes à ces surfaces; les tortuosités le forceront à plusieurs contre-marches qui ralentiront encore le peu de mouvement qui lui reste; il ne parcourra donc que très-lentement l'intérieur de ces corps et après une infinité d'obstacles vaincus. Ce qui rendra ces corps nécessairement et évidemment mauvais conducteurs.

La disposition et configuration des pores, comme encore la non-affinité d'adhésion du calorique pour certaines surfaces, semblent en quelques circonstances influencer singulièrement sur la conducibilité des corps. L'air, par exemple, ne s'unit aux molécules du calorique qu'avec une extrême difficulté; le mercure fluide, très-dense

sous un petit volume, semble être dans le même cas. On diroit que leurs molécules, ou la surface de leurs pores, n'ont presque pas d'affinité pour les molécules du calorique; ils doivent donc être très-mauvais conducteurs. Car le calorique ne se propage que par le contact et le chemin des surfaces de proche en proche, au moins très-sensiblement, comme nous l'avons déjà observé en parlant du verre, de même que l'eau ne se propage au travers d'une bande de linge, dont une extrémité est plongée dans un verre d'eau, et l'autre extrémité est pendante et toute stillante d'eau, que parce que l'eau de proche en proche, s'unit aux surfaces, parvient à l'autre bout, et là abandonne la toile; mais si vous imbiblez d'huile la bande de toile préalablement, elle ne sera plus un bon conducteur de l'eau, parce qu'elle n'a presque point d'affinités pour les surfaces des molécules et des pores des matières grasses. Tout comme le calorique n'a que peu d'affinité d'adhésion pour les molécules et pour les pores de l'air et du mercure, et sans doute d'une infinité d'autres corps liquides, fluides ou solides.

D'après ce que nous avons dit touchant la non-conducibilité de l'air pour le calorique, et de sa cause, on comprendra aisément que plus un corps sera poreux, et plus il contiendra de l'air dans ses cavités, moins il sera bon conducteur du calorique.

Cet article est susceptible d'applications très-intéressantes ; je me bornerai à quelques-unes. Il y a des corps qui retiennent , avec une force d'adhésion surprenante , les couches d'air qui touchent leurs surfaces tant intérieures qu'extérieures , et l'on ne sauroit détacher cet air sans un vide artificiel très-avancé , ou une température très-élevée. Telles sont les plumes des oiseaux , les poils des différens animaux , plusieurs substances végétales et minérales , &c. Elles adhèrent même si fortement à l'air , que l'eau ne sauroit chasser ces couches d'air , de tels corps plongés sous l'eau , conservent autour d'eux leur vernis aérien , et ne se mouillent point , comme l'expérience le prouve , ou ne sont mouillés qu'à la longue. Si on les met sous le vide pneumatique , alors leurs couches d'air se raréfient par l'effet de leur élasticité naturelle , se détachent , et de suite leur surface se couvre d'eau avec une promptitude et une facilité extrêmes. On devine par là l'intention de la nature , qui a revêtu les animaux à sang chaud des pays très-froids , de plusieurs couches de poils imbriquées les unes sur les autres à la façon des tuiles , et contenant entr'elles un nombre égal de couches d'air , que leur adhésion ne permet pas d'être aisément renouvelées ; et pourquoi les oiseaux aquatiques sont pourvus d'une espèce de plumes si résistantes

au mouillage, et qui par-là, au milieu de l'eau la plus froide, ne laissent presque pas perdre à ces volatiles une plus grande quantité de calorique qu'en plein air; ces couches d'air, par leur inconducibilité, retenant le calorique. Si on met sous le récipient pneumatique, une plume prise de dessous la poitrine d'un canard, et une autre tirée de la même partie d'un oiseau non aquatique; toutes deux, le vide fait, se mouilleront avec une égale ou presque égale promptitude, et seront bientôt fanées. Si on les mouille à l'air, celle de l'oiseau des champs sera bientôt humectée, celle du canard restera intacte; ce qui nous prouve qu'il n'y a pas de vernis différens particuliers, excepté l'air, fourni par la nature aux plumes de ces deux genres de volatiles. Quand les oiseaux aquatiques s'aperçoivent que, par un long séjour dans l'eau, ou par l'action des principes qu'elle a dissous, leurs plumes perdent leur vernis aérien, ils les repassent plusieurs fois entre leur bec, pour en chasser l'eau ou les autres corps, et leur faire reprendre leur premier vernis. Dans tous ces cas, on voit que l'intention de la nature, par ces vernis aériens, a été de mettre obstacle ou au passage du calorique, ou à celui de l'eau, en un mot, à la conducibilité de certains fluides.

Je ne doute pas d'un instant que, si l'homme

s'habituoit à vivre nu , au milieu de toutes les températures atmosphériques , il n'y réussit complètement , sans compromettre la longévité et la robusticité de son espèce ; la nature ayant doué sa peau de la propriété de s'investir fort ténacement d'une couche d'air qui empêche l'émanation trop rapide du calorique autour de sa périphérie ; d'ailleurs cette couche d'air est encore retenue par le duvet poileux qui le revêt par-tout. Notre visage , nos mains , résistent sans douleur aux intempéries du froid ordinaire de nos contrées. L'épiderme de ces parties se durcit , et devient lui-même mauvais conducteur. Ce sont en outre nos habillemens qui font remplir les pores de l'épiderme de transpiration qui y séjourne , prête à être gasifiée ; au lieu que , si nous étions nus , l'air rempliroit ces mêmes pores superficiels ; et la transpiration moins abondante prendroit la voie d'autres émonctoires , celles de la respiration et des urines ; et cette diminution de transpiration augmenteroit la température de notre corps de toute la somme de calorique qui auroit dû être employée à vaporiser cette transpiration dérivée ailleurs.

L'exemple de plusieurs hommes sauvages trouvés nus au milieu des plus rigoureux hivers , sans gîte , prouve la vraisemblance de mon assertion ; et c'est encore la conducibilité des

corps pour le calorique, retardée dans ses effets, qui nous apprendra pourquoi dans quelques après-midi d'été, lorsqu'il se forme un nuage, après une matinée fraîche, et que le temps se trouve entièrement couvert de nuages épais, la touffeur devient suffocante; les thermomètres montent sensiblement, tandis qu'il n'y a plus de soleil qui, le matin, dardoit avec vigueur. Il suffit de savoir que la température de l'air, en été, est toujours moins élevée que celle de la surface de la terre et des corps secs qui s'y trouvent, tels que les terres arides, les sables, les maisons, les rocs, etc. Ces corps ne cessent d'émettre du calorique, qui se dégage de leur intérieur pour se mettre en état d'expansion. Mais le calorique qui tend toujours vers le haut par sa légèreté spécifique, arrivé aux nues, n'y trouve point un passage facile; elles n'offrent que des pores très-larges et très-tortueux, dont les surfaces ont peu d'affinité pour le calorique: il lui faut donc longtemps pour les traverser. Celui qui vient après, ralentit sa marche, jusqu'à ce que le premier soit passé, et ainsi de proche en proche. Le calorique se refoule sur lui-même; les couches d'air contiguës, de la terre aux nues, se dessaisissent plus lentement de leur calorique; la surface des corps secs continue à en émettre; il s'accumule donc entre les nues et la surface terrestre, et nous

donne ces dispositions atmosphériques, que nous nommons vulgairement touffeurs.

Il ne faut pas confondre ce phénomène avec celui qui a lieu quelquefois après une courte pluie et une longue sécheresse, où, dans le moment même que la pluie a cessé, que le temps se rassérénit, et la terre est fumante d'exhalaisons aqueuses, on éprouve une température plus chaude qu'avant cette courte ondée. Ce dernier phénomène est dû au calorique précipité des terrains secs, placés sur la surface de la terre, qui ont perdu presque toute leur eau de combinaison. Dès qu'ils sont de nouveau légèrement mouillés, ils reprennent cette eau d'imbibition, la solidifient en quelque sorte, et lui font abandonner beaucoup de calorique. Nous observons quelque chose d'identique ou de très-analogue dans la température produite par la combinaison de l'eau avec la chaux très-sèche. On voit combien les causes des deux phénomènes diffèrent entr'elles. Cette dernière température est encore aidée par le calorique que déposent sur nos corps les vapeurs qui se trouvent contenir un calorique plus condensé sur elles-mêmes, qu'il ne l'est dans nos organes.

Il me paroît qu'en bien réfléchissant aux causes que j'ai assignées à la production des phénomènes que nous présente le plus ou moins de con-

ducibilité des corps pour le calorique, on ne pourra guère trouver de cas inexplicables, ou de faits anomaliques; je déclare pourtant que je ne tiens à cette théorie, qu'autant que je ne rencontrerai pas de principes plus généralement applicables aux faits, et plus cohérens aux connoissances modernes, chimiques et physiques.

Je ne passerai point sous silence qu'il nous arrive quelquefois d'observer certains phénomènes, qui sembleroient prouver que le passage du calorique au travers des corps les plus denses, est si prompt, qu'il paroît fournir autour d'eux une température très-élevée avant d'avoir pu satisfaire leur capacité. Les effets produits par la décharge d'un canon, en nous offrant des résultats aussi singuliers que frappans, nous fourniront l'occasion de nous arrêter quelques momens à bien apprécier et analyser les phénomènes qu'elle nous présente de ce genre, d'où nous pourrons déduire d'utiles inductions applicables à d'autres cas.

Si l'on charge un canon avec la quantité de poudre qui lui convient, et qu'on force extrêmement la balle qu'il doit chasser, la culasse du canon s'échauffera plus promptement, et aura dans un même temps acquis plus de température, que si la balle avoit été moins forcée. Cependant nous savons, d'après les principes posés, que nul corps ne peut fournir autour de lui une température

quelconque sensible, s'il n'a d'abord satisfait sa capacité. Quelle est dans notre cas la raison qui détermine la culasse du canon à satisfaire avec tant de célérité sa capacité pour le calorique, pour fournir ensuite autour d'elle un dégagement de calorique de température, dans un espace de temps presque incalculable ? tandis qu'on auroit pu remplir de fer de fonte incandescent et liquide, le fond même du canon, sans en obtenir une aussi prompte acquisition de température autour de lui ; et pourquoi encore n'est-ce qu'en raison de la pression de la balle que le phénomène est plus ou moins marqué ? Voici ma réponse.

Le calorique, tout subtil qu'il nous paroît, n'est point absolument incoërcible, pour un espace de temps infiniment court ; et la pression le force, comme tous les autres fluides, à se faire chemin par-tout où il y a espace et surface, lorsqu'il ne peut opérer déplacement de matière. L'eau, par exemple, renfermée dans une boule d'or, qu'on soumettra à une pression extrême, s'intera au travers des pores métalliques, non parce qu'elle augmente d'élasticité ou de subtilité dans ses molécules, ou parce que les pores s'agrandissent, car l'eau est incompressible, ses molécules essentielles sont inaltérables, et les pores de l'or ne changent point de nature, puisque l'or conserve la même densité avant qu'après ;

mais la pression que souffrent les rayons d'eau dont est formée la sphère aqueuse renfermée dans la boule métallique, est telle, qu'ils peuvent vaincre la résistance d'affinité d'adhésion que leurs points de contacts avec les surfaces intérieures des pores du métal leur faisoient éprouver, et la force de pression empêchant alors qu'aucune molécule d'eau n'adhère à la surface intérieure des pores, l'oblige à passer au travers de ces infiniment petits pores, ce qui nous prouve que les molécules essentielles de l'eau ont un diamètre plus petit que celui des pores de l'or, autrement l'eau seroit décomposée, ses molécules intégrantes ayant dû changer de nature; mais plus la pression sera énergique, plus les rayons d'eau seront poussés avec célérité au travers des pores, et plus alors le suintement sera abondant dans un même temps donné. Si donc l'eau n'avoit nulle affinité pour la surface des molécules d'or et pour les siennes propres, on ne pourroit jamais la retenir dans une coupe d'or quelque épaisse qu'elle fût. L'épaisseur offrant de grands circuits et des détours répétés à faire, ne pourroit tout au plus que retarder l'écoulement de l'eau; il en seroit ainsi de tous les corps de la nature; ils ne pourroient jamais nous servir à contenir de l'eau, si celle-ci n'avoit quelque affinité d'adhésion pour la surface de leurs pores et pour ses propres molécules, ce

qui fait que lorsque les pores sont très-étroits , et que les molécules d'eau sont adhérentes tout autour de leur cavité intérieure , elles remplissent le calibre du pore et empêchent la transudation aqueuse. Il faut se rappeler encore qu'une même surface peut prendre par adhésion , plusieurs couches superposées d'un liquide avec lequel elle ait affinité ; l'étamage des glaces nous fournit un exemple sensible de cette vérité. Ces épaisseurs de couches concourent également à obstruer efficacement les calibres des cavités quelconques ; et l'effet de la pression portera tantôt uniquement sur le nombre des couches qu'elle diminuera pour élargir le calibre , tantôt elle emportera toutes les couches adhérentes, et l'on pourra considérer alors le calibre comme presque entièrement sec dans tout son intérieur , tout le temps que la pression sera assez forte pour chasser toutes les molécules aqueuses , jusqu'à celles de la dernière couche.

Qu'on applique le raisonnement que je viens de faire touchant l'eau , au calorique , toujours considéré comme matière et fluide particulier. Le calorique , par la combustion de la poudre dans la chambre du canon , se développe en quantité , et instantanément , doué de l'élasticité qui lui est propre , lorsqu'il est à son premier moment d'entière liberté ; ne pouvant supporter la compression , il cherche à pénétrer en tout sens. Le

boulet ne voulant point lui laisser un libre passage, il fait effort par son expansion et son élasticité contre tous les points intérieurs de la chambre ; il se refoule dans les pores du métal avec une vitesse et une abondance proportionnelles à la quantité de poudre brûlée. Mais comme le calorique doit remplir la capacité des corps avant de devenir calorique sensible , et que les corps satisfont d'autant plus vite leur capacité, qu'ils en ont autour d'eux plus abondamment, et qu'il se trouve dans un état de plus grande compression sur eux , ce qui le force à les pénétrer plus efficacement et plus copieusement , il s'ensuit que l'état de dégagement, et d'excessive expansion, auquel est porté le calorique au moment de son dégagement de la poudre décomposée, nécessite le métal à satisfaire plus rapidement sa capacité , ce qui nécessite ensuite sa plus prompte sortie par la surface extérieure du canon pour produire une très-prompte température ; dès qu'une fois pourtant le boulet de canon est parti, alors le calorique ne trouvant plus de résistance à son expansion le long du calibre du canon , cesse de faire effort contre ses parois et entre ses pores. La chaleur n'augmente ni ne se soutient plus alors dans le fond du canon ; plus tard le boulet de canon partira, plus long-temps aussi le calorique réagira sur les parties métalliques de la chambre du canon , plus sa tem-

pérature augmentera en conséquence, or le boulet partira d'autant plus tard, qu'il sera plus forcé dans le calibre.

Ce passage du calorique, si instantané et si abondant au travers de l'épaisseur du canon au moment de la détonnation de la poudre, infirme ou détruit d'autant moins nos idées et nos propositions sur l'affinité plus ou moins grande du calorique pour les différens corps d'où dérive en partie leur conducibilité, que si l'on fait détonner de la poudre dans un canon fait de carton, ou que le canon en soit doublé intérieurement, le canon ne s'échauffe plus autant, et le coup part avec plus de vélocité; ce qui prouve qu'il y a eu moins de calorique dissipé au travers des pores du carton, et qu'une plus grande quantité a opéré simultanément dans l'effet de l'expulsion du boulet. Or, si le calorique trouvoit une égale facilité à remplir la capacité des corps indistinctement, ayant pour tous une égale affinité d'adhésion, il ne devrait pas trouver plus de difficulté à passer au travers du carton que du métal, beaucoup moins poreux.

Comme j'ai dû parler, dans les paragraphes précédens, des effets surprenans et peu médités de la force d'affinité d'adhésion, je me permettrai deux mots encore de digression à cet égard, parce que cette espèce d'affinité bien sentie dans ses effets sur d'autres corps, devient plus aisément

intelligible dans ceux relatifs au calorique. Des expériences très-récentes et bien curieuses, prouvent que la plupart des corps, qui ne sont pas susceptibles d'être mouillés par l'eau, n'en sont empêchés et défendus que par une couche d'air qui adhère fortement à leur surface; l'eau roule alors sur un vernisaérien, sans pouvoir immédiatement toucher la superficie des corps. Mettez ces corps dans le vide pneumatique, la couche d'air se détachera, et de suite, d'isolateurs de l'eau qu'ils étoient, ils la prendront avec avidité pour s'en mouiller uniformément. Utilisons toujours, quand nous le pouvons, de précieuses et intéressantes découvertes en les appliquant à interpréter la nature, et saisir quelquefois la théorie des grands faits qu'elle présente à notre curiosité, à notre admiration.

Nous avons vu que sans cette affinité d'adhésion, nous n'aurions point de vase qui pût retenir l'eau, tant est grande la petitesse de ses molécules essentielles ou intégrantes, et probablement, sans cette force adhésive, la terre, les rocs, &c. bien plus poreux que l'or encore, laisseroient passer ce liquide, comme autant de cribles passifs, au travers de leurs masses jusque dans le sein de la terre, ce qui produiroit à sa surface un desséchement universel et total de toutes les rivières, lacs, réservoirs, étangs, &c. &c. Combien cette loi d'affinité d'adhésion, si peu remarquée

jusqu'ici, et seulement appliquée à de petits phénomènes, ne devient-elle pas féconde en résultats ! Les géologues ne pourroient-ils pas se servir de cette affinité d'adhésion appliquée à l'air, pour expliquer le phénomène surprenans de certaines feuilles et de certains animaux conservés à l'état de momies parfaites, végétales ou animales, c'est-à-dire, desséchés sans altération de substance, au milieu de masses très-dures de terres de différentes espèces, sur-tout des argiles, qui ont dû être très-humides; ils y sont renfermés dans des cavités qui semblent faites exprès, beaucoup plus larges et plus élevées que ne l'exige le volume de ces corps organiques, tellement qu'ils peuvent s'y mouvoir en plusieurs sens. La couche d'air, sans doute, qui adhéroit à ces corps au moment où ils furent enveloppés, empêcha les terres et l'eau de les toucher immédiatement; le retrait de ces terres ayant eu lieu par leur dessèchement, augmenta les cavités où ils se trouvoient inclus; peut-être, comprimé de toute part, l'air adhérent exerçoit-il de son côté des efforts d'expansion, qui facilitoient encore la dilatation en tout sens de ces petites cellules.

C'est encore par l'effet seul des affinités d'adhésion que nous obtenons des si rapides et courans d'air si condensés, au moyen des trompes hydrauliques, qui ne sont autre chose que des

des larges cylindres caves de bois, hauts quelquefois de quarante pieds, troués dans leur circonférence à plusieurs endroits, et placés verticalement; ils reçoivent par leur extrémité supérieure un courant d'eau, qui tombe perpendiculairement par l'ouverture inférieure. Celle-ci s'emboîte hermétiquement dans le fond supérieur d'un large tonneau de bois bien cerclé en fer, et dont le fond inférieur (car le tonneau repose verticalement sur son axe), entièrement ouvert, plonge de quelques pouces dans l'eau courante, et se trouve imparfaitement bouché par une pierre en forme de disque, placée horizontalement. De la cavité de ce tonneau, très-hermétiquement fermé par en haut et bouché par la couche d'eau à sa base, part un long tuyau qu'iva aboutir au fourneau, dont il doit activer le feu, soufflant avec une force prodigieuse et non interrompue. L'eau qui tombe par le cylindre de bois s'investit d'une couche d'air qui lui sert comme d'enveloppe; cet air entre par les trous latéraux du cylindre ainsi que par son orifice supérieur. L'eau tombant sur la pierre, au fond du tonneau abandonne sa tunique d'air en se refoulant sur elle-même, et par le frottement qu'elle éprouve contre la pierre; cet air dégagé dans la capacité du tonneau, à l'état d'oxigène presque pur, enfile le tube, et se porte dans le foyer, chargé d'une humidité très-divisée. J'ai dit à

E

l'état de gas oxigène presque pur, parce que ce dernier adhère plus aisément à l'eau que l'azote, et en précipite même ce dernier à la longue.

Les grandes chutes d'eau appelées cascades, ne maintiennent autour de leur bassin inférieur la fraîcheur et une ventilation perpétuelle plus ou moins forte, que par un effet de l'affinité d'adhésion : c'est-à-dire que l'air se pressant autour de la colonne ou de la nappe d'eau qui descend lui forme une enveloppe aérienne par adhésion ; l'eau, en tombant, se refoule sur elle-même, se frotte contre ses propres ondes et contre le fond du bassin, détache d'autour d'elle l'air adhérent qu'elle avoit entraîné ; celui-ci sort de l'eau et la fait vivement écumer en formant des bulles qui, troublant sa transparence, lui donnent une couleur blanche ; enfin ces molécules d'air nombreuses sortent impétueusement en abandonnant l'eau, et reprennent leur premier état d'expansion et d'élasticité qu'elles avoient perdue en s'unissant à l'eau par affinité d'adhésion : cette expansion repousse les colonnes d'air environnantes, et produit ainsi une ventilation froide, cet air ayant acquis la même température que l'eau dont il vient de se dégager, et augmentant de capacité en se dilatant.

C H A P I T R E I V.

Dilatation.

SI le calorique, en pénétrant dans l'intérieur des corps, à l'aide des surfaces de leurs pores, pour lesquelles il a affinité, s'y trouve fortement comprimé, il donnera une nouvelle disposition à leurs molécules intégrantes. Or, par cette nouvelle disposition des molécules intégrantes entr'elles, ou elles prendront de nouveaux points de contact, ou, en conservant les mêmes, elles seront simplement écartées les unes des autres pour fournir un plus grand nombre de surfaces libres au calorique; dans les deux cas il y aura nécessairement dilatation ou soit augmentation de volume. Et quand on voudroit m'objecter métaphysiquement que les molécules de tous les corps ne se touchent en aucun point, je dirai qu'en me rendant à cette hypothèse, toujours faudra-t-il que ces molécules s'écartent davantage pour laisser placer entr'elles des nouvelles molécules de calorique, ce qui produira un même effet de dilatation (1).

(1) Voulant m'abstenir de toute théorie métaphysique en traitant du feu chimiquement et physiquement, je n'irai point discuter ici la question très-embarrassante et peut-être insoluble, savoir si les corps les plus denses

Mais, pensera t-on, le calorique, par ses effets, nous montre qu'il a une force désorganisant, capable de rompre les liens des plus fortes affinités de combinaison et d'agrégation; tout se fond, se volatilise soumis à son action divellente, pénétrante, expansive, &c. Un fluide aussi peu coercible, si délié, si foiblement pressé extérieurement en apparence, puisqu'il n'a à vaincre, dans nos foyers et dans nos fourneaux, que la pression atmosphérique, dont le poids est même si peu sensible à nos sens, ne semble guère pouvoir opérer la fusion et la vaporisation de tous les corps, même les plus durs, d'une manière aussi prompte et absolue qu'il le fait, par le moyen des deux seules causes assignées.

Quant à la première, celle du changement de points de contacts ou du rapprochement des molécules dans un nouveau sens, je réponds que les molécules peuvent, en changeant de forme, ou simplement de disposition, les unes relativement aux autres, par le calorique qui vient se fixer sur elles, peuvent, dis-je, obéir (ensuite d'une déperdition ou acquisition de calorique), à cette force de changement de forme ou de disposition

même se touchent dans leurs molécules premières, ou sont simplement plus près du contact sans jamais se toucher.

avec une telle énergie même en augmentant de volume, qu'elles rompent ou puissent rompre les plus fortes enveloppes; témoins les forces qu'acquière, pour prendre une nouvelle disposition entr'elles, les molécules de l'eau, par la seule déperdition du calorique lorsqu'elles se glacent en se cristallisant; on peut bien dire que cette nouvelle disposition des points de contact des molécules d'eau, ou soit leurs nouveaux et différens rapprochemens entr'elles, s'opèrent avec une force qui ne paroît rien avoir de proportionnel à la quantité de calorique sorti paisiblement. Ici l'augmentation en volume de l'eau passée à l'état de glace n'est pas due à un nouveau corps introduit, mais simplement à une disposition nouvelle et particulière des molécules de l'eau entr'elles.

Les chimistes expérimentateurs savent que s'ils laissent cristalliser leurs sels au fond de leurs vaisseaux, le plus souvent ceux-ci éclatent par les seuls efforts des molécules des sels qui se solidifient: ces molécules venant s'appuyer sur plusieurs points de la surface intérieure des vases, forment des espèces d'arcs qui, cherchant à s'agrandir, divisent la matière même du vase qui refuse de céder autrement. On trouve, dans le riche et précieux recueil des Annales de Chimie de Paris, la belle explication de ce phénomène, donnée,

je crois, par le savant Vauquelin ; la mémoire ne me fournissant pas le n°.

Pour la seconde hypothèse, celle de la force d'adhésion, elle n'étonnera pas plus dans ses puissans effets que la première, quand on se rappellera que remplissant une bombe d'une certaine épaisseur de quelques légumes, de haricots, par exemple, et les arrosant d'eau, celle-ci, par son affinité d'adhésion pour les plus petites surfaces des molécules des parties intégrantes de ces corps, arrivera à un tel point d'énergie, que si ces molécules se trouvent trop rapprochées par l'effet de la compression extérieure, elle fera rompre les parois. Dès longtemps nos ancêtres connurent cette force d'adhésion puissamment disgrégative ; car lorsqu'ils taillaient dans le roc vif, quelle que fût sa dureté, ou des colonnes ou des disques épais comme pour des meules, ils isoient complètement tout le contour ainsi que le sommet de la colonne, faisoient à sa base, à la hauteur requise, une profonde échancrure circulaire, cette masse pierreuse n'étoit donc plus adhérente au reste de la masse du roc que par un gros noyau placé au centre de la surface de son extrémité inférieure, ils remplissoient la profonde rainure circulaire de copeaux de bois sec, ensuite les baignoient avec de l'eau. Par la seule affinité d'adhésion, l'eau, ce fluide qui paroît si paisible, employé à si petites

quantités, dilatoit tellement les fibres ligneuses pour parvenir au contact des dernières molécules, qu'enfin la masse énorme colonnale étoit élevée et le noyau pierreux perpendiculairement rompu, sans qu'il s'y fût joint aucune force étrangère de mouvement ni de pression extérieure pour faire entrer l'eau à la manière de coins.

Qui ne sait d'ailleurs qu'on ne doit qu'à cette seule force d'adhésion divellente, l'élévation des pyramides d'Egypte à Rome par le moyen des cordes mouillées; application heureuse qui faillit coûter la vie à son révélateur. N'a-t-on pas vu encore les plus durs cailloux se fendre dans des hivers excessivement rigoureux?

Il n'est cependant pas absolument vrai que nul obstacle ne puisse résister à l'action dilatante du calorique, car dans la machine à Papin, on fait rougir l'eau, mais l'enveloppe résiste à la dilatation; car si la pression est supérieure aux forces d'expansion du calorique, celles-ci resteront impuissantes. Tout comme en vain tenteroit-on de décomposer le carbonate calcaire le mieux porphyrisé par l'affusion de l'acide sulfurique dans un vaisseau très-solide et hermétiquement fermé, dont la capacité ne suffiroit point à contenir le gas qui devroit se développer, il n'y auroit alors qu'une quantité de gas dégagé proportionnelle à l'espace fourni.

On voit, par cette vérité, l'erreur de quelques naturalistes qui déduisent la non-incandescence des laves liquides, de ce que des carbonates calcaires ont résisté à la décomposition sous des amas de laves qui sont coulées à leur aise sur une grande étendue de spath calcaire, ou dans leurs coulées embrasées en ont enveloppé quelques fragmens auxquels pouvoient être joints, accidentellement, des débris de végétaux ou d'animaux. Il suffit que le poids de la lave liquide placée sur les corps à décomposer, fût excédant à la force dilatante du gas qui devoit être ou simplement dégagé, ou actuellement produit, pour que les corps enveloppés dans la lave ne pussent être décomposés. N'empêchons-nous pas tous les jours la formation progressive des produits d'une fermentation bien établie dans de grandes masses par la seule compression, qui empêche la formation des gas et suspende toute décomposition ultérieure, comme par exemple, en renfermant le mou de vin dans des tonneaux disposés et préparés exprès. Pourquoi donc une portion d'un corps organique quelconque devra-t-elle se décomposer nécessairement sous une masse énorme de lave, si sa décomposition doit essentiellement donner naissance à des produits gazeux, incapables, par leur élasticité et leur force naturelle d'expansion

de soulever cette masse impondérable ? Mais poursuivons notre matière , car déjà sans doute on m'applique l'ancien adage : *Ne sutor ultra crepidam.*

La disposition singulière que je soutiens que le calorique comprimé et adhérent aux surfaces des pores, donne aux molécules intégrantes des corps, n'est point une hypothèse gratuite. Si vous faites rougir, sans la fondre, une masse de verre, un barreau de fer, etc. et que de suite, par une température très-froide, vous refroidissiez promptement ces corps, vous trouverez, après ce refroidissement subit, que, sans avoir changé d'état, ils offriront une nouvelle texture et une nouvelle disposition dans leurs molécules intégrantes. Le fer paroîtra plus dur, mais plus fragile; le verre se brisera au moindre choc; ce qui, selon moi, ne veut dire autre chose, sinon que les molécules n'ont pu, à raison du trop rapide refroidissement, repasser successivement par tous les points de contact intermédiaires, entre l'état d'éloignement où elles se trouvoient quand elles étoient fortement chauffées, et celui qu'elles avoient avant qu'on leur appliquât le calorique. Aussi, selon qu'on échauffera plus ou moins les corps, toujours en les refroidissant promptement, on remarquera des nuances variées de cette différente disposition; sans qu'on doive dire, pour cela néanmoins, que ces

corps ont changé d'état, puisqu'ils sont restés solides. Je me sers du mot *chauffer*, supposant qu'on en mesure la température au moyen de la sensation.

Si par la successive et variée disposition de points de contact entre leurs molécules, que reçoivent les corps par l'admission du calorique, ou par la nouvelle forme que ce calorique leur donne en leur adhérant, ils en atteignent une particulière, qui rend leurs molécules très-mobiles les unes sur les autres, tantôt avec plus, tantôt avec moins d'affinité d'agrégation conservée, on dira que ce corps est devenu liquide (1); et dans ce nouvel état, le calorique pourra encore faire parcourir à ces mêmes molécules, selon leur différente nature, une échelle très-variée de divers rapprochemens, ou points de contacts, avant qu'elles arrivent enfin à prendre cette dernière modification, pour nous sensible, celle de la gasification.

Cette échelle de variation de points de contact semble différer dans bien des corps; car le plomb, l'étain, se fondent très-vîte, c'est-à-dire, courent une échelle très-courte pour arriver de la

(1) Comme j'évite de profession toute théorie hors de démonstration par les sens ou par l'analogie directe, je ne dis rien de l'hypothétique figure, essentiellement ronde des molécules intégrantes des liquides quelconques.

solidité à liquidité. Le platine, au contraire, moins dur que l'acier, parcourt une échelle très-étendue. On peut raisonner ainsi pour le passage des corps de l'état liquide à l'état gazeux. En effet, chaque fois qu'on fait refroidir avec différens degrés de promptitude, des corps susceptibles ou de se cristalliser, ou de se durcir simplement par le contact de l'atmosphère, la figure, le volume, la texture, intime de ces corps concretés nous paroissent différens; si, au contraire, on fait refroidir les corps avec une très-grande lenteur progressive, leurs molécules intégrantes repassent graduellement et successivement par tous les degrés parcourus pour arriver à liquidité, et doivent nécessairement alors se rencontrer aux points de contacts naturellement propres à leur solidification, ceux où leurs surfaces se conviennent le mieux. On n'a pas d'autres moyens pour faire cristalliser certains métaux.

De-là on peut déduire la cause du plus ou moins de fusibilité de certains corps, comparativement à d'autres. On voit qu'elle dépend de l'échelle plus ou moins étendue de points de contacts variés qu'ils peuvent subir.

Il y a des corps pourtant qui semblent totalement privés de l'échelle appartenant à l'état que nous nommons liquidité, à raison de leur extrême affinité pour le calorique. Tel est le camphre qui

se volatilise , plutôt que de se fondre ; telles sont les bases d'une quantité de gas primitifs ou secondaires , c'est-à-dire , à base simple ou composée ; tels sont plusieurs corps composés , qui se décomposent plutôt que de se fondre , le charbon , la paille , le papier supposés très-secs. Les substances animales éprouvent la fusion.

Les corps , par une successive déperdition de calorique , peuvent peut-être repasser par une série de points de contact (qui s'annoncent très-bien par le retrait qu'ils prennent) , qui les ramène enfin à une disposition particulière telle , de leurs molécules entr'elles , qu'elles reprendront l'état de liquidité. Beaumé nous dit dans ses savans et instructifs Elémens de Chimie , tom. 1^{er} , que l'on a vu la glace , par un excès de froid , reprendre l'état liquide ; et on lit dans le Britannique , *Encyclop. art. Cold* , qu'on a vu le fer se ramollir excessivement par un froid des plus violens. On sent bien que , si l'on eût appliqué du calorique , en juste quantité , à cette glace fondue , à ce fer ramolli , ils se seroient l'un et l'autre endurcis et condensés de suite , en reprenant d'autres points de contacts.

D'après ce que nous venons de dire , on concevra aisément d'où provient le danger de trop promptement réchauffer les corps très-endurcis par le froid , qu'on desireroit ne pas désorganiser

par le dégel; c'est que trop de chaleur fait passer trop précipitamment, par la série de leurs points de contact, les molécules intégrantes de ces corps; et que, comme encore les corps organiques n'ont pas toutes leurs molécules entièrement homogènes, celles-ci, dans un prompt dégel, ne s'accompagnent pas uniformément par la série de points de contacts, dans leur retour à leur premier état naturel. Car les molécules de nature différente, satisfaisant dans un espace de temps inégal leur capacité, les unes se trouvent plus, les autres moins rapprochées: ce qui occasionne nécessairement désorganisation et mort dans le corps organique quelconque. Par la même raison, un froid trop prompt désorganisera et détruira la vie dans les êtres organiques qui s'y trouveront exposés; car beaucoup de degrés intermédiaires de l'échelle rétrograde des points de contact, seront brusquement sautés, ce qui ne permettra pas aux molécules de s'unir par les plus analogues.

Voilà encore pourquoi des vases de porcelaine et de verre, dont la pâte ne sera pas très-homogène dans ses molécules intégrantes, ou dont l'épaisseur ne sera pas très-uniforme, se casseront sans se fondre, ou par un trop précipité refroidissement, ou par une forte température trop promptement appliquée; parce que dans le premier cas, les molécules de nature différente

satisferont leur capacité en des espaces de temps inégaux, et en conséquence souffriront des dilata-tions ou des retraits inégaux ; ce qui produira des défauts de continuité, qui ne devront plus, par cette raison même, se rejoindre exactement ; dans le second cas l'épaisseur inégale fait que les molécules renfermées au centre des points plus épais reçoivent, plus tard que les autres, l'ac-tion du calorique, et que leur dilatation, quand elle arrive, ne leur fait plus trouver de points de contact aussi analogues et convenables avec leurs voisines, ce qui les oblige également à se trouver en défaut de continuité entr'elles, et procurer des fêlures, &c.

Je n'ai point fait jusqu'ici mention de cette quantité étonnante de calorique qu'absorbent les corps au moment de leur changement d'état, c'est-à-dire, de leur passage de la solidité à la liquidité, ou de ce dernier état à la vaporisation ou gasification. Dans ce moment (qui est, j'oserai dire, le dernier chaînon entre l'état solide et li-quide, ou entre ce dernier et l'état gasiforme), les corps ont la propriété d'absorber une quantité sur-prenante de calorique par capacité, c'est-à-dire, qui s'unit à eux sans élever leur température. On appelle cet état momentané, état de tempé-rature stationnaire. On pourroit dire qu'ils ne sont, dans ce court intervalle de temps, ni so-

lides, ni liquides, ni gasiformes, mais quelque chose de moyen, *aliquid tertium*.

La cause de cette grande capacité momentanée me semble n'être qu'une modification de celle de la dilatation des corps, afin de satisfaire leur capacité selon le degré de température et la pression à laquelle ils sont soumis, c'est-à-dire, que la cause en est due à une disposition particulière des points de contact des molécules entr'elles, qui laissent au calorique une nouvelle capacité à remplir très-étendue, qui ne dépend probablement que des surfaces des molécules intégrant des corps beaucoup plus anudées, les points de contact ayant prodigieusement diminués, ou bien dépend de ce que le rapprochement des molécules n'étant plus le même, laissera au calorique plus d'espace entr'elles pour s'y venir accumuler et presser, quoique toujours déterminé par la force d'attraction pour les surfaces, aidée par les pressions augmentées. C'est ainsi que nous voyons l'eau s'insinuer au travers des pores des corps qu'elle peut pénétrer, elle en subdivise l'agrégat, écarte les molécules, et fait augmenter leur volume; par cet écartement enfin elle se dégage et s'anude de nouvelles surfaces plus étendues que les premières et plus nombreuses, sur lesquelles elle se fixe de suite par adhésion.

Si l'on veut précipiter les effets dilatans de

L'eau sur les corps et accélérer sa combinaison avec leurs dernières molécules intégrantes, il n'y a qu'à leur appliquer simultanément le calorique. Celui-ci comme plus délié et conservant moins d'affinité d'agrégation pour ses propres molécules, pénètre plus aisément l'entre-deux des plus petits interstices des parties intégrantes des corps, de la même manière dont nous l'avons ci-dessus expliqué. L'eau vient ensuite occuper sans retard ces nouvelles surfaces dégagées par le calorique. C'est de cette façon qu'il faut s'expliquer la cuisson des légumes ou d'autres substances par l'eau chaude ou bouillante; car la cuisson de pareils corps n'est autre chose que la combinaison intime à l'état solide d'une grande quantité d'eau avec leurs dernières molécules intégrantes; combinaison que le calorique facilite et perfectionne prodigieusement, en subdivisant infiniment les substances; on peut à ce sujet consulter les mémoires des citoyens Parmentier, Bayeu, et autres savans, sur les soupes économiques.

Puisque les corps, dira-t-on, acquièrent au premier instant de leur changement d'état, une telle capacité pour le calorique, pourquoi ne la conservent-ils pas à chaque degré de température qu'ils pourront acquérir progressivement jusqu'à ce qu'ils changent nouvellement d'état?

On

On pourroit d'abord répondre qu'à ce moment intermédiaire entre la solidité et la liquidité, ou entre celle-ci et la gasification, les corps sont dans un troisième état particulier, qui n'est ni l'un ni l'autre des deux entre lesquels il se trouve, et qui a en conséquence ses loix particulières et spéciales de capacité. Cet état médiaire, n'a pour nous aucune échelle sensible de variations de point de contact, ou de rapprochement; il semble seulement que dans ce troisième état les molécules intégrantes des corps se revêtissent complètement d'une couche ignée, qui n'est cependant ni assez épaisse pour éloigner totalement de leurs sphères d'affinités d'agrégation les molécules des corps, ni assez étendue pour les rendre légères au point de les gasifier tant que les corps restent encore liquides, et soumis à des pressions suffisantes pour retenir leurs molécules comprimées les unes sur les autres, et les forcer d'obéir à ce qu'elles conservent encore de force d'affinité d'agrégation. Mais si les pressions augmentent, de nouvelles couches concentriques viendront se former sur les premières, et cela continuera jusqu'à ce qu'enfin les molécules intégrantes des corps soient assez écartées les unes des autres pour ne plus s'entre-attirer par affinités d'agrégation. Si la pression devient plus forte ou même se soutient seulement pendant l'instant où les molécules sont

complètement hors de leur sphère d'affinité attractive, ces molécules cèderont alors librement à toute l'attraction de celles du calorique pour elles, attraction que les pressions rendent incessamment plus active en rapprochant forcément les molécules de calorique de température qui roulent autour d'elles vers celles déjà fixées : ces couches multipliées leur donneront enfin le volume nécessaire à leur gasification. Mais cet instant où les molécules cesseront d'être dans la sphère de leur affinité d'agrégation (1), sera celui où elles se chargeront brusquement de toute la quantité de calorique que cette seule force d'agrégation empêchoit encore de se fixer autour d'elles. A ce moment donc elles augmenteront encore infiniment de capacité ; après quoi celle-ci continuera à être constamment relative à l'écartement progressif que prendront ces molécules dans leur nouvel état de gasification, lorsqu'elles s'investiront de nouvelles couches ignées.

Comme j'ai beaucoup parlé jusqu'ici des pres-

(1) Les sphères que les couches multipliées de calorique formeront autour d'un corps, pourront s'attirer encore entr'elles, comme de nouveaux corps composés, et conserver ainsi une continuation d'affinité d'adhésion, qui les rendra susceptibles d'avoir une nouvelle échelle de points de rapprochemens ou de contacts.

sions, et qu'on ne conçoit peut-être pas de suite où je les prends dans l'atmosphère pour opérer de si grands effets, je vais m'expliquer en peu de mots à cet égard.

Si le corps *A* placé au milieu de l'air atmosphérique se trouve à côté du corps *B*, plus élevé de cent degrés en température que le même corps *A*, on prévoit que le calorique passera de *B* en *A*. Mais quelle sera la pression qui l'y fera passer ? La voici. L'air atmosphérique, comme non conducteur du calorique, repoussera celui-ci lorsqu'il viendra le toucher ; si le corps *B* est donc par-tout environné d'air, le calorique qui sortira de sa surface ne pourra s'échapper au loin, mais sera, en tout sens, repoussé par l'air environnant ; et cette force répulsive égalera la pression d'une colonne de 32 pieds d'eau ; si le corps *A*, qui n'a que très-peu de calorique qui sorte de chez lui, se trouve placé dans l'atmosphère de température du corps *B*, il n'offrira que peu de résistance à ce calorique comprimé, refoulé sur lui-même, autour de ce corps *B* ; et ce calorique comprimé, cherchant à se faire chemin par-tout où il ne trouvera pas une résistance du poids de 32 pieds d'eau, courra précipitamment sur le corps *A*, qui précisément n'offre pas de grands obstacles à laisser entrer le calorique, ne présentant qu'une

2

très-foible résistance par celui qui sort de chez lui. Car plus ce corps *A* sera bas en température, moins il contiendra de calorique fixé par capacité, et moins encore il aura de calorique en état d'expansion autour de lui; plus donc le calorique venant du corps *B* trouvera un chemin aisé au travers de sa masse. Mais à mesure que le calorique du corps *B* remplira la capacité du corps *A*, celui-ci ayant ses surfaces déjà saturées jusqu'à un certain point, les molécules de calorique qui s'y seront fixées, commenceront à faire une plus grande résistance à celles qui suivront, et celles-ci à leur tour arriveront du corps *B* avec moins de célérité et de vitesse parce qu'elles seront moins denses, car la quantité de calorique contenu autour et dedans le corps *B* aura diminué dans la proportion de ce qui en est passé sur le corps *A*: or moins elles seront denses, plus elles auront d'espace à leur disposition: et plus elles auront d'espace, moins leur élasticité sera gênée: mais ce n'est que la pression des molécules du calorique, comme très-élastiques, qui oblige leur ressort à faire plus d'effort pour se mettre en expansion; moins donc elles seront pressées, moins elles feront d'effort, et en conséquence moins promptement elles se porteront du corps *B* sur le corps *A*. Outre qu'étant moins denses, elles y arriveront sous un même volume de rayons, en moindre quantité. Il faut ajouter

à cela que le corps *B*, au moment même qu'il prend du calorique par capacité, en conserve aussi de température autour de lui, proportionnellement à la quantité qu'il contient du premier et des pressions qu'il éprouve; ce calorique de température du corps *A*, quelque petite qu'en soit la quantité, tend déjà à s'éloigner, et fait, jusqu'à un certain point, résistance aux rayons de calorique arrivans du corps *B*. D'où l'on voit clairement que plus les corps seront éloignés en température, plus facilement et plus abondamment dans un même temps donné, ils se transmettront du calorique, et que les obstacles à cette transmission croîtront à mesure que les corps approcheront davantage de l'équilibre de température, et qu'enfin cet équilibre aura lieu lorsque les corps, après avoir satisfait leurs respectives capacités sous une même pression, auront autour d'eux des rayons de calorique également denses et également tendans à s'échapper; si les rayons venant du corps *B* sur le corps *A*, rencontrent ceux de ce dernier corps, aussi forts et nombreux qu'eux-mêmes, ils se heurteront sans pouvoir réciproquement se vaincre; leurs forces seront donc balancées et leurs effets nuls en conséquence. Il y aura donc équilibre entre les forces d'expansion d'atmosphères ignées des deux corps, et par conséquent parfait équi-

libre de température. L'équilibre de température du calorique s'établit donc comme celui des autres fluides, par l'égalité des forces résistantes.

Plus le corps *B* dégagera autour de lui de calorique de température par une fixation d'oxygène ou autrement, plus son atmosphère de température sera dense; plus donc elle repoussera énergiquement les couches d'air atmosphérique, dont la résistance, en tout sens, égale une pression de 28 pouces de mercure; mais l'air étant élastique, se comprimera; en se comprimant, il exerce un effort plus grand encore de répulsion sur les molécules de calorique qui le forcent à se comprimer; le calorique de température se trouvera donc encore plus fortement repoussé, refoulé sur lui-même, ce qui augmentera ses efforts d'expansion vers les autres corps environnans. Plus donc la température d'un corps sera élevée, et plus le calorique qui s'échappe autour de lui sera vivement lancé; plus alors la compression exercée sur ces alentours sera énergique: c'est là tout le difficile que renferme la théorie des pressions, et de l'équilibre de température des corps dont j'ai souvent parlé jusqu'ici. On pourroit sans doute la développer d'une manière plus étendue; mais tous les principes sur lesquels elle pose, sont les seuls que je viens d'énoncer, et ceux-ci peuvent

suffire à faire comprendre toutes les conséquences, les phénomènes et les applications qui leur appartiennent.

CHAPITRE V.

Gasification.

QUAND enfin un corps a parcouru tous les points de contact variés que l'augmentation de température peut lui faire subir dans l'échelle qui lui appartient à l'état liquide, il arrive un instant où les molécules ont acquis une telle disposition entr'elles, qu'elles passent à un nouvel état, ou visible, celui de vapeurs; ou invisible, celui de gas. Mais entre le moment qui précède immédiatement leur gasification, et celui où ils sont effectivement arrivés à cet état, les corps en ont un moyen et stationnaire, qui n'est ni de gasification, ni de liquidité proprement dite, mais qui est le chaînon d'un passage à l'autre; dans cet état neutre particulier, ils ont une capacité très-grande pour le calorique, sans montrer d'élévation de température sensible, et ils en absorbent beaucoup sans qu'il se manifeste aucun indice de dilatation, ni d'échauffement dans le corps où il se fixe. Enfin la capacité de cet état stationnaire-satisfaite, ils s'élèvent un peu en température, et se dissipent à l'état de vapeurs ou de gas.

- Je considère, je le répète, cet état stationnaire comme l'instant presque indivisible où les molécules des corps cessent presque entièrement de se toucher, ou ne se touchent plus que par très-peu de points; ceux rendus libres et nus, sont de suite occupés par le calorique qui entoure alors presque de tout côté les molécules intégrantes, et leur forme une atmosphère ignée presque parfaite qui les rend spécifiquement plus légères que l'air ambiant. Comme cependant la gasification peut avoir lieu, même dans le vide, et former une atmosphère où il n'y en avoit point; il faut aussi convenir que ces molécules gasifiées doivent acquérir un volume chacune en particulier, qui leur permette de se toucher encore par quelques points afin de s'entre-soutenir, et de pouvoir continuer à rester dans cet écartement vraiment énorme qui les constitue ou vapeurs ou gas, et qu'elles doivent uniquement à leur combinaison avec le calorique.

Il importe ici de faire d'importantes réflexions sur les causes de la gasification; et d'abord souvent le propre poids des molécules intégrantes des corps les empêche de se gasifier, ou elles ne peuvent le faire qu'à une température excessive; c'est - à - dire après s'être investies d'une atmosphère calorifique prodigieuse. Ainsi, par exemple, l'acide sulfurique ne se vaporise que très-diffici-

lement, comparativement à l'eau. Ce n'est point la force de l'affinité d'agrégation de ses molécules intégrantes qui l'en empêche; car si l'on délaie une once d'acide sulfurique pur dans vingt livres d'eau, ce qui divise son affinité d'agrégation d'une manière très-efficace, et qu'on tente de le faire évaporer, il n'y aura guère que l'eau qui s'évaporerait, et l'on retrouverait au fond du vase évaporatoire l'once d'acide sulfurique presque entière.

Ainsi encore le zinc s'évapore aisément à l'aide d'une forte température dans le vide même, sans s'oxyder, tandis que l'or fondu résiste à un feu très-intense. L'acide boracique, bien pur et sans eau, quoique fondu, ne saurait se sublimer d'après les expériences de Baumé. L'acide phosphorique liquide passe plutôt à l'état de verre que de se volatiliser; tandis qu'un morceau de camphre cristallisé et très-dur se vaporisera à la moindre température, même sans se décomposer.

Il y a aussi des corps dont les molécules intégrantes sont si légères, et dont l'affinité pour le calorique est si prompte et si énergique, que ce n'est qu'en raison de la seule pression atmosphérique qu'ils restent à l'état de liquidité, à notre température ordinaire; tels sont, l'éther, l'alkool déphlegmé, le vinaigre radical très-concentré. Si on les place sous un récipient pneu-

matique, le vide fait, ils bouillent bientôt, et forment une atmosphère gaseuse. Nous ne pourrions donc avoir de pareils liquides éthérés sans la présence de l'atmosphère.

Bien des physiciens ont tiré de ce peu d'exemples de corps si vaporisables, des conséquences outrées, en prétendant que si notre atmosphère venoit à être sur-le-champ détruite, tous les corps actuellement liquides à la surface de la terre, reformeroient de suite une nouvelle atmosphère. Cela ne pourroit être, puisque le mercure ne se gasifie presque pas dans le vide; les baromètres, par leur usage, en sont une preuve patente; le fer fondu, l'acide sulfurique, l'acide boracique, l'acide phosphorique, liquides, ne se gasifieroient pas mieux, quoiqu'exempts de pression.

Certains corps qui ne sont point gasifiables par eux-mêmes, au moins sans l'intermède d'une température prodigieusement élevée, le deviennent aisément en se combinant avec d'autres corps, tel l'acide boracique, qui, uni à l'eau, se sublime promptement; tel le muriate oxigéné d'étain, qui, privé d'eau, se vaporise aisément, et combiné avec l'eau devient absolument fixe, etc. ce qui nous prouve que les corps, en se combinant, forment de nouveaux composés qui ont de nouvelles propriétés envers le calorique, et peut-être acquièrent des molécules intégrant plus

légères, à raison de la plus grande surface qu'elles ont sous une même masse.

La gasification des corps n'est pas toujours due au seul calorique. La glace qui ne se gasifiera point sous le vide, se gasifiera promptement par l'action de l'air et du calorique combiné : l'eau est dans le même cas. Si vous ventilez par un courant d'air sec et même froid de l'eau en évaporation, vous doublerez l'effet. Si vous laissez l'air stagnant quoique chaud, déjà saturé d'humidité, au-dessus de la couche de vapeurs qui s'élèvent, il pèse sur la surface du liquide, et en retarde la gasification successive, tandis que l'air sec agité, en enlevant et poussant au loin la couche vaporeuse ou gasiforme aqueuse, déjà formée, en dissout en même temps une portion qu'il se retient combinée (1).

(1) La gasification de l'eau, produite par le calorique seul, ou par des gas quelconques, produit quelquefois des effets par le froid qu'elle occasionne, qui peuvent en imposer de prime-abord. Le citoyen Jean Thouin, dont les soins et l'intelligence pour la culture et la naturalisation des végétaux de toute espèce, sont assez connus, me disoit un jour, en me faisant remarquer l'ordre, l'étendue et la richesse des serres du Jardin des Plantes, qu'il avoit remarqué, pendant certains hivers, des phénomènes très-curieux, touchant les effets du froid atmosphérique introduit dans les serres pour le renouvellement d'air, dans quelques jours d'hiver très-beaux. Entr'autres, que des courans

La promptitude de gasification dépendra , comme on le sent encore , de la promptitude et de la facilité plus ou moins grande avec laquelle les molécules intégrantes des corps prendront leur calorique de capacité , comme de la quantité qu'elles en requerront ; ce qui exigera un espace de temps plus ou moins long , selon la tortuosité plus ou moins grande des pores que devra par-

d'air atmosphérique , même au-dessus de zéro en température , produisoient quelquefois les effets d'un gel très-actif sur les premières plantes qu'ils frappoient , tandis que d'autres fois des courans d'air plus froids leur nuisoient beaucoup moins ; d'où il sembleroit , me disoit-il , qu'on pourroit dire qu'il y a des froids de différentes natures , car les serres avoient , disoit-il , à-peu-près la même température dans les deux cas.

Je pense que ces phénomènes s'expliquent assez vraisemblablement , en admettant que , si l'air extérieur est très-sec et celui des serres assez humide , la gasification trop prompte des vapeurs aqueuses contenues dans les serres , et de l'eau de transpiration qu'offrent les plantes sur leurs surfaces , produit une intensité de froid subite très-dangereuse pour leur organisation et pour leur vitalité. Si le courant d'air est très-précipité , l'effet deviendra encore puissant ; et l'on conçoit alors que cette gasification produira à la surface des végétaux une température de plusieurs degrés au-dessous de zéro , quoique cet air sec et ventilé soit de quelques degrés au-dessus. Un air atmosphérique , humide à l'égal de celui des serres , ne variera

courir le calorique pour pénétrer le corps à gasifier, et selon les pressions actuelles.

L'imagination s'effraie sans doute, quand elle se représente qu'une molécule d'eau, par son union avec le calorique, est susceptible d'acquérir une dilatation de quatorze mille fois son volume; elle ne conçoit plus alors comment il peut se faire que chaque molécule, dans cet éloignement

guère de température en y entrant; et s'il n'est pas trop froid pour les plantes, et qu'il soit peu agité, il ne produira pas sensiblement de mauvais effets.

Les mêmes phénomènes pourront s'observer encore en rase campagne, sur-tout dans des plaines exposées à des gorges de montagnes, qui amèneront de très-précipités courans d'air; ici c'est la rapidité de l'air qui pourra compenser les effets de son peu de siccité. Les arbres, les vignes, les champs pourront être fort endommagés par la trop prompte gasification de leur eau de végétation, et se trouver ainsi toujours affectés par une température trop foible ou dangereuse.

Le même effet peut avoir lieu sur la surface de nos corps par des courans d'air imprévus et momentanés, qui surprendront notre transpiration, et produiront un froid instantané sur les parties sur lesquelles ils passeront rapidement; par la gasification subite de notre transpiration; et ce passage très-prompt d'une température à une autre fort distante, suspendra, altérera les fonctions de ces parties; d'où pourront naître les inflammations, les rhumatismes, &c. &c.

étrange se touchent encore assez pour se soutenir les unes les autres, au moins dans le vide, où nul autre fluide étranger ne peut les balancer, et qui, comme pesantes cependant, si elles n'avoient aucun appui, devroient nécessairement tomber.

Toute théorie à cet égard, pour expliquer quelle situation prennent entr'elles des molécules si divisées, pour occuper tant d'espace et se soutenir, ne peut être que purement hypothétique; peut-être forment-elles autant de réseaux qui ne se touchent que par quelques points nécessaires à leur soutien; elles pourroient être alors considérées comme des éponges à larges espaces; peut-être la quantité de molécules de calorique qui les entoure, en forme-t-elle autant de petites sphères qui se balancent par leur attraction mutuelle, et sont tenues dans l'écartement par un mouvement perpétuel qu'elles reçoivent des molécules même du calorique radiant (dont nous parlerons bientôt), qui jouit d'une mobilité aussi constante qu'inexplicable: peut-être (ou sans peut-être) aussi seroit-il possible que le calorique formât une combinaison particulière avec chaque petite et dernière molécule intégrante de l'eau; que de cette combinaison il en résultât des sphères très-peu denses, spécialement composées de molécules de calorique, qui, comme très-volumineuses, fussent

très-peu pesantes ; car le calorique , fixé par sur-composition sur une molécule dernière intégrante d'eau , peut produire un nouveau composé qui aura la propriété d'attirer et de fixer de nouvelles molécules de calorique sur lui même , et de former ainsi autour de cette petite molécule une surcharge de calorique telle , qu'il en résulte des sphères très-volumineuses , mais extrêmement légères , et qui pourront toutes se toucher par quelques points encore afin de se soutenir mutuellement.

Ce n'est qu'en se surcomposant ainsi que le carbone et l'hydrogène , combinés seuls ensemble , sous mille proportions variées , tantôt de l'un , tantôt de l'autre , nous donnent l'infinie série des hydrocarbures ou des carbures hydrogénés , éthers , huiles volatiles , etc. etc.

Nous avons des exemples frappans de ces nouveaux composés doués de nouvelles et caractéristiques propriétés , et qui ne sont que le pur résultat de différentes doses d'un même corps , qui se fixe sur une même substance d'une nature différente ; et ces résultats , par leurs nouvelles propriétés , sembleroient annoncer que le composé qui résulte de la *dosification* , forme un nouveau corps , un *quid tertium* , qui réagit sur le même principe comme sur un corps étranger , et cela dans une longue série de doses variées.

Ainsi , par exemple , le soufre pur est jaune ;

un peu oxidé, il est blanc ou rougeâtre ; si on lui ajoute une nouvelle dose d'oxigène, il passe à l'état d'acide sulfureux gasiforme, qui n'a plus rien de commun avec le simple oxide de soufre, ni avec le soufre pur. Si enfin on force cet acide sulfureux à prendre de l'oxigène à saturation, il passe de l'état gazeux à l'état liquide, devient acide sulfurique, acquiert de nouvelles caractéristiques propriétés, qui sont toutes autres que celles des composés antécédens : cependant ce n'est toujours que le même oxigène fixé sur le même soufre, mais en différentes proportions. On doit raisonner ainsi de l'azote combiné avec de successives additions d'oxigène ; des différens oxides métalliques qui changent de couleurs, de propriétés irritantes à l'égard de la fibre animale vivante, etc., par de nouvelles surcharges d'oxigène. On peut raisonner de même d'une infinité d'autres corps combinables entr'eux, en différentes proportions, et qui, à chaque variation de doses, changent de nature et de propriété.

Il nous reste à faire mention du calorique d'irradiation, ou soit radiant, qui est proprement le calorique libre ; celui, je veux dire, qui, au moment où il sort de combinaison, n'étant encore uni avec aucun corps, jouit de toutes ses propriétés à l'état de liberté entière, après avoir échappé à tout obstacle de compression environnante.

CHAPITRE VI.

Calorique radiant.

IL nous reste à parler de l'état du calorique d'irradiation, ou soit de celui passé à l'état de calorique radiant, après qu'il s'est dégagé des corps. On nomme ainsi le calorique qui, après avoir abandonné les corps dans lesquels il étoit fixé ou par capacité, ou par combinaison chimique, ne trouve plus autour d'eux de résistance qui retarde sa tendance parfaite à l'expansion indéfinie qui lui est propre, par son élasticité naturelle, et passe, après avoir acquis une vitesse qui va croissant dès son premier moment de liberté, jusqu'à ce qu'il ait atteint une dilatation dont les limites ne sont pas connues, passe, dis-je, avec une extrême vitesse au travers de l'espace même, rempli par l'air, sans élever sensiblement sa température.

Nous avons dit, dans le premier chapitre, que le calorique n'étoit retenu à l'état de calorique de température, hors des corps dont il s'étoit dégagé, que par la pression extérieure qui le forçoit à séjourner plus ou moins abondamment, et plus ou moins long-temps autour d'eux; mais cette pression quelconque qu'exercent les corps environnans sur le calorique dégagé, n'est jamais

parfaite dans tous les points. Le calorique de température qui fait effort de toute part pour s'échapper, passe de suite au travers des points non résistans, et acquérant plus de vitesse à mesure qu'il se dilate davantage, il traverse plus efficacement encore les pores des secondes couches sans être arrêté; enfin il devient calorique radiant, c'est-à-dire incoercible par tous les corps diaphanes et mauvais conducteurs, lorsque sa vitesse et son expansion sont devenues extrêmes.

Toutes les fois donc qu'il se dégage une quantité quelconque de calorique de l'intérieur d'un corps, une portion est arrêtée autour d'eux à l'état de calorique de température, et une autre portion se change en calorique radiant. Il y aura d'autant plus de calorique de température retenu autour d'un corps, et d'autant moins de calorique passé à l'état dit radiant, que les pressions environnantes seront plus denses et moins conductrices; il y aura au contraire d'autant plus de calorique émis à l'état radiant, et moins de calorique retenu à l'état de température, que les pressions extérieures seront plus foibles. Si la pression extérieure, enfin, devenoit nulle, comme dans un vide parfait, tout le calorique dégagé des corps deviendroit calorique radiant, et nous n'aurions plus de température autour d'eux, d'où l'on pourroit conclure qu'un ther-

momètre bien diaphane , placé dans le vide parfait , autour d'un corps qui exhaleroit beaucoup de calorique , ne manifesteroit aucun degré de température ; vu que lorsque le calorique est passé à l'état radiant , il a acquis une somme de vitesse et de mouvement d'expansion assez grande pour que les corps diaphanes ne puissent plus l'arrêter : si le thermomètre étoit donc un thermomètre à air , il n'en seroit point affecté.

On s'est convaincu , par des expériences directes , que le calorique s'arrêtoit plus ou moins autour des corps en raison des pressions qu'il éprouvoit ; car en refoulant l'air atmosphérique autour de la mèche allumée d'une lampe , par une force compressive égale au poids de quatre atmosphères , au lieu de la seule ordinaire , il acquiert une telle densité que le calorique , dégagé par la combustion , et retenu autour de la lampe à l'état de calorique de température , fond bientôt celle-ci par son intensité ; mais en raréfiant au contraire l'air du double de ce qu'il est naturellement dans notre atmosphère , la température devenoit excessivement foible , quoique l'air fût du pur oxigène , et fît brûler la lampe avec beaucoup de précipitation. Saussure lui-même nous avoit déjà appris que sur la sommité des Alpes , l'eau s'échauffoit moins , et bouilloit au-dessous du 80° degré réaumurien , parce qu'il y avoit une

moindre somme de forces comprimantes au sommet des montagnes qu'à leur base, en raison des diminutions de la densité, et de la pression de l'air environnant, qui retenoit moins efficacement le calorique dégagé par la combustion.

Il est bon de se rappeler ici pourtant que, quoique le calorique, dans un vide complet, s'éloigne des corps avec plus de vitesse, que lorsqu'il trouve des résistances environnantes, ce qui est naturel, cela n'implique pas contradiction avec ce que nous avons établi ailleurs, savoir que le calorique suit toujours de préférence le chemin des corps conducteurs à celui du vide; cela nous apprend seulement que les corps bons conducteurs, quoiqu'ils attirent réellement le calorique, lui offrent cependant toujours des chemins plus ou moins tortueux dans la série de leurs pores, ce qui le retarde nécessairement dans sa course. Le vide au contraire ne présente à la dilatation et à la déperdition du calorique, aucune cause de retard.

On pourroit se demander, peut-être, comment le calorique, dont les molécules sont si déliées, ne peut passer tout-à-la-fois au travers de l'air à l'état de calorique radiant, dès qu'il est dégagé de l'intérieur des corps; et en second lieu comment il peut se faire encore que dès qu'une fois le calorique est passé à l'état radiant, il ne

soit plus susceptible de se fixer sensiblement en traversant les corps diaphanes, l'eau, l'air, le verre, etc., tandis qu'il avoit la propriété de s'unir, quoique avec lenteur, à ces mêmes corps, et de les dilater quand il étoit réduit à l'état de calorique de température, puisqu'il n'y a d'autre différence essentielle entre le calorique radiant et celui de température que leurs degrés plus ou moins avancés d'expansion et de force d'élasticité développée.

Je réponds, quant à la première objection, qu'elle est résolue par l'expérience même, qui montre que plus on augmente la densité des forces comprimantes des corps non conducteurs, plus il y a de calorique retenu autour des corps; et que le calorique s'échappe plus abondamment, en raison directe de la diminution de cette densité. L'air donc n'est point assez poreux, comme l'expérience le prouve, pour laisser passer au travers de ses pores et de ses interstices tout le calorique qui se dégage d'un corps, et lui permettre de devenir tout entièrement calorique radiant. Il paroît d'ailleurs, par l'exemple déjà cité du verre, que lorsque les surfaces des corps ne sont pas bonnes conductrices du calorique, leurs pores ne lui cèdent que très-difficilement passage malgré leur régularité.

Les molécules d'air et celles du calorique ont

très-peu d'affinité, d'adhésion entr'elles; c'est pourquoi l'air est mauvais conducteur du calorique. Quand même donc on supposeroit les molécules d'air avoir les surfaces les plus multipliées, sous la plus petite masse, en comparaison de tous les autres corps, ce qui paroît très-vraisemblable, il ne transmettra point de calorique par le contact des surfaces de proche, comme nous l'avons expliqué à l'article conducibilité; mais toutes les molécules de calorique qui viendront heurter les surfaces des molécules d'air, en seront repoussées au moins pour la plupart, et seront forcées de rétrograder sur le corps d'où elles étoient parties; ou si ces molécules de calorique ne heurtent pas la première ou la seconde lame d'air, elles pourront heurter les molécules de la troisième, quatrième, etc., ce qui les retiendra derechef; or, ces molécules d'air seront d'autant plus nombreuses dans un même espace donné, que l'air sera lui-même plus dense *et vice versa*; car le mot densité ne veut dire autre chose qu'un plus grand rapprochement des molécules d'un corps quelconque entr'elles, sous un même volume, comme raréfaction exprime le contraire.

Nous avons démontré, aux articles capacité, conducibilité et gasification, que plus les surfaces étoient nombreuses, plus les points de contacts offerts au calorique étoient multipliés; que

plus l'affinité d'adhésion étoit forte, plus ces points de contacts étoient promptement recouverts par le même calorique, et qu'enfin plus les corps étoient subdivisés depuis l'état solide jusqu'à celui de parfaite gasification, plus ils offroient de surfaces sous une même masse; on ne peut s'empêcher, après de telles considérations, d'admirer la sagesse et la prévoyance de la nature, qui a doué l'air d'une semblable inconducibilité, ou soit d'une si foible affinité d'adhésion pour le calorique, car, sans cela, la surface de la terre seroit bientôt épuisée de calorique qui monteroit promptement aux régions supérieures de couches en couches atmosphériques devenues bonnes conductrices, et nous ne pourrions en même temps cumuler, qu'avec des difficultés extrêmes, de très-petites températures autour des corps; peut-être n'aurions-nous jamais obtenu de fusions métalliques, les corps, mauvais conducteurs, dont nos fourneaux sont formés, devant presque tous cette propriété plus ou moins efficace aux lames d'air qu'ils retiennent interposées. La nature n'a rien fait en vain, tout est calculé dans les propriétés des êtres de l'univers.

Je réponds à la seconde objection, que les corps, pour s'unir entr'eux, exigent que leurs molécules puissent rester un certain espace de temps, en présence les unes des autres, afin que

leurs forces d'affinités aient le loisir d'opérer. C'est au temps peut-être (que la nature tient à sa disposition d'une manière illimitée et sans bornes), que nous devons un grand nombre de ses productions, dont la formation nous est absolument inconnue, et que nous ne saurions imiter, parce qu'elle permet aux corps de réagir les uns sur les autres pendant des siècles entiers; ce qui peut amener enfin des combinaisons aussi étranges et indestructibles qu'inimitables pour nous. En effet, le calcul même peut nous aider à prouver, qu'à force de temps, les principes constituans des corps peuvent singulièrement augmenter et leur énergie d'affinité, et les résultats qui dérivent de leur combinaison plus ou moins intime.

Car la force des affinités va toujours croissant, avons-nous dit ailleurs, en raison du quarré des distances. Si donc des corps, mis en présence les uns des autres, dans leur sphère d'activité, commencent à s'entr'attirer comme deux seulement au premier moment, ce qui ne leur donnera encore qu'une force d'affinité, dont les résultats seront imparfaits; ces composés seront facilement détruits et peu caractérisés. Mais si ces corps sont maintenus ainsi rapprochés, ils continueront à s'attirer, et par-là à se rapprocher davantage. Je suppose qu'ils s'attirent comme vingt, mais qu'ils soient attirés d'autre part, par des forces divel-

lentes quelconques, comme dix-neuf et demi, ils n'auront, dans ce cas, pour continuer à se rapprocher, qu'un demi-degré de force réelle; ses effets seront insensibles en apparence; mais, enfin, ce demi-degré opérera incessamment, et produira un rapprochement quelconque; peut-être ce demi-degré d'attraction, pour opérer le rapprochement d'un centième de ligne, mettra un demi-siècle: mais qu'importe, il y parviendra au bout de ce temps. Si, après ce terme, les affinités divellentes venoient à croître par des raisons quelconques, et de dix-neuf et demi se portoit à dix-neuf et huit dixièmes, la force supérieure première d'un demi-degré d'attraction n'agiroit plus, pour opérer le rapprochement des molécules que comme deux dixièmes, petitesse vraiment extrême; mais, enfin, ces deux dixièmes agiroient sans cesse, et, au bout d'un siècle et demi, pourroient avoir opéré un rapprochement d'un autre centième de ligne; si l'on supposoit, enfin, des rapprochemens opérés jusqu'à huit centièmes de ligne par un vingtième de degré d'affinité au bout de trois siècles ou plus, on auroit déjà un rapprochement de huit centièmes de ligne. Si par hypothèse le rapprochement d'un centième de ligne augmentoit de deux degrés la force de combinaison des corps rapprochés, le rapprochement de ces huit centièmes l'augmenteroit de

cent vingt-huit degrés, somme énorme d'augmentation d'affinité, comme on voit, produite par le temps seul, qui permet à des forces infiniment petites, mais qui sont néanmoins forces réelles, et positivement supérieures aux autres opposées, d'accumuler successivement, quoique avec une lenteur pour nous inappréciable, des avantages dont la somme donnera, avec le temps, les résultats les plus surprenans. Nous avons, dans les courtes mesures de temps, à notre disposition, des exemples sensibles de lenteur dans les compositions et décompositions. Souvent des sels mêlés ensemble, qui doivent échanger leurs bases et leurs dissolvans, par la force des affinités divellentes supérieures, de très-peu de chose aux quiescentes, exigent plusieurs mois, des années même pour arriver à cette décomposition: telle est, par exemple, la décomposition du sulfate de fer par le muriate de soude à froid, et par voie humide; telle est encore la décomposition du sulfate de chaux par le carbonate de magnésie, etc.

Peut-être pourroit-on soupçonner, sans invraisemblance, que le diamant, qui paroît n'être que le carbone pur, exige un repos infiniment long pour se cristalliser, à raison de ce que les molécules de carbone pur, et non à l'état d'oxide, ne peuvent s'attirer que progressivement avec une lenteur incalculable, devant résister aux forces divel-

lentes de l'oxygène, et de mille autres corps; et comme on ne le trouve ordinairement que dans des gangues ocreuses, je ne serai pas éloigné de soupçonner que c'est le charbon pur, contenu peut-être dans le fer, qui, favorisé par des circonstances qu'on ne sauroit trop définir et préciser, abandonnera son oxygène au métal (car le diamant est du carbone non oxidé, d'après les dernières et brillantes expériences des savans chimistes de Paris); le fer pourra ensuite, peu à peu, se détacher du carbone pur, et ce dernier avoisinera insensiblement ses propres molécules, mais avec des degrés d'affinité d'agrégation, infiniment petits; sa cristallisation exigera donc peut-être, pour arriver au terme de sa parfaite dureté, des milliers de siècles.

Mais revenons au calorique radiant, afin d'unir les deux extrêmes de vitesse et de lenteur? Le calorique radiant, à mesure qu'il prend son expansion, obéissant à son élasticité naturelle, acquiert progressivement une augmentation de vélocité, donc plus il sera dilaté, plus il s'élancera rapidement dans l'espace, et moins il sera susceptible d'être fixé par affinité sur les corps qu'il rencontrera sur son passage, et sa vitesse pourroit aller même au point que les corps les plus affinés pour lui ne pourroient que très-difficilement l'arrêter, et cela seulement, en lui op-

posant la tortuosité de leurs pores qui pourront retarder enfin assez son mouvement pour rendre l'effet des affinités sensible par un séjour suffisant sur les surfaces de ces mêmes pores, d'où l'on peut conclure que plus le calorique radiant aura acquis d'expansion, moins il pourra facilement s'arrêter pour s'unir au corps.

Donc le calorique radiant, dira-t-on, s'élançera d'une manière indéfinie dans les espaces, et ne s'arrêtera jamais, puisque plus il a reçu d'expansion, plus sa vitesse est grande. Ces conséquences sont erronnées. D'abord il faut convenir que les molécules de calorique ont une masse, quelque petite qu'on la suppose; cette masse est pesante, quoique d'une pesanteur inappréciable, car tout ce qui est matière a pesanteur; si donc une molécule de calorique radiant avoit, en sortant d'un corps quelconque, une vitesse comme *un*, au premier moment qu'elle parcourt un espace quelconque déterminé, cette vitesse, au second temps où elle aura parcouru un autre espace égal, sera double de la première, moins quelque chose; car la somme de vitesse particulière, appartenante à chaque temps égal et successif, va progressivement diminuant; au troisième moment, cette force expansive diminuera encore, mais la molécule conservera toute la vitesse du premier, du deuxième, plus celle acquise par le

troisième, quoiqué moindre que celle acquise par le premier et par le second. Cette molécule aura donc la somme de trois vîteses au troisième moment, de quatre au quatrième, et ainsi de suite. Mais nous avons dit que cette vîtesse particulière, à chaque moment, ira diminuant, jusqu'à ce qu'enfin la force d'élasticité soit épuisée par toute l'expansion que peut prendre le calorique : qu'arrivera-t-il alors ? la molécule ne recevra plus rien ; mais si elle étoit dans le vide, elle voleroit éternellement avec la somme de vîtesse qu'elle avoit au dernier moment ; à ce dernier moment, la pesanteur de la molécule continue toujours à la faire tendre vers son centre, et diminue en conséquence de son mouvement de vîtesse ; celui-ci, à mesure qu'il se perd, n'est jamais réparé ; la pesanteur agit incessamment, et agit en raison du quarré des distances : donc la gravité spécifique de la molécule de feu lui fera perdre de son mouvement d'une manière très-accelérée. Elle pourroit peut-être la ramener à son centre (la terre) en un temps indéterminé. Mais, quoi qu'il en soit de cette hypothèse de retour vers la terre, il est toujours vrai que le calorique radiant, sans être retenu efficacement dans les espaces, par les corps qu'il y rencontre, doit les heurter de temps à autres, et par son élasticité, en être repoussé à-peu-près selon l'an-

gle d'incidence : ce choc ralentira nécessairement sa vitesse ; enfin les molécules de lumière pourront bien le renvoyer, le refouler, ou même le prendre avec elles en état de combinaison.

Le calorique radiant est réellement susceptible d'être réfléchi par les corps très-lisses et opaques, et son angle de réflexion semble être à-peu-près égal à son angle d'incidence ; car lorsqu'on place un charbon bien éclairé près du foyer d'un bon miroir à réflexion, que d'un autre côté on met un corps opaque très-inflammable au centre où devoient se réunir les rayons de calorique radiant réfléchi, ce corps s'élève en température, et finit par brûler. Ce qui prouve que les rayons du calorique radiant avoient été réfléchis sur lui, qu'il les avoit retenus en les obligeant à perdre leur vitesse par les chocs et les détours qu'ils avoient éprouvés sur les surfaces de l'intérieur de ses pores, et qu'à force d'en avoir arrêté, il avoit pu augmenter en température au point de s'allumer. Ce qu'il est important de noter dans l'expérience du charbon opposé au miroir de réflexion, c'est que les couches d'air interposées entre le miroir et le corps qui s'est enflammé par l'effet du calorique radiant réfléchi, ont été traversées par ces rayons de calorique radiant sans être le moins du monde élevées en température, car elles n'ont pas été sensiblement dilatées,

ce qui prouve que le calorique radiant a passé avec trop de vitesse à côté des molécules d'air (avec lesquelles, d'ailleurs, il a peu d'affinité), pour s'unir à elles, et faire augmenter leur volume.

Je ne saurois dire s'il seroit possible que le mouvement qui est propre aux molécules du calorique radiant, qui s'élançe de toute part avec une vélocité incalculable, dût être compté parmi une des causes de l'ascension de certains corps en état de sublimation, à-peu-près dans le vide, tels que les fleurs de zinc, de soufre, les oxides d'arsenic, &c. qui, par leur propre poids, et sans un mouvement quelconque communiqué à leurs molécules intégrantes, ne sembleroient que très-difficilement pouvoir s'élever malgré les enveloppes doubles et triples de calorique qu'on pourroit leur assigner pour augmenter leur légéreté spécifique relativement à leur masse. Mais osera-t-on avancer la première hypothèse quand on réfléchira que le calorique libre est pour nous aussi impondérable que la lumière, que nous n'en connoissons pas mieux la densité, puisque nous pouvons également condenser celle-ci d'une manière étonnante sans qu'elle nous donne une masse sensible; et que la célérité de sa marche pour venir du soleil jusqu'à nous, surpasse presque la capacité de l'imagination, sans que néanmoins, malgré l'impétuosité incalculable

avec laquelle elle tombe sur la terre, elle fasse bouger l'atome le plus léger : et les mathématiciens sont même d'accord que sa masse étant inappréciable, les effets en doivent paroître nuls.

Mais j'abandonne de pareilles questions, et me bornerai à conclure que tout l'espace est rempli de calorique radiant ; que tous les corps, quelque basse que soit leur température (dès qu'ils en ont une) lancent du calorique radiant, et que nous, et tous les êtres au milieu desquels nous vivons, sommes plongés dans un bain perpétuel de calorique radiant que nous émettons et recevons incessamment. Ce calorique radiant conserve plus ou moins de densité dans les espaces qu'il parcourt, en raison de la température plus ou moins élevée des corps qu'il traverse. Car s'il arrive qu'un corps en état de combustion actuelle lance beaucoup de calorique radiant, et qu'à une certaine distance de ce corps il y ait un autre corps très-bas en température; le calorique radiant du premier corps qui sera lancé sur le second, s'arrêtera, et traversant les pores de celui-ci, satisfera avec une latitude plus ou moins étendue sa capacité pour le calorique, et lui donnera une augmentation de température par les mêmes causes et par les mêmes loix que nous avons détaillées en parlant du charbon ardent, qui, par réflexion, faisoit brûler un autre corps

corps placé exprès au foyer des rayons d'un miroir réfléchif.

Ce calorique radiant est une espèce de calorique en expectative , qui court dans l'espace jusqu'à ce qu'il trouve des corps qui par leur opacité et la tortuosité de leurs pores, retardent son cours rapide , lui fassent faire mille détours qui rompent enfin sa vîtesse , et lui donnent une lenteur de mouvement suffisante à pouvoir être retenu sur leurs surfaces par affinité d'adhésion , et augmenter ainsi à-la-fois et leur capacité et leur température. Si cependant les corps opaques et poreux sur lesquels arrive le calorique radiant , en lancent déjà autour d'eux des rayons aussi denses et nombreux que ceux qu'ils reçoivent , on sent qu'alors ces corps ne seront pas du tout échauffés par le calorique radiant étranger à leur masse ; car puisqu'ils en renvoient déjà une quantité semblable, c'est une preuve qu'ils ne sauroient en recevoir dans un état d'égale densité. Mais , s'ils en lançoient moins qu'il ne leur en arrive , ils pourroient en recevoir une portion proportionnelle à la moindre quantité qu'ils en exhalent. Si enfin ils en exhaloient davantage , ils n'en recevraient point en combinaison avec eux , mais , ou le calorique qui en partiroit repousseroit celui arrivant , ou ils le laisseroient passer au travers de leurs pores à raison de sa vîtesse , sans cher-

cher à le retenir par affinité d'adhésion, puisqu'ils en ont déjà trop de comprimé sur eux-mêmes, ce qui les oblige à en exprimer une si grande quantité au-dehors.

Comme les corps diaphanes sont ceux précisément dont les pores sont plus réguliers; il ne faut pas s'étonner si le calorique radiant traverse plus aisément leurs interstices que ceux des corps opaques, et ne s'arrête point sur leurs surfaces par affinité, sa vitesse lui permettant un séjour trop court pour donner lieu à cette puissance d'agir. Tandis que les mêmes corps diaphanes, l'air, l'eau, le verre prendront du calorique par capacité, et s'échaufferont s'ils sont plongés dans une atmosphère de calorique de température plus ou moins dense et tranquille, parce qu'alors le fluide igné n'ayant que peu de mouvement expansif, puisqu'il est refoulé sur lui-même, touche assez long-temps la surface des pores de ces corps, pour laisser, par son séjour, le temps à ses propres molécules de recevoir l'action de l'affinité d'adhésion; et ici, comme dans tous les autres cas, plus la pression sera grande, c'est-à-dire plus la température sera dense, plus vite ces corps s'échaufferont et se dilateront, à raison de ce que les rapprochemens des molécules de calorique, sur les surfaces, seront augmentés par la pression majeure, et la combinaison du calorique en sera

accélérée en conséquence, à raison du carré des distances.

Pour me résumer, en un mot, sur cet article important, je dirai que les molécules de calorique ne s'arrêtent sur la surface des corps qu'en raison de la pression et de l'attraction; mais si cette dernière est nulle, la pression pourra bien refouler, repousser les molécules de calorique, sur les surfaces des corps, mais ne les y fixera pas par attraction; or comme un corps ne peut avoir de température qu'autant qu'il exprime au-dehors un certain nombre de molécules de calorique, qui sont retenues autour de lui par les pressions environnantes, et que d'ailleurs, un corps ne peut être dilaté qu'autant que par les deux forces réunies, attraction et pression, il peut se revêtir à la surface de ses interstices, d'une certaine quantité de calorique (ce qui augmente son volume et écarte ses molécules en leur faisant diminuer leurs points de contacts): il s'ensuit que si le calorique radiant, par sa vélocité, ne reste point assez long-temps en présence des molécules de l'air, ou de tout autre corps diaphane, pour y être arrêté à leurs surfaces, il ne peut ni les échauffer, ni faire augmenter leur volume; il les traverse, en un mot, comme un corps passif non échauffant; et s'il passoit de même au travers des molécules intégrantes de nos organes, sans adhérer

et glisser sur leurs surfaces, nous ne saurions point ce que c'est que chaleur, car c'est le contact immédiat du calorique et son mouvement de surfaces en surfaces sur nos fibres sensibles qui nous donnent cette sensation; de-là vient que, lorsqu'on applique un morceau de glace sur une partie du corps, saine et bien sensible, on éprouve une sensation entièrement semblable à celle dite brûlure. On n'a pas tort, l'expression de brûler avec la glace est absolument juste, car c'est le calorique de l'intérieur qui, par son écoulement abondant et précipité du dedans au-dehors, pour passer dans la glace où il est moins cumulé et moins pressé que dans le corps, donne aux fibres sensibles, sur lesquelles il passe, le sentiment de la chaleur. Comme il passe très-vîte à raison de la différence d'équilibre très-éloigné entre la température du corps et celle de la glace, sa vîtesse et sa quantité produisent le sentiment de véritable chaleur; car peu importe que le calorique passe de dedans en dehors, ou de dehors en dedans, pour affecter la sensibilité de la fibre animale par son contact et son mouvement sur elle. Ce qui me fait croire que nous n'avons jamais que des sensations relatives de froid et de chaud; en effet si nous sentons très-froid, et que dans une atmosphère très-basse, mais supérieure de beaucoup encore à celle de notre corps, nous recevions du calorique de

dehors en dedans , nous sentirons chaud pour le moment du passage , mais aussi-tôt l'équilibre rétabli, nous sentirons froid, si la température reste encore au-dessous du 32° degré réaumurien ; car y ayant équilibre entre les colonnes de dedans et celles de dehors , elles se repoussent mutuellement par des forces égales , et alors plus de passage , plus de mouvement de calorique , sur la fibre sensible ; donc plus de sensation de chaleur. Mais comme la sensation consiste aussi en partie dans l'habitude des nerfs, si nous faisons passer du calorique de dedans en dehors, lorsque notre température est au-dessus du 32° degré réaumurien, nous disons que nous éprouvons la sensation de froid ; ce n'est pas positivement la sensation froid que nous éprouvons, mais la diminution seulement de la sensation chaud ; car à mesure que le corps se dépouille de calorique , il en passe une moindre quantité sur la même étendue de ses surfaces , et alors nous accusons une moindre sensation de chaud, que nous nommons froid relatif, qui n'en est pas moins toujours une vraie sensation désagréable de chaleur, pourvu que nous restions au-dessus de la quantité qui doit passer sur nos fibres au 32° degré réaumurien , quoique notre imagination , en la comparant avec l'intensité de la précédente , se la représente froide ; dans ce cas elle juge de ce soulagement par comparaison

relative. Comme encore si éprouvant une température très-près de zéro, nous nous plaçons dans une autre un peu plus élevée, nous trouvons et nommons cette dernière chaude, mais ce n'est pas chaud que nous sentons, ce n'est qu'un soulagement à notre froid, et nous en souffrons effectivement encore, quoique notre imagination comparant à cet état, sa situation antécédente prononce que nous sentons chaud momentanément. Nous pourrions donc horriblement souffrir par la chaleur dans une atmosphère au-dessous de zéro, si notre sensibilité étoit quintuple ou sextuple, de ce qu'elle est pour le stimulus, nommé calorique, comme nous pourrions énormément souffrir à cause du froid, dans la température d'un four très-chaud, si notre sensibilité pour le même stimulus fluide igné, étoit du quintuple ou sextuple moindre de ce que la nature nous l'a donné. Les poissons, les vers, et une infinité d'animaux de toutes classes, ayant une excessive sensibilité pour le stimulus calorique, ne souffrent point par le froid dans une température très-basse où nous ne pourrions résister long temps. C'est cette différence de sensibilité pour le calorique qui fait que les animaux des pays froids périssent par un excès de chaleur sous les zones torrides, ou les tempérées les plus proches des tropiques; comme par l'inverse

de la même cause les animaux de ces zones meurent de froid vers celles plus près des pôles ; c'est par cette raison encore que les hommes du nord ont très-chaud dans nos climats tempérés, et nous très-froid dans leurs atmosphères boréales : mais c'est assez d'applications.

Je répéterai donc que si le calorique radiant est poussé sur la surface des corps poreux, et y arrive en majeure quantité que celui qui en sort, il s'y arrêtera, pourvu que ce corps soit de nature à l'attirer et à offrir assez de tortuosités pour diminuer les forces et les effets de sa vélocité ; mais que si ce calorique arrive en moindre quantité, il est alors repoussé par celui sortant du corps, suivant ce que nous avons déjà développé ailleurs en parlant des causes d'équilibre de température ; s'il y arrive, enfin, en égale quantité, alors ils ne feront que s'échanger ou se repousser avec des forces égales, ce qui produira un effet nul ; s'ils ne se repoussent pas, mais se croisent simplement dans leur passage, le calorique radiant passera au travers des pores du corps sans s'y arrêter en nulle manière. Car pourquoi s'arrêteroit-il sur les surfaces des pores d'un corps qui en renvoie déjà une autre quantité égale qu'elles ne peuvent retenir. Il passera, dans cette hypothèse, au travers du calibre de ces pores comme au travers d'un filtre ; c'est d'après cette idée que j'ai dit que nous étions

plongés dans une atmosphère de calorique radiant qui nous pouvoit , quelquefois , traverser de part en part , comme autant de cribles , sans nous donner signe de son passage rapide ; comme il traverse également tous les corps sans s'y arrêter , s'ils rejettent déjà une égale quantité de calorique radiant , ou mieux encore une plus grande ; ces dernières façons de rendre raison des phénomènes du calorique , mettent dans son plein jour ma façon de voir , et d'interpréter l'action des corps sur le calorique , et de celui-ci sur les premiers.

C'est encore en bien appréciant l'état du calorique radiant et ses propriétés , je veux dire sa vélocité , sa densité plus ou moins grande , et considérant d'un autre côté les causes qui peuvent , malgré sa course véloce et précipitée , le forcer à s'arrêter dans les corps opaques , et leur donner ensuite une température plus ou moins élevée (tandis qu'il pourra traverser sans arrêt les corps diaphanes dont les pores sont assez réguliers) ; qu'on expliquera aisément pourquoi le fond d'une rivière très-limpide peut être plus chaud que l'eau même qui y coule dessus , et au travers de laquelle est passé le calorique qui est allé échauffer ce fond. Et pourquoi un corps très-lisse (quoiqu'opaque , exposé au soleil) s'échauffera moins qu'un autre corps raboteux de même dimension et de même nature. Dans ce dernier

cas, le premier corps réfléchit beaucoup plus de rayons de calorique radiant que le second, dont la surface offre des aspérités plus nombreuses et fournies de pores tortueux plus ouverts; au lieu que dans le premier cas, les rayons de lumière qui entraînent avec eux une quantité de calorique, passent au travers de la glace ou de l'eau sans y être arrêtés ni décomposés. Mais arrivés au fond opaque de la rivière, les rayons tentent de passer outre, ils trouvent mille tortuosités qui les renvoient dans l'intérieur des pores sur mille et mille points répétés, avant de pouvoir pénétrer plus avant, c'est autant de pris sur la vitesse des rayons de lumière, qui doit, selon les loix de la saine physique dynamique, en être proportionnellement retardée; d'où il résulte que le calorique est assez long-temps en présence des molécules des corps pour en être efficacement attiré par affinité d'élection; il s'y fixe, abandonne la lumière, qui, selon des circonstances que nous ne saurions encore justement déterminer, est, ou n'est pas sensible à notre rétine, quoique rendue à son état de pleine liberté, sans se fixer peut-être aucunement sur les corps: car nous ignorons quelles sont les modifications que doit éprouver la substance lumière, quelle combinaison de ses sept différentes bases colorantes entr'elles, ou avec le calorique et l'électricité

elle doit avoir pour être sensible à notre rétine ? ce qui n'a rien à faire avec l'histoire immédiate du calorique. Dans le cas où le corps est opaque, mais très-lisse, les rayons de lumières, comme ceux du calorique radiant, sont en grande partie réfléchis, comme nous l'a prouvé l'exemple des charbons incandescens mis en opposition au miroir réfléchif.

On pourra, d'après les mêmes principes, se rendre raison de l'élévation de température que peut acquérir le mur d'une maison placée dans une ombre très-froide, mais qui a en opposition un autre mur ou un roc vivement battu par les rayons solaires, supposant même qu'un courant d'air très-froid circulât perpétuellement entre cette maison placée à l'ombre et la surface dont elle reçoit la réverbération. C'est que le calorique radiant qui part de la surface échauffée réverbérante, traverse sans s'arrêter la couche d'air intermédiaire très-froide, arrive sur le mur de la maison, et tend également à le traverser promptement d'outre en outre pour aller indéfiniment plus loin. Mais le voilà égaré dans les pores du mur placé à l'ombre ; y subissant le retard et les attractions énoncées, il y reste enfin enchaîné, et en élève la température malgré l'ombre et le courant d'air froid interposé. Ici ce ne sont pas (au moins pour la plus grande partie de l'échauffement

produit) les rayons de lumières, qui, par leur précipitation de calorique occasionnent le phénomène; mais il est principalement dû au calorique radiant, qui devient calorique de température; parce que dès qu'il est entré dans les pores du mur, il exige un certain temps déterminé pour vaincre les obstacles des tortuosités et des attractions plus ou moins énergiques; celui qui arrive après celui-ci, est donc obligé d'attendre pour entrer; mais comme il est arrêté par la surface du mur qui ne peut le réfléchir qu'en petite portion, attendu qu'elle n'est pas lisse, il y reste accumulé tout autour par la pression atmosphérique, et forme une atmosphère de température, et ce, sur-tout, d'autant plus efficacement, que le calorique radiant qui ne cesse d'arriver, refoule sur lui-même le précédent, qui n'a pas encore pu pénétrer en totalité. Il n'y a donc d'autre équilibre de température dans la nature, que celui d'équilibre entre les forces des colonnes de calorique qui partent d'autour d'un corps et celles qui y arrivent; tant que le nombre et la vitesse de celles qui arrivent surpasseront le nombre et les efforts de celles qui partent, celles-ci resteront là, et seront encore augmentées en nombre par celles arrivantes. La température augmentera dans ce cas. Dès que le contraire aura lieu, il y aura abaissement de température. Dès

que les forces enfin seront égales, il y aura équilibre; et dans ce dernier cas il ne sortira plus des corps opposés aucune molécule de calorique.

Dans un grand incendie, à la distance de plusieurs toises, on ne peut supporter la température qui en vient, quoique l'air interposé soit très-froid; on a même observé que de l'eau très-pure et très-claire mise en expérience dans un vaisseau de verre très-diaphane et très-mince, ne s'échauffoit point placée entre le foyer de l'incendie et des corps plus éloignés environnans; qu'elle pouvoit même se glacer par un courant d'air froid, tandis que les personnes et les corps très-brutes et opaques, placés à une distance beaucoup plus grande qu'elle, étoient pénétrés d'une température très-forte, souvent dangereuse. Dans ce cas, les corps opaques arrêtoient le calorique radiant, dont les faisceaux étoient d'autant plus denses que le foyer étoit plus élevé en température; ces faisceaux par leur vitesse, leur moindre expansion passaient au travers du corps diaphane sans y être arrêtés ni par l'affinité d'adhésion, ni par la tortuosité des pores, ni par un autre calorique sortant de ce corps, tandis que le contraire arrivoit dans les corps opaques. Si pourtant le calorique radiant fût sorti aussi abondamment des corps opaques que celui qui y arrivoit, il y auroit eu équilibre entre l'ar-

rivant et le partant. Ce calorique radiant lancé sur eux n'auroit fait que les maintenir dans une même température, c'est-à-dire, les empêcher de se refroidir sans les échauffer davantage. Car, comme les corps ne se refroidissent qu'autant que leur calorique de température est absorbé par d'autres corps, ou bien est changé en calorique radiant; ces corps n'auroient pu se refroidir, leur calorique radiant et de température étant toujours repoussé sur eux-mêmes.

Je terminerai cet article par rappeler que plus le calorique de température est comprimé autour d'un corps, plus son ressort d'élasticité est diminué dans ses effets, mais non pas dans ses efforts; car ceux-ci croissent en raison directe des forces comprimantes; il y aura donc, dans un même espace donné plus de calorique de température, sous une plus grande pression; mais il y aura aussi plus de calorique radiant lancé dans le même temps autour de ce corps. Car l'émanation de celui-ci est proportionnelle également pour sa vélocité et sa densité aux forces qui le chassent, c'est-à-dire, à l'état de compression de la température d'où il part. Je sais bien qu'il se présente de suite une objection à l'esprit. Si le calorique radiant est celui qui part sans être arrêté par nul obstacle, pourquoi, quand la température du corps est foible, le calorique ne s'ex-

hale-t-il pas tout en calorique radiant, ou au moins ne s'exhale-t-il pas en aussi grande quantité dans toutes les températures quelconques, puisque les obstacles ne croissent ni ne diminuent point autour du corps qui brûle en plein air? car ces obstacles ne sont toujours que la densité de l'air et son poids. Or le calorique radiant n'a pas plus de pores à sa disposition, ni d'un plus grand calibre quand la température d'un corps est très-élevée, que quand elle est très-basse, si l'atmosphère ne varie point en densité ni en poids, donc il devrait passer toujours en égale quantité dans toutes les températures; je réponds que cela ne doit et ne peut être selon les loix connues de physique: et d'abord, plus un corps a de vitesse, plus, dans le même temps, il passe dans un même chemin donné, une grande quantité de ce corps. Ce qui nous fait voir d'abord qu'il y a plus de calorique radiant qui s'échappe dans la même mesure de temps sous une température très-dense, c'est parce que les efforts de dilatation ou soit d'élasticité des corps infiniment expansifs, croissent en raison directe des pressions.

Les densités et l'élasticité étant en raison des compressions, ils'ensuivra que le calorique radiant qui sera fourni par un corps très-élevé en température, en partira plus condensé que d'un corps d'où il sortira avec une élasticité peu contrariée dans son

immédiate expansion ; car il ne faut pas s'y tromper , à mesure que le calorique s'éloigne de son foyer , il acquiert une majeure expansion , il est donc d'autant moins dilaté qu'il est moins éloigné de ce foyer ; mais s'il sort et part de ce foyer avec 20 degrés d'élasticité expansive développée , au lieu d'en partir avec 40 , on voit qu'au bout de la même longueur de chemin parcourue , il n'aura pas acquis dans les deux cas une même dilatation , puisque celle-ci s'opère progressivement. Or moins il aura acquis de dilatation , ou soit d'élasticité développée , plus dans un même espace il pourra en passer à la fois. Le calorique radiant en effet qui part d'un corps dont la température est très-élevée , n'a pas pu prendre , comme on le sent , autant d'expansion , que lorsqu'il part et s'échappe d'une température basse où il est beaucoup moins comprimé. Donc il en partira plus d'un corps très-chaud que d'un corps plus froid dans un même temps donné , parce que ses rayons seront plus denses.

Il faut donc calculer , dans l'appréciation de la quantité de calorique émis par un corps élevé en température , la vitesse et la densité de ce calorique radiant. Toutes deux dépendront de la compression plus ou moins grande éprouvée au foyer dont il s'échappe , quoique les obstacles à son passage soient les mêmes.

Je m'abstiens de tous raisonnemens justificatifs

ultérieurs sur la manière physique et chimique dont j'ai envisagé les effets du calorique sur les corps , en le considérant lui-même comme matière , et compris dans la classe des substances soumises aux loix générales et particulières d'affinité, absolument comme les corps les plus marquans, acides et bases salifiables. Comme j'ai également évité toute application confutative des différentes théories proposées par différens physiciens , afin et de n'être pas inutilement prolix, et de ne pas m'ériger en censeur des opinions d'autrui, je laisse au lecteur versé dans la matière dont je traite, et capable du noble effort d'un scepticisme momentané sur toutes les opinions avancées jusqu'à présent , à décider au tribunal de son impartialité, jusqu'à quel point j'ai pu raisonner juste, d'après les faits et les connoissances modernes.

DEUXIÈME

DEUXIÈME ESSAI

SUR la cause de la production perpétuelle du calorique par le frottement des corps, et sur les conséquences qu'en a déduites M. le comte de Rumford, d'après ses propres expériences. (Voyez Journal de Phys. de Chim. et d'Hist. Nat. par Delametherie, messidor an 6, tome IV.)

LES expériences du célèbre comte de Rumford, nous ont rappelé utilement à la méditation d'un phénomène connu depuis long-temps, celui de la production du calorique libre et thermométrique par le frottement, et il présente leur résultat avec des détails si exacts, si piquans, si variés, revêtus d'une forme nouvelle si intéressante, qu'elles méritent bien de réveiller toute l'attention et la curiosité des observateurs zélés.

On savoit déjà en effet que l'essieu d'une roue pouvoit s'enflammer, et par le fait s'enflammoit quelquefois par un mouvement de rotation continu et excessivement véloce.

On savoit encore que l'axe de fer qui soutient les roues des grandes machines, telles que celles des moulins, enflammoit souvent l'appui de bois par lequel il étoit supporté, à la suite d'un frottement

très-accélééré, et long-temps soutenu, si l'on ne prévenoit l'ignition par un filet d'eau perpétuel.

On avoit observé pareillement qu'un fer long-temps battu avec une répétition de coups très-fréquens s'échauffoit jusqu'à l'incandescence.

Rumford, enfin, nous ramène vers la même observation, mais avec des circonstances particulières et mieux précisées. Il a fait tourner dans un cylindre cave de métal, un piston de même matière, plongeant perpendiculairement l'orifice dans l'eau, afin d'empêcher le renouvellement de l'air dans l'intérieur du calibre. Il a observé que la vélocité du mouvement *gira-*
toire du piston produisoit une extrication telle, de calorique libre, que bientôt le cylindre devenoit brûlant, et que s'il étoit entouré d'une caisse remplie d'eau froide, il portoit celle-ci en peu d'instans à l'ébullition. Cependant le métal du cylindre ou du piston n'avoit point été oxidé intérieurement, non plus que le peu de poudre corrodée qu'on obtenoit par la collision des points de contact; cette poussière n'avoit changé ni de capacité, ni de poids, ni de nature, ni de propriété aucune, comparée avec une égale quantité de poudre limée exprès sur le piston et sur le cylindre creux; enfin par la perpétuité du mouvement non interrompu, la quantité de calorique extriqué n'avoit jamais diminué, mais s'étoit

toujours accrue en proportion de la force et de la célérité du mouvement du piston.

Rumford, d'après ces données, semble vouloir mettre en problème l'existence comme corps du calorique, et demande s'il n'est pas plutôt une modification d'être de la matière, un mouvement particulier par exemple? car s'il est, dit-il, un corps *sui generis*, d'une existence physique, matérielle, d'où est-il tiré dans l'expérience précédente, puisqu'il est perpétuellement suppléé, toujours en même quantité? Il ne sauroit venir du calorique de capacité des métaux; cette capacité devoit successivement diminuer, s'épuiser enfin par la perpétuité du mouvement. Il n'est pas non plus le produit du changement de nature du corps; ce changement n'est en aucune manière sensible, puisqu'on a vu que la portion de métal corrodé n'avoit point changé de propriété; ce calorique libre n'est pas le résultat d'une combustion quelconque; il n'y a eu nul corps décomposé, nul corps brûlé ou oxidé. Quelle est donc la source inépuisable de ce calorique développé?...

Il faut la chercher, je crois, dans la capacité du cylindre et du piston, successivement épuisée et réparée à perpétuité, aux dépens du calorique de capacité des corps ambiants et du calorique radiant au milieu duquel sont éternel-

lement plongés tous les corps (1), et qui va remettant l'équilibre par-tout où il se trouve rompu.

Une analogie simple, prise dans les phénomènes familiers de la physique pourra donner peut-être quelque précision et quelque évidence à mon explication.

Dès qu'on fait tourner le disque d'une machine électrique, le frottement des surfaces des coussinets cumule sur celles du plateau de verre une certaine quantité d'électricité positive, libre et électrométrique ; ce fluide électrique qui étoit latent dans les coussinets, devient électrométrique par le frottement qui le force à sortir de sa combinaison avec eux ; mais les coussinets n'en restent point spoliés pour cela, ni plus appauvris de fluide électrique latent, car de suite les corps contigus suppléent à la déperdition faite, et de proche en proche cette transmission a lieu d'une manière insensible et avec une vitesse incalculable. Si l'on continuoit trente heures le frottement (les circonstances qui accompagnent l'expérience

(1) On se rappelle que la capacité des corps pour le calorique, n'est autre chose, selon moi, que la propriété de retenir des couches de molécules de calorique plus ou moins serrées, plus ou moins épaisses, adhérentes et comprimées sur la surface interne de leurs pores, et que le frottement peut enlever comme il enlèveroit des couches d'air, d'eau, &c.

ne variant point), l'extraction du fluide électrique, rendu électrométrique, continueroit un espace de temps égal, et le dernier instant, comme le premier, l'extraction seroit aussi abondante et également proportionnée à la force comme à la vélocité du mouvement, parce que toujours (quoique d'une manière pour nous insensible) tant que les corps contigus resteroient bons conducteurs, le fluide électrique affluant seroit transmis avec une abondance et une célérité proportionnelles à la déperdition du fluide électrique rendu sensible autour du disque.

Or, a-t-on jamais nié que le fluide électrique (dont on peut même mesurer l'épaisseur des atmosphères), fût un corps particulier parce que le disque des machines l'extrique perpétuellement des mêmes coussinets? A-t-on jamais nié qu'il y eût un remplacement perpétuel de fluide électrique effluant par celui affluant des corps contigus, quoique cette réparation successive fût insensible? On ne sait pas, à la vérité, la différence qui existe entre la modification du fluide électrique latent, ou soit de capacité, et celle du même fluide rendu électrométrique, mais il n'en est pas moins sûr que le fluide électrique, devenu sensible, a la propriété de ne pas rentrer de suite dans le corps d'où il sort et où il étoit latent; mais qu'il laisse prendre sa

place par de nouveau fluide électrique latent , qui , à son tour , sera encore rendu électrométrique et libre , si le frottement continue.

On peut raisonner absolument de même sur les phénomènes que nous offre le calorique produit par le frottement ; car à peine celui-ci dégage une portion de calorique de capacité des surfaces frottées , que cette portion est immédiatement remplacée , et par le calorique de capacité des corps voisins , et par celui radiant , qui est toujours présent autour et au-dedans des corps quelconques. Il y a donc une effluence de calorique et une affluence du même fluide , à la différence près néanmoins , que nous ne connoissons point d'électricité radiante universelle , perpétuellement existante , au lieu que nous avons des preuves irrévocables , marquées par de puissans effets de l'existence du calorique radiant universellement répandu.

On peut faire cesser , en conséquence , au moyen de corps isolateurs , l'affluence du fluide électrique sur les coussinets , et donner fin à son extrication produite par le frottement , ce qui n'arriveroit pas s'il y avait une électricité radiante , toujours prête à réparer le défaut des corps isolans. Au contraire le calorique , au moins le radiant , ne connoît aucun corps vraiment isolateur ; l'extrication donc n'en pourra jamais être sus-

pendue tant que continuera le frottement. La nature des corps frottans et frottés pourra seulement en faire varier la quantité.

Je vais tâcher de rendre aussi intelligible et raisonnée la cause d'extraction de calorique libre produit par le frottement, que les principes physiques et chimiques, sur lesquels je me suis appuyé jusqu'ici, peuvent m'en fournir de preuves et de modes d'explication.

Nous avons dit que les corps se revêtissent, à la surface intérieure de leurs pores, de couches plus ou moins serrées et épaisses de calorique, tant par la cause d'affinité d'adhésion que par celle de pression extérieure quelconque. Ces couches peuvent encore être diminuées ou totalement emportées par une forte pression. Que deviendra le calorique qui les formoit ? Il passera autour de la surface dont il aura été chassé, à l'état de liberté et de calorique de température ; mais dès que le frottement aura abandonné ce peu de surface dont il a chassé le calorique, les couches voisines et contigues viendront fournir à la surface spoliée par le frottement, une couche de calorique aux dépens du leur, et dans tous les points où le frottement aura lieu, la même chose arrivera. Les couches voisines qui auront fourni une portion de leur calorique de capacité en redemanderont à leurs voisines, et celles-ci

aux leurs, et ainsi de proche en proche. Cette réparation de calorique se fera même avec une vitesse incalculable ; cependant on peut s'en former une idée sensible et assez exacte en couvrant de mercure le fond d'une assiette plate, à la hauteur de quelques lignes seulement : si avec la pointe du doigt fortement appuyé, on chasse de quelques points de la surface de l'assiette une portion de mercure, et qu'on précipite la marche du bout du doigt en lui faisant parcourir plusieurs points différens, on verra de suite que le mercure circonvoin viendra couvrir les endroits laissés anudés par la pression portée ailleurs ; ce remplacement échappera à l'œil par sa prestesse. Il en sera de même, si l'on suppose le fond de l'assiette couvert d'eau au lieu de mercure ; mais l'effet sera encore plus prompt à raison de la plus grande légéreté et de la plus grande affinité d'adhésion de l'eau. Si ce fond étoit couvert de fluide électrique, le remplacement se feroit avec une vitesse inappréciable aux dépens des couches voisines. Il en est ainsi pour le calorique, à la différence près qu'un frottement très-fort comprimant à-la-fois plusieurs couches des corps, chasse de l'intérieur de leurs pores une quantité de calorique qui devient libre et thermométrique ; la pression cessant, les pores se rouvrent et se dilatent nouvellement par leur

élasticité naturelle ; et de suite les couches de calorique fixé par capacité sur les parois des pores voisins placés immédiatement au-dessous d'eux, leur fournissent ce vernis de calorique, et reprennent à leurs voisines, de proche en proche, ce qu'elles ont perdu par cette fourniture. Mais ce calorique exprimé et devenu thermométrique autour des surfaces, en augmentera la température ; et plus il sera abondamment exprimé, plus haute elle deviendra ; or plus le frottement sera précipité, étendu, constant et profond dans les effets de sa compression, plus l'expression de calorique sera abondante et précipitée : si le frottement ne cesse jamais, l'extraction de calorique sera perpétuelle, et pourra s'augmenter d'une façon indéterminable. Ce qui répond précisément et exactement en tous points aux phénomènes que nous présentent les expériences du célèbre Rumford. Quant à moi, c'est de cette même manière que je m'explique, l'inépuisable dégagement du fluide électrique produit par le frottement du disque vitreux sur les coussinets ; et quand il y a interruption très-courte de continuité entre les corps qui doivent servir de conducteurs à l'électricité, et qu'on voit une étincelle passer entre ce défaut de continuité et venir porter aux coussinets du fluide électrique, je dis que c'est ici l'électricité de

remplacement qui, de proche en proche, se supplée, tandis que le fluide électrique enlevé par frottement reste libre autour du disque.

On connoît l'analogie qu'ont entr'eux, sous un grand nombre de rapports, le fluide électrique et le calorique, ils sont même si nombreux et ressemblans, que plusieurs physiciens les ont regardés comme les modifications d'une même substance. On en découvre ici une autre frappante, dans leur facilité de passer l'un et l'autre de l'état de capacité à l'état sensible par le frottement; et comme ils diffèrent aussi, essentiellement par d'autres propriétés, on les voit ici différer également quant à la propriété de pouvoir être plus ou moins isolés.

Comment le calorique et le fluide électrique de latens deviennent-ils sensibles et mesurables? Quelle nouvelle modification reçoivent-ils l'un et l'autre dans ce passage? Pourquoi ne rentrent-ils pas aussi-tôt qu'ils sont extriqués? Ces deux fluides sont-ils combinés différemment entr'eux à l'état latent qu'à l'état sensible? L'un enfin devient-il le moteur, le modificateur, l'extricateur de l'autre?..... Voilà des questions dont la solution dépend *à priori* de la connoissance intime de la nature des deux fluides, de leur affinité et degré de force réactive entr'eux, de l'essence enfin et de la disposition intime des molécules intégrantes

des corps qui les contiennent ; connoissances qui ne sont que , jusques à un certain point , à la portée de la perception humaine , mais dont l'inexacte connoissance n'ôte rien à la réalité de l'existence des deux fluides , électricisme et calorique , et à la certitude de leurs propriétés et des loix connues qui les modifient , celles-ci restant toujours les mêmes dans les mêmes circonstances.

Que penseroit-on en effet du jugement d'un homme qui , ignorant la décomposition de l'eau , et voyant qu'en versant de l'acide muriatique sur de la limaille de fer , la vapeur qui s'en élèveroit seroit inflammable , et qui , après avoir nouvellement vu , et ce , par une alternative de cinquante ou plus de fois , revivifier le même métal , et ensuite à l'affusion d'une nouvelle quantité d'acide , donner éternellement et en même quantité du gas hydrogène , toutes circonstances égales , d'ailleurs , concluroit de cette perpétuité de production de gas hydrogène toujours fournie par le même fer et le même acide , concluroit , dis-je , que le gas hydrogène n'est qu'une modification de l'acide muriatique , et n'est point un corps particulier ? Sans doute il auroit grand tort d'inférer de suite la non-existence comme substance *sui generis* du gas hydrogène , parce qu'il en verroit la perpétuité de production sans en connoître le mode , re-

trouvant toujours le fer après chaque revivification de même poids, de même nature, sans avoir subi nul changement en plus ou en moins dans aucune de ses propriétés.

Le jugement qu'on porteroit sur l'existence problématique du calorique, parce qu'on ne saisiroit pas de suite, sous tous leurs rapports, les causes et le mode de sa perpétuelle reproduction par le frottement des corps, sans que ceux-ci changent de nature, seroit tout aussi hasardé. Mais ce que j'ai dit à l'égard du frottement qui chasse le calorique, éclaircira, je crois, le problème.

Gardons-nous cependant de ne point sentir, d'un autre côté, tout le mérite des expériences délicates de Rumford, et de ne pas les utiliser par d'heureuses applications à l'économie domestique, comme il nous en trace lui-même la route, et par d'utiles réflexions sur les phénomènes naturels et des arts qui pourroient en dépendre. Nous concevrons, par exemple, que le frottement produisant nécessairement du calorique libre, il n'y aura rien qui doive nous étonner dans la difficulté et la lenteur à se gélér que présentent les rivières d'un cours rapide à cause du frottement qu'elles éprouvent, malgré la grande évaporation que facilite leur contact perpétuellement renouvelé avec les courans d'air, ce qui

devoit singulièrement solliciter leur congélation, en aidant si puissamment leur réfrigération par l'évaporation; tandis que nous voyons les mêmes eaux stagnantes, quoique prêtant moins à l'évaporation, se glacer promptement à leur surface.

J'ai cependant eu lieu d'observer, en certaines circonstances, que les parois internes des aqueducs se recouroient de glaçons dans les hivers très-rigoureux, quoique le cours des eaux qu'ils renfermoient fût excessivement vélocé, tant à cause de la pente que du resserrement des canaux; on peut remarquer le même phénomène encore dans les cylindres qui conduisent l'eau sur les roues des moulins, ou autres machines hydrauliques, par un déclive et un resserrement très-considérables et ménagés exprès. L'intérieur de ces canaux présente quelquefois des espèces de géodes cylindriques de glaçons, dont la base est fixée sur les parois, tandis qu'ils se prolongent en pointe vers le centre. Ces phénomènes paroissent, de prime-abord, contredire la théorie que je viens d'énoncer sur la production du calorique par le frottement; mais la physique nous en donnera la raison, sans contrarier nos principes.

Plus les canaux sont étroits, plus les couches d'eau, appliquées concentriquement sur les surfaces internes de leurs parois, sont fortement

pressées ; mais plus cette pression est forte , moins souvent ces couches concentriques seront renouvelées ; l'eau , dont elles seront formées , pourra donc être regardée presque comme immobile , formant une enveloppe aqueuse autour de la colonne d'eau centrale ; celle-ci sera la seule dont le mouvement sera très-précipité. Une preuve que l'eau qui tapisse les parois intérieurement , a très-peu de mouvement , même dans une épaisseur assez considérable , c'est que si vous liez une feuille , ou tout autre corps très-léger , par un fil très-foible , et que vous l'attachiez aux parois des canaux , ce corps léger montrera effectivement une tendance à suivre le cours de l'eau , mais avec si peu d'efforts qu'il se balancera entre les surfaces des parois et les couches d'eau , retenu par le fil qu'il n'aura pas la force de rompre. Prenez le même corps , plongez-le au centre du courant de l'eau , il sera entraîné avec une précipitation égale à la vélocité de l'eau , et le fil , quoique très-fort , sera rompu. Cette expérience simple nous prouve donc que l'eau a très-peu de mouvement , tout près des parois des canaux qui la renferment ; le raisonnement encore démontre , ainsi que l'expérience , que plus l'eau sera comprimée sur elle-même contre les parois , moins ses couches auront de mouvement ; mais les lames d'eau qui touchent immédiatement

les parois étant presque immobiles, acquièrent nécessairement la température de celles-ci, qui est au-dessous de zéro ; elles devront donc se geler, et leur conversion en glace sera encore provoquée et accélérée par deux autres causes : 1°. celle de l'attraction des molécules de glace pour les surfaces des canaux, car les corps qui sont susceptibles de cristalliser, se cristallisent bien plus promptement par le contact des surfaces solides, que lorsque leurs molécules restent seules et isolées dans leur dissolvant liquide ; 2°. par celle de la pression qui rapproche, dans une sphère d'activité d'attraction plus efficace, les molécules de glace prêtes à se solidifier, mais que leur élasticité particulière repoussent assez pour les maintenir dans une espèce d'équilibre et de balancement entre la combinaison à l'état solide entr'elles par cristallisation, et l'état liquide par leur adhésion à leurs atmosphères ignées. La pression rompt cet équilibre, fait combiner les molécules à l'état solide par agrégation, et leur calorique d'atmosphère ignée s'échappe. Cependant comme le corps qui se cristallise conserve une capacité particulière pour le calorique, tout le calorique de l'eau liquide, qui se solidifie, ne passe pas tout à l'état thermométrique. La pression rompt quelquefois si efficacement ce balancement, cet équilibre des molécules aqueuses, entre l'affinité d'agrégation pour

leurs propres molécules intégrantes , et celle pour les molécules ignées qui les entourent et leur adhèrent , qu'on a vu de l'eau très-pure , dans un repos aussi parfait que possible , faire marquer au thermomètre (qu'on y avoit exprès plongé et laissé dedans en commençant l'expérience) , plusieurs degrés de température au-dessous de zéro sans se geler ; ce qui annonçoit que l'affinité d'agrégation des molécules d'eau , ne pouvoit efficacement vaincre leur affinité d'adhésion pour les molécules de calorique qui leur faisoient atmosphère. Mais le moindre mouvement faisant peser les unes contre les autres les molécules d'eau , et les pressant les unes vers les autres , rompoit cet équilibre , et chassoit les molécules de calorique , qui , de suite , faisoient monter le thermomètre de plusieurs degrés au-dessus de zéro , et l'eau se trouvoit solidifiée.

Cette explication me fournit l'occasion de concilier entr'elles les opinions très-opposées de deux célèbres naturalistes sur les dépositions calcaires des eaux (les citoyens *Delametherie* et *Alberto-Fortis* , connus tous deux par de très-beaux ouvrages). Le premier soutient que les eaux doivent , par le repos , laisser tomber à leur fond et concréter sur leurs parois les substances salines , calcaires , carbonates et sulfates qu'elles tiennent en dissolution presque en excès. Il appuie

sa théorie sur les phénomènes que présentent les eaux de Saint-Allyre, près de Clermont en Auvergne, qui, *étant extrêmement chargées de spath calcaire, le tiennent en dissolution, tant que leur cours n'est pas ralenti, et le déposent aussi-tôt qu'elles cessent d'être en mouvement.*

Le second prétend au contraire que plus le mouvement des eaux est précipité, plus facilement elles forment des dépôts par l'abandon de leurs sels calcaires peu solubles et autres analogues. Il étaye son assertion d'un nombre de faits curieux et placés hors de toute contestation; il cite entr'autres les eaux d'Abbano, dans le Padouan, qui, ayant la propriété de dissoudre du carbonate calcaire en abondance, ne le déposent pas très-sensiblement lorsque leur cours est paisible et très-peu incliné, mais qui forment de promptes et solides incrustations dès que leur pente augmente, et que leur canal vient à être rétréci. Il cite encore les eaux de la rivière du *Velino*, qui coule tout près de la ville de *Ferni*, en Italie, lesquelles ne fournissent des dépôts tartareux qu'aux endroits où leur lit est le plus resserré. Voilà des faits diamétralement opposés, et également positifs et avérés: tâchons de les lier à une même théorie.

Dans les exemples proposés par le célèbre na-

turaliste italien , l'eau se trouve très-comprimée entre ses parois , là où elle fait ses dépôts ; il y aura donc un rapprochement forcé des molécules intégrantes des sels , et on peut les considérer alors comme revêtues de couches plus ou moins épaisses d'eau , qui leur empêchent plus ou moins de s'entr'attirer en les écartant et en leur adhérant en même temps ; quoique d'un autre côté ces mêmes molécules d'eau s'entr'attirent également par affinité d'agrégation. Les forces de cette affinité qui tendent à réunir les molécules d'eau avec leurs semblables , et les salines avec elles-mêmes , sont de très-peu inférieures aux forces de combinaison qui les tiennent désagrégées. Ajoutez à ces premières forces , déjà très-puissantes et presque en équilibre avec les dernières , de nouvelles forces de rapprochement occasionnées par une forte pression , et vous aurez de suite la précipitation des molécules salines les plus surabondantes dans la dissolution. Le phénomène de l'eau qui se glace instantanément dans un verre , par le plus petit mouvement , est analogue à ce qui se passe ici ; mais on peut encore en fournir des exemples très-frappans , par le moyen des dissolutions salines , qui offrent de semblables résultats dans nos laboratoires.

Prenez du nitrate calcaire , faites-le évaporer très-lentement jusqu'à consistance de syrop ;

suspendez l'évaporation : la matière reste alors semi-liquide , et d'apparence visqueuse , ou gélatineuse : cet état n'est qu'un commencement de réunion par affinité d'agrégation très-peu avancé. Remuez le moins du monde avec un tuyau de verre ce mélange , de suite il prend une consistance très-solide en se cristallisant ; c'est-à-dire que le mouvement a procuré assez de compression aux molécules salines les unes vers les autres pour rompre l'équilibre qui existoit entre l'affinité de composition pour leurs dissolvans, eau et calorique , et entre celle d'agrégation pour leur propres molécules homogènes : aussi s'échappet-il beaucoup de calorique , comme l'annonce le thermomètre.

Mais dans les exemples du citoyen Fortis, les dépôts ont lieu par plusieurs causes concourantes. Par celle du mouvement retardé des couches d'eau sur les surfaces des parois des canaux rétrécis ; par celle d'attraction des molécules des sels dissous en excès dans les eaux , pour ces surfaces solides ; et enfin , par une troisième cause la plus déterminante , celle de la force additionnelle de pression , qui oblige au rapprochement les molécules homogènes de la dissolution , et fait augmenter leur affinité d'agrégation en raison inverse du quarré des distances diminuées.

Dans les cas cités par le physicien français, il n'y a

pas de rétrécissement dans le canal des eaux, donc il n'y a pas augmentation de compression les unes sur les autres des molécules intégrantes des dissolutions salines; or il est bien sûr que, toutes choses égales, les affinités d'agrégation auront plus d'effet, là, où les molécules à réunir seront plus longtemps en présence les unes des autres: elles pourront alors exercer leurs forces d'attraction pendant des espaces de temps plus longs, qui leur permettront d'accumuler plus de degrés d'attraction, outre que le mouvement que peut avoir chaque molécule intégrante dans un cours rapide, forme une somme de force divellente qui, ou empêche les contacts, ou les précipite trop, en arrachant pour ainsi dire les molécules les unes d'avec les autres pour les entraîner et les séparer de force. Donc, à cause du mouvement plus rapide, il n'y aura pas de dépôts tophacés.

Les dépôts occasionnés dans les bassins des chutes d'eau, sont dus à une toute autre cause. Ici les molécules d'eau divisées infiniment par la chute, et alors entourées d'une couche d'air atmosphérique qui leur adhère, se séparent de leurs molécules salines, par la raison du poids plus léger qu'elles acquièrent, et des affinités électives pour les couches aériennes dont elles se revêtissent instantanément. C'est une distillation d'eau

faite par l'air au lieu d'être faite par le calorique.

La production du calorique par le frottement nous expliquera encore pourquoi l'eau qui se gèle de toutes parts sur les parois comme sur les appuis latéraux et les autres pièces des grandes machines hydrauliques dans les forts hivers, n'arrête point le cours des roues et des ressorts principaux en mouvement, et en frottement perpétuel entr'eux, ou même avec l'eau de chute. Pourquoi les parois même des canaux au-dessous de la surface n'offrent guère de glaçons, si le frottement de l'eau y est très-rapide. Pourquoi les plantes, dont les vents même en hiver font plier en tout sens les branches comme le tronc, et activent par-là l'insensible circulation hybernale, ne se gèlent point aussi facilement, et n'éclatent point aussi fréquemment dans les grands vents que dans des jours tranquilles et également froids : attendu que le mouvement des fibres de la plante qui sont pliées en tout sens les fait glisser les unes à côté des autres ou les unes sur les autres, et produit un frottement qui dégage du calorique à-peu-près comme nous voyons s'échauffer fortement entre nos mains une vergue d'étain que nous tâchons de rompre en la pliant et repliant en sens opposé.

La circulation plus ou moins accélérée des fluides dans les animaux, ainsi que le frottement

des fibres des parties molles sur, ou à côté les unes des autres, pourra, dans les grands mouvemens continués, beaucoup coopérer à l'augmentation de la chaleur animale.

Nous comprendrons encore, à l'aide du même principe, pourquoi l'archet d'un violon s'échauffe par un exercice soutenu et précipité, sans qu'aucun de ces phénomènes nous force à recourir à la combustion tacite ou à la décomposition d'aucun corps particulier.

Les expériences de Rumford nous apprendront enfin à rectifier nos idées sur la théorie qu'on s'étoit formée touchant l'incandescence d'une barre de fer soumise à une percussion précipitée et continuelle qu'on supposoit être produite par la précipitation seule du calorique interposé entre les lames métalliques, lequel devenoit thermométrique et libre par le rapprochement augmenté de ces mêmes lames, occasionné par les coups de marteaux; sans observer qu'on auroit mille fois rebattu la même barre de fer, si elle ne s'étoit point écrouie ou oxidée, sans qu'elle eût cessé de s'échauffer. Ce qui prouvoit bien que ce n'étoit pas à l'expulsion de son seul calorique latent et interposé qu'étoit due l'incandescence qu'elle subissoit sous le marteau, mais que cette production de température très-élevée dépendoit d'une autre cause que nous

reconnoissons être aujourd'hui le frottement qui détachoit incessamment le calorique des surfaces métalliques, mais dont celles-ci se rechargeoient de suite au moment où elles pouvoient reprendre leur élasticité.

Je m'arrêterai à ce peu d'applications qui suffisent à faire comprendre de quelle utilité peut être dans l'interprétation des phénomènes de la nature et des arts, la connoissance de la cause de l'extraction du calorique libre par le frottement sur laquelle l'ingénieur et savant Rumford nous a fait revenir; et je terminerai cet article par le récit d'une expérience piquante, dont je dois la connoissance au hasard d'une conversation que j'ai eue sur les effets et les propriétés du calorique, avec le célèbre médecin et chirurgien Rossi, membre de l'académie des sciences de Turin, l'hiver de 1799.

Si l'on pousse précipitamment et fortement le courant d'air d'un soufflet ordinaire de cheminée, et qu'on le dirige sur la boule d'un thermomètre à mercure, on verra celui-ci monter de suite de plusieurs degrés, et se maintenir à cette hauteur tant qu'on souffle, quelle que soit la température atmosphérique; le soufflet doit être tenu pendant un jour placé auprès du thermomètre, crainte d'équivoque sur la cause des effets.

Comme j'avois beaucoup médité alors sur les expériences de Rumford touchant le calorique,

réfléchissant à la cause de l'ascension du mercure par le courant d'air fourni par le soufflet, j'imaginai d'abord que le frottement précipité de ce courant contre les parois du verre, produisoit le calorique de température que manifestoit le thermomètre, et ce d'autant mieux, que plus le courant étoit pressé et rapide, plus l'effet devenoit sur-le-champ sensible à l'œil.

Pour confirmer ou détruire mes doutes à cet égard, je fis d'autres expériences comparatives; et 1°. je plaçai mon thermomètre à mercure dans un courant d'air très-fort, un jour qu'il faisoit grand vent. J'observai bien scrupuleusement. Le phénomène n'eut point lieu; un thermomètre comparatif placé dans un lieu voisin, à découvert, mais abrité, montra la même température. Je courus vers un moulin où la chute des eaux occasionnoit à différens endroits de rapides courans d'air, je fis même des trous exprès dans des planches, pour me fournir à plaisir des courans limités. Point encore d'élévation de température. J'en conclus que vraisemblablement le phénomène étoit dû à une autre cause qu'au frottement de l'air contre les parois extérieures de la boule à thermomètre, et la réflexion me fit bientôt sentir que je devois cette température à la compression que l'air avoit éprouvée dans le soufflet; car comme l'air n'est dilaté et raréfié qu'en

proportion du calorique qui s'est uni à lui; et qu'il ne sauroit diminuer sensiblement de volume par la pression sans être obligé d'exprimer une portion relative de ce calorique, ainsi que le prouvent les expériences des physiciens tentées exprès, il s'ensuit que dans notre cas, le soufflet comprimant l'air intérieur avec une prompte violence, donnoit au courant qui en sortoit une température plus élevée, et que le thermomètre se saisissoit de ce calorique libre avant qu'il eût pu nouvellement s'unir à l'air ou passer à l'état radiant.

Je n'ai cité cette expérience ici que parce qu'elle peut servir à prouver combien il faut se garder de trop généraliser les conséquences d'un même principe, par-là même que le principe nous paroît plus nouveau, et se prêter à une plus grande multiplicité d'applications.

T R O I S I E M E E S S A I

Sur la faculté conductrice des liquides pour le calorique.

ON lit dans le célèbre *Journal de Physique et d'Histoire Naturelle*, rédigé par le citoyen Delamétherie (mois de fructidor an vi), un mémoire sur l'inconducibilité des liquides quelconques pour le calorique, traduit par Pictet. Frappé autant par la nouveauté des propositions contenues dans ce mémoire, qu'étonné de la variété et de la sagacité détaillée, simple et ingénieuse des expériences faites à ce propos, je ne pus m'empêcher de réfléchir sur la nouvelle doctrine qu'on étoit en droit d'établir d'après des assertions aussi décisives, touchant la non-conducibilité absolue des vapeurs et des liquides quelconques : mais un peu de méditation, sur les phénomènes que je voyois tous les jours se passer sous mes yeux, m'apprit à douter, et me conduisit bientôt à tenter à mon tour quelques expériences propres à éclairer mes doutes.

L'auteur du mémoire cité, affirme la parfaite

et absolue inconducibilité des vapeurs et des liquides pour le calorique, d'après des expériences variées et répétées. Pour cela il mettoit au fond d'un vaisseau de verre un morceau de glace, dont la surface avoit une petite protubérance à son milieu, ayant soin de couvrir ensuite ce morceau, tantôt avec de l'eau, tantôt avec de l'huile, tantôt avec du mercure (ces liquides montroient à peine un degré au-dessus de zéro Réaumur); il entouroit ce vase, de glace pilée, mêlée avec de l'eau et du sel, afin de maintenir autour de lui une température moindre que zéro; enfin il plongeoit très-lentement un cylindre de fer chaud, à 80° de Réaumur, enveloppé d'un fourreau solide en carton, dans les liquides placés au-dessus du mamelon, et l'approchoit de la protubérance de glace, de deux à trois lignes à-peu-près, sans jamais pourtant le toucher. Il ne put observer la moindre fusion; d'où il conclut que tous ces liquides n'avoient point permis au calorique de passer jusqu'à la glace; si bien que ces deux lignes d'épaisseur des liquides placées entre l'extrémité inférieure et chaude du cylindre de fer, et la surface de l'extrémité supérieure du mamelon de glace, avoient été une barrière insurmontable pour le calorique, qui tentoit de les dépasser du haut en bas en cherchant l'équilibre.

A des faits en petit , qu'on me permette d'en opposer quelques-uns en grand , avant que je passe à détailler des expériences particulières.

Me trouvant un jour à la superbe manufacture de cristaux en verre du célèbre Briati de Venise, je vis plonger dans une grande quantité d'eau froide , contenue dans une auge quarrée d'une seule pièce , de nature calcaire , une masse de cristal , pesant environ 40 livres , qu'on sortoit du four , et qui étoit incandescente au plus haut point. Cette masse rouge , fixée au bout d'une barre de fer , que l'ouvrier tenoit appuyée sur le bord du baquet , pour ne pas se fatiguer , étoit comme suspendue au milieu de l'eau : je m'attendois à tout instant à voir celle-ci bouillir , ou tout au moins circuler rapidement du bas en haut à l'état de vapeurs autour de la masse , avec laquelle elle étoit en contact ; rien de tout cela n'arriva. On distinguoit la masse très-rouge au milieu de l'eau , dont ni la transparence , ni le corps n'étoit troublé , si ce n'est à l'endroit où elle touchoit le fer , là précisément où celui-ci s'implantoit dans le verre , parce que là l'eau étoit ou décomposée , ou vaporisée , ou prenoit ces deux états à-la-fois. Mon étonnement et mon air de surprise ayant beaucoup amusé les ouvriers accoutumés à ce phénomène , je voulus éprouver sa température lorsqu'elle

commençoit à fumer ; je la trouvai jusqu'assez profondément très-chaude ; je descendis doucement la main jusqu'au fond du baquet, en y plongeant presque tout le bras dénudé ; je m'arrêtai quelques secondes au fond sans remuer, afin de m'accoutumer à cette température, qui me parut sensiblement plus froide que l'eau de la surface ; j'avançai ensuite doucement et perpendiculairement en dessous de la masse encore très-rouge. Là, je m'arrêtai, et avec toute la précaution imaginable, je remontai la main en dessous du verre rougi : je m'aperçus très-sensiblement, à la distance de six lignes au moins, de l'irradiation du calorique au travers de son enveloppe aqueuse inférieure ; je répétai trois fois l'expérience, toujours avec le même succès. On voit donc par là, d'abord, que le verre incandescent ne faisoit point frissonner l'eau dans laquelle on le plongeoit, et ne la réduisoit point en vapeurs. J'expliquerai tout-à-l'heure la théorie de ce phénomène curieux.

2°. Que l'eau étoit plus chaude à la surface qu'au fond, phénomène très-naturel ; l'eau chaude étant moins pesante comme plus raréfiée que l'eau froide, doit toujours occuper le dessus ; 3°. l'eau s'échauffoit lentement, cela devoit être, elle est un très-médiocre conducteur du calorique ; 4°. le verre est resté long-temps rouge incandescent,

attendu qu'il ne perdoit que très-insensiblement son calorique par la foible conducibilité de l'eau dont il étoit environné ; 5°. enfin il répandoit son calorique de toute part, et celui-ci pénétrait l'épaisseur de l'eau de plusieurs lignes très-sensiblement en tout sens : donc on pouvoit en conclure que l'eau étoit jusqu'à un certain point conductrice du calorique.

On n'a supposé l'eau absolument inconductrice du calorique, qu'avec des contestations, et des oppositions fortes et soutenues : on a plus facilement accordé cette propriété à la glace ; presque tous les physiciens ont admis la non-conducibilité parfaite de ce dernier corps. Cependant si, par inconducibilité absolue d'un corps on entend l'impossibilité de livrer passage au calorique à travers ses molécules ; je demande pourquoi, quand une masse d'eau se gèle dans un vase sphérique, la congélation commençant tout autour ; pourquoi, dis-je, l'eau du milieu (la dernière, à la vérité, à se geler), se refroidit sensiblement et arrive elle-même au quatrième degré au-dessous de zéro ? Certainement ici il n'y a plus de circulation de molécules de la circonférence au centre, puisque la circonférence est déjà gelée ; quelle route, quel chemin prend donc le calorique pour sortir du centre de cette masse, puisque son noyau, en-

core aqueux, baisse continuellement de température? Sans doute ce calorique passera au travers de l'enveloppe de glace, pour s'équilibrer avec la température ambiante. Donc la glace sera au moins, dans ce cas, conductrice du calorique, je veux dire, lui laissera passage entre ses molécules.

La glace est susceptible de se durcir prodigieusement par l'augmentation du froid. On connoît les belles tentatives qu'on a faites sur la dureté de la glace à Pétersbourg, en en formant des palais, des terrasses, des canons à tirer, dans un hiver très-rigoureux. La glace peut être froide à 10, à 14, à 20, à 30 degrés, &c. Comme elle est un corps solide, on ne peut supposer aucune circulation entre ses molécules. Comment donc s'échappe le calorique des portions du centre des masses de glace, lorsqu'elles sont obligées de baisser de température? Elles traversent nécessairement les couches concentriques et gelées. Donc la glace n'est point d'une manière absolue, inconductrice de calorique. Quand ces mêmes masses de glace reviendront à la température de quelques degrés seulement au-dessous de zéro, sans se fondre, il faudra encore alors qu'elles aient laissé passer, au travers d'elles, du calorique.

Si enfin l'eau est absolument inconductrice du calorique, comment se fait-il que des substances

suspendues au centre de la machine à Papin , exactement remplie d'eau et hermétiquement fermée , se fondent , se cuisent , en un mot , sont fortement pénétrées par le calorique , qui ne peut les avoir atteintes qu'au travers de plusieurs couches d'eau , et cependant cette eau n'avoit pu être réduite en vapeur , ni entrer en expansion ?

Si l'on fait le mélange d'une livre d'eau chaude à 60 degrés avec une livre d'eau à 2 degrés seulement , leur température commune s'élève à 31 à-peu-près. Les molécules d'eau de la première livre ont donc pu , en se trouvant en contact avec les molécules de la seconde , leur répartir leur calorique. Donc de surface à surface , et par le contact , les molécules d'eau peuvent se transmettre du calorique , comme le peuvent faire encore les volumes d'air à différentes températures mélangés ensemble ; or , cette transmission du calorique par contact est précisément ce qui constitue la conducibilité. Il est vrai que les fluides liquides et gazeux ne font cette transmission que très-lentement , mais toujours est-il vrai qu'elle a lieu ; ils ne sont donc pas inducteurs parfaits ?

Quand on suspend une barre de fer rougie , ou un globe métallique incandescent dans l'air ou au milieu d'un amas de vapeurs qu'on y fait exprès circuler tout autour , pourquoi perpendiculairement en bas , le thermomètre indique-t-il

indique-t-il une élévation de température à une certaine distance du globe ? Les vapeurs, plus raréfiées par le calorique, devenant plus légères, tendront toujours vers le haut ; donc elles ne sauroient circuler perpendiculairement en bas ; donc l'élévation de température qu'y annonce le thermomètre, est entièrement due au calorique qui a traversé les couches inférieures de vapeurs, soit par le contact des surfaces, soit au travers de leurs pores pour arriver jusqu'au thermomètre.

Il n'est pas permis de douter de la vérité et de l'exactitude des expériences de Rumford annoncées dans *le célèbre journal*, mais voici comme j'en analyse les résultats. D'abord le fer n'étoit chaud qu'à 80 degrés de Réaumur, température bien médiocre ; 2°. le mamelon de glace et les liqueurs qui le couvroient devoient être d'un ou deux degrés au-dessous de zéro ; on voit même qu'on les entretenoit plus bas, par le sel et la glace pilés dont on entouroit le verre qui contenoit ces substances. Il falloit donc fournir tout le calorique nécessaire à remplir la capacité de ces deux degrés ; il falloit pour cela que le fer réchauffât d'abord les liquides qui l'entouroient, ensuite qu'il conservât encore assez de calorique pour élever de 60 degrés la surface du mamelon et la fondre ; car on sait que la glace absorbe 60 degrés de calorique avant de passer à l'état li-

quide à zéro de Réaumur. Il y a plus, le calorique ne pouvoit arriver que très-lentement à la surface du mamelon, attendu que la température du cylindre de fer étoit également très-basse, et qu'on sait que la promptitude de communication du calorique est toujours en raison directe de la distance à l'équilibre de température. De l'eau chauffée, à 1 ou 2 degrés au-dessus de zéro, jetée sur de la glace froide à 2 ou 3 degrés au-dessous de zéro, se gèle, si elle est et en très-petite quantité et disséminée sur une large surface glacée; c'est ici précisément le cas. Quand même en effet, le calorique arrivé au travers d'une ou deux couches de liquide interposé entre le mamelon et le bout inférieur du cylindre eût été assez considérable pour fondre légèrement la surface du mamelon, après avoir satisfait sa capacité comme glace au-dessous de zéro, cette petite portion, instantanément fondue, auroit dû instantanément se remettre à l'état de glace, à raison de son contact immédiat avec la glace inférieure. Au reste, dès que le calorique arrive lentement sur une surface de glace et en très-petite quantité, celle-ci ne se fond point avant que sa masse ait une température assez élevée pour ne plus dérober, qu'en très-petite quantité, le calorique qui pénètre presque insensiblement dans la première couche. Dans l'expérience citée par l'auteur, on voit

d'abord que le cylindre de fer étoit peu chaud ; 2°. qu'il étoit immergé dans des liquides qui l'entouroient de toute part, et lui ôtoient ce peu de calorique ; 3°. que le bout inférieur étoit, de toutes les portions du cylindre, celle qui avoit le plus traversé de liquides froids ; 4°. que l'auteur avoit procédé très-lentement à l'immersion du cylindre, ce qui lui avoit donné plus de temps pour se refroidir ; 5°. que le mamelon de glace devoit avoir 1 ou 2 degrés au-dessous de zéro, en conséquence ne devoit pas se fondre au premier accès de quelques molécules de calorique ; 6°. que ce calorique devant arriver très-lentement et en très-petite quantité à-la-fois sur la surface du mamelon, celui-ci devoit conserver son état de glace. Enfin, et le carton et la main de l'opérateur étoient suffisamment conducteurs du calorique pour bientôt absorber une portion de celui du cylindre plus chaud qu'eux. Il est bon d'observer encore qu'à peine le calorique du cylindre avoit réchauffé quelques molécules des liquides qui le touchoient, que celles-ci, par leur légèreté spécifique, s'élevoient et étoient remplacées par d'autres absolument froides, ce qui formoit une circulation perpétuelle, de bas en haut, de lames d'eau froide entre le bout du cylindre métallique et le sommet du mamelon.

Avant de décrire une petite expérience qui

m'est propre, et que je tiens pour autant décisive en faveur de la conducibilité (à la vérité très-médiocre), de l'eau et autres liquides pour le calorique, que celles qu'on oppose pour établir leur inconducibilité absolue, je vais encore citer un exemple en grand.

Comme je faisais fondre un jour mille cinq cens livres de bronze, pour en extraire le cuivre, dans un état à-peu-près pur, dans un four à réverbère qui avoit, à son centre, un trou bouché par un cylindre en fer, qu'on pousoit de dehors en dedans du four pour le déboucher, lorsqu'on vouloit faire couler le métal et le jeter; j'observai, au bout de trois heures (lorsque le métal fut complètement fondu), que le cylindre de fer, placé au-dessous, entre une épaisseur au moins de cinq pouces de métal fondu, étoit rouge. Je conclus immédiatement que la chaleur du métal liquide avoit passé sur le fer; ce métal étoit parfaitement tranquille, il n'y avoit sûrement pas de circulation de haut en bas; car le bas étant moins chaud que la surface, devoit être plus dense, en conséquence moins léger. Donc, les couches inférieures du métal fondu et qui étoient en contact avec le sol ou l'aire du four, n'étoient conservées liquides que moyennant le calorique qui leur venoit au travers des couches supérieures assez épaisses; donc les couches supérieures de

métal étoient suffisamment conductrices du calorique, pour en fournir autant aux couches plus pesantes supposées, que celles-ci en perdoient en le communiquant au sol du foyer, jusqu'à faire rougir le cylindre de fer. Mais pour mieux m'assurer de la conducibilité des différens liquides, j'ai établi l'expérience suivante, simple et facile.

J'ai pris, à Venise, dans un jour des plus froids de la fin de décembre 1798, un vase de terre très-large d'orifice, et assez profond; je fus ensuite prier un fabricant de sublimé corrosif et de précipité rouge (muriate oxigéné de mercure et oxide rouge de mercure par l'acide nitrique) de me fournir la quantité de mercure nécessaire pour remplir ce vase seulement pour deux heures. Je pris alors un morceau de glace, large comme un écu, épais d'un bon doigt, j'y fis un petit trou au centre, et j'y passai, au travers, un petit fil de fer terminé en crochet: par ce moyen, en attachant, au fond du vase de terre, l'extrémité libre du fil de fer, l'autre extrémité qui traversoit et retenoit, par son crochet à angle droit, le petit fragment de glace, pouvoit retenir ce dernier suspendu à-peu-près à dix lignes en-dessous de la surface du mercure. Ce morceau de glace étoit donc isolé au milieu du mercure. La température du lieu où j'opérois, étoit de 5 degrés et demi au-dessous de zéro. Tout étant ainsi disposé, je pris un

cylindre assez large, d'excellent cristal (c'étoit une cheminée cylindrique d'une lampe à la Quinquet de mon petit laboratoire économique et portatif, selon l'invention du citoyen Guyton), je le plaçai immédiatement au milieu du vase, à l'endroit où étoit suspendu, sous les premières couches de mercure, le petit morceau de glace. Les bords inférieurs du cylindre entroient à peine une ligne dans l'épaisseur de la couche superficielle du métal, je le fixai dans cet état. Ensuite j'y versai tantôt de l'eau bouillante, tantôt des dissolutions très-saturées de différens sels, tantôt de l'huile, &c. J'ai toujours observé que quand le cylindre étoit plein jusqu'à un certain point de ces différentes liqueurs, le morceau de glace tenu au-dessous des premières couches de mercure se fondoit après un long espace de temps, et que son eau venoit surnager. On sent bien que les liquides énoncés ne pouvoient pas passer au travers du mercure, celui-ci étant et plus dense et plus pesant, il falloit donc que le calorique, seul de ces liquides bouillans, pénétrât perpendiculairement en bas les couches de mercure, &c. &c.

Chacun est à même de tirer les conséquences de cette expérience simple; je préviens qu'on peut la répéter avec un cylindre cave de métal quelconque au lieu de celui en verre qui se casse facile-

ment, par une température trop prompte. Quand on veut verser la liqueur très-chaude au fond, sans remuer le mercure, il faut avoir un entonnoir à longue tige, dont l'extrémité inférieure soit légèrement recourbée en haut; en versant la liqueur bouillante avec précaution, le mercure en vient recouvert de toute la hauteur du cylindre, si l'on veut, sans donner au mercure d'autre mouvement que celui de dépression que doit lui faire éprouver le poids de la colonne liquide qu'il supporte.

Au reste, voici comme je raisonne sur le calorique, touchant sa perméabilité ou non à travers les liquides. Tous les liquides ne sont liquides que parce qu'ils ont autour de leurs molécules une certaine quantité de calorique de température et une autre portion combinée par affinité d'adhésion.

2°. Les liquides ont toutes leurs molécules rapprochées par des points de contact plus ou moins nombreux, et chaque molécule, quand elle n'est pas très-élevée au-dessus de zéro, est encore susceptible de se charger d'une nouvelle quantité de calorique. Cela posé: qu'on s'imagine une colonne de mercure, par exemple, longue de six lignes, formée par deux ou trois cents molécules métalliques, se touchant toutes les unes les autres. Si l'on suppose que la première molécule de mercure soit plus chaude que la seconde, et que le calorique qui surabonde dans la première, n'ait

aucune répugnance à s'équilibrer et s'unir également avec la seconde, comme il l'a fait avec la première; et que cette seconde, nouvellement surchargée et en contact avec la troisième, transmette à cette dernière par les points où elle la touche, une portion de son calorique excédant, et ainsi progressivement jusqu'à la troisième molécule, on voit que la colonne métallique fluide pourra être échauffée par succession de points de contact d'une extrémité à l'autre. Or, il est physiquement impossible que deux corps ou deux molécules de même nature, qui ont même affinité pour le calorique, et qui ont entr'elles plusieurs points de contact, se maintiennent, l'une très-chaude et l'autre très-froide, sans se répartir leur calorique; comme encore il est impossible que, si la portion d'un liquide quelconque, est plus échauffée à la surface qu'au fond, les molécules de la surface, supposées homogènes avec celles du liquide restant, descendent au fond du vaisseau pour y porter le calorique, moyennant une espèce de circulation: on devra donc convenir que si les molécules d'un liquide ont de l'affinité pour le calorique, ce fluide, après avoir saturé une molécule, se répartira sur sa voisine, et la molécule qui aura ainsi transmis portion de son calorique, en reprendra de nouveau; de manière qu'on ne devra

pas dire qu'une molécule saturée de calorique, conservera le même calorique, tandis que celui nouvellement fourni, se portera sur la seconde inférieure; mais on devra concevoir qu'une portion de l'atmosphère calorifique de la première molécule, se communiquera à la seconde, tandis que la première reprendra le calorique qu'elle a transmis; la seconde transmettra également portion de son calorique à la troisième, et en prendra à la première, ce qu'elle aura perdu; et ainsi progressivement, on dira que le calorique ne sera point conduit immédiatement de la surface à travers les pores du liquide jusqu'au fond, mais que de la surface au fond il se communique de proche en proche par le contact, comme j'ai tâché de le démontrer dans le chapitre Conducibilité de mon mémoire sur le calorique. Mais cette transmission, cette conducibilité impossible à être démontrée fautive, autant que je puis voir, dans des molécules homogènes et en contact, ne nécessite aucune circulation de haut en bas des molécules des liquides; car les plus chaudes comme plus légères devront toujours surnager.

Plusieurs corps peuvent transmettre peut-être immédiatement à travers de leurs pores une petite portion de calorique, outre le pouvoir que chaque molécule échauffée possède de répartir

à sa voisine plus froide , une portion de son excédant , par les contacts des surfaces. Mais je crois avoir assez développé mon opinion sur les corps plus ou moins inconducteurs , à l'article Conducibilité du Mémoire déjà cité. Je reviens au phénomène de la non-vaporisation de l'eau autour d'un globe incandescent de verre , dont j'ai parlé plus haut.

Les chimistes savent que l'affinité de composition est toujours forte et efficace , en raison inverse de l'affinité d'agrégation. Aussi employons-nous plusieurs moyens mécaniques et chimiques pour détruire celle-ci , afin d'obtenir plus promptement les effets de la première. Ce principe posé : plus les molécules intégrantes de l'eau auront entr'elles d'affinité d'agrégation , moins l'affinité de composition du calorique pour elles aura d'effet : or le verre incandescent ne conserve plus d'affinité d'adhésion pour les molécules de l'eau , car elles glissent sur lui le plus légèrement possible , au lieu qu'elles y adhèrent fortement lorsqu'il est médiocrement chaud. Le calorique donc , lorsque le verre est incandescent , doit vaincre tout seul l'affinité d'agrégation des molécules de l'eau , tandis que lorsqu'il est très-peu chaud , les molécules de l'eau sont attirées par deux forces opposées et en sens contraire , qui tendent toutes deux à leur faire perdre leur affi-

nité d'agrégation : d'un côté , elles sont distraites par l'affinité d'adhésion avec le verre , et de l'autre , par l'affinité de composition pour le calorique.

Car si l'on conçoit une petite masse d'eau formée de deux seules molécules , et qu'on conçoive encore une petite surface capable seulement de pouvoir recevoir une des deux molécules pour se la tenir adhérente , on prévoit que si l'on vient à ajouter du calorique à cette petite masse , la molécule qui ne touche point la surface par adhésion , sera d'autant plus facilement entraînée , gasifiée , ou vaporisée par le calorique , qu'elle étoit moins fortement unie à sa compagne par affinité d'agrégation. Le calorique donc , dans ce dernier cas , n'aura qu'à vaincre le peu de résistance que lui offre le restant d'affinité d'agrégation que conserve encore , pour sa compagne , la molécule d'eau qui est adhérente à la surface métallique. Dans le cas où l'expérience a lieu sur du fer ou tout autre métal , à la place du verre incandescent , le phénomène est plus compliqué ; d'abord , à une très-haute température , l'hydrogène et l'oxigène unis entr'eux à l'état d'eau , conservent plus d'affinité pour leurs bases réciproques , qu'ils n'en ont , soit pour le métal incandescent , soit pour le calorique. Aussi une très-haute température réunit à l'état d'eau les

gas hydrogène et oxigène mêlés ensemble ; à une très-haute température les métaux sont désoxidés. Si la température donc est très-élevée , une goutte d'eau , placée sur un métal incandescent , n'aura aucune force étrangère qui tende ou à décomposer ou à désunir ses molécules intégrantes , le calorique devra tout faire , et vaincre lui seul toute l'affinité d'agrégation des molécules aqueuses , pour les vaporiser ; on sait d'ailleurs que le contact de l'air facilite l'évaporation ; or dans une température aussi élevée , l'air sera tellement raréfié autour de la goutte d'eau placée sur le métal incandescent , que son action sera à-peu-près nulle. Si même mon assertion est vraie , il doit s'ensuivre qu'une molécule d'eau , dans cet état de haute température , doit être infiniment plus chaude qu'une molécule d'eau dans le simple état de vapeur au 80° degré de Réaumur. Je suis entièrement sûr que le fait est ainsi par expérience ; car ayant observé des ouvriers qui , au moyen d'un coin d'acier , tâchoient de faire un trou carré dans une grosse plaque de fer de fonte incandescente , ils mouilloient le coin d'acier à chaque fois qu'ils le mettoient dans la rainure qu'ils avoient faite dans l'épaisseur de la plaque : l'eau s'en détachoit en partie , couloit dans la rainure , et y restoit tranquille , sans frissonner ni s'évaporer très-sensiblement ; mais quand ils

battoient sur le coin avec des grosses masses de fer, pour faire la rainure plus profonde, si les gouttes venoient à jaillir sur la main ou sur le visage d'un ouvrier, sur-le-champ elles le cautérisoient, tout ainsi qu'une étincelle de fer rougie par le feu; si le métal, au contraire, est peu chaud, alors son affinité d'adhésion pour l'eau diminue l'affinité d'agrégation de ses molécules, et le calorique trouve moins de résistance à les vaporiser; 2°. à une certaine température, le fer décompose l'eau, et le gas hydrogène qui en provient, aide, par son action dissolvante à l'état de gas, la vaporisation aqueuse; car tous les gas secs en contact avec l'eau en accélèrent singulièrement l'évaporation, sur-tout s'ils sont en état de mouvement.

Il faut donc calculer pour beaucoup la diminution d'affinité d'agrégation qu'éprouvent les molécules d'eau par leur adhésion à la surface d'autres corps; affinité d'adhésion qui peut être plus ou moins forte, et ainsi produire des effets plus ou moins marqués dans l'évaporation de l'eau par la présence d'une même quantité de calorique.

C'est par le même principe que j'expliquerois encore pourquoi une plaine humide évapore plus d'eau en un jour, à même surface et même température atmosphérique, qu'une égale surface

d'un lac ; la terre retenant par affinité d'adhésion les molécules d'eau , diminue entr'elles l'affinité d'agrégation. Si l'on observe un verre plein d'eau , et un autre plein de terre humide , exposés à la même température , on trouvera que le dernier perdra beaucoup plus en poids que le premier , dans le même espace de temps , par la déperdition de l'eau.

L'eau qu'on fait bouillir dans les vases s'évapore toujours , ou par les surfaces latérales en contact avec les côtés solides du vase , ou au fond , ou à la surface en contact avec l'air , et jamais par le centre , ou dans les endroits où l'eau n'adhère pas à d'autres corps ; ce qui veut dire qu'elle ne se vaporise précisément que là où son affinité d'adhésion diminue considérablement son affinité d'agrégation.

Je ne vois pas d'autre moyen d'expliquer le phénomène intéressant , observé par Vauquelin , et consigné dans les *Annales de Chimie de Paris* , savoir , que certaines dissolutions salines assez concentrées peuvent bouillir long-temps avant les 80 degrés Réaumur , chose qui paroît extraordinaire. Il arrivera , dans ce cas , qu'une portion de l'eau des dissolutions adhérant au sel dissous , diminuera proportionnellement de son affinité d'agrégation pour ses propres molécules , et se vaporisera d'autant de degrés au-dessous

des 80 , que son affinité d'agrégation a été diminuée ; mais si elle adhère très-fortement aux molécules salines , alors elle ne sera emportée qu'à une température au-dessus de 80 , ce qui nous rend également raison des degrés de température au-dessus de 80 que peut acquérir une eau saturée plus ou moins par différens sels.

Je ne porterai pas plus loin mes inductions , me bornant à quelques corollaires , que je crois pouvoir déduire des propositions antécédentes , comme étant moi-même convaincu du peu de conducibilité des liquides et des vapeurs aqueuses (quoique je ne puisse croire à leur absolue inconducibilité).

Fordice , et ceux qui ont partagé ses dangers dans des fours portés à de très-hautes températures (jusqu'à 240 degrés Réaumur), disent que la surface de leur corps étoit toujours assez peu chaude relativement , et que le thermomètre approché de la peau baissoit même sans la toucher , ce qui annonçoit un pouvoir destructeur du calorique ambiant. Celui-ci vaporisoit l'eau de leur transpiration ; cette vapeur formoit autour d'eux une atmosphère isolante. Dans la bouche , sous les aisselles , où cette vapeur devoit être plus dense , le thermomètre baissoit davantage.

A mesure que la capacité du four étoit plus saturée de vapeurs aqueuses , ils ressentoient da-

avantage l'action du calorique ; sans doute d'abord , parce que l'eau qu'ils transpiroient , n'étoit plus vaporisée , et conséquemment n'absorboit plus du calorique qui les entouroit ; en second lieu , la température du four dissolvant peu à peu ces vapeurs (qui les environnoient) , ils cessoient par-là d'avoir une atmosphère inconductrice ; 3°. l'eau , qu'ils transpiroient , devoit à la fin se réduire en sueur. Car ne pouvant plus être ni vaporisée , ni gasifiée , ni prendre la température du lieu où elle étoit , elle ne pouvoit bouillir , quoique chaude , au-dessus de 80° réaumurien : puisque l'ébullition n'est que l'effet de la gasification ou de la vaporisation : ici ni l'une ni l'autre ne pouvoit avoir lieu , la capacité de l'atmosphère intérieure du four pour l'eau étant satisfaite , à cette température. Moins , d'ailleurs , la transpiration cutanée trouvoit de moyens à être reçue à l'état de vapeurs dans la capacité du four , plus le calorique dégagé du sang par la circulation , restoit accumulé sous la peau , ne pouvant être employé à la vaporisation de la perspiration.

Je ne crois donc point au pouvoir destructeur du calorique du corps humain , placé dans des températures très-hautes ; je crois seulement qu'au moyen de sa transpiration il est bientôt environné d'une atmosphère peu conductrice du calorique , et que cette atmosphère vaporeuse empêche

empêche le calorique de la température ambiante d'arriver aussi abondamment jusqu'à sa peau ; outre l'absorption du calorique , devenu insensible par sa combinaison avec les molécules de la perspiration. Pour donc ne pas sentir l'inconvénient des températures très-chaudes, il faut deux conditions : la première est celle de fournir assez de liquide pour former une atmosphère vaporeuse inductrice ; la seconde, que le milieu chaud, dans lequel on se trouve, ne soit pas déjà complètement saturé d'humidité , car dans ce cas l'eau ne se vaporise plus, et par conséquent plus alors d'absorption de calorique , plus de formation d'atmosphère inductrice.

QUATRIÈME ESSAI.

Nouvelles vues sur la respiration et sur la cause de la production de la chaleur dans les animaux à sang chaud.

TOUT le monde sait aujourd'hui que d'après les belles et importantes découvertes de l'immortel Lavoisier, les physiciens ont tenu pour démontré que la cause des produits de la respiration (acide carbonique et eau), étoit due au gas oxigène atmosphérique, qui se fixoit à chaque inspiration sur les bases carbone et hydrogène, supposées à-peu-près libres dans le sang veineux qui repassoit à travers les poulmons; et que le calorique que devoit naturellement dégager ce gas en se concrétant, étoit de suite absorbé à l'état latent, par le sang qui venoit de perdre son hydrogène et son carbone, ce qui rendoit sa capacité infiniment plus grande; qu'enfin le sang devenu artériel, chargé de calorique latent, étoit porté en circulation dans toutes les parties du corps: et qu'il s'opéroit, pendant le cours de celle-ci, la séparation d'une infinité d'humeurs excréatives et sécrétives pour la nutrition, l'assimilation, &c. ce qui ame-

noit une telle modification dans les rapports des principes constituans du sang, qu'enfin il y avoit nouvellement surabondance de carbone et d'hydrogène, dégagés presque à l'état de liberté; que ce dégagement s'effectuoit dans toutes les parties quelconques du corps, à commencer du moment même où l'aorte-tronc pousse sa première ondée; et qu'en proportion de la quantité de cet hydrogène et de ce carbone dégagés, il y avoit précipitation de calorique; celui-ci ne pouvant rester dans le sang en même temps que les bases carbone et hydrogène devenues à-peu-près libres. Comme cette précipitation a lieu dans toutes les parties du corps; la chaleur, a-t-on dit, doit s'y répandre uniformément, quoiqu'il y ait la somme de tout ce carbone et de tout cet hydrogène excédant, vienne d'un seul coup se brûler dans les poumons pendant le court passage du sang à travers les réseaux veineux de cet organe, produisant cette quantité considérable d'acide carbonique et d'eau que nous émettons à chaque expiration. La chaleur animale, en conséquence, doit toujours être en proportion et de la quantité de gas oxigène absorbé par la respiration et de la célérité de cette fonction. Ce précis suffit pour donner une idée de la théorie des modernes sur l'usage, l'importance et les produits de cette fonction vitale.

Jé vais actuellement énoncer et les faits et les

raisonnemens qui, sans diminuer l'estime et l'admiration que méritent justement les défenseurs ou les créateurs d'une aussi brillante doctrine, semblent m'autoriser à envisager les phénomènes de la respiration sous d'autres rapports plus cohérens à ses effets et au but de la nature dans cette fonction importante des animaux, sur-tout à sang chaud.

D'abord je demande si nous ne pouvons jamais, en aucune circonstance, supposer, ou plutôt démontrer la présence de l'acide carbonique mêlé et circulant avec le sang ?

2°. Si la respiration des animaux, ne peut absolument fournir de l'acide carbonique que dépendamment de l'oxigène absorbé dans les poumons ?

3°. Si des expériences directes et analogues faites hors du corps, sur le sang récemment extrait, nous offrent les résultats et les produits supposés avoir lieu dans cet organe ?

4°. Si l'on peut, par un calcul démonstratif, prouver qu'il y a dans la respiration une quantité suffisante d'oxigène absorbée pour la production de la chaleur animale, et si cette chaleur se montre généralement en raison directe à-peu-près de l'oxigène retenu ?

5°. Si le sang peut réellement avoir la prompte conducibilité qu'on lui suppose, sans s'écarter des loix particulières aux liquides relativement

au calorique ; et si encore des expériences hors du corps, faites sur le sang sortant des vaisseaux, annoncent qu'il a réellement changé de capacité, par les modifications qu'on lui suppose subir dans la circulation ?

6°. Si les phénomènes nerveux, et quelquefois les circonstances anatomiques, ainsi que des expériences particulières, ne contrarient pas ouvertement cette théorie ?

7°. Enfin, si nous ne pouvons pas trouver un autre emploi du gas oxigène atmosphérique absorbé dans l'acte de la respiration, également essentiel et nécessaire pour le maintien de la vie animale, découvrir enfin une autre source de calorique libre, laquelle soit encore analogue à celle que la nature nous met sous les yeux tous les jours; sans recourir à une théorie qu'on oblige souvent de se plier violemment aux faits ?

1°. Depuis le règne de la chimie pneumatique; et la connoissance plus précise des loix et des résultats d'affinités chimiques, on a administré l'acide carbonique simplement uni à l'eau, pour la dissolution des calculs de la vessie; on l'a encore administré dans les fièvres putrides; on a même observé que ceux qui en faisoient un long et copieux usage, rendoient des urines qui précipitoient l'eau de chaux. Pour s'aider en certains cas des doubles affinités, on a administré les car-

bonates alcalins saturés, même des carbonates calcaires pour le même objet médical. Aucun chimiste ni physiologiste n'a nié jusqu'ici, dans ces cas, le passage de l'acide carbonique ou libre ou à l'état de combinaison, dans le torrent de la circulation; tous, au contraire, l'ont admis, au moins tacitement. D'autre part, nous mangeons peu d'alimens qui ne contiennent des carbonates, et l'acide des premières voies peut suffire à les décomposer. Celles-ci donnent souvent des marques d'acide libre. Nos vins mousseux, nos bières contiennent par excès de l'acide carbonique. On ne peut donc nier que ce gas ou libre ou concrété puisse passer tout formé dans le sang, et ensuite être, par différentes causes, dégagé de ses bases durant la circulation. (Car on retrouve rarement dans les corps d'animaux à sang chaud, des dépôts d'excrétions ou sécrétions de carbonates.) D'ailleurs, une infinité d'exemples d'emphysèmes et de météorismes, qui s'évanouissent et reparoissent en peu d'heures, sans donner hors du corps issue aux gas qui les produisent, nous attestent le pouvoir des extrémités vasculaires d'excréter et de repomper les substances gazeuses. Rien ne répugne donc à ce que l'acide carbonique puisse être expulsé par les poumons, après avoir été absorbé dans les premières voies.

On s'est bien assuré, par des expériences ré-

pétées, dont quelques-unes très-intéressantes, appartiennent au citoyen Vassali, membre de l'académie de Turin, que même dans les bains et dans le vide, les animaux à sang chaud transpiroient de l'acide carbonique. On peut s'en convaincre encore en laissant imbiber de vapeurs animales une éponge, sous ses couvertures, au moment qu'on sue; ou en recueillant par le même moyen celles exhalant des animaux: on verra que le liquide exprimé précipitera l'eau de chaux. Il y a donc une production, ou disons mieux, une excrétion d'acide carbonique dans les animaux à sang chaud, indépendante de celle des poumons, et même, en certains cas, indépendante de l'oxigène; dans les bains par exemple et dans le vide (1).

Rien, en effet, de plus merveilleux ici, que de voir les animaux transpirer quelquefois de l'ammoniac, comme le prouvent des observations citées par Fourcroy.

Jurine, médecin à Genève, a constaté que l'acide carbonique qui s'émane de la surface du

(1) Dans les bains, cette transpiration acide cesse bientôt, parce que les vaisseaux capillaires se contractent à leurs extrémités et suspendent leur fonction, comme le prouvent la pâleur plus grande de la peau, et une scrupuleuse observation. Ce fait mérite attention.

corps, n'enlevoit à l'air atmosphérique ambiant, aucune portion d'oxigène, pour sa formation, puisque l'eudiomètre en indiquoit ensuite la même quantité dans un volume isolé et déterminé. Voyez *Essai sur l'Eudiométrie médicale*, *Encyclopédie méthodique*, *Médecine*, *Art. AIR.*

Les coques des œufs de poules contiennent beaucoup de carbonate calcaire. La formation de cette enveloppe solide, n'a lieu que peu d'heures avant la ponte de l'œuf; car celui-ci ne pourroit plus acquérir sa grosseur, si la coque étoit formée trop tôt. L'observation d'ailleurs, appuie la vérité de cette présomption. Il faut bien, dans ce cas particulier, supposer qu'il y a momentanément dans l'organe *oviductus*, ou plus haut dans le siège même de l'ovaire, peut-être dans la membrane qui enveloppe extérieurement et immédiatement l'œuf encore nu, un organe sécrétoire d'acide carbonique et de chaux simultanément; organe spécial pourtant, dont les fonctions ne seront pas habituelles et constantes, mais qui auront lieu à des époques marquées, celles des périodes où l'œuf devra être prochainement pondu.

Fontana, un des premiers (je crois), et après lui plusieurs physiciens, ont reçu du sang tout chaud sortant de la veine piquée, sous des clo-

ches remplies de gas oxigène , et préparées exprès. Le sang a rougi : le volume de l'air a diminué ; mais l'on n'a pas eu dans le résidu des signes sensibles d'acide carbonique ; l'oxigène paroissoit donc plutôt absorbé par interposition que par combinaison immédiate ; car pourquoi , comme dans les poumons , n'auroit-on pas eu de suite de l'acide carbonique libre et sensible ? Y a-t-il , à chaque inspiration , d'aussi favorables circonstances d'un contact immédiat de l'oxigène pur et en grande quantité avec le sang , sans l'interposition d'aucune membrane , comme dans l'expérience actuelle ?

On a essayé de faire couler du sang artériel tout chaud dans des cloches remplies de gas hydrogène pur. Le sang a noirci , mais le thermomètre n'a pas paru s'élever au-dessus de la température du même sang ; ce qui auroit dû arriver , si , comme disent les modernes , le sang ne sauroit se charger et d'hydrogène et de carbone interposés , sans précipiter aussi-tôt et en proportion du calorique libre ; d'où ils font dériver la chaleur animale , attendu que la capacité du sang pour le calorique diminue en raison directe du carbone et de l'hydrogène presque libres qu'il contient. Néanmoins dans l'expérience citée , la coloration foncée du sang a prouvé l'absorption de l'hydrogène. Mais il y a plus : c'est que le

gas hydrogène carboné avive tout aussi bien que l'oxigène, cette couleur du sang. Fait qui semble contredire directement la théorie moderne sur sa décoloration par l'hydrogène et le carbone mis à nud.

On avoit calculé la quantité de gas oxigène décomposé dans les poumons pour en déduire la somme de calorique rendu libre, à chaque minute seconde, dans la circulation, d'après les proportions établies par Lavoisier; savoir, 27 oxigène et 73 azote, sur 100 parties d'air atmosphérique. Aujourd'hui il faudra changer les calculs; car le savant Bertholet vient de prouver qu'il n'y a que 23 d'oxigène. Ce n'est pas tout, cependant: on passe très-souvent sans éprouver de variation de chaleur animale sensible (toutes circonstances égales d'ailleurs) d'un air contenant 20 sur 100 d'oxigène, dans un autre n'en contenant que 10 et même 7 pour 100 comme dans les étables, les caveaux et les théâtres pendant l'hiver. L'habitude seule fait tout. Ici, comment se peut-il néanmoins, si nécessairement nous devons décomposer une somme déterminée et très-grande d'oxigène à chaque instant, tant pour fournir à la chaleur animale, que pour décarboniser et déhydrogéner le sang; comment se peut-il que ces étonnantes variations d'atmosphère oxigénée ne produisent pas des effets nuisibles; sur-

tout encore, si l'on fait attention dans ces derniers cas, que plus les proportions d'azote sont excédantes, moins les poumons peuvent aisément séparer l'oxigène de l'air atmosphérique, ce qui se remarque également dans les combustions artificielles? si l'on réfléchit enfin sur ce que les poumons ne se remplissent qu'aux deux tiers de leur capacité d'air atmosphérique, parce qu'ils ne se vident jamais entièrement par l'expiration, et que même en entrant dans les poumons l'air se dilate, et ne sauroit pénétrer dans leurs cavités sans diminuer de masse et augmenter de volume?

Des chimistes d'un très-grand nom et défenseurs de la moderne théorie avouent être descendus dans des puits de mines excavées, au milieu d'une moffète tellement privée d'oxigène que leurs lampes ont dû s'éteindre, sans qu'ils aient sensiblement souffert quant à la respiration. On a des exemples fréquens en Angleterre d'aqueducs souterrains qui s'éroulent à une extrémité, et dont l'éboulement partiel empêche toute ultérieure circulation d'air; alors celui stagnant à la surface de l'eau est presque pur azote, et éteint de suite les chandelles, tandis que les ouvriers vont sans inquiétude réparer les dommages, et n'ont pas même des symptômes légers de suffocation pendant d'assez longs espaces de temps. (Voyez lord Watson, *Chemical essays*, tom. III.)

Si, aussi-tôt que le sang est surchargé d'hydrogène et de carbone, il perdoit sa capacité pour le calorique, comme on l'annonce, tant les chimistes descendus dans les puits des mines, que les travailleurs anglais, auroient dû mourir bien vite de froid, car leur sang n'auroit point réparé le calorique dégagé, et celui sur-tout artériel non décarbonisé ni déhydrogéné, devoit produire des effets très-prompts et très-sensibles, puisqu'il auroit perdu la plus grande partie de son calorique de capacité, sans avoir pu nouvellement s'en recharger au travers des poumons.

Mais allons plus loin. Fordice et d'autres curieux se sont éprouvés à soutenir pendant plusieurs quarts-d'heures consécutifs des températures effrayantes. L'air qu'ils respiroient devoit nécessairement être singulièrement raréfié; ils nous apprennent qu'ils respiroient assez tranquillement, donc ils décarbonisoient et déhydrogénoient bien peu leur sang; et par-là, tant celui veineux que celui artériel devoient être surchargés de carbone et d'hydrogène, et avoir en conséquence une très-petite capacité pour le calorique. Cependant ils nous disent qu'ils ont sué après, vingt-quatre heures de suite, tant leur sang s'étoit chargé de calorique; et sortis du four, ils n'en ont pas moins respiré comme de coutume, malgré le calorique dont leur sang étoit déjà sursaturé.

Le carbone et l'hydrogène bases, dans le sang veineux, sont, nous dit-on, dans un état d'extrême division, de presque entier dégagement, c'est-à-dire réduits à un état de liberté tel, qu'ils se trouvent dans la situation la plus favorable à leur prompt combinaison avec l'oxigène atmosphérique. Pourquoi donc alors ne pourroient-ils pas aussi décomposer les oxides métalliques, animaux et végétaux existans dans le sang, ou même quelques acides ? Ne semble-t-il pas même très-probable que cela arrive, puisque les citoyens Parmentier, Deyeux et Bayen ont presque démontré que sa couleur rouge dépendoit de l'oxide de fer combiné avec la soude caustique, et que cette expérience a réussi à ces savans expérimentateurs même hors du corps humain. Voyez leurs Mémoires sur le Sang, insérés dans le *Journal de Physique, Chimie et d'Histoire naturelle*, par Delamétherie. Cet oxide de fer se désoxidant dans le cours de la circulation, vient reprendre de l'oxigène à son passage par les poumons.

Nous n'avons, comme on le voit, aucune donnée constante sur la quantité d'oxigène absorbé par le sang dans l'acte de la respiration; l'air atmosphérique même qui nous le fournit subit quelquefois des variations telles, selon les localités, dans les proportions de ses principes constitutifs, qu'elles sembleroient le rendre inepte

à cette fonction, tandis que la chaleur animale et la santé n'en sont pas altérées sensiblement, quoique pourtant les physiologistes se persuadent presque tous que le sang, en peu de minutes, a fait son tour dans le petit *monde microscopique*. (Quelques physiciens ont même établi des expériences contradictoires sur la quantité d'oxigène retenu dans les poumons à chaque inspiration.) Enfin on se trouve, après de tels faits et de telles réflexions, encore plus embarrassé, quand on réfléchit sur la quantité de calorique nécessaire à maintenir à l'état de gasification cette somme prodigieuse de substance de la transpiration insensible établie et prouvée par Sanctorius; quand on considère la quantité que les vapeurs et l'air, sortant des poumons, en emportent à chaque expiration, celle qu'en exigent toutes les sécrétions et excréctions, et même nos urines, souvent très-copieuses; ce qu'il en faut pour maintenir constamment toute la masse du corps à trente-deux degrés réaumurien, tandis que sa surface est en contact perpétuel avec des corps étrangers assez bons conducteurs du calorique, et toujours plus bas qu'elle en température; et que la locomotion facilite encore cette déperdition. Si pourtant l'on calculoit toute la quantité de carbone brûlée en 24 heures par la combustion pulmonaire, je suis persuadé qu'on auroit bien de la peine à prouver que le ca-

lorique que peut fournir cette combustion, puisse suffire à cette prodigieuse dépense qu'en fait ainsi chaque jour la masse de notre corps. Quant à la formation de l'eau dans les poumons, elle est entièrement hypothétique, démontrée possible mais non pas réelle; puisque le poumon est un organe qu'on peut considérer comme dans un état de perpétuelle et abondante transpiration sensible; à raison de la quantité de sang qu'il transmet à chaque instant, et de la température du lieu où il se trouve; or on n'a jamais supposé que la sueur des autres parties du corps humain fût le produit d'une combustion actuelle à la périphérie du corps, due à la fixation de la base oxigène atmosphérique, sur la base hydrogène du sang des dernières extrémités capillaires.

On pourroit ici placer deux réflexions encore. La première, qu'on peut faire brûler sur sa main de l'éther ou de l'alkool très-concentrés, sans éprouver une production de chaleur bien étonnante; il n'y a ici qu'hydrogène et carbone, brûlant aux dépens de l'air atmosphérique, dans leur état presque naissant; et le résultat de leur combustion est vraiment acide carbonique et eau. Mais combien croit-on qu'il faudroit d'onces d'alkool pour suppléer la déperdition de calorique que fait à chaque heure

le corps de l'homme, à en juger par la foible température produite par une once brûlée sur la main ? car dans les poumons, la nature n'a pas employé des moyens particuliers pour isoler et retenir plus efficacement le calorique ; en conséquence, pleine liberté à lui de s'échapper dès qu'il y est dégagé. Enfin y a-t-il une comparaison à établir entre le peu de carbonate de chaux que peut donner dans une heure la respiration, et celui obtenu de la combustion de quelques onces d'alkool ?

Il y a plus : on a vu des personnes être consumées dans l'espace de peu d'heures par une combustion spontanée, sur-tout après l'abus fréquent de liqueurs spiritueuses. Je ne citerai ici que quelques exemples rapportés par des auteurs dignes de foi, et qu'on ne sauroit accuser de crédulité, sans entrer dans l'histoire des détails minutieux de chaque fait. (*Voyez* Essai sur les combustions humaines, par Pierre-Aimé Lair.)

On lit dans les actes de Copenhague, qu'en 1692 une femme du peuple, dont la nourriture consistoit presque uniquement dans un usage immodéré des liqueurs spiritueuses, fut trouvée un matin consumée entièrement, excepté les dernières articulations des doigts et le crâne. Jacobæus ajoute que le reste du corps fut réduit en cendres.

L'*Annual Register* de Londres pour 1763,
cite

cite l'exemple d'une dame âgée d'à-peu-près 60 ans, qui, s'étant mise au lit après avoir renvoyé sa fille de chambre, fut trouvée par celle-ci, le lendemain au matin, presque entièrement incinérée; à quatre pas du lit étoit un monceau de cendres dans lesquelles se trouvoient la tête et les deux jambes intactes. L'*Annual Register* ajoute que cette dame avoit coutume de se laver tous les soirs avec de l'esprit-de-vin camphré. Scipione Maffey, contemporain de Bianchini, atteste également ce fait, ainsi que Paul Rolli.

On peut lire dans le même passage, deux faits de même nature arrivés, l'un à Southampton et l'autre à Coventry. On trouve encore une lettre du chirurgien Wilmer, consignée dans le même journal (an 1773, tom. XVIII, pag. 78), qui rapporte l'exemple d'une femme âgée de 50 ans, très-adonnée à l'ivrognerie, buvant depuis un an et demi une pinte de rum ou d'eau-de-vie par jour, et qui fut trouvée presque entièrement réduite en cendres, entre sa cheminée et son lit, sans que les couvertures et autres meubles eussent beaucoup souffert; ce qui mérite attention.

On rencontre dans l'*Encyclopédie méthodique*, art. ANATOMIE PATHOLOGIQUE DE L'HOMME, l'histoire d'une femme d'environ 50 ans, qui faisant un abus continuel de liqueurs spiritueuses, fut également consumée dans l'espace de peu

d'heures. Vicq-d'Azyr, qui cite le fait, loin de le contester, assure qu'il en existe beaucoup d'autres semblables.

On en trouve de semblables dans les *Acta medica et philosophica Hafniensia*, et dans le livre de *Henri Bohanser*, intitulé *le Nouveau phosphore enflammé*, où il est dit qu'une femme de Paris, qui depuis trois ans buvoit de l'esprit-de-vin en forte quantité, fut trouvée dans une matinée entièrement consumée, excepté le crâne et l'extrémité des doigts.

Les *Mémoires de la Société royale de Londres* offrent un phénomène aussi frappant. Une nommée *Grace-Pitt*, femme d'un marchand de poissons de Saint-Clément d'Ipswich, duché de Suffolk, âgée d'environ 60 ans, fut trouvée incinérée un matin, après avoir, dit-on, bu largement des liqueurs spiritueuses le soir antécédent. Les meubles n'avoient pas beaucoup souffert et le feu du foyer de sa cheminée étoit entièrement éteint. Ce fait est attesté par une foule de témoins oculaires; et plusieurs rapports publiés sur ce sujet, ont tous entr'eux la plus grande uniformité.

Le Cat, dans un *Mémoire sur les incendies spontanés*, cite plusieurs cas de combustions humaines de ce genre.

Le *Journal de Médecine* (tom. LIX, p. 440), rapporte avec détail deux exemples très-inté-

ressans, décrits par des gens de l'art, qui n'élèvent aucun doute sur l'authenticité des faits qu'ils décrivent. Dans tous ces cas, sûrement la température excessive développée dans tout le corps en si peu de temps, étoit bien indépendante de l'acte de la respiration (1).

(1) En considérant la chaleur animale comme provenant du calorique libre et précipité par les nouveaux produits formés incessamment dans le torrent de la circulation, par l'action des différens organes au travers desquels les principes constitutifs du sang sont perpétuellement modifiés, il seroit possible de ne voir dans ces combustions humaines, subites et spontanées, que des effets très-analogues à ceux des poudres détonantes formées d'oxides métalliques et de bases gasifiables unies et concrétées ensemble; avec cette différence seulement, que dans ces poudres l'oxigène est fourni par des oxides métalliques, tandis que dans le corps humain il sera fourni par des oxides végétaux ou animaux, également enveloppés et dissous par des bases gasifiables, solidifiées jusqu'à un certain point. En effet les oxides métalliques ne forment des poudres détonantes qu'autant qu'ils contiennent l'oxigène peu adhérent, et combiné avec une très-forte dose de calorique; aussi les oxides d'or, d'argent, de mercure (et très-probablement de nickel), sont les seuls à-peu-près reconnus propres à ces sortes de compositions. Ces oxides sont ou dissous par l'ammoniac, ou par l'alkool, ou par l'éther, ou par divers gas hydrogènes, ou même par des corps solides éminemment combustibles, le phosphore par exemple.

L'hydrogène concrété est le plus efficace pour les dé-

On a calculé la chaleur animale d'après les ingénieuses et patientes expériences de Crawford

tonations, parce qu'il exige le plus d'oxygène pour sa saturation lorsqu'il doit passer à l'état d'eau, et qu'il n'a pas de degrés intermédiaires d'oxygénation; or il faut six parties d'oxygène pour en saturer une d'hydrogène, il n'en faut que deux et demie à-peu-près pour saturer une partie de carbone, une et demie pour saturer une partie de phosphore, enfin une seule pour saturer une partie de soufre. Les deux derniers même peuvent ne pas s'acidifier complètement, et alors ils en absorbent moins; tandis que les premiers corps n'ont pas de degrés progressifs d'oxygénation. On ne sauroit déterminer encore lequel de tous ces corps, supposés également privés de toute combinaison étrangère, également spoliés de calorique de combinaison, également concrétés, exerceroit le plus d'attraction pour l'oxygène. Très-probablement ils ne diffèrent que de très-peu dans leur énergie d'affinité pour lui; mais on voit que l'hydrogène concrété produira les plus prompts effets de désoxygénation sur les oxides quelconques, puisque dans le même temps qu'une molécule de carbone absorbera deux molécules d'oxygène pour sa saturation, dans le même instant une molécule d'hydrogène en absorbera cinq, le phosphore une, et le soufre à-peu-près autant; d'où l'on peut conclure que deux molécules d'hydrogène désoxygéneront aussi complètement quelques parties d'oxides métalliques que le feroient cinq molécules de carbone et huit molécules de soufre ou de phosphore, toutes prises à poids égal. Deux molécules d'hydrogène pourront donc rendre libre presque cinq fois autant de calorique en se saturant d'oxygène,

sur la capacité pour le calorique des différens gas. Celle du gas hydrogène est, selon les calculs de cet

que cinq molécules de charbon et huit parties des autres combustibles. Il est vrai que les différens produits de ces combustions n'ont pas tous la même capacité; mais cette différence ne va jamais au point d'égaliser leur différence dans la quantité de calorique qu'ils rendent libre dans le même espace de temps, en exigeant de si différentes doses d'oxigène pour s'oxigèner à saturation.

On aura donc des poudres d'autant plus promptes dans leurs effets, qu'on aura fixé plus d'hydrogène sur un oxide métallique, et que cet oxide lui-même contiendra l'oxigène moins adhérent et plus chargé de calorique.

Un des moyens les plus efficaces de fixer l'hydrogène concret sur les oxides métalliques, c'est de combiner ceux-ci avec l'ammoniac, qui contient une partie d'hydrogène sur quatre d'azote. Ce dernier ne peut servir efficacement à la détonation, qu'autant qu'il ne passe qu'à l'état d'oxide nitreux; car dès qu'il se convertit en acide, il absorbe l'oxigène, sans donner presque aucune température, comme nous le montrent tous les jours les *eudiomètres à air nitreux*. La base azote prend deux fois son poids d'oxigène, pour se changer en oxide.

Un autre moyen, c'est d'employer l'alkool, qui contient une quantité d'hydrogène à-peu-près quatre fois plus forte que celle du carbone, qui entre aussi dans sa formation ainsi que l'oxigène. Il est des acides végétaux qui contiennent une grande quantité d'hydrogène fixé; alors ces acides sont très-propres à produire de fortes détonations par la combustion de l'hydrogène et du carbone qui forment leur base acidifiable. L'éther qui peut

habile physicien, vraiment surprenante; celle

être regardé comme une dissolution liquide d'hydrogène carboné, produiroit sans doute les plus prompts effets, ainsi que tous les gas hydrogène, sulfuré, phosphoré, &c. s'ils étoient rendus concrets sur des oxides minéraux. Le nitrate de potasse ne forme des poudres fulminantes, combinées avec les sulfures alkalis, que parce que ces derniers fournissent une quantité de gas sulfuré concret, instantanément formé, ou déjà préexistant. Il y a dans la poudre à canon de l'hydrogène, celui combiné avec le charbon qui entre dans sa composition : l'analyse d'ailleurs y a prouvé l'existence d'un sulfure tout formé, même dans son état de plus parfaite conservation; ici l'oxigène existe dans l'acide nitrique au lieu d'être fourni par un oxide métallique, mais il est combiné dans cet acide à-peu-près avec la même quantité de calorique, qu'il se trouve l'être dans les oxides métalliques fulminans. Aussi la détonation est toujours relative dans ses effets et à la quantité d'oxigène absorbée dans un même temps, et à celle du calorique rendu libre par cette absorption. L'hydrogène sera donc le plus propre à donner les plus violentes détonations, puisqu'il décompose, dans un même espace de temps, les deux tiers de plus d'oxides ou d'acides, avec un même poids de sa substance, que ne peuvent faire toutes les autres bases éminemment combustibles, employées en même poids.

L'instantanéité du dégagement du calorique semble être, d'un autre côté la cause, au moins principale (si elle n'est l'unique) des effets de détonation. Une même quantité de calorique dégagée successivement en vingt

de l'oxygène fournit également de très-favorables

centièmes de seconde de minute, par exemple, au lieu d'être dégagée dans une ou deux centièmes, produira des effets quinze ou dix-huit fois plus foibles ; et si cent molécules de calorique dégagées simultanément, pourront détruire autour d'elles cent points résistans qu'elles rencontreront, la sphère cependant de leur effet ne s'étendra pas au-delà du nombre de ces cent molécules les plus proches, qui peuvent suffire à éteindre leur mouvement. Ces effets pourront donc s'étendre seulement à deux, trois, quatre ou cinq couches successives de l'épaisseur du corps, selon sa nature. Et alors tout le ravage et les marques de destruction n'auront point manifesté d'effets extérieurs, et seront restés concentrés autour du point où s'est faite la combustion, à moins que la production ou la dilatation de quelques gas n'ait accompagné les efforts des molécules de calorique rendu libre. Mais si au lieu de cent molécules ignées, dégagées dans le même instant, vous en supposez deux cent mille, les effets seront proportionnels; cependant si vous opérez ce dernier dégagement par succession de temps, la somme du mouvement des molécules du calorique sera répartie en autant d'intervalles différens, et les molécules des corps auront le temps de se transmettre ce mouvement les unes aux autres sans en être surchargées momentanément, au point de devoir être séparées et projetées au loin.

Venons à l'application de ces principes, aux exemples de combustions humaines spontanées. Presque tous les sujets qui ont fourni les exemples cités, avoient surchargé leur sang de la base hydrogène concrétée, par l'abus des liqueurs spiritueuses; presque tous étoient dans un âge

données pour la calorification des corps avec peu

où l'on pouvoit supposer les principes solides de leur corps très-oxidés : il suffisoit donc qu'une fois l'inflammation eût lieu dans un des points de leur corps, pour qu'elle dût se propager dans tout le système vasculaire, artériel et veineux, par la combustion de l'hydrogène et du carbone contenus concrets en très-grande quantité dans ce fluide général, et opérée aux dépens de l'oxigène de tous les oxides et acides animaux contenus dans le sang et les parties solides (à-peu-près comme dans les détonations fulminantes, excepté qu'ici les oxides n'étoient pas métalliques). Les parties qui environnoient les points où s'opéroit cette singulière et prompte combustion animale, étant molles ou liquides, ont été pénétrées sans explosion par le calorique dégagé; car les explosions sont toujours dues à l'élasticité plus ou moins grande des corps résistans. Les corps, dans ces combustions, étant absolument mous, le mouvement a été amorti, et par-là, plus de détonation qui ait dû s'ensuivre; d'ailleurs ces combustions humaines se seront faites avec une succession de temps suffisante pour que les molécules du calorique aient pénétré les parties intégrantes du corps, assez lentement, pour ne pas les écarter au loin, quoiqu'assez abondantes pour les désorganiser entièrement et les obliger à former entr'elles de nouveaux produits par l'excès de température momentanée. Les os même ont pu être altérés ou détruits: car les vaisseaux sanguins se ramifiant dans toutes les parties solides à l'infini, on conçoit que la combustion se sera propagée dans leurs subdivisions comme par autant de petits chemins, et aura porté son action dans tous les points où il y avoit circulation sanguine.

d'oxygène gas décomposé. Je demande actuellement, si l'on a réfléchi (en supposant les capacités si positives), comment, en versant sur trois livres de zinc finement pulvérisé, six livres d'acide muriatique liquide à 50 degrés de Réaumur, le mélange ne se glace pas sur-le-champ, attendu l'immense quantité de calorique que doit emporter avec lui le gas hydrogène, dont le dégagement est très-abondant, sur-tout quand on verse sur le mélange un peu d'eau bouillante, ou qu'on augmente par un réchaud la température. Le thermomètre monte, placé dans le mélange : cependant, selon Crawford, l'oxide de zinc a plus de capacité pour le calorique que le zinc pur ; le muriate de zinc, en se dissolvant, donne également du froid ; pourquoi donc le mélange ne se glace-t-il pas ?

Si la mesure des capacités des gas pour le calorique est si sûre ; pourquoi, en versant de l'acide nitrique sur du mercure ou de l'argent, y a-t-il dégagement et de gas azote, et de gas oxide azote, et de gas acide nitreux, oxidation du mercure, et production d'une forte température dans le mélange, au point qu'on peut la faire dépasser le 80° degré réaumurien, par la quantité des substances mises à réagir ? Qui ne sait pourtant que l'oxide de mercure contient une dose de calorique suffisante à faire brûler le zinc pur, si on les

fait réagir entr'eux ; ce que ne font pas les autres oxides ? Qui ne sait pas que dans les expériences eudiométriques , quand on brûle par l'oxigène l'oxide gazeux d'azote , il y a production de chaleur ? Preuve que les gas , en se combinant base à base , précipitent du calorique , qu'ils devroient nécessairement reprendre s'ils reparoissoient sous la forme de gas. On est parvenu aujourd'hui à brûler des corps , le phosphore , par exemple , à l'aide de la décomposition du gas oxide d'azote : on voit qu'alors il faut que le gas , pur azote résidu de la décomposition , ait une bien petite quantité de calorique de capacité , puisque son oxide gazeux peut encore en perdre sans qu'il lui en manque pour passer à l'état de gas plus volumineux qu'auparavant ; ce qui sembleroit contradictoire avec les précieuses et toujours instructives expériences de Crawford , qui suppose aux gas de si énormes capacités pour le calorique (1).

Les modernes s'accordent presque tous à dire , et l'expérience le confirme , que les liquides sont très-mauvais conducteurs du calorique , c'est-à-dire , qu'ils s'en chargent très-lentement : pour-

(1) Crawford dit ingénument dans sa seconde édition , que les dernières capacités qu'il propose pour les gas sont presque de moitié moindres que celles qu'il avoit d'abord publiées. A quelle suspension de jugement cela mène !

quoï donc le sang des poumons auroit-il une prérogative à lui seul, tandis que hors du corps, et tout récemment extrait, il montre des propriétés à cet égard analogues à celles des autres fluides ?

En effet, la combustion de l'hydrogène et du carbone du sang ne peut se faire qu'à la surface du sang veineux, au travers des réseaux pulmonaires bronchiaux. Le dégagement du calorique devra donc être également superficiel ; car on ne voudra pas supposer que l'oxigène passe dans l'intérieur des colonnes de sang, ce qui annoncerait deux choses opposées à la théorie moderne ; l'une l'absorption de l'oxigène sans décomposition, au moins momentanée ; et l'autre la nécessité d'une transpiration d'acide carbonique, formé extemporanément dans le sang, au travers des membranes pulmonaires et vasculaires. Si ce dégagement de calorique est superficiel, pourquoi celui-ci devra-t-il être de suite absorbé par un liquide très-mauvais conducteur, le sang ? Mais, répond-on, le sang, en perdant son carbone et son hydrogène de surcharge et presque libres, peut doubler, tripler sa capacité pour le calorique. Par quelle prérogative encore ici, demandé-je, ce fluide a-t-il pu acquérir tant de capacité sans avoir changé d'état ? Car l'expérience nous montre que cela n'a lieu

pour aucun autre fluide connu. D'ailleurs, dans des absorptions d'hydrogène et de carbone opérées hors du corps, sur du sang tout chaud et tout récent, il n'a pas paru perdre sensiblement de sa capacité pour le calorique : au moins dans des expériences assez délicates, faites sur du sang mis en contact avec du gas hydrogène carboné.

Passons à un autre ordre de phénomènes, c'est-à-dire, de ceux qui paroissent être presque-entièrement l'effet prompt de l'action des nerfs. Une affection d'ame imprévue et violente, glace sur-le-champ la surface du corps, tandis que des cadavres, sur-tout ceux suffoqués hors de l'eau, conservent une haute température après l'entière cessation de la circulation; on rappelle certains asphixiés à la vie par des alkalis, des acides : sur-le-champ la chaleur reparoît avant que le sang ait eu le temps de tout repasser en circulation par les poumons. On a vu quelquefois l'action d'un remède ou d'un corps étranger séjournant dans le ventricule, donner tantôt des frissons, tantôt des convulsions horribles; avec des passages très-prompts de la sueur au froid, et de celui-ci à des bouffées de chaleur qui incommodoient le malade. Comment l'oxigène dans tous ces cas joue-t-il son rôle ?

N'a-t-on pas vu quelquefois encore des vomis-

semens et des sécrétions de larmes et d'autres humeurs qui étoient , comme on le dit vulgairement , glacées ; voilà donc de ces cas particuliers où , dans certains organes , la température étoit prodigieusement affoiblie par la différente et momentanée modification des organes sécrétoires , qui changeoient les propriétés de capacité de leurs humeurs excrétées.

L'anatomie encore va augmenter nos incertitudes touchant la moderne théorie. *Percival* a vu des cadavres , dont les sujets , jusqu'à leur mort , conservoient une température très-élevée , et dans lesquels cependant il a trouvé le gros tronc de l'aorte entièrement détruit. Il a vu , et d'autres ont vu ainsi que lui , des phthisiques ulcéreux , dont la substance pulmonaire étoit presque entièrement consumée ; on pouvoit même conjecturer avec fondement dans ces derniers cas , que tout l'oxigène arrivant dans le peu d'organe pulmonaire restant , étoit fixé et retenu par le pus qui se formoit.

On cite des exemples d'animaux nés sans communication ouverte avec les poumons , la bouche et les narines étant collées , ou sans ouverture apparente. Ces animaux ont vécu quelquefois au-delà de la journée , en conservant leur chaleur animale.

C'est assez accumuler de faits ; voyons s'il est possible d'abord d'assigner à l'oxigène une fonc-

tion si essentielle à la vie que nous ne puissions nous en passer, et si cette destination de l'oxygène, voulue par la nature, quadre avec la physiologie animale d'une manière directe et prouvée par les faits. Examinons ensuite si nous ne pourrions pas, sans l'intervention du calorique dégagé de l'oxygène, expliquer les phénomènes de la chaleur animale.

On ne sauroit disconvenir que dès que les expériences du galvanisme ont été répandues, on ne se soit beaucoup plus attaché à examiner et approfondir les causes et les phénomènes de l'irritabilité animale. On a tenté les différens agens qui pouvoient plus ou moins exciter cette puissance. Les gas n'ont point été oubliés, et on leur a découvert des propriétés très-différentes. On a vu que le gas hydrogène assoupiroit ou éteignoit l'irritabilité, que le gas oxygène et les composés où il entre en quantité et avec peu d'union, réveilloient puissamment cette faculté assoupie. L'analogie a bientôt conduit plus loin, on a essayé les propriétés des gas sur l'irritabilité des êtres vivans. Plusieurs physiciens distingués, et excellens pathologistes, ont observé que les gas agissoient très-différemment les uns des autres, et que leurs effets étoient efficaces et bien prononcés. Ils nous ont appris, par exemple, que le gas hydrogène pur étoit un somnifère,

que lorsqu'il étoit carboné, il donnoit des vertiges, et même pouvoit causer des apoplexies; que le gas acide carbonique tuoit toute irritabilité musculaire; que le gas azote avoit une propriété assoupissante; que le gas oxide d'azote étoit un puissant tonique; enfin que le gas oxigène étoit un stimulus très-actif, dont la fibre pouvoit être excédée et non jamais fatiguée par une application modérée, comme la rétine en état de santé n'est jamais fatiguée par une lumière tempérée.

Ils ont poussé la chose jusqu'au point d'anéantir quelques parties de leur corps, et de la plonger dans différentes espèces de gas: ils ont remarqué des effets analogues à ceux déjà énoncés, quant à l'excitement ou à l'assoupissement de la fibre. Le gas oxigène même procuroit les plus vives sensations en provoquant l'inflammation.

Les expériences sur les effets des différens gas inspirés, ne portent donc plus aucun doute avec elles, il ne s'agit plus que de bien préciser les circonstances, et les proportions de ces mélanges ou combinaisons gazeuses. Aussi ces premiers aperçus lumineux ont-ils d'abord rectifié certaines idées prématurées sur les morts produites par le charbon, attribuées à la privation seule de l'oxigène: tandis qu'on sait actuellement que c'est à l'action délétère de l'acide carbonique souvent combiné avec d'autres substances qui augmentent

ses effets pernicieux, que sont dus de semblables accidens. Je dirai à ce propos que l'on est même autorisé, d'après bien des observations, à croire que deux gas peuvent s'unir entr'eux de telle façon, en se dissolvant, pour ainsi dire, l'un l'autre, qu'il en résulte un composé doué de propriétés nouvelles sur la fibre animale; comme on voit l'azote phosphoré, l'hydrogène sulfuré, ou même simplement uni à l'eau, acquérir des nouvelles et frappantes qualités. Peut-être le gas aqueux pur, en se combinant ou avec l'azote, ou avec l'hydrogène, ou avec l'oxigène, ou avec l'acide carbonique, ou avec des composés gazeux d'une, ou de deux, ou de trois seulement de ces substances gasiformes, tantôt plus, tantôt moins chargées de base électrique, acquiert-il un état particulier qui le rend ensuite indécomposable? Il formera alors, des produits aériformes surcomposés d'une nature particulière, dont quelques-uns pourront très-bien jouer le rôle de miasmes, par eux-mêmes, ou par leur faculté de dissoudre quelques corps très-ordinaires et innocens par leur nature, mais dont l'état surcomposé aura des effets très-dangereux; que pourront alors nous indiquer tous les eudiomètres du monde, concernant la salubrité de l'air et la nature intime des miasmes? Que de circonspection, que de profondes méditations ne doivent pas inspirer

inspirer aux jeunes médecins de semblables réflexions.

Les animaux à sang chaud sont ceux dont la fibre est plus difficilement irritée, et dont les fonctions d'animalisation et de nutrition sont plus étendues et plus précipitées, dont les organes en conséquence ont besoin de plus de stimulus. C'est ceux-là aussi que la nature a pourvus d'organes plus amples pour l'absorption de l'oxigène, et dans lesquels toute la masse du sang vient fréquemment en contact avec lui dans les cavités pulmonaires. Les amphibies, les animaux à sang froid ont une fibre infiniment plus irritable que les animaux à sang chaud, jusqu'au point que le courant galvanique passant d'un animal à sang chaud sur un animal à sang froid, irrite puissamment ce dernier. Son passage dans le sens contraire n'excite aucun mouvement. Certaines parties du corps enflammées perdent toute susceptibilité de galvanisme, comme si cette propriété diminueoit à mesure que les parties approchent le plus d'une vigueur excessive. Les animaux à sang froid sont long-temps à croître, ils font lentement leur assimilation; aussi la nature leur a-t-elle donné des organes qui n'absorbent que partiellement un peu d'oxigène, assez seulement pour entretenir ce jeu lent de leurs fonctions; les poissons même, et certains reptiles accoutumés à

vivre dans une atmosphère très-peu oxigénée, meurent de suite par l'excès de stimulus, lorsqu'ils sont plongés dans le pur oxigène. Qui n'a pas vu avec quelle promptitude périssent différentes espèces de poissons exposés à l'air. Parmi les animaux amphibiques ceux qui, quoique d'espèce à sang froid, peuvent vivre au milieu d'une atmosphère quelconque même la plus oxigénée, ont, d'autre part, la propriété de pouvoir à volonté suspendre leur respiration, pour ne prendre que la quantité d'oxigène stimulant propre à leur organisation; en général plus les animaux sont irritables et plus leurs fonctions sont lentes dans la préparation des sucs assimilés et nourriciers; moins ils absorbent proportionnellement d'oxigène, et moins leurs organes respiratoires sont parfaits et étendus. Au contraire, plus les animaux sont sourds et durs à l'excitement, plus leurs fonctions sont actives et étendues; plus aussi leurs organes respiratoires sont vastes et parfaits, et plus ils ont besoin d'une atmosphère proportionnellement oxigénée. Je crois que cette puissance excitatrice de l'oxigène, explique le *pabulum vitæ* que les anciens disoient exister dans l'air. Ils croyoient à l'absorption d'un principe dans l'acte de la respiration, ils en faisoient la vie du corps animé, c'étoit là l'oxigène stimulant dont ils ignoroient les propriétés

décrotées par la nature sur l'excitabilité de tout le système animal. Nous concevons aisément d'après cela pourquoi certains oxides, sur-tout métalliques, dans lesquels l'oxigène est lâchement combiné, ainsi que certains acides, seront souvent de puissans stimulans pris intérieurement, ou même appliqués à la surface du corps.

L'oxigène paroît d'autant plus vraisemblablement être le stimulus approprié à l'excitabilité animale, et destiné à cet emploi par la nature, qu'on observe qu'elle a pourvu de plus nombreux vaisseaux, les organes qui devoient exercer le plus de force et de mouvement; il y a même plus: les parties les moins irritables et les moins sensibles le deviennent extrêmement, dès que leurs vaisseaux arrivent à s'engorger par inflammation. Nous ne pouvons plus supporter la lumière lorsque la sclérotique est enflammée. Les tendons, les os deviennent cruellement sensibles et douloureux, dès qu'ils passent à l'inflammation; en un mot, par-tout où il y a augmentation de circulation, là il y a accroissement d'excitabilité, parce que l'oxigène peut arriver par-tout où le sang artériel pénètre. On a même prouvé (le docteur Fowler) que quand la cuisse d'une grenouille, ou de tout autre animal, avoit perdu, par une hémorragie artificielle, une copieuse quan-

tité de sang, et se trouvoit par-là dans un état d'atonie vasculaire considérable, tandis que l'autre cuisse conservoit le ton ordinaire de ses artères et de ses veines, la cuisse atonique n'étoit presque plus sensible à l'action du galvanisme, pendant que l'autre en étoit puissamment affectée; tant il semble y avoir une correspondance étroite entre l'excitabilité, et le sang : seul véhicule universel de l'oxigène dans toutes les parties.

On a essayé encore d'injecter une quantité assez considérable de gas oxigène dans la veine jugulaire d'un chien. On lui ouvrit peu de temps après le thorax. On trouva que le péricarde et le cœur avoient une irritabilité plus qu'ordinaire. Les mouvemens de sistole et diastole se soutinrent plus d'une heure après. Le sang de l'oreillette droite étoit d'un beau vermeil, aussi vif que celui de l'oreillette gauche. Celui contenu dans le ventricule gauche, dans le tronc de l'aorte et ses principales ramifications, étoit également d'un rouge vif éclatant, quoique mêlé de quelques bulles d'air. Tous les muscles furent trouvés plus irritables que de coutume. A mesure que le cœur et les artères se vidoient, l'irritabilité musculaire diminoit progressivement. On voit bien clairement par cette expérience, que chacun peut à son aise répéter, qu'il n'y a pas eu production d'acide carbonique par l'introduction de l'oxi-

gène dans le sang, mais que l'oxigène est resté dissous et interposé, provoquant et soutenant très-efficacement l'excitabilité. Le sang n'a été ni décarbonisé, ni déhydrogéné, et néanmoins il a pu reprendre sa belle couleur vermeille et ses propriétés stimulantes. Au surplus, ceux à qui on fait respirer le gas oxigène pur, ressentent bientôt une énergie, dans tout le système musculaire, bien supérieure à celle accoutumée.

L'introduction du gas azoté à la place du gas oxigène, a produit des effets tout opposés. Le thorax ouvert, on a trouvé le péricarde, l'oreillette et le ventricule droit gorgés d'un sang noirâtre; le ventricule gauche contenoit du sang rouge à-peu-près comme de coutume; mais tous les muscles (ce qu'il est important et curieux d'observer) avoient entièrement perdu leur excitabilité; les plus puissans stimulus, l'éther, le fluide électrique, réveilloient à peine quelques restes d'irritabilité.

Si vous interceptez la circulation par des ligatures faites sur quelques membres, ces parties perdront presque de suite leur excitabilité galvanique. Si vous accélérez la circulation, l'irritabilité deviendra plus forte. Qu'opposera-t-on à ces expériences? Dès que le sang artériel n'est pas renouvelé par la circulation, il n'y a plus d'excitabilité, parce qu'il n'y a pas un renouvellement

d'oxigène, qui sans doute finit par disparaître, passant à quelque état de combinaison dans la circulation successive et perpétuelle. L'oxigène, comme stimulus, peut être cependant en partie suppléé par quelque autre excitant, dont l'action sur les nerfs soit connue pour être aussi universelle et constante, quoique moins essentielle: par le calorique par exemple: car on s'est assuré que les respirations sont beaucoup moins fréquentes dans les bains chauds qu'en plein air.

Fordyce placé dans une étuve excessivement chaude, respiroit lentement, quoique le pouls battit très-vîte.

Mais nous connoissons plusieurs autres stimulus qui se suppléent ainsi mutuellement. Les liqueurs fortes appaisent pour quelque temps les symptômes de la faim, de la soif. Elles peuvent encore suppléer momentanément le stimulus universel du sang; car après d'abondantes hémorragies, les vins généreux soutiennent la vitalité, qui à défaut de cet excitant ou d'autres analogues, cesseroit bientôt de pouvoir se maintenir.

On pourroit objecter à la théorie de l'oxigène, comme stimulus général et essentiel du corps humain (sans interdire l'influence des nerfs), que les veines, et sur-tout le ventricule droit, ne devroient pas avoir d'excitabilité ou du moins une très-foible, le sang qu'ils transmettent étant très-

peu oxigéné; ce qui, sur-tout, devrait être sensible pour le ventricule droit qui reçoit le dernier sang veineux, en conséquence le plus désoxigéné; et qui pourtant doit conserver une irritabilité au moins égale à celle du ventricule gauche. L'anatomie nous fournit la réponse. Les moindres ramifications veineuses ont leurs artères particulières, pour servir à leur nutrition, et porter à-la-fois le stimulus efficace et universel d'excitabilité, l'oxigène. Ces vaisseaux peuvent donc se conserver très-irritables, et obéir aux stimulans qui leur sont propres. Les vaisseaux coronaires artériels portent également la cause de l'excitabilité dans toute la substance du ventricule droit et de son oreillette; il peut donc se maintenir très-irritable, quelle que soit l'oxigénation plus ou moins grande du sang qu'il reçoit et transmet, si ce dernier n'est pas altéré par d'autres causes.

Cette observation pourroit jeter quelque jour peut-être sur la cause des paralysies incomplètes produites par la seule cessation de l'action des nerfs qui appartiennent à quelques muscles, tandis que ceux-ci se paralysent complètement par la seule section des artères. Dans les premiers cas, les vaisseaux conservoient aux muscles qu'ils arrosoient une disposition à l'excitabilité, maintenue par l'oxigène que le sang porte avec lui; ils pouvoient donc ainsi donner encore quelque marque

d'irritabilité conservée, lorsqu'ils étoient stimulés par différens agens, l'électricité par exemple.

Des expériences directes (dont on peut voir le détail intéressant dans une dissertation inaugurable du docteur G. C. de la Rive, publiée à Edimbourg en 1797), nous ont encore récemment confirmé que l'union de l'oxigène avec le sang, telle qu'on l'observe dans la respiration, ne produit absolument point de chaleur sensible. D'ailleurs, la vivacité de couleur que prend le sang, par le contact du gas oxigène, peut également se manifester par un mélange mécanique de plusieurs sels neutres, qui ayent pour dissolvant l'acide muriatique qu'on sait être indécomposable; ce qui nous prouve toujours mieux que sans oxigène et sans décarbonisation ni déhydrogénation, le sang peut subir plus ou moins de variations accidentelles dans l'intensité de sa couleur; d'où l'on peut conclure que l'oxigène absorbé par le sang dans l'acte de la respiration, y joue un rôle assez différent de celui qu'on avoit d'abord cru devoir lui attribuer exclusivement, la calorification et la coloration du sang.

Je ne vois pas de moyens non plus d'expliquer dans toute autre théorie fondée, que la nôtre, les exemples curieux de certains individus de l'espèce humaine qui ont vécu conservant leur embonpoint et leur chaleur naturelle plusieurs

années de suite sans aucune espèce d'alimens ou boissons quelconques, tel qu'on en voyoit un il n'y a pas encore deux ans près de Genève, dont l'histoire authentique, bien vérifiée par les premiers savans et physiciens de ce pays là, est consignée au long dans la Bibliothèque Britannique. Il faut presque nécessairement supposer dans de pareils cas que l'oxigène aura pu servir à de tels individus, de stimulus perpétuel pour entretenir la circulation et l'usage des fonctions; cette circulation aura pu produire la chaleur d'après ce que nous avons amplement détaillé, en parlant des expériences de Rumford sur le calorique dégagé par le frottement, tandis que le peu de substances qu'ils auront pu absorber de l'atmosphère, aura suffi à réparer les déperditions souffertes. Cette absorption aura eu lieu par les pores inhalans, qui auront transmis les substances absorbées dans le torrent de la circulation où elles auront été lentement digérées et assimilées. Car on sait que les vapeurs animales et les bains nourrissent. Mais si l'oxigène atmosphérique eût dû toujours emporter à l'état d'acide carbonique et d'eau, le carbone et l'hydrogène supposés excédant dans le sang veineux de tels individus, à chaque retour vers le cœur et les poumons, comment auroient-ils pu ne jamais perdre de leur embonpoint pendant plusieurs années? On peut de beaucoup

multiplier les conséquences à déduire de ces faits, celles-ci me suffisent pour le but que je poursuis. Il me semble encore assez vraisemblable que la chaleur animale peut s'expliquer autrement que par la seule fixation de la base oxygène sur les principes hydrogène et carbone presque libres du sang veineux ; par des raisonnemens étayés de preuves analogues prises hors du corps. C'est-à-dire en ne considérant, comme l'a déjà fait pressentir le savant et modeste Delamétherie, la température animale que comme le produit d'une espèce de fermentation, lente, générale et perpétuelle qui a lieu dans les plus apparens et les plus volumineux organes, tels que les poumons, le foie, la rate, les reins, les glandes, etc. aussi bien que dans les plus petits et les plus insensibles, ceux de la formation des os, de la solidification des molécules tendineuses, musculaires, nerveuses, aponévrotiques, cartilagineuses, graisseuses, etc. Car c'est un fait incontestable, évident pour tout physiologiste, que le chyle est converti en sang, que de celui-ci, comme d'un fluide principal, sont produits et non pas simplement extraits et séparés, la salive, la bile, la semence, les sucs gastriques, le cérumen, la graisse, la gélatine, la partie fibreuse, les principes des os, les membranes, les sécrétions des glandes de différentes classes, etc. etc. Il faut donc que les principes cons-

titutifs du sang fermentent dans le torrent de la circulation par l'activité des vaisseaux qui les poussent, et des organes multipliés qui les filtrent et les modifient; quoique nous ignorions complètement le mode de semblables mutations, et que nous ignorions encore quels sont les principes qui se réunissent, qui se séparent des composés qui sont détruits, ou seulement modifiés par addition ou par soustraction. Car il nous faudroit pour obtenir une pareille connoissance, savoir *à priori* quels changemens dans ses principes constitutifs reçoit le chyle, et quels sont encore les premiers élémens composés dont il est formé: quel est l'organe où s'opère ce changement: ensuite bien voir et clairement distinguer quel étoit l'état et le nombre des principes composés élémentaires du sang à son entrée dans un organe: bien apprécier à son retour de cet organe, quels principes il a perdus et en quelle quantité, dans quel état de combinaison et de proportion se trouvent les résidus, et les produits qu'a formés l'organe particulier; il faudroit avoir ces connoissances, délicates, fines, étendues et exactes relativement à tous les organes. Alors on pourroit prononcer quels sont les principes qui ont réagi les uns sur les autres par l'influence de chaque organe différent; sans cela tout est hypothèse, je l'avoue. Mais ce qui n'est pas hypothétique,

c'est que les principes du sang soient infiniment modifiés dans chaque organe particulier , qu'ils réagissent les uns envers les autres , pour s'échanger de bases entr'eux , se décomposer en tout ou en partie , se surcomposer , s'entre-combiner enfin en mille manières. Ce qui nous donne l'idée exacte et précise de ce qu'on doit appeler fermentation. Nous devons donc , l'évidence même des faits nous force d'admettre cette fermentation réelle , habituelle et successive dans tout le système de circulation et d'assimilation. Et pourquoi tant de produits nouveaux formés dans tous les points de notre corps , ne pourront-ils pas , par leur changement de capacité , donner lieu à un dégagement de calorique suffisant à la chaleur animale ? Ne faut-il pas que la fibre musculaire , la lame osseuse , la fibre membraneuse , tendineuse , nerveuse , etc. se solidifient ? En se concrétant , n'est-il pas naturel qu'elles expriment du calorique ? A proportion de ce que les animaux perdent et assimilent , il semble que leur température s'élève davantage. Voyez les gens maigres et laborieux , ils perdent étonnamment , mangent beaucoup , digèrent et assimilent promptement , aussi la plus grande partie du jour ils se sentent très-chauds. Qu'on voye au contraire cet homme gras , replet , perdant peu , et mangeant moins , il vous dira qu'il est toujours frais.

Je vais sans doute encourir la tache de rénovateur d'antiques hypothèses ; mais si les anciens avoient bien vu , et que la chimie moderne se prête aisément à expliquer les conjectures qu'ils avoient formées d'après des siècles de sérieuses observations, devons-nous rejeter les vérités qu'elles nous offrent. Newton n'avoit-il pas soupçonné dans l'eau et le diamant un principe inflammable ? cette hypothèse n'est-elle pas aujourd'hui convertie en vérité positive , à l'aide des découvertes modernes ? C'est le malheur du génie humain : il est aussi-tôt transporté d'admiration pour une découverte nouvelle , ses idées viennent toutes s'y perdre et s'y confondre. Il invoque enfin , à son appui , toutes les sciences pour plier tous les faits à la théorie universelle qu'il en déduit.

L'analogie vient encore rendre plus persuasive cette théorie de la chaleur animale. En effet si l'on met sous l'eau , sous le mercure , ou même sous l'huile , pour ôter tout contact d'air atmosphérique , des substances végétales ou animales seules ou mêlées entr'elles , à fermenter à la faveur d'une température et d'une humidité suffisantes , la fermentation s'établira , les principes constitutifs des corps se combineront dans un nouvel ordre , donneront naissance à de nouveaux produits gasiformes, liquides et solides ; la capacité des nouveaux produits pour le calo-

rique sera très-différente de celle des premiers composés dont ils dérivent, il y aura production de température uniforme dans toute la masse fermentante, bien supérieure à celle atmosphérique, sans qu'on y ajoute de chaleur étrangère. Cette température se soutiendra tant que durera la fermentation, sans néanmoins que la fixation du gaz oxygène atmosphérique y ait la moindre part, vu les précautions prises et indiquées pour empêcher son contact et son influence. Or, où trouver plus de substances diverses en décomposition perpétuelle et toujours renouvelée, que dans le corps humain (1) ?

(1) Les physiologistes se sont beaucoup occupés de la manière dont les fœtus, dans la matrice de leurs mères, recevoient, tout préparés, les sucs propres à l'assimilation ainsi qu'au développement et à l'accroissement de tous leurs organes : attribuant tantôt plus, tantôt moins d'énergie à la force organisatrice du fœtus lui-même. Si l'on eût réfléchi à l'évolution du poussin dans sa coque, on se fût épargné bien d'hypothèses et de discussions, et on se seroit bien vite convaincu des modifications inappréciables que les organes vivans peuvent donner aux différens principes constitutifs du sang dans les animaux. Le principe vital du poussin encore dans sa coque, aidé de la seule chaleur de l'incubation, forme ses plumules, ses os, ses membranes, son bec et ses ongles, ses sucs gastriques, le parenchyme de son foie et l'humeur qu'il sépare, ses testicules, ses poumons et les glandes

Je pourrais joindre ici quelques faits encore et

avec leurs sécrétions déjà commencées, ses nerfs et son cerveau, l'humeur cristalline de l'œil, &c. &c. &c. et tout cela se forme chez lui avec le jaune de l'œuf et un peu du blanc. Quel est le chimiste qui se chargeroit d'extraire, de séparer tous les principes constitutifs de tous ces produits du seul jaune, ou même les y pourroit retrouver tous. Ici rien n'a été apporté du dehors. Et quand on voit la fibre musculaire, la tendineuse, la nerveuse s'être solidifiées sans que la respiration ait encore joué, que doit-on penser de la théorie de quelques modernes qui veulent que la solidification de ces fibres dépende d'une oxidation particulière, opérée à l'aide d'une portion d'oxigène étranger, ajoutée aux principes constitutifs du sang? Il me semble que le pouvoir assimilateur de l'animal vivant suffit seul, sans intervention d'oxigène pris hors du corps, pour tirer du sang des molécules solides et concrecibles. Il est bien vrai qu'un œuf vernissé exactement, ne sauroit plus éclore par tous les moyens d'incubation variée, mais cela indique tout au plus que le poussin qui doit s'habituer au stimulus général des autres animaux, reçoit cette première impression au travers de la coquille par un peu d'oxigène qui peut la pénétrer, et cet oxigène, comme stimulus, pourra encore aider singulièrement l'activité et le développement des organes; mais il en faudra bien peu, car plus les organes sont neufs, plus ils sont irritables: nous observons ceci même dans les enfans. On voit aussi que dans le sang du poussin arrivé à son terme, il n'y a eu encore ni déhydrogénation, ni décarbonisation nécessaires, quoique ses fonctions agissent, et qu'il ait déjà vie complète et mouvement, puisqu'il rompt lui-même sa coque.

quelques considérations ; mais c'en est , sans doute assez , pour faire sentir jusqu'où peuvent s'étendre les conséquences à tirer des données antécédentes. Je laisse au philosophe impartial et froid à juger laquelle des théories porte avec elle plus de vraisemblance et de persuasion (1).

(1) Je viens de lire encore à l'appui de mes idées deux mémoires très-intéressans (dont on peut voir des extraits dans la Bibliothèque Britannique , rédigés à Genève par une Société d'illustres Savans). L'un porte pour titre : *Essai sur les propriétés des airs factices, etc.* par Tibère Cavallo , Bibl. Britann. vol. x , pag. 332, division intitulée , *Sciences et Arts*. Ce mémoire prouve que toutes les maladies de langueur sont guéries par les boissons d'eau oxigénée, contenant son volume égal d'oxigène, combiné par la pression. Tous les organes affoiblis reprennent bientôt leur vigueur, par l'usage de ce remède. Le foie , les reins, les poumons, &c. sont bientôt rendus à leurs fonctions, après de longues époques de langueur.

Le second mémoire a pour titre , *Observations et Expériences sur la couleur du sang*, par W. C. Wels, Bibliothèque Britannique, vol. XII, pag. 124, division intitulée, *Sciences et Arts*.

L'auteur de ce mémoire prouve que la couleur rouge du sang vient d'une simple interposition des molécules d'air entre celles intégrantes du sang, sans aucune combinaison chimique, ce qui rend le sang plus susceptible de réfléchir, de son intérieur, les rayons propres de ses particules rouges. Ses expériences paroissent décisives.

ESSAI

CINQUIÈME ESSAI

SUR la nature des feux volcaniques et des causes qui les entretiennent, considérées comme indépendantes de toute combustion locale quelconque produite par la décomposition de l'eau ou de tout autre oxide, ou par des courans d'air sous-marins ou terrestres.

PLUSIEURS naturalistes célèbres, entr'autres le savant Dolomieu, se sont assurés de la manière la plus positive, que les substances qui entourent les cratères et recouvrent à plusieurs milles de distance, le sol des volcans éteints ou en activité, étoient des vrais produits volcaniques. Ils sont convenus que la dureté que ces derniers avoient acquise, égaloit ce que

Comment entendre alors la combinaison intime d'oxigène avec le carbone et l'hydrogène, laquelle nécessiteroit, non une simple interposition d'air, mais une spoliation de carbone et d'hydrogène ?

Ces deux mémoires récents m'ont frappé, je l'avoue, car ils appuient très-directement mes propres observations, et les conclusions qu'on se rappelle que j'en ai tirées. Ils méritent sans doute le plus grand intérêt de la part de tout chimiste et physiologiste curieux et sensé.

nous connoissons de plus fortement agrégé dans la classe des roches ; puisque les mêmes produits résistoient souvent plusieurs siècles à la décomposition , et ne cédoient qu'avec la plus grande résistance à nos efforts et à nos moyens mécaniques de division. Ils avoient observé en outre qu'ils n'étoient que foiblement attaqués par le feu de nos fourneaux , sans être cependant absolument apyres ; mais qu'aussi - tôt qu'ils acquéroient de la fluidité , ils passaient immédiatement à l'état pâteux ou concret vitrescent ; caractère que n'avoient point auparavant ces substances à l'état de laves , quoique celles-ci eussent cependant dû être nécessairement liquides autrefois. Des expériences répétées ont confirmé la même vérité aux naturalistes qui s'en sont ensuite occupés. De Saussure père n'a jamais pu parvenir à fondre des laves, quelques précautions qu'il ait prises , sans qu'elles se soient converties en verre par la fusion artificielle ; et quand il répétoit ses expériences sur des roches qui lui offroient l'analogie la plus rapprochée avec la nature des laves ou des substances qui avoient dû servir à leur formation , les résultats de ces fusions factices lui ont toujours prouvé , sans équivoque , que la nature de nos feux artificiels dénaturait entièrement les pierres soumises à leur action , confondoit tous leurs principes ,

et les faisoit passer à l'état de verre plus ou moins parfait.

Des célèbres chimistes français se sont eux-mêmes transportés sur des lieux anciennement volcanisés ; et après s'être assurés d'une manière incontestable que les corps solides qu'ils avoient sous les yeux étoient bien volcaniques, ils ont avoué ingénument, après les avoir soumis à l'expérience, qu'ils ne sauroient leur conserver leur texture et leurs pâtes dans les fusions artificielles de leurs fourneaux, mais qu'ils obtenoient constamment des produits plus ou moins vitreux.

Dolomieu enfin nous a fait partager son étonnement, dans ses mémoires instructifs et curieux touchant les matières volcaniques, sur ce que des coulées immenses de laves ardentes avoient parcouru souvent plusieurs milles de longueur sur des lits argileux et calcaires sans que la surface supérieure de ces couches terreuses, en contact immédiat avec ces fleuves embrasés eût été sensiblement altérée : les argiles avoient à peine été rougies, et les carbonates calcaires étoient restés intacts. Il ajoute qu'on retrouvoit même quelquefois dans ces coulées refroidies des débris de végétaux et d'animaux, qui n'avoient pas été entièrement désorganisés, quoiqu'enveloppés dans la masse encore liquide.

Le même observateur nous apprend que la liquidité des laves est d'autant moins due à la seule intensité d'un feu analogue à celui de nos fourneaux , qu'il a remarqué qu'elles pouvoient couler plusieurs années de suite avec une lenteur extrême en plein contact de l'atmosphère ; durée de liquidité qui paroissoit incompatible avec celle produite par nos feux ordinaires. En effet, dans les dernières éruptions du Vésuve , les laves ont parcouru de grands espaces, exhalant une assez foible température autour d'elles, au point qu'on pouvoit en approcher de très-près sans éprouver de chaleur dangereuse. On pouvoit même traverser leurs lits, quoiqu'assez étendus, et fluides par-dessous , en marchant sur la croûte solide déjà formée. Assurément nos mélanges vitreux ordinaires, en état de parfaite fluidité, maintiendroient autour d'eux une température qui obligeroit à n'en n'approcher qu'à de grandes distances , s'ils formoient des courans aussi profonds et étendus.

Quel est donc , en outre du calorique , cet agent inconnu et particulier qu'emploie la nature pour donner aux laves leur fluidité , et rompre entièrement l'affinité d'agrégation de leurs parties intégrantes, sans les détruire, tels que celle des schorls, des quartz , des feld-spaths, et de plusieurs autres corps composés , qui auroient dû

se fondre et former, comme il arrive dans nos fourneaux, des pâtes uniformes, au lieu d'être conservés souvent intacts ?

Nous sommes loin encore, il faut l'avouer, de connoître tous les moyens secrets dont se sert la nature; nous n'avons que des instans pour l'interroger, la connoître et l'admirer; elle a des siècles à sa disposition pour nous étonner par le nombre, l'emploi, et les résultats de ses forces immenses, multipliées et modifiées sous mille rapports.

D'après ces phénomènes des produits volcaniques (dus sans doute à des causes cachées, ou à des forces de la nature jusqu'ici mal saisies et mal interprétées), Dolomieu, et avec lui des savans du premier ordre, parmi lesquels le nom immortel de la Grange vient se placer, ont pensé que ces produits n'étoient pas dus aux effets d'une inflammation locale, partielle, et plus ou moins profonde sous l'écorce du globe terrestre, maintenue et provoquée par des amas accidentels de substances combustibles détruites et brûlées, à la faveur de la décomposition de l'eau ou tous autres oxides, ou enfin de quelques courans d'air inconnus et cachés; mais qu'ils pouvoient bien dépendre peut-être de ce que cette écorce solide de notre planète avoit, au-dessous d'elle, une masse indéterminée de substances terreuses

en fusion, sur lesquelles elle reposoit. D'où ils ont conjecturé qu'anciennement il pouvoit y avoir eu des volcans plus nombreux et plus fréquens à la surface de notre globe, son écorce étant moins épaisse et moins dure. Cette hypothèse, d'autre part, leur paroissoit indiquer pourquoi il existe encore des volcans en activité vers les zones équatoriales, tandis qu'on n'en trouve guère vers les poles; la surface terrestre ayant dû se solidifier plus promptement et plus profondément vers les régions glacées; cette supposition leur sembloit encore expliquer mieux que toute autre comment il arrivoit qu'un soupirail volcanique une fois ouvert et percé, il en jaillissoit, pendant des périodes de temps immémorables et non interrompues, des torrens de laves liquides, sans qu'il se formât au-dessous du cratère des cavités et des profondeurs proportionnelles aux éminences montagneuses formées par l'entassement des déjections séculaires; elle leur sembloit enfin donner une raison plausible, sinon convaincante, des tremblemens de terre qui pouvoient, sous l'écorce du globe, au moyen de la fluctuation des matières liquides renfermées dans son sein, être propagés presque instantanément d'une zone à l'autre opposée de notre hémisphère: comme on avoit observé que cela avoit eu lieu dans des violentes secousses éprouvées de temps

à autres à la surface de notre globe ; sur-tout aux époques des grandes éruptions volcaniques.

Qu'il me soit permis, sur cette inflammation des volcans, maintenue quelquefois pendant une succession de temps indéfinie, avec une amplitude et une activité surprenantes, d'énoncer, sans prétention et avec la plus entière défiance, les idées que m'ont fait naître quelques réflexions géologiques, que j'ai entendues avec admiration et écoutées avec la plus sérieuse attention dans plusieurs séances des cours publics de Géologie, et dans quelques entretiens particuliers du citoyen Faujas-St-Fond, célèbre professeur au jardin des Plantes.

D'abord il établit, par des calculs assez vraisemblables, que des mines de charbons ou de pyrites, qui excéderaient en quantité la moitié de la masse terrestre, n'auroient pu suffire à produire toutes les inflammations volcaniques qui ont existé jusqu'à nos jours. Il observe judicieusement qu'on ne trouve pas en assez grande abondance dans leurs produits ces restes de matières combustibles ; qu'on ne sauroit quelquefois même les reconnoître dans les grands amas des substances volcanisées les plus compactes ; il remarque, en outre, que des pseudo-volcans, dûs à l'inflammation locale de quelques mines de charbon de terre ou de pyrites, très-étendues et embra-

sées, donnoient des résultats qui n'étoient ni comparables, ni analogues à ceux des vrais volcans; que l'histoire, enfin, ainsi que les observations géologiques nous attestent, que par-tout où l'on rencontre des traces de volcans éteints, là autrefois la mer avoit étendu son domaine. J'ajouterai à cette dernière réflexion, que rien ne seroit moins propre que ses eaux fortement salées à entretenir des ignitions partielles; puisque l'observation prouve qu'elles produisent des effets tout-à-fait contraires, et qu'on les a proposés comme moyen très-efficace pour arrêter les progrès des vastes et longs incendies. Il concluoit de ces données, qu'il y avoit sûrement une espèce de combustion encore ignorée, due peut-être uniquement aux successives et alternées décompositions et recompositions d'eau, occasionnées par des forces et des moyens que la nature nous a jusqu'ici mystérieusement voilés. Il ajoutoit, que Stromboli, ce volcan inextinguible depuis des époques de temps inconnues, semble, par sa position au milieu des mers, exclure toute supposition d'une combustion alimentée par des courans d'airs profonds et cachés; que les gaz en conséquence, qu'exhaloit perpétuellement son cratère fumant, devoient appartenir nécessairement à une décomposition d'eau.

C'est d'après de tels apperçus et de pareilles

réflexions que j'ai cherché hors de la classe des corps inflammables la cause de la perpétuité des feux volcaniques, sans avoir cependant osé l'attribuer à une décomposition ou recomposition quelconque d'eau ; car, me suis-je dit, cette décomposition ne peut être due à l'oxidation d'aucun corps, puisque, par le fait même, nous nions que les combustibles existent en assez grande abondance au sein des volcans pour cet effet ; or si l'eau étoit décomposée en ses deux élémens hydrogène et oxigène, il devroit y avoir une production de froid immense, attendu la capacité énorme de ces deux gas pour le calorique. Résultat opposé à celui qu'on demande.

On ne conçoit guère possible d'ailleurs la décomposition de l'eau, sous des masses assez pesantes pour vaincre la force d'élasticité des molécules des gaz oxigène et hydrogène, qu'on supposeroit dégagés libres ; car nous voyons même en petit que l'eau ne sauroit se décomposer par une température portée presque à l'incandescence dans nos machines à Papin ; et ce, à cause de la seule résistance des parois métalliques ; il est probable, d'ailleurs, qu'à une très-haute température, l'eau tendroit bien plus à se composer qu'à se décomposer.

Je suis loin de chercher à placer imprudemment en opposition mes foibles idées, aux vues

et aux méditations profondes de ce naturaliste célèbre. Je le répète encore, je n'offre mes réflexions et leurs conséquences que comme des conjectures et des hypothèses, risquées sans prétention dans le vaste torrent de celles qu'on a jusqu'ici avancées et établies avec plus ou moins de vraisemblance, d'après des raisonnemens plus ou moins applicables aux faits.

Les dernières expériences du célèbre physicien Alexandre Volta (qui ont été répétées avec succès, et variées d'une manière très-instructive et curieuse, en Angleterre et à Paris), touchant les effluves électro-galvaniques des métaux, ont prouvé que la présence de différentes eaux salées étoit une circonstance si favorable à leurs résultats, que sans cela, ou les phénomènes n'avoient pas lieu du tout, ou n'étoient qu'à peine sensibles, tel que celui, par exemple, de l'oxidation prompte et abondante des métaux (artistement disposés): elles ont démontré que l'action de ces eaux combinée avec celle des métaux, produisoit des bluettes et des éclairs, même des sensations vives, souvent douloureuses, toujours persistantes, tant que l'appareil étoit maintenu dans toutes les circonstances et les conditions requises. Voici un précis de cet appareil.

L'on prend 57 disques à-peu-près égaux dans

leurs dimensions, d'argent, de carton et de zinc, qu'on empile les uns sur les autres dans l'ordre que nous les avons nommés. Cette colonne cylindrique de corps hétérogènes étant ainsi disposée, et soutenue encore latéralement par des piliers de verre; on l'humecte avec de l'eau salée. Alors si l'on applique un doigt sur la surface du disque qui en forme la base, et un autre sur celui qui termine son sommet; on sent instantanément une commotion très-forte; l'œil, la langue, ou même le front appliqués au lieu du doigt, font éprouver des sensations vives, durables, ordinairement pénibles et douloureuses; une partie organique vivante, dépouillée de son épiderme, ressent par le contact immédiat, la plus vive cuisson, et l'inflammation suit de près la douleur. L'on observe de plus que dans le cours de l'expérience il y a une constante et perpétuelle décomposition d'eau, et oxidation des métaux.

Cet appareil ne donne aucun résultat du moins bien marqué, si les disques sont mouillés avec de l'eau distillée ou commune, au lieu d'une dissolution muriatique (ou de quelques sulfates acides). Tout le monde reconnoît dans la production de ces phénomènes, des effets manifestement électriques. Il s'établit donc un courant non-interrompu d'électricité positive le long de la colonne

métallique et papiracée , assez considérable pour décomposer l'eau et oxider les métaux. Si les personnes même qui font le sujet de l'expérience sont complètement isolées sur des tabourets, la circulation du courant électrique n'en continue pas moins au travers de leur corps , et les sensations douloureuses persistent et se soutiennent également fortes , tant que l'appareil est en bon état. Il faut donc convenir , d'après ces expériences que les eaux salées peuvent , dans de certaines circonstances , produire des courans de fluide électrique très-énergiques et très-promptes dans leurs effets , et qui se soutiennent dans un état de circulation perpétuelle.

Mais d'autre part, les physiciens sont généralement d'accord aujourd'hui que , le grand réservoir de l'électricité , c'est le globe terrestre ; que ce fluide peut y exister à de plus ou moins grandes profondeurs , et y former des courans plus ou moins étendus et condensés. La brillante expérience que nous venons de citer , prouve de son côté , que le seul arrangement particulier et la différente disposition des corps entr'eux , peuvent modifier d'une manière étrange les effets des torrens électriques qui les traversent ; elle nous prouve de plus , que les eaux salées ont une influence qu'on ne leur avoit point encore soupçonnée sur la production des mêmes courans.

Qui pourra donc apprécier les effets de ces derniers, lorsqu'ils devront passer au travers des eaux salées réunies en masses étendues et profondes, dans le sein des mers, ou sous les profondeurs de la terre? Qui osera nier qu'il ne puisse exister dans le voisinage des mers plusieurs roches et plusieurs composés *terreux - métalliques* profondément ensevelis, dont la particulière disposition entr'eux, et leur nature différente, favoriseront puissamment la circulation électrique? Les plus anciens naturalistes nous apprennent que les bases sous-marines des volcans, semblent mugir quelquefois: (vraisemblablement à cause des chocs ou des absorptions immenses d'eaux salées qui vont se perdre dans leurs antres profonds et inconnus). Combien ces énormes masses d'eau ne pourront-elles pas alors augmenter les effets des torrens électriques, en doublant leur rapidité et leur condensation, ou peut-être même, en les entraînant avec elles dans leurs mouvemens! Et pourquoi encore ces courans électriques ne seroient-ils pas excités spontanément dans l'intérieur et au travers des substances qui servent de bases et d'alimens aux volcans? car la nature de ces roches est toujours plus ou moins métallique, comme le prouvent les résultats qu'elles fournissent. Avant les belles expériences de Volta, enroit-on cru pouvoir, sans le secours d'un

mouvement extricateur , produire à perpétuité des puissans courans électriques , indépendans même des corps isolateurs ? Combien cette hypothèse auroit paru étrange ! et pourquoi aujourd'hui n'oserions-nous pas appliquer à la nature en grand , ce que l'art a découvert ? Ses loix ne changent pas par l'étendue des objets ; elles ne font au contraire qu'acquérir plus de forces et développer des effets plus vastes et plus étonnans. Nous savons d'autre part , que le fluide électrique en traversant certains corps , est susceptible de les diviser au point de les amener à une parfaite fusion , quelquefois sans dégagement de température sensible , comme lorsqu'on l'a vu fondre des épées sans endommager leurs fourreaux. Mais presque toujours , son action sur les corps est suivie d'une prodigieuse extrication de calorique libre qui produit une température aussi prompte qu'elle est excessive. Les expériences faites dans nos cabinets de physique , nous prouvent tous les jours , que les métaux peuvent être fondus et oxidés en un instant par des décharges électriques. On a vu des masses de bronze fondues quelquefois en un moment dans les clochers frappés de la foudre. Les effets de l'électricité sont incalculables pour ainsi dire dans leur vitesse : car les cloches dans certains cas n'ont subi la fusion que d'un seul côté. Nous trou-

vons dans les Annales de l'histoire de nos jours, de trop fréquens et tristes exemples du pouvoir incendiaire et destructeur de la foudre, pour que ces vérités ayent besoin de preuves.

Le fluide électrique donc en traversant les corps, est obligé de se condenser, et abandonne une quantité de calorique qui est en raison directe de la condensation qu'il éprouve, et de son abondance; mais à en juger par les effets momentanés de la foudre, cette somme de calorique est immense, puisque la température qu'il laisse sur les corps qu'il traverse les fond ou les brûle dans un instant presque indivisible. Que seroit-ce, si l'effleuve fulminant étoit perpétuel sur ces mêmes corps, et qu'il fût aidé encore par l'influence des eaux marines.

Or, s'il existe comme on n'en sauroit douter, des courans électriques au sein de la terre, et comme l'attestent une infinité d'expériences et d'observations (puisqu'on a même vu des foudres s'élan- cer de la surface de la terre aux nues), qui pourra apprécier la somme de calorique que devront abandonner de vastes torrens d'électricité non interrompus, qui viendront incessamment se condenser au travers des eaux salées et des roches qu'ils pénétreront, pourvu que celles-ci se trouvent placées dans des circonstances favorables à la condensation du fluide électrique; circonstan-

ces non encore déterminées à la vérité , mais prouvées très-possibles : comme nous le demontre l'effet particulier de la disposition des métaux et du carton baignés d'eaux salées.

Mais quels effets pense-t-on , d'autre part , que produira la somme incalculable de calorique qui sera toujours incessamment dégage et accumulé au centre des bases volcaniques, tant que dureront les torrens électriques, qui, de leur côté, persisteront aussi long-temps que les roches ne seront pas détruites ou rompues, et pour ainsi dire désorganisées dans les chaînes immenses qu'elles forment, et aussi long-temps que leur situation conservera cette attitude et cette disposition particulière entre leurs masses intégrantes, nécessaires pour exciter et produire les courans électriques, qui seront d'ailleurs toujours favorisés par le concours visible ou caché des eaux salées?

Le calorique alors ne cessant d'être produit et accumulé dans un centre fort étendu, les effets de son action iront se propageant de toute part, et la fusion volcanique s'étendra au loin; il pourroit arriver même que des portions de roches, ramollies par le calorique et dissoutes ensuite par les vapeurs aqueuses incandescentes (si l'on me passe l'expression), vissent couler dans le sein des eaux qui remplissent les cavernes des volcans. Là, elles pourroient instantatément re-

pousser

pousser sur elles-mêmes, jusque sur la surface des mers, des colonnes d'eaux bouillantes, et par l'effort réuni des vapeurs encore augmentées, produire, dans les vides profonds des montagnes entassées, ces mugissemens sourds et effrayans, ces ébranlemens universels qu'ont si bien décrit les anciens naturalistes, comme encore ces terribles fluctuations, qui semblent annoncer que les eaux sont tantôt avidement absorbées, et tantôt violemment rejetées (1).

(1) Je ne puis me refuser au plaisir de donner ici l'extrait d'une lettre, en date du 6 prairial an 6, qu'écrivait mon savant ami *Alberto Fortis*, connu avantageusement par son *Viaggio in Dalmazia*, et ses découvertes en minéralogie, sur-tout par celle du nitre minéral de Molfetta en Pouille; qu'il écrivoit, dis-je, au citoyen Faujas Saint-Fond (dont on cite toujours le nom avec confiance et plaisir), en lui communiquant ses idées particulières sur la nature des feux volcaniques, qu'il attribue à la décomposition des eaux; opinion dont il avoue modestement qu'il doit le premier germe aux anciens dont il cite les passages curieux et peu connus. Voici ses propres expressions :

« Jusqu'où s'enfoncé-t-elle donc dans les entrailles de la terre, cette alternative des œuvres de la mer et du feu? Notre globe a-t-il eu des conflagrations aussi-tôt qu'il a eu de l'eau, ou peut-être de toute éternité? Il y a déjà long-temps que les naturalistes se sont doutés que le voisinage de la mer étoit indispensable pour la nourriture

Si les feux volcaniques sont trop profonds pour

des volcans ; vous l'avez dit dans vos cours ; les anciens l'avoient pensé bien des siècles avant nous. Avoient-ils entrevu la doctrine de la décomposition de l'eau , ou la connoissoient ils positivement ? C'est ce que je n'oserois ni affirmer ni nier. Il y a bien des traces de sciences perdues dans leurs écrits ! Macrobe nous assure que l'opinion des anciens physiciens étoit que même le feu céleste tiroit son aliment de l'eau (*). C'est bien indubitablement de la décomposition de ce fluide qu'il s'agissoit dans cette hypothèse ! Le passage du compilateur Justin , qui n'a fait sans doute que nous rendre en abrégé ce que Trogue-Pompée l'historien avoit écrit là-dessus , ne laisse presque pas de doute qu'ils n'eussent une idée assez approchante du vrai secret de la nature sur ce point important. Après avoir donné une description très-courte , mais très-énergique du détroit de Messine , qui , de son temps , étoit encore agité et dangereux comme le Maelstroem de Norwège l'est de nos jours ; après nous avoir dit que les courans y étoient rapides , violens et terribles , au point qu'ils ne faisoient pas seulement trembler les navigateurs qui devoient lutter contre eux , mais les spectateurs aussi qui les voyoient de loin ; et après avoir donné une idée de l'effet que le choc des flots produisoit dans ce canal , où ils élevoient des montagnes et creusoient des abîmes horribles , il ajoute : Là près sont les feux perpétuels (ils l'étoient alors) de l'Etna et des îles Eoliennes , lesquels feux *semblent être alimentés par l'eau elle-même*. Et , en vérité , comment dans un si petit espace auroit pu durer

(*) « Ignem ætherium physici tradiderunt humore nutrirî ». Macrobo. in Somn. Scip. lib. 11, cap. x.

étendre leurs effets jusqu'à la surface, les pro-

tant de siècles un si grand feu, si l'eau ne concouroit pas à l'entretenir? La fable a donc créé d'après cela Scylla et Charybde : l'on a cru entendre des aboiemens et voir presque le monstre, parce que les navigateurs épouvantés s'imaginoient que les flots aboyoient au moment qu'ils étoient froissés dans les grands gouffres du détroit, occasionnés par la chaleur qui les absorbe, et les entraîne au fond de l'abîme ». Il est vrai que Justin ne dit pas en lettres rondes : *C'est le gas oxigène, c'est l'air vital provenant de la décomposition de l'eau, qui nourrit les volcans* : mais aussi n'est-il pas à présumer qu'il ait jamais pu s'imaginer qu'une grande masse d'eau, dans son état naturel, qui la rend propre à éteindre le feu, auroit pu alimenter ceux de l'Etna? et d'ailleurs il ajoute que c'est du « *spiritus*, de l'air; qui, s'étant laissé entraîner par les eaux dans des profondeurs, et y ayant resté comprimé, s'insinue dans les crevasses de la terre, et allume ce qui doit nourrir le feu ». Ce passage me semble si curieux que je vais vous le transcrire en entier d'après l'original (*).

(*) « Accedunt vicini, et perpetui Ætnæ montis ignes, et insularum Æolidum, veluti ipsis undis alatur incendium. Neque enim in tam angustis terminis aliter durare tot sæculis tantus ignis potuisset, nisi humoris nutrimentis aleretur. Hinc igitur fabulæ Scyllam et Charybdirum peperere; hinc latratus auditus; hinc monstri creditæ simulacra, dum navigantes magnis vorticibus pelagi desidentis exterriti, latrare putant undas, quas sorbentis æstus vorago concidit. Eadem causa etiam perpetuos Ætnæ montis ignes facit. Nam aquarum ille concursus, raptum secum spiritum in imum fundum trahit, atque ibi suffocatum, tamdiu tenet, donec per spiramenta terræ diffusus, nutrimenta ignis incendat ». Just. Trogi Pomp. Epit. lib. 17, sub init.

duits de leur action resteront inconnus et ensevelis, jusqu'à ce que des révolutions particulières du globe les mettent à découvert, et nous permettent d'en observer les résultats, dans le cas où les volcans auront brûlé sous les eaux, et seront restés recouverts par des couches marines plus ou moins épaisses. Si leurs foyers, au contraire, sont assez vastes, ou leur profondeur assez près de la dernière écorce du globe, pour que leurs efforts puissent en soulever la croûte quelque part; nous aurons les volcans en activité.

Essayons hypothétiquement de suivre la marche de leur développement. A mesure que les roches ramollies et fondues augmentent de volume, elles pressent de toutes parts et font élever insensiblement les masses qui pèsent sur elles. Mais ce soulèvement n'aura lieu, qu'autant que les couches supérieures acquerront successivement, par l'action du calorique, long-temps soutenue et toujours augmentée, une disposition à se désagréger. Le moment pourra arriver enfin où l'écorce, trop faible pour résister à la force expansive, cédera; et par l'endroit où elle aura éclaté, se manifesteront tous les grands phénomènes d'électricité qu'on a remarqués plusieurs fois dans l'acte des éruptions. Ils étonneront moins dans notre supposition: puisque nous admettons les torrens de

ce fluide comme cause essentielle de la production du calorique nécessaire à tous les phénomènes des embrasemens volcaniques. Les matières fondues, selon les efforts de dilatation qu'elles tendront à faire, et les compressions plus ou moins fortes qu'elles auront éprouvées, ou couleront simplement sur les flancs des cratères ouverts, ou seront projetées au loin par les vapeurs aqueuses incandescentes très-condensées, qui, délivrées de toute pression à-peu-près, se gasifieront subitement, sans même nous laisser appercevoir leur état vaporeux antécédent.

L'acide marin lui-même dégagé de ses bases par la violence du calorique, partira dans un état très-raréfié, en augmentant les phénomènes d'éruption. On voit que je n'ai point jusqu'ici fait mention de décomposition d'eau; en effet, la source du calorique, selon moi, dérivant des torrens électriques, je ne saurois comment la faire dépendre de la décomposition et recomposition de l'eau. Au surplus, à une température aussi élevée, l'eau, comme je l'ai déjà annoncé, se formeroit plutôt qu'elle ne se détruiroit; elle n'est d'ailleurs sollicitée à la décomposition par aucune base oxidable dans les incendies des volcans: enfin, nous ne voyons pas arriver à leurs sommets ces détonations immenses

et perpétuelles qu'y devroit produire la combustion des deux gas hydrogène et oxigène (produits essentiels de la décomposition de ce fluide), et il n'y a pas même de probabilité que sous la pression^e énorme que subissent les matières fondues au fond des cratères, le dégagement de ces gas puisse avoir lieu; puisque nous l'empêchons même efficacement dans nos laboratoires, par nos foibles moyens mécaniques.

On pourroit peut-être présumer, sans invraisemblance, que les substances volcaniques, dissoutes, ou au moins tenues désagrégées et écartées entr'elles par les vapeurs aqueuses incandescentes jusqu'au moment de leur éjection, ne peuvent point se rapprocher et s'unir à l'état vitrescent, et qu'elles ne prennent jamais ce dernier état que par la seule fusion ignée; et de ce que les laves qui coulent sous nos yeux ne manifestent pas toujours des vapeurs aqueuses bien sensibles, on peut seulement conjecturer que dans l'état de surcharge de calorique où elles se trouvoient avant l'ouverture du cratère, elles avoient une quantité de calorique refoulé, comprimé, accumulé autour d'elles, plus que suffisant à les faire passer immédiatement à celui de gas invisible, dès que les forces comprimantes devoient cesser de réagir sur elles.

Cette théorie des fusions aqueuses incandescentes sous-marines, produites par les torrens

électriques, pourroit servir peut-être à jeter quelque jour sur les phénomènes intéressans des *Monte-Bolca* et *Veste-Nuova* (dans le *Vicentin*), où sous des lits très-épais de laves compactes, on trouve des couches qui renferment pêle-mêle une prodigieuse quantité de poissons exotiques de toutes grosseurs et de toutes espèces, comprimés entre des lits de marné crayeuse, et tous dans une attitude et une situation qui annoncent une mort tranquille, sans avoir été suivie d'agitation ni de roulement; on en voit même qui ont péri subitement tenant leur proie à moitié dévorée, et qui sont également momifiés: je dis momifiés, car ils ne sont que desséchés, sans être ni incrustés, ni pétrifiés.

Voici en abrégé la singulière disposition de ces laves du *Monte-Bolca* au-dessous desquelles gisent les couches marines qui renferment les poissons. On voit s'élever à-peu-près perpendiculairement un pic de lave, et sur ses côtés, s'étendent deux lits très-épais et compactes de la même substance. C'est au-dessous précisément de l'épaisseur de ces deux couches latérales que se trouvent placés les poissons conservés, et encaissés dans la marné, qui formoit, sans doute, autrefois le fond de la mer qui baignoit ces vallées.

Au-dessus de ces lits de laves se retrouvent en-

core des couches de fonds marins, (tandis que dans les collines voisines on trouve une prodigieuse quantité de prismes basaltiques, tous bien prononcés et du diamètre de plusieurs pouces.) Je conjecture de cette disposition, que si quelque volcan avoit brûlé profondément au-dessous du fond de la mer qui couvroit autrefois ces lieux, et que, à force d'augmenter l'action de ses feux, il fût enfin parvenu très-près des dernières couches marines, avant qu'il se fût ouvert une issue, il auroit lancé au travers de celles-ci des effluves électriques d'autant plus puissans, que son sommet en auroit été moins distant. Ces décharges électriques auroient foudroyé tous les poissons qui seront passés dans la sphère de leur étendue; et ceux-ci, probablement tués très-près du fond, y seront restés enveloppés intacts dans la vase. Ces poissons auroient dû surnager, pensera-t-on d'abord, au lieu de s'enfoncer immédiatement. Sans rien ôter à toute la valeur de cette naturelle et simple objection physiologique, je réponds qu'ici il en est incontestablement arrivé autrement, puisque la nature des faits et les accidens qui les accompagnent attestent irrévocablement que les poissons ont dû périr à une très-petite distance de l'endroit même où ils sont restés de suite ensevelis, sans avoir éprouvé de roulement d'aucune sorte : puisqu'on les trouve couchés dans la situation que doit natu-

rellement avoir un poisson mort sans violence ; je veux dire sur le côté, et quelques-uns même tenant encore leur proie à moitié dévorée. Est-ce la décharge électrique qui a violemment fait contracter leur vessie natatoire, ou l'a-t-elle simplement fait vider par une contraction immédiate, ce qui les aura rendus spécifiquement plus pesans que l'eau ? C'est-là ce que je ne déterminerai point ; j'observerai seulement qu'il serait peut-être possible que les muscles qui servent à la contraction de la vessie aérienne, aient dû perdre beaucoup de leur force au moment même que le fluide électrique a foudroyé les poissons ; car les dernières expériences sur le galvanisme prouvent que les muscles des animaux tués par la seule électricité, perdent sur-le-champ toute irritabilité ; dans ce cas, comme les poissons courant le fond des mers, se seroient trouvés immédiatement soumis à l'énorme pression des colonnes d'eau ; cette seule force auroit bien pu empêcher la vessie de se dilater, dès que les muscles destinés à cette fonction auroient perdu toute énergie et toute vitalité ; tandis que ces mêmes organes, dans l'état de vie et de santé, pouvoient efficacement produire cet effet, au gré de l'animal, malgré les forces comprimantes auxquelles il se trouvoit assujetti sous de profondes masses d'eau salée.

Comme sans doute il passoit différentes espèces de poissons sur ces mêmes lieux, tous indistinctement devoient être atteints et précipités pêle-mêle, entassés les uns par-dessus les autres. Quant aux restes de végétaux épars qu'on rencontre aussi dans les couches qui renferment les poissons momifiés, ils auront probablement existé en état de végétation au fond des mers, ou y avoient été depuis peu déposés, appartenant probablement aux différentes espèces de plantes des lieux circonvoisins.

Cependant, alors que les courans électriques arrivoient déjà à pénétrer jusqu'au-dessus du fond des mers, le volcan n'aura pas tardé à vaincre le peu de résistance qu'il éprouvoit; il aura pu enfin soulever les dernières couches marines; mais il aura renversé par cet effort ces mêmes couches, et celles-ci repliées latéralement sur elles-mêmes, auront recouvert et comme empaqueté les poissons déjà morts. Les courans de laves débordant de toute part, auront alors coulé sur les couches retournées, et l'épaisseur de celles-ci aura empêché les poissons d'être brûlés et détruits; mais la chaleur qu'elles auront éprouvée les aura fait dessécher promptement, et les poissons, au milieu de cette pâte endurcie, n'auront eu, ni le temps de s'altérer, ni celui de se maintenir trop long-temps mous; ce qui leur aura permis de conserver dans leurs hécatombes,

leurs formes naturelles et primitives. La lave continuant à être poussée par l'ouverture qu'elle s'étoit faite en rompant les dernières couches marines, devoit nécessairement s'élever en cônes après les premières déjections latérales faites sur les bords; car l'eau, saisissant le contour de la masse pâteuse des produits volcaniques, solidifioit bientôt leurs surfaces extérieures: celles-ci formoient alors une espèce de cylindre solide ou terminé en cône, au milieu duquel s'élevoit incessamment la substance fondue soulevée du fond du cratère.

Je puis errer; mais il me semble qu'il y a ici du vraisemblable, vû la singulière disposition des substances entr'elles, l'ordre de leur gissement, et les circonstances particulières qui les accompagnent.

Cette explication du phénomène me paroît au moins plus naturelle que celle d'un retour répété des mers sur ces plages déjà volcanisées à des époques infiniment distantes, ce qui donneroit, à la vérité, un air d'antiquité important à ces poissons entassés.

On voit tout près de Bolca, une quantité prodigieuse de balsates prismatiques bien prononcés dans leurs formes; ceci me fait toujours présumer davantage, qu'en certains endroits la lave sous-marine a été plus exactement fondue et plus fortement pénétrée par le calorique; ce qui lui a

fait de suite prendre un retrait prismatique au contact de l'eau ; ces couches formées de petites colonnes polyèdres agrégées et très-serrées, sont quelquefois recouvertes de dépôts marins : tout ceci annonce et leur formation, et un long séjour sous les eaux.

On voit que dans cette manière hypothétique d'envisager les causes des phénomènes et des productions volcaniques, il pourroit y avoir une immensité de roches fondues sur place au-dessous des surfaces de la terre ou des fonds marins, par la simple action des vapeurs aqueuses incandescentes, qui pourroient réellement désagréger ces bancs entassés, sans détruire leurs parties constituantes, et laisser à celles-ci le loisir de se réunir plus ou moins complètement dans le refroidissement successif qui auroit lieu ; nous aurions alors des laves granitiques, porphyritiques, etc. si les roches avoient antérieurement ce caractère ; mais dans ces cas de fusion aqueuse incandescente, il n'y aura jamais de scories, ni vitrification, car ces deux derniers produits me semblent absolument dépendre du contact immédiat de l'air sur les laves passées à un état de pure fusion ignée (1). Il se pourroit

(1) Il seroit possible que la plupart des *trapps* des Néptuniens, ne fussent que les résultats de pareilles fusions

en revanche qu'on y trouvât très-souvent des retraits prismatiques. Les grands amas de substances solides et compactes que nous prenons actuellement pour des produits d'anciens volcans éteints, et qui nous offrent fréquemment des colonnes polyèdres (volcans cependant dont l'histoire des lieux où ils existent ne fournit aucune réminiscence), pourroient encore n'être que des cratères sous-marins, aujourd'hui anudés par les ravages des météores et des eaux.

On trouve souvent dans les laves compactes et très-anciennes de certains pays presque généralement volcanisés, des géodes contenant de beaux cristaux bien réguliers dans leurs cavités, quelquefois même du gypse soyeux, différentes espèces de zéolite, du spath calcaire enfin : et ce, dans le centre même des masses les plus dures. On y a trouvé jusqu'à des enhydres. Comment, demande-t-on, de tels corps ont-ils pu résister à la décomposition, au milieu de ces laves autrefois liquides et fondues ? comment ont-ils pu cristalliser, sans se confondre ? ou s'ils sont accidentels et postérieurs à l'existence de la lave, comment concevoir leur formation par la simple infiltration

en place et même sous-marines ; n'ayant pas vu le jour ni éprouvé le contact immédiat de l'eau, elles n'auront jamais eu de scorie à leurs surfaces.

de l'eau au travers des masses les plus compactes ? et si c'étoit par infiltration d'ailleurs, pourquoi l'eau qui auroit porté leurs principes, ne rempliroit-elle pas toujours ces cavités, tandis que la plupart, ou sont entièrement pleines de matières solides, ou sont aux trois quarts vides et parfaitement sèches ?

Je ne vois, pour appliquer une théorie probable à de si singuliers phénomènes, d'autre parti à prendre, que celui encore de recourir à la fusion aqueuse incandescente des laves ; dans ce dernier état, plusieurs de leurs principes constitutifs auront pu être entièrement isolés les uns des autres, et sans doute la dissolubilité de certains d'entr'eux aura facilité celle de quelques autres. Le quartz aura été assujetti au même mode de parfaite dissolution ; les vapeurs produites par les eaux marines auront porté, en outre, des principes salins très-propres à faciliter la fusion vaporeuse incandescente des élémens des roches, tels que l'acide muriatique libre, la soude, et plusieurs muriates non décomposés. Dans la confusion de tous ces élémens dissous par les vapeurs, qu'aura-t-il dû arriver naturellement lorsqu'ils auront pu se refroidir assez lentement ? ce qu'une infinité de naturalistes ont déjà supposé, c'est-à-dire, que les molécules les plus homogènes se seront rapprochées entr'elles, quand elles n'au-

ront pas été trop distantes les unes des autres, et auront formé des masses plus ou moins volumineuses de leur propre substance. Mais comme les élémens étoient confusément réunis, rarement ces masses d'une même substance homogène auront été d'un gros volume. A mesure que des principes de différente nature se seront rencontrés près du contact, et qu'ils auront pu exercer leur mutuelle affinité, ils se seront combinés, et auront donné naissance à cette variété infinie de produits divers qu'on remarque quelquefois dans les basaltes et les laves.

Pendant tous les principes terreux n'auront pas été également solubles dans l'eau réduite à l'état de vapeur incandescente; quelques-uns donc auront dû se séparer les derniers des dissolutions aqueuses. Mais celles-ci, outre les principes terreux, pouvoient contenir encore des gas en dissolution; de l'acide carbonique fourni peut-être par quelques portions des spaths calcaires décomposés, ou seulement de l'acide muriatique pur. Ces gas alors se faisant issue insensiblement au travers des pores des masses encore molles, auront facilité à l'eau ramassée dans des cavités isolées, un passage étroit et difficile à la vérité, mais enfin efficace. Ces sphères aqueuses diminuant successivement, auront déposé peu à peu contre

les parois des cavités qui les renfermoient, les molécules terreuses de différente nature que nous y rencontrons. Ces molécules se seront cristallisées autour de ces parois : car les molécules cristallisables cherchent toujours, autant qu'elles le peuvent, les surfaces pour s'y appliquer, et grimpent même les unes au-dessus des autres pour les atteindre et s'y implanter : or on conçoit qu'au moment où ces cristaux se forment, ils n'acquièrent pas immédiatement toute leur dureté, mais insensiblement et avec le temps, c'est-à-dire, à mesure qu'ils perdent leur eau surabondante de dissolution, et qu'ils sont réduits à une certaine température. En proportion qu'ils se durcissent, ils se dépouillent et s'épurent, autant que les circonstances le leur permettent, de tous les principes argileux ou ferrugineux qui ne conviennent pas à la nature de leur composé, et de la cristallisation qu'ils ont adoptée. Si c'est le fer qu'ils rejettent, celui-ci, extrêmement divisé, ne pouvant plus se combiner à rien, reste dans un état de poussière, noirâtre s'il est peu oxidé, rougeâtre s'il contient plus d'oxigène, et sous une forme plus ou moins compacte, s'il est mêlé d'un peu d'argile ; il peut même se déposer, ainsi abandonné, dans les interstices les plus spacieux existant entre la base des cristaux et les surfaces sur lesquelles elle
pose,

pose, comme on l'y rencontre quelquefois. La pâte des laves et les cristaux, des géodes dont nous développons la formation, ne se durcissent entièrement, comme on doit le présumer, qu'au bout d'un certain temps; ainsi l'eau spoliée des principes terreux qu'elle aura déposés par cristallisation, pourra, comme plus pure et plus subtile, pénétrer au travers des pores de ces substances concrètes, mais encore imparfaitement solidifiées; si les substances qu'elle pouvoit tenir les dernières en dissolution et qui répugnoient moins à rester unies ensemble, étoient susceptibles de donner naissance à des zéolites, ce sont elles que nous retrouverons ensuite dans ces cavités. Mais leurs principes pourront varier dans les proportions selon les circonstances; nous aurons alors des zéolites de différentes espèces: ce qui s'accorde avec les faits. Si ces substances tenues en dissolution sont en très-petite quantité, il n'y aura qu'une petite portion des cavités de remplie. Si la formation des géodes s'opère par des substances cristallisables à différentes époques, les dernières à se cristalliser viendront placer leurs cristaux sur les groupes déjà solides des premières cristallisations; et ceux-ci pourront n'être que du spath calcaire, de la sélénite, même du quartz; car ces substances, lorsqu'elles sont infiniment divisées et réduites à leurs dernières molécules

R

intégrantes, sont susceptibles de rester abondamment dissoutes dans les eaux très-chaudes (1).

(1) Bergman a observé des incrustations considérables, formées très-promptement par les dépôts d'une eau thermale presque bouillante ; l'analyse qu'il en fit, lui prouva que ces concrétions pierreuses, cristallisées, n'étoient qu'une vraie zéolite. (*Voyez* Opuscules de Bergman, vol. III.) Il est donc vrai que les principes constitutifs de la zéolite peuvent être entièrement dissous par les eaux chaudes, lorsque celles-ci les rencontrent dans leur état d'extrême division, quoique l'action du feu n'attaque que très-difficilement les composés qu'ils forment, quand ils sont réunis par affinité d'agrégation, comme le prouvent les feux de nos fourneaux, qui n'arrivent qu'assez difficilement à fondre certaines espèces.

Le Gueyser, en Islande, donne, au bout de peu de jours, des incrustations très-épaisses de quartz, qui recouvrent les végétaux et autres corps qui se trouvent sur le passage de ses eaux.

Ces exemples ne suffisent-ils pas à démontrer que nous ignorons en quelle quantité l'eau réduite à l'état d'incandescence, ou vaporisée, peut dissoudre les principes terreux quelconques isolés ou mélangés entr'eux, pourvu qu'une fois leurs molécules aient acquis une extrême division. Nous voyons d'ailleurs plusieurs sels contenant très-peu d'eau de cristallisation, quoique transparens et très-solides, se fondre et passer à l'état de complète liquidité, quand on les expose à une température un peu forte. Par leur refroidissement lent, ces dissolutions aqueuses momentanées, repassent à l'état de cristallisation et de solidité parfaite sans eau superflue. Plusieurs

Qu'on observe scrupuleusement la condition essentielle, qu'il faut qu'elles aient primitivement

muriates et nitrates sont dans ce cas; et même s'ils contiennent des substances hétérogènes, ils s'en dépouillent et les déposent sur les parois des vases. On voit par-là que si des roches qui contiendroient des zéolites ou des calcédoines déjà toutes formées, venoient à être pénétrées par l'action d'un feu suffisant à fondre ces derniers corps dans le centre de la roche même, sans que celle-ci, devenue à peine pâteuse, confondît ses élémens, si elle n'éprouvoit pas de violentes agitations, il pourroit arriver que ces zéolites ou ces calcédoines préexistantes, reprissent leur premier état de cristallisation par le refroidissement: et si leur pâte se trouvoit être plus fusible que celle des autres élémens de la roche, elles y resteroient momentanément fondues, sans se dilater aucunement pour se former une cavité plus étendue que la capacité nécessaire à leur cristallisation future. On pourroit admettre alors deux sortes de géodes calcédonieuses ou zéolitiques dans les laves. La première due à la seule action des feux volcaniques, qui auroit donné aux roches une liquidité suffisante pour que leurs principes élémentaires propres à donner des concrétions zéolitiques ou quartzieuses, se rapprochassent dans l'ordre et les proportions favorables à leur formation; et la seconde due à la recristallisation des zéolites ou des calcédoines déjà préexistantes dans les roches non encore volcanisées.

Au reste l'on concevra aisément encore la possibilité de la formation des géodes dans les produits volcaniques, si l'on fait attention que les terres ont la propriété de se dissoudre les unes les autres, même par voie humide et à

subi la division la plus extrême dont elles puissent être capables, parce qu'alors sous une infiniment

froid. Le célèbre *Vauquelin*, ce chimiste si exact et éclairé, a prouvé que la barite dissout l'alumine. (*Voyez Annales de Chimie de Paris*, n°. 87.)

La chaux dissout également la silice. (*Voyez Journal de Pharmacie de Trommsdorf*, vol. v.)

Dolomieu a trouvé des concrétions siliceuses dans des étuves, près de Lipari. (*Voyez Journal des Mines*, n°. 22, an IV.)

Les meilleurs chimistes ont prouvé que le quartz le plus pur contenoit toujours une quantité considérable d'alumine combinée; les meilleures argiles et les plus pures contiennent aussi du silex. (*Voyez Klaproth*, Kirvan.)

Les marnes argileuses nous prouvent l'action réciproque de la magnésie et de l'alumine entr'elles, et sur la chaux.

Si nous ajoutons à tout cela les acides fournis par les eaux de la mer, je veux dire l'acide marin et l'acide sulfurique, ainsi que les bases alkales que ces mêmes eaux contiennent, nous aurons, dans les laves liquides, des mélanges alkalis, salins, terreux, qui auront toute facilité de réagir réciproquement entr'eux et de se dissoudre mutuellement, sur-tout à une température aussi élevée que nous la devons supposer dans le sein des volcans; ajoutons à tout ceci, que là où se trouveront des dépouilles de corps marins coquilliers non encore parfaitement décomposés, là aussi pourront se former plus aisément des concrétions de nature particulière; ces coquilles en effet, après avoir subi toute l'intensité de la fusion

petite masse, elles offrent proportionnellement une surface beaucoup plus grande. Ces sub-

aqueuse incandescente, et avoir été décomposées et plus ou moins mélangées et dissoutes par la pâte volcanique qui les environnoit, auront pu, en se refroidissant, former dans les points particuliers qu'elles occupoient, des produits plus ou moins différens de ceux de la lave pure.

Car dans le cas où des corps organiques marins n'auroient pas encore perdu tout leur gluten naturel, une portion de son hydrogène pourra être réduite à un état de gas légèrement raréfié; tandis que sa portion carbonieuse réagissant sur les portions ferrugineuses des laves, sera convertie en acide carbonique par une désoxidation partielle du fer. Cet acide carbonique aidera encore efficacement la dissolution des principes terreux, sur lesquels il se portera immédiatement, sans passer même à l'état de gas.

Si l'oxide de fer est en quantité suffisante pour acidifier tout le carbone, le métal alors restera seul réduit à l'état d'éthiops, dispersé dans la cavité, et peu susceptible de se combiner avec d'autres bases, dans ce nouvel état. Si au contraire le carbone a prédominé, il formera avec le fer, déjà réduit, une espèce de carbure de fer noir, ou soit plombagine, qui revêtira les parois de la géode. Si enfin l'oxide de fer est excédant, une portion sera réduite, et l'autre restera colorée plus ou moins rouge ou jaunâtre. L'argile enfin qui avoit pu former une espèce de croûte autour des coquilles enterrées dans la vase marine, sera peu altérée: car cette terre ne se dissout pas très-facilement, même à une très-haute température: elle sera donc

stances, les dernières à se cristalliser, formeront autant de druses à couches plus ou moins répétées sur les surfaces des premiers cristaux; si l'eau est sucée par les pores à mesure qu'elle est dépouillée de ses principes terreux, elle finira par disparaître après avoir rempli la capacité de son premier volume, de cristaux de différente nature, et différemment disposés, qui en tapisseront tout l'intérieur, et pourront même en remplir entièrement le vide. Il pourra arriver quelquefois pourtant que l'eau ne trouve plus d'issue, les masses s'étant déjà trop solidement con-

mélangée avec le fer résidu. En supposant, d'après de telles données, un refroidissement successif, lent et tranquille de la masse fluide volcanique, on concevra bientôt comment les laves peuvent nous offrir tous les accidens que nous y rencontrons; et donner naissance à des géodes, tantôt calcédonieuses, tantôt zéolitiques, tantôt spathiques calcaires, tantôt séléniteuses ou quarzeuses, &c. dont les cavités renferment souvent des poudres qui teignent plus ou moins les doigts de différentes couleurs.

Si les feux volcaniques enfin atteignoient des couches marines presque toutes formées de coquilles de différentes grosseurs ou de différentes formes, et dont tous les principes ne fussent pas entièrement altérés, ces couches pénétrées par l'action des feux volcaniques sous-marins, pourroient être décomposées et fondues en place. Leur gluten, en se décomposant, pourroit fournir un peu de gas hydrogène pour augmenter la capacité

créées; dans ce cas elle restera dans la cavité, après avoir déposé tous ses élémens hétérogènes; mais si la pâte des cristaux des géodes était maintenue assez long-temps dans un certain état de mollesse, alors, à mesure que la substance basaltique dans laquelle elle est renfermée prendroit du retrait, les géodes auroient quelques-unes de leurs couches concentriques rompues dans leurs séries, pour avoir été obligées de se resserrer sur elles-mêmes après qu'elles s'étoient déjà concrétées. Les agathes-onix présentent souvent ce phénomène, dans des pâtes à la vérité non-volcaniques.

des petites cavités où elles seroient renfermées, aidé dans ce dernier effet par la raréfaction des eaux de combinaison, que ces dépouilles marines pourroient contenir. Le refroidissement arrivant, chaque coquille, sans avoir bougé de place, seroit convertie en un noyau de spath calcaire, cristallisé même à l'aide d'un excédant d'acide carbonique fourni par la décomposition des principes de leur gluten animal, dont le carbone, au moyen d'une excessive température, aura pu décomposer quelques portions d'eau. Chaque coquille isolée formera donc un globule de spath cristallisé plus ou moins exactement, et renfermé dans la pâte dans laquelle les coquilles étoient contenues avant d'avoir éprouvé l'action de la chaleur. Et chaque globule encore représentera plus ou moins exactement le volume et la figure de celle dont il provient, si toutefois les pressions n'ont pas entièrement oblitéré cette dernière.

Cependant les géodes, les zéolites, les enhydres, les spaths cristallisés ne devront guère se trouver que dans les laves sous-marines, qui n'auront point éprouvé le contact de l'air, et qui se seront ramollies à l'aise et sans fluctuations violentes au-dessous des surfaces solides. Car les circonstances favorables à leur formation, ou à leur conservation (si elles étoient préexistantes dans les roches), ne sauroient se rencontrer dans les volcans ouverts, où tout se passe dans une succession de circonstances bien différentes, par l'action seule du feu; aussi n'est-ce que dans les anciens volcans éteints, et qu'on peut à-peu-près certifier avoir été sous-marins, que se rencontrent tous ces produits singuliers. On ne doit pas s'étonner que la surface de leurs couches n'offre pas des scories, car je crois que celles-ci doivent presque toujours leur existence à des portions de laves boursoufflées par une longue action du feu seul; en un mot, qu'elles ne sont qu'un résultat d'une fusion purement ignée, long-temps soutenue et très-intense, avec le contact de l'air plus ou moins libre.

En s'attachant aux conséquences que peut fournir la théorie des volcans sous-marins, dont la fluidité des produits seroit supposée appartenir à une dissolution aqueuse ou vaporeuse incandescente, et peut-être assez fortement

électrique, on seroit porté à croire qu'il seroit possible en plusieurs cas que des volcans sous-marins soulevassent, par la dilatation des matières liquéfiées, des montagnes immenses de concrétions calcaires ou autres formées par l'augmentation successive des couches qui constituent le fond des mers, sans néanmoins percer ces couches ou les renverser. Alors on pourroit voir s'élever inopinément au sein des eaux, de nouvelles îles ou de nouveaux rochers; ces îles pourroient, tantôt disparaître en peu de temps, tantôt se maintenir solides et durables: ce qui dépendroit de la manière particulière dont leurs bases s'étayeroient par le temps, aux dépens des corps environnans, et de la façon dont se comporteroient les embrasemens cachés auxquels elles auroient dû leur existence. S'il arrivoit néanmoins que les matières fluides fussent successivement poussées au travers des bancs calcaires jusqu'à une certaine distance de leur surface; que ce soulèvement et cette pénétration lente, mais efficace et successive des laves, ou des vapeurs, fissent crevasser en divers sens la masse superimposée, ces fentes se rempliroient bien vite de laves fluides: et celles-ci paroïtroient comme écrasées entre des couches calcaires qui pourroient n'en souffrir que peu d'altération. Si progressivement enfin, ou dans le même temps

encore , il se formoit plusieurs de ces vastes et profondes crevasses , tantôt horizontales , tantôt obliques ou perpendiculaires , auxquelles pussent arriver les substances liquides volcaniques ; on auroit alors des lits alternés de laves et de couches calcaires sous-marines. Mais devoit-on , lorsque la retraite des mers auroit mis ces plages à découvert , et que des courans d'eau , des tremblemens de terre , ou d'autres causes puissantes nous montreroient cette disposition alternée de substances si différentes ; devrait-on , dis-je , en conclure qu'elle est essentiellement due à des retours périodiques des mers , succédés par des nouvelles volcanisations sur les mêmes lieux , à des époques très-reculées entr'elles ; et cela sur-tout parce que l'on observeroit que les couches calcaires interposées contiendroient encore par hasard quelques débris d'animaux ou de végétaux , qui pourroient très-bien au reste avoir été déposés successivement par lits horizontaux , dans des temps très-éloignés , au milieu de ces anciennes couches calcaires ? non , sans doute.

J'inclinerois volontiers à croire , d'autre part , que souvent les productions volcaniques qui soutiennent des montagnes calcaires , sont postérieures à celles-ci , et qu'on ne saurait conclure d'une manière satisfaisante en faveur de l'antiquité des volcans , ni d'après l'épaisseur des

masses qui les recouvrent, ni d'après l'alternation des couches volcaniques et terreuses qu'ils nous présentent, quelque profondes qu'elles nous paroissent. Cet argument de la vieillesse de notre Globe me paroît très-hypothétique : en avouant toutefois que je n'ai point été encore à portée d'observer assez en grand, et d'une manière variée et répétée. Après avoir hasardé mes foibles conjectures sur la nature des feux volcaniques, sur leurs moyens de désagréger complètement, avec le temps, les roches les plus dures et les plus profondes ; en les dissolvant peut-être dans des eaux incandescentes, qui ne peuvent trouver assez d'espace pour se dilater ; après avoir essayé d'appliquer cette théorie à quelques résultats que nous offrent les substances volcanisées, je risquerai quelques apperçus encore sur quelques-uns de leurs produits, de ceux sur-tout qui semblent ne se former que près des bouches des cratères, là où l'atmosphère a libre et plein contact avec les substances éjectées.

Si le soufre ne se produit pas dans les volcans, celui que nous y rencontrons sera dû à la décomposition des pyrites quelconques qui se sont trouvées accumulées en plus ou moins grande abondance, dans les masses qui ont formé la base principale des volcans. On ne peut cependant attribuer à cette petite quantité de soufre qui brûle

ordinairement à la surface des laves ardentes, leur fluidité, comme l'ont conjecturé quelques savans naturalistes modernes; car l'expérience a prouvé que des laves ou des basaltes, privés de soufre, se fondoient tout aussi aisément que ceux qui étoient mêlés avec une quantité plus ou moins forte de ce combustible. Les échantillons volcaniques mis en expérience comparative, ont été détachés des mêmes blocs et soumis dans le même tems à l'action d'un même feu. Une variété infinie de pareilles expériences, a constamment donné les mêmes résultats, c'est-à-dire une fusion également prompte et facile. J'ajouterais seulement pour l'intelligence des moyens employés pour retenir le soufre sans qu'il se volatilise jusqu'au moment de la fusion de la lave, qu'on use de vases elliptiques dont l'orifice supérieur très-étroit donne à peine issue aux vapeurs sulfureuses, qui menaceroient, par leur expansion, de faire crever les vaisseaux; on pile si l'on veut la lave, et on la passe par un même crible, afin que sa division soit égale dans les expériences de comparaison à établir avec le soufre et sans son mélange. Il semble au surplus que nous pouvons imiter parfaitement dans nos fourneaux quelques-uns des produits que les feux volcaniques nous donnent en plein air par la décomposition des pyrites; car si l'on fait sublimer,

par un grand coup de feu , dans deux profonds creusets renversés l'un sur l'autre, portions égales de sel marin et de pyrite martiale, le creuset supérieur offrira une quantité de lames très-brillantes de fer spéculaire, dans une apparence de vraie cristallisation, et qui pourront diviser les rayons solaires comme les meilleurs prismes : il y aura en même temps dégagement abondant d'acide muriatique et d'acide sulfureux. Le fer ainsi sublimé ressemble entièrement au fer spéculaire des volcans. Il paroît donc que, dans les déjections volcaniques mêlées de substances pyriteuses déjà plus ou moins désagrégées, pourvu que l'atmosphère fournisse un peu d'oxigène au soufre et à la base métallique, ou qu'il se décompose une petite quantité d'eau, il y aura bientôt production de gas hydrogène sulfuré, d'acide sulfureux, d'acide muriatique même, dégagé par l'acide sulfurique actuellement formé; et enfin sublimation de fer à l'état d'éthiops cristallisé en lames. On peut regarder cette sublimation du fer comme uniquement due au concours de l'acide muriatique et du calorique, qui lui prêtent des ailes pour s'élever dans une très-haute température; cependant l'acide muriatique venant à jouir d'une pleine élasticité, et continuant à éprouver une forte chaleur, s'emparera de l'oxigène du fer très-oxidé auquel il étoit d'abord combiné, à l'état de muriate

de fer ; et devenu par cette surcharge d'oxigène acide muriatique oxigéné , il abandonnera le fer réduit à l'état d'oxide noir , que le feu n'aura pas la force d'emporter seul. Le fer , dans cet état de foible oxidation , est encore attirable à l'aimant , quoique très-difficilement réductible par les meilleurs fondans et les plus fortes températures.

Cette propriété de l'acide marin de modifier aisément l'état d'oxidation du fer est si énergique , qu'elle s'étend à la plupart des oxides métalliques , et forme la base de plusieurs opérations économiques de métallurgie , de celle , entr'autres , trouvée dernièrement par le célèbre Born , pour la séparation du cuivre et de l'argent , par l'amalgame ; comme encore des derniers procédés imaginés pour l'extraction du cuivre pur , du métal des cloches ou de toute espèce de bronze (1). Pour cet effet on joint aux mélanges des substances employées le 10° , et quelquefois le 15° pour cent de muriate de soude. Celle - ci est attirée par les oxides les

(1) Ce dernier procédé est préférable à tous ceux déjà connus , et ne manque jamais ; il est d'ailleurs très-économique : je ne le connoissois pas suffisamment lorsque j'ai fait mes premières expériences à Venise ; mais je l'ai trouvé très-avantageux dans les essais que j'en ai faits à Turin , an 99.

moins réductibles, et forme avec eux des composés demi-vitreux avec excès d'alkali, tandis que l'acide muriatique est attiré par l'oxigène des métaux très-réductibles, et part à l'état d'acide muriatique oxigéné. Dans la réduction du bronze c'est le cuivre qui se réduit, tandis que l'étain se scorifie combiné avec la soude. Dans le procédé de Born, c'est l'argent qui se répristine probablement, ou bien qui passe à l'état de muriate d'argent, afin de pouvoir être ensuite traité par l'amalgame. Dans ce dernier cas, ce seroit l'acide muriatique qui obligeroit, par affinité prédisposante, l'argent à se surcharger d'oxigène.

Je n'ai parlé de ces expériences que pour mieux démontrer la possibilité de voir les métaux sublimés et quelquefois désoxidés par les feux volcaniques, à l'aide des eaux marines. Car il doit se former de l'acide muriatique oxigéné, dès que la pression est assez diminuée pour laisser prendre son état gasiforme à l'acide muriatique simple, contenu dans les muriates à bases terreuses, lorsqu'il vient en contact avec des oxides métalliques, le gas acide muriatique oxigéné une fois formé, réagira fortement sur les substances qu'il rencontrera, et pourra sur-tout brûler le soufre pur déjà réduit en vapeurs dans la capacité supérieure du cratère, et former ainsi des

acides sulfureux et sulfuriques, qui se porteront sur les substances volcaniques en fusion, souvent prêtes à se concréter. Ces acides, tantôt plus, tantôt moins abondans, donneront naissance à la sélénite, à l'alun, etc. ; et si les portions de laves qu'ils attaqueront, avoient été antérieurement décolorées par la volatilisation de leur fer opérée, ou par l'acide muriatique simple, ou par celui-ci oxigéné, leurs produits salins, lorsqu'elles viendront à se décomposer, seront blancs et purs ; il suffiroit même, pour cette décoloration, que des bancs argileux ou marneux eussent été puissamment attaqués par les émanations d'acide muriatique ; car si le fer se trouve peu oxidé dans ces argiles, l'acide muriatique l'emporte à l'état de muriate simple de fer ; si au contraire ces argiles contiennent le fer très-oxidé, l'acide muriatique commence par lui enlever une portion d'oxigène, en se convertissant en acide muriatique oxigéné ; de nouvelles portions d'acide muriatique simple dissolvent ensuite et subliment ce fer désoxidé suffisamment. Au reste, le fer, ou même à l'état de carbonate, ou d'oxide simple, est encore susceptible d'être sublimé par un feu très-violent. Car les terres savonneuses de Vicence, connues de tout le monde, se blanchissent entièrement dans les fours à porcelaine, quand elles se trouvent être d'une qualité particulière assez commune,

commune, qui est celle qu'on emploie pour la fabrication des pipes.

Si l'acide sulfureux, au contraire, se porte sur des argiles chargées de substances étrangères, et non décolorées, il y formera des sels à différentes bases.

Les produits volcaniques fourniront en conséquence, tantôt des sulfates d'alumine et de chaux presque seuls, tantôt des sulfates d'alumine et de fer mêlés avec d'autres sels, selon la nature des bases contenues dans les terres salifiées : on trouve les premiers produits, c'est-à-dire les plus purs, à la Solfatare, et les seconds (lorsqu'ils sont volcaniques) en Istrie et ailleurs, où j'ai pu les reconnoître à loisir.

L'acide marin est souvent lui-même saisi et retenu dans la pâte des substances volcaniques, lorsque celle-ci vient à se concréter ; on peut le retirer par distillation des laves bien pulvérisées. Enfin la soude du muriate décomposé y reste également combinée en plus ou moins grande abondance ; car on en a extrait jusqu'à douze et plus pour cent, des efflorescences que fournissoient des matières volcaniques en décomposition sur d'anciens cratères. A mesure qu'une lave se décomposera, elle pourra donc nouvellement fournir du muriate de soude, par la réunion des principes constitutifs de ce sel,

lorsque l'alkali se sera séparé des substances auxquelles il étoit uni dans les laves.

Quant à la sublimation du soufre pur dans les volcans , je le répète , ou ce corps est un de leurs produits , ou il est simplement détaché des corps pyriteux par l'action des feux qui le volatilisent , avant qu'il revienne en contact avec des substances solides ou gasiformes , qui puissent lui fournir de l'oxigène pour l'acidifier.

L'on trouve quelquefois encore du muriate d'ammoniac sublimé dans la bouche des volcans : ce n'est que lorsque leurs feux commencent à s'éteindre , que j'en conçois la formation et la sublimation probables ; car c'est alors seulement que l'air atmosphérique aura un libre accès dans l'intérieur des cratères , et que l'azote peut en conséquence y pénétrer abondamment : tandis que l'eau , soit celle tenue en dissolution par l'air atmosphérique , soit celle combinée avec les produits volcaniques , pourra se décomposer pour fournir l'hydrogène , à mesure que son oxigène formera avec différentes bases , ou des acides , ou des simples oxides de différens genres ; quant à l'acide muriatique , troisième principe du sel ammoniac , on sait qu'il existe toujours en état de vapeurs dans les effumations des cratères demi-éteints. Nous y rencontrerons donc à cette période toutes les circonstances favorables et les principes

nécessaires pour la formation du muriate ammoniacal, savoir, hydrogène dégagé à l'état naissant, c'est-à-dire, peu élastique encore au moment où l'eau sera décomposée, azote en contact avec cette base, et présence d'acide muriatique libre, très-concentré et sec, pour aider la formation de l'ammoniac par affinité prédisposante.

Les verres volcaniques différemment colorés, me semblent devoir leur formation aux substances terreuses et métalliques, fondues avec plus ou moins de soude, et tourmentées par les feux volcaniques en plein air; car sans cette dernière circonstance, je crois difficilement possible la vitrification des laves, 1°. parce qu'il n'y aura guère d'alkali dégagé, tant que le muriate de soude ne peut trouver un espace suffisant à la gasification de son acide; 2°. parce que cette décomposition exige encore les affinités de concours d'un oxide métallique, pour attirer l'acide muriatique et le convertir en acide oxigéné; 3°. parce que tant qu'il n'y aura pas contact d'air, et tant que les vapeurs aqueuses incandescentes tiendront comme en espèce de dissolution les substances volcaniques; la réunion vitreuse de leurs élémens n'aura pas lieu; il en résultera plutôt une sorte d'agrégation terreuse, qu'une réelle vitrification; 4°. parce que le soufre lui-même, ainsi que d'autres corps, pourront empêcher la même

vitrication, lorsqu'ils n'auront pas encore été sublimés.

En peu de mots, j'oserois penser que les diverses productions volcaniques pourroient bien n'être que les résultats de deux différentes fusions : l'une aqueuse incandescente, et peut être aidée par l'électricité jusqu'à un certain point ; cette fusion sera produite dans le sein des volcans par des torrens électriques, qui précipiteront beaucoup de calorique libre dans leur passage au travers des rochers et des masses aqueuses salées. Ce calorique portera bientôt l'eau et les substances solides à l'état d'incandescence, par son accumulation non interrompue, et à chaque instant augmentée ; l'eau, élevée à cette excessive température par cette surcharge de calorique et d'électricité, tendra fortement à l'expansion, et s'interposera entre les molécules des roches désagrégées et ramollies par le calorique, empêchera efficacement la réunion de leurs molécules intégrantes à l'état de pâte vitreuse ; et lorsque cette eau viendra à perdre son calorique, pour retourner insensiblement à son premier état, les molécules terreuses des corps pourront s'entr'attirer et se réunir à-peu-près dans le même ordre qu'elles l'étoient antécédemment.

La seconde fusion est celle purement ignée

sans l'intervention de l'eau , ou tout au moins avec une influence très-secondaire de celle-ci et de l'électricité déjà dissipée ; les matières alors seront travaillées comme dans nos fourneaux , et plus ou moins altérées par le contact de l'atmosphère. Nous aurons, dans ce second cas, des produits volcaniques , vitrescens , homogènes , plus ou moins compactes. Je ne considère cependant cette seconde fusion que comme une conséquence de la première, c'est-à-dire qu'elle n'aura lieu que lorsque les matières en fusion incandescente (aqueuse ou vaporeuse), délivrées de leur extrême pression, pourront exhaler à l'état de gas invisible, peut-être très-électrique, toute leur humidité. D'où l'on voit que tout le temps que la pression subsiste, et que le contact atmosphérique n'a pas lieu, il ne doit pas y avoir oxidation du fer dans les lavés, car cette oxidation ne sauroit, dans ce cas, s'opérer par la décomposition de l'eau, tant à raison de l'excessive température, que de la pression énorme qui empêcheroit le dégagement du gas hydrogène ; aussi observe-t-on que les laves contiennent presque toutes leur fer attirable à l'aimant, lorsqu'elles n'ont pu être altérées par le contact de l'air, et qu'elles ont pu se concréter assez vite sous une enveloppe très-épaisse.

La propriété donc, d'être ou n'être pas attirable à l'aimant, ne doit point faire conclure,

d'une manière exclusive et générale, en faveur de la volcanéité ou non volcanéité des substances douteuses ; car dès que ces matières auront pu se concréter à l'air, après avoir été long-temps remaniées par le feu, si la pression qu'elles auront éprouvée aura été foible et la température assez médiocre, quoique suffisante pour leur fusion, leurs molécules ferrugineuses auront pu s'oxider plus ou moins par l'action des acides, par la décomposition de l'eau, par l'oxigène atmosphérique, et se changer ainsi en oxides, qui ne seront plus attirables : ce qui n'auroit pu avoir lieu dans des circonstances entièrement opposées.

De même encore, le caractère d'être ou n'être pas conducteurs de l'électricité, est également équivoque et peu sûr : car toutes les laves, basaltes, &c. fondues long-temps par le seul calorique, sans interposition d'eau, et avec le contact de l'air, pourront, en se solidifiant, acquérir des propriétés plus ou moins vitreuses, et devenir ainsi plus ou moins isolatrices du fluide électrique ; tandis que les mêmes matières dissoutes à-la-fois par le calorique, l'eau et l'électricité, sans contact d'air, se concrèteront sous la forme d'agrégation terreuse, et transmettront facilement l'électricité.

SIXIÈME ESSAI

SUR les anomalies des affinités chimiques, et spécialement sur celles dites affinités prédisposantes.

MALGRÉ l'évidence et la clarté qu'ont répandues les chimistes modernes sur la théorie de la plupart des phénomènes de la nature et de l'art, par la connoissance et l'application des loix générales et particulières des affinités chimiques, ainsi que des circonstances qui peuvent en modifier les effets, sur-tout lorsqu'ils travaillent sur des corps dont les principes constitutifs leur sont bien connus, et dont l'échelle d'affinité les uns envers les autres est suffisamment déterminée, jusques-là même qu'ils prévoient clairement, et annoncent avec certitude les résultats de leurs opérations: il est pourtant encore des cas particuliers, où, faisant réagir entr'eux des principes ou des composés qui leur sont très-familiers, ils ne sauroient, par l'application des affinités et de leurs loix, donner une raison satisfaisante des produits obtenus; ces loix paroissent même en pareilles circonstances, entièrement discordantes, au point qu'on seroit tenté au premier instant de les croire

arbitraires ou inconstantes, si de semblables cas devenoient très-nombreux.

J'ai senti aussi bien que tout autre, l'inquiétude décourageante qu'on éprouve, lorsqu'affermi dans une théorie qu'on a bien conçue, et convaincu de la solidité des principes sur lesquels elle pose, on se trouve (novice encore dans la carrière qu'on parcourt avec curiosité) forcé de suspendre sa course inopinément, et qu'en se rappelant la marche qu'on a déjà faite, on ne sait plus entrevoir comment on a pu, le fil d'Ariane en main, se trouver dans un labyrinthe inextricable. J'étois trop convaincu des vérités de la chimie moderne, pour douter que quelques faits anomaux pussent en infirmer la certitude; mais, j'ai tâché pour ma satisfaction, de voir si par une méditation attentive sur les seules loix d'affinités admises sans discussion par les chimistes, je ne pourrois point trouver la solution naturelle de ces anomalies; je me suis d'abord fait un tableau de celles déjà résolues et publiées par différens auteurs; j'ai cru reconnoître de la méprise dans quelques-unes, je leur ai assigné d'autres explications déduites immédiatement des affinités connues et des loix qui les modifient; et par un rapprochement semblable des principes reçus et des corollaires immédiats qui en dérivent naturellement, j'ai tenté de

résoudre quelques autres faits anomaliques. J'ai cru m'apercevoir d'après mon travail, que de semblables exceptions aux affinités n'étoient qu'apparentes, et ne dépendoient que de la complication de plusieurs forces agissantes à-la-fois, qu'il étoit possible de distinguer les unes des autres par une sérieuse réflexion.

PREMIER CAS anomalique touchant les affinités prédisposantes.

On ne sauroit mieux sentir ce qu'on entend par affinités prédisposantes, qu'en saisissant bien l'analyse de l'opération par laquelle on forme de l'éther sulfurique, en la considérant sous les rapports sous lesquels les célèbres Fourcroy et Vauquelin l'ont présentée dans leurs expériences et dans leurs observations sur cet objet, consignées dans un mémoire plein de vues nouvelles et d'instructives réflexions, inséré dans un des n°. des *Annales de Chimie, par les citoyens Fourcroy, Vauquelin, Bertholet, Hassenfratz, &c. Paris.*

Ce mémoire particulier nous apprend, en substance, que lorsqu'on verse de l'acide sulfurique très-concentré sur de l'alkool bien déphlegmé, il s'établit aussi-tôt une température assez élevée dans la masse des deux liquides, qu'on voit bientôt se dégager des vapeurs, qu'on

reconnoît à l'odeur pour de l'éther sulfurique ; la limpidité des liquides brunie , il y a production d'eau ; et si l'on réitère souvent les mélanges proportionnels d'acide très-concentré et d'alkool bien rectifié , à chaque fois qu'on s'apperçoit que l'eau produite a beaucoup alongé l'un et l'autre des deux fluides précédemment réunis (car cette eau formée dans l'opération , diminue et même peut faire enfin cesser leur réaction due à leur état de concentration) ; si , dis-je , on réitère souvent les mélanges indiqués , on obtiendra une copieuse production d'éther , une grande quantité d'eau , et beaucoup de charbon précipité dans les liquides résidus. Cependant il n'y a pas le moindre atome d'acide sulfurique de décomposé , ni par conséquent aucune portion de gas sulfureux produit ; car si l'on sature avec des bases salifiables convenables le résidu acide , on verra qu'il y aura la même quantité de bases neutralisées , comme si on leur avoit immédiatement uni tout l'acide sulfurique employé à la production de l'éther , celui-ci toujours supposé obtenu sans chaleur artificielle. C'est donc aux dépens de l'alkool seul que se sont produits l'eau , l'éther , et la séparation du charbon libre. Or l'eau n'étant qu'un composé d'hydrogène et d'oxigène , il s'ensuit que l'éther (*sulfurique*) ne doit être considéré que comme de l'alkool , moins une

grande quantité d'hydrogène et d'oxigène, qui se sont combinés à l'état d'eau, et moins une grande portion de carbone qui est devenu libre. Ce qui détermine donc la production de l'éther, c'est la grande affinité de l'acide sulfurique très-concentré pour l'eau; affinité si puissante, qu'elle oblige à se réunir à l'état d'eau, les deux principes constitutifs, oxigène et hydrogène de l'alkool, lesquels il contenoit auparavant unis dans un autre ordre de combinaison. Cette affinité fait donc décomposer le corps alkool, et déséquilibre tout l'ordre d'union et d'attraction de ses principes constitutifs: d'où naît alors un nouveau produit, l'éther. Cependant dans l'alkool, l'hydrogène et l'oxigène ne sont point unis à l'état d'eau, et d'autre part, l'acide sulfurique n'a point d'affinité particulière pour l'hydrogène isolé, non plus que pour l'oxigène seul et pur; il attire donc l'eau, et en est attiré avant qu'elle soit formée, puisqu'il n'a point d'affinité pour ses principes constitutifs séparés. Voilà précisément un effet de cette force qu'on nomme affinité prédisposante, affinité créatrice, qui fait que certains corps ont des propriétés avant leur existence, ce qui répugne pourtant au principe universellement reçu, *Nihili nulla vis, nulla proprietas*; comme ne se le sont point dissimulé les savans expérimentateurs nommés.

C'est par la force des mêmes affinités prédisposantes, et par elles seules, qu'on peut encore se rendre raison de la dissolution du fer par l'acide sulfurique alongé d'eau, tandis que celle-ci isolée, et l'acide sulfurique pur et concentré, n'attaquent point le même fer très-sensiblement; et qu'il faut, pour que son oxidation soit immédiate, faire agir sur lui à la fois l'eau et l'acide sulfurique dans le même moment; alors la grande affinité de l'acide sulfurique pour l'oxide de fer, oblige l'eau à se décomposer pour former cet oxide, qui semble réagir sur l'acide, même avant sa formation, puisque le fer pur n'est point attiré par l'acide sulfurique, que l'oxigène isolé ne montre pas plus d'affinité pour lui, qu'enfin l'oxigène tient plus à l'hydrogène qu'il ne tient au fer, puisque celui-ci seul ne sauroit décomposer la première qu'en très-petite quantité. Je vais tâcher de faire rentrer ces phénomènes dans le cercle des loix et des effets d'affinités bien connues. D'abord il est certain que dès que les corps qui ont de l'affinité entr'eux, sont rapprochés dans leur sphère d'attraction, ils réagissent les uns sur les autres très-positivement, quoique l'effet nous paroisse impuissant; ainsi, quand dans une dissolution de sulfate de potasse on verse une dissolution de chaux caustique, le sulfate de potasse ne sera point effectivement décomposé, mais il le sera

presque , et je dirai que si l'acide sulfurique adhéroît à la potasse comme 62 avant la présence de la chaux , celle-ci présente , il n'y adhérerait plus que comme 8 , la chaux attirant par 54 degrés l'acide sulfurique. Veut-on une preuve que la chose est ainsi? qu'on unisse de l'acide muriatique au mélange , de suite la décomposition du sulfate de potasse aura lieu ; à raison de ce que l'acide muriatique qui attirera comme 32 la potasse , la détachera aisément de l'acide sulfurique , auquel elle n'adhéroît plus que comme 8 , à cause de la présence de la chaux ; mais si on avoit ajouté à la dissolution du sulfate , une quantité même considérable d'acide muriatique sans chaux , il n'y auroit point eu de décomposition , les affinités électives s'y opposant.

Les principes constitutifs des composés réagissent donc les uns sur les autres très-énergiquement , dès qu'ils sont en présence , quoique l'effort soit quelquefois impuissant. C'est comme si placé entre deux hommes d'inégales forces , un corps quelconque étoit tiré en sens contraire. De ce que l'homme le plus fort entraîneroit ce corps , pourroit-on dire que le plus foible ne le tireroit pas réellement , ne seroit pas aussi réellement combiné avec lui que le premier (pour m'expliquer ainsi) , quoique plus foiblement. Les corps

donc qui sont en présence, et dans leurs sphères d'attraction, doivent être considérés comme semi-combinés, lorsqu'ils ne sont pas complètement unis. Mais voyons de donner une valeur réelle à cette première expression de semi-combinaison, qui d'abord ne paroît renfermer qu'une idée vague et arbitraire. Les chimistes et les physiciens savent que les corps pour exercer leurs affinités, n'ont pas besoin du contact immédiat : on les voit même à des distances sensibles s'entr'attirer, et l'on peut observer à œil nu deux molécules d'eau ou de mercure qui, par affinité d'agrégation, réagissent très-distinctement l'une sur l'autre, même dans un certain éloignement. Il est donc vrai que les molécules des corps ont des atmosphères d'attractions, qui peuvent être plus ou moins étendues, et qu'au moment où ses attractions ont exercé leur pouvoir, les composés déjà sont nés, et ont acquis leurs nouvelles propriétés. Mais, si par des affinités antagonistes, les corps ne peuvent point se rapprocher le plus près possible, quoique leurs sphères d'affinités soient déjà confondues par plusieurs degrés de compénétration, c'est-à-dire, que la combinaison soit déjà fort avancée, dirons-nous alors que les corps encore ne sont nullement combinés ? Non certes ; nous jugerons tout au plus, que la combinaison n'est

point aussi intime qu'elle pourroit l'être; qu'elle est arrivée (si nous pouvions la mesurer) au dixième, au sixième, aux trois quarts de sa latitude de perfection et d'intimité, &c. Veut-on des exemples de ces affinités imparfaitement satisfaites? qu'on examine mille productions des arts et de la nature, qui à force de temps et de circonstances se rapprochent successivement, et vont perfectionnant leur intime combinaison, comme dans la confection des verres, des porcelaines, &c. On commence par de premiers degrés de combinaison, on finit ensuite par les plus intimes; et à mesure que les combinaisons se perfectionnent, les propriétés des composés ne font qu'augmenter en énergie et en caractères marquans; mais ces propriétés ne changent pas essentiellement, ni ne sont pas créées exclusivement à un seul point de combinaison et de rapprochemens, celui de la dernière intimité. Les propriétés des composés ne font donc qu'augmenter progressivement en énergie, à mesure que les combinaisons deviennent plus intimes: aussi les meilleurs physiciens, quoique d'accord que les molécules constituantes des corps ne se touchent peut-être en aucun point, n'admettent pas moins qu'il peut y avoir des composés doués de propriétés plus ou moins marquées selon leurs divers états de rapprochement, et selon la na-

ture, le nombre et les proportions des principes constitutifs (1).

(1) Au sujet de l'arrangement et de l'état de combinaison entr'eux des principes constitutifs des molécules intégrantes des corps, on ne sera pas fâché, sans doute, de trouver ici le précis de quelques réflexions intéressantes et judicieuses, que m'a communiquées l'aimable et savant Delamétherie, dans quelques entretiens familiers; elles ne sont qu'un développement de ce qu'il a annoncé très-succinctement dans plusieurs de ses écrits, notamment dans sa *Théorie de la Terre*, article *Acides*.

L'on ne sauroit, me disoit-il, démontrer positivement et d'une manière exclusive et absolue que dans la combustion des corps solides opérée par l'oxigène, la presque totalité du calorique rendu thermométrique, soit due à l'oxigène, devenu concret; car les corps solides peuvent être aussi bien nécessités que l'oxigène gas, à perdre une portion de leur calorique, soit de capacité, soit de combinaison, pour former un nouveau composé; car nous pouvons distinguer dans le nouveau composé qui résulte de la combinaison immédiate de la base oxigène avec un corps quelconque combustible, trois principales parties constitutives, savoir, bases combustible, oxigène et calorique.

Or il n'est pas improbable que le calorique contenu dans le nouveau composé, n'y soit combiné d'une autre manière qu'il ne l'étoit, lorsqu'il étoit uni aux molécules isolées de chacun des principes constitutifs du composé; c'est-à-dire qu'on pourroit concevoir la base de l'oxigène et celle du combustible comme s'unissant et se combinant

Les

Les alliages des métaux ne sont-ils pas susceptibles, par des précautions particulières prises

entr'eux, dans un état de totale et absolue spoliation de calorique, d'où résulteroit un nouveau composé formé de ses seules parties constituantes, lesquelles prendroient ensuite leur calorique de capacité et de combinaison chimique.

Le célèbre professeur Lamarck, à qui l'histoire naturelle doit tant, a fait, de cette idée, la base d'un système qu'on ne sauroit apprécier qu'après une lecture suivie et réfléchie, car il étend à tous les composés cette nouvelle modification et cette nouvelle nature des molécules intégrantes des corps quelconques; c'est-à-dire qu'il prétend qu'en combinant l'acide sulfurique et la potasse, on ne fait pas simplement réunir entr'elles les molécules intégrantes de l'acide sans les décomposer, ni les principes de la potasse sans les désunir; mais au contraire que l'oxigène de l'acide sulfurique, son soufre, la base alkaline, son calorique de combinaison et celui de l'acide sulfurique, entrent dans un nouvel ordre de combinaison entr'eux, forment de nouvelles molécules intégrantes, tantôt en acquérant, tantôt en perdant quelques principes, d'où résulte un composé nouveau dans lequel on ne peut plus dire que l'oxigène est fixé sur le soufre, que la potasse est combinée avec l'acide; celui-ci étant supposé détruit par l'acte de la combinaison. On peut consulter au long dans son ouvrage intitulé, *Pyroténie*, les conséquences étendues qu'il déduit de cette opinion, et les raisons multipliées sur lesquelles il la fonde. Je ne fais que citer ici un auteur dont on ne sauroit lire les ouvrages multipliés, sans fruit.

Enfin, Delamétherie m'observoit encore qu'on pourroit,

relativement à leur état de fusion et de refroidissement, d'acquérir plus ou moins de densité,

sans invraisemblance peut-être, considérer cette portion de calorique que le nouveau composé prenoit, tant à l'état de combinaison que de capacité, comme le principe acidifiant, ou la cause de cette propriété dans les corps acides, en admettant néanmoins que ce calorique exigeoit, sans doute, quelque modification particulière de combinaison pour produire l'acidité; que cette faculté acidifiante paroissoit devoir être d'autant mieux attribuée au calorique préférablement à l'oxigène, que 1°. souvent les corps les plus oxigénés sont les plus éloignés de l'acidité, même de toute saveur; l'eau, par exemple. 2°. Que les corps les plus acides peuvent perdre cette propriété par leur combinaison avec l'oxigène base, tel l'acide muriatique simple, passant à l'état d'acide muriatique oxigéné. 3°. Qu'il y a des bases très-acidifiées par une très-petite dose d'oxigène, tandis que d'autres le sont très-peu par une absorption immense de cette base acidifiante. 4°. Que nous connoissons aujourd'hui plusieurs acides bien marqués qui ne contiennent point d'oxigène, au moins susceptible d'y être démontré présent et combiné. Tels sont l'acide prussique, les acides gazeux hydrogène sulfuré, hydrogène phosphoré, &c. d'après les belles expériences du célèbre Berthollet.

Mon âge, et bien d'autres raisons, ne doivent point me permettre de risquer de foibles oppositions aux réflexions et aux idées long-temps mûries d'hommes aussi profonds et respectables que les Delamètherie et Lamarck. Qu'il me soit permis seulement de hasarder quelques doutes, avec la déférence qu'inspirent le respect et l'estime.

Je répons, quant à la première observation relative

ce qui les rend plus ou moins énergiques dans leurs propriétés ? Tous les quartz ne sont pas aussi

à la température produite dans la combustion des corps, qu'il me paroît que des expériences très-positives (au moins dans certains cas) tendent à faire croire que le calorique dégagé appartient presque entièrement au seul gas oxigène , actuellement concrété sur le corps combustible. En effet, faites brûler du charbon bien pur dans de l'oxigène gas également pur, la température produite sera très-forte ; brûlez la même quantité de charbon avec de l'oxide de plomb , de manganèse, &c. tenez compte de la quantité de calorique dégagé pendant la combustion , dont le produit acide sera le même pour la quantité et quant à sa nature, et vous verrez combien le calorique dégagé sera moins abondant dans le second cas. Il faut donc convenir que le calorique dégagé de la combustion du charbon par le gas oxigène , est presque entièrement dû à ce dernier, puisque le même charbon ne donne pas de température lorsqu'il se combine avec l'oxigène déjà spolié de calorique , et concrété sur certaines bases métalliques. Au reste on peut brûler en mille manières, et débrûler promptement les métaux par l'oxigène concret, c'est-à-dire qui a perdu son calorique de capacité, sans qu'ils manifestent aucune température. Vous oxiderez une plaque de fer en la plongeant dans une dissolution de nitrate de cuivre , et celui-ci sera repristiné, sans qu'il y ait chaleur produite. On peut varier ce phénomène par mille expériences analogues ; mais si vous tentiez de brûler le fer en aussi peu de temps et aussi fortement par le pur oxigène gas, la température deviendroit très-élevée.

Lorsque je produis artificiellement de l'acide carbo-

durs les uns que les autres, par la raison précisément que la combinaison intime, ou soit les

nique, dans mes cours d'expériences chimiques, par les mélanges d'oxides métalliques et de charbon, je ne manque jamais de faire observer, par une expérience comparative, cette différence de température produite par la combustion opérée par l'oxigène employé dans différens états. Je place à cet effet dans le même fourneau une seconde retorte contenant les mêmes oxides, mais sans charbon; le mélange de la première retorte qui doit fournir l'acide carbonique, et celui de la seconde privée de charbon, soumis tous deux à même feu, ne diffèrent pas très-sensiblement en température entr'eux. Or on ne peut dans cette expérience comparative simultanée, prendre le calorique libre fourni par le fourneau, pour celui dégagé de la combustion du carbone par l'oxigène de l'oxide. Pourquoi donc ici le charbon n'abandonne-t-il pas beaucoup de calorique en se combinant avec l'oxigène des oxides, et se changeant en acide carbonique, puisqu'il est supposé en abandonner beaucoup lorsqu'il se convertit également en acide par sa combinaison avec l'oxigène gas? On peut conclure, je crois, de ces expériences comparatives, que le calorique de température dégagé dans ce dernier cas, appartient à l'oxigène gas.

Je réponds, touchant la seconde réflexion, qu'il est vrai, comme l'observoit le citoyen Delamétherie, qu'en réunissant ensemble le gas oxide d'azote et le gas oxigène, il y a disparition des deux gas, qui se réduisent à un très-petit volume de liqueur acide, par la réciproque union de leurs bases, et sans dégagement bien notable de calorique thermométrique; mais je n'infère pas de-là

sphères d'affinités de chaque molécule des différentes espèces de quartz ne sont pas aussi inti-

qu'il n'y a pas eu de chaleur produite, par la seule raison que le gas azote n'avoit pas de calorique dont il ait pu se décharger. Car si le thermomètre monte de quelques degrés à peine, je ne saurois, à part moi, déduire d'autres conclusions de ce phénomène, sinon que les nouveaux produits acides nitreux et nitriques ont une capacité très-grande pour le calorique, et qu'ils ont absorbé tout celui appartenant aux deux gas. En effet le même charbon qui s'étoit converti en acide carbonique, par son mélange avec de simples oxides métalliques, sans donner une température bien marquée, se convertira en acide carbonique par le moyen de l'acide nitrique seul ou combiné avec la potasse, en rendant une quantité de calorique libre vraiment surprenante; que voir et soupçonner autre dans des phénomènes si disparates dans leurs effets, et entièrement analogues ou identiques dans leurs produits, sinon que le calorique étoit contenu abondamment dans l'acide nitreux ou nitrique, et en petite dose dans les oxides; et que le charbon a joué un rôle à-peu-près nul dans la production de température?

Je n'étendrai pas néanmoins cette proposition au-delà des limites que prescrit le raisonnement fondé sur l'expérience; car je suis également persuadé, avec le physicien respectable que je viens de citer, que dans la combustion du gas hydrogène et de plusieurs autres corps, on doit compter pour beaucoup le calorique qu'ils rendent thermométrique simultanément avec l'oxigène qui se concrète sur eux; ce qui nous explique en bien des cas pourquoi avec la même dose d'oxigène absorbé nous

mement confondues , pour se rapprocher le plus possible du contact immédiat. Ce point de ques-

avons des températures si différentes, indépendamment de la nouvelle capacité des produits nouveaux. Les citoyens Fourcroy , dans son inimitable *Phylosophie Chimique*, et Berthollet, plus spécialement dans une note de ses précieux *Elemens de l'Art de la Teinture*, sont précis et prononcés à cet égard.

Quant à la question de savoir si les nouveaux composés, produits par la combustion, contiennent leur calorique de capacité dans un nouvel état de fixation, et si par conséquent les molécules d'oxigène et celles de la base oxigénée, n'en ont retenu aucune portion chimiquement combinée dans le même état qu'elles se le tenoient uni avant qu'elles formassent un nouveau composé, c'est un point que je ne déciderai pas faute d'expérience; mais je croirois volontiers que le calorique de capacité contenu dans les nouveaux composés, y existe dans une quantité particulière à chaque produit, sans nier pour cela que les molécules de l'oxigène et de la base combustible puissent avoir retenu combiné chimiquement avec elles tout celui qui leur étoit auparavant uni, dans cet état de fixation. Or s'il ne s'agit pas de calorique de combinaison chimique, mais seulement de calorique de capacité; la question devient indifférente, car le calorique de capacité ne change ni ne fait varier la nature des corps; les composés sont toujours essentiellement les mêmes, qu'ils aient plus, qu'ils aient moins de capacité satisfaite. Si l'on entend parler, au contraire, du calorique de combinaison et faisant partie constituante des corps, j'avoue qu'il pourra changer leur nature et leur mode d'être, selon qu'il sera

tion n'est, je crois, révoqué en doute par qui que ce soit. Raisonçons maintenant avec rigueur et

plus ou moins en quantité dans les composés. Mais, sans me prononcer sur cette hypothétique désunion du calorique de combinaison d'avec les molécules intégrantes des corps, lorsque celles-ci forment de nouveaux composés, je dois l'avouer, quand je réfléchis à la combinaison du composé vulgairement appelé sulfate d'ammoniac, je ne puis voir dans ses molécules intégrantes que l'acide sulfurique non décomposé, combiné avec l'ammoniac également intact; et je n'ose imaginer, avec le citoyen Lamarck, un nouvel ordre de molécules constituantes formées d'azote, d'hydrogène, de soufre, d'oxygène et de calorique, tous rapprochés autrement qu'ils ne l'étoient entr'eux dans l'acide sulfurique et l'ammoniac isolés. C'est-à-dire supposer que le soufre dans le sulfate d'ammoniac seroit peut-être uni à l'azote, tandis que l'hydrogène seroit uni à l'oxygène et au calorique, ou que tous les cinq principes seroient confondus et réunis dans un ordre inverse, sans avoir laissé subsister un atome de l'acide primordial et de l'ammoniac. Il ne faut pas disconvenir que cette pensée néanmoins est ingénieuse, et peut bien mériter attention sous quelques rapports.

La troisième réflexion du citoyen Laméthérie sur la propriété acidifiante du calorique sembloit ne pouvoir conserver aucun partisan raisonnable, dès que la moderne théorie étoit venue à bout de prouver que l'oxygène base pouvoit exclusivement acidifier les corps acidifiables. Mais cette hypothèse aujourd'hui ne paroît plus pouvoir soutenir une application aussi générale et absolue envers toutes substances susceptibles d'acidification, depuis que

précision. Je crois donc qu'on peut affirmer que les corps forment des composés, aussi-tôt que

les recherches ingénieuses de Berthollet sur la nature et les propriétés de l'acide prussique, et des gas hydrogènes sulfuré, phosphoré, &c. nous ont forcés de convenir que la propriété acide pouvoit être en plusieurs cas indépendante de toute présence d'oxigène, au moins sensible. Et je ne suis pas loin de croire que nous reviendrons bientôt à quelque modification sur la faculté exclusive du pouvoir acidifiant de l'oxigène; mais je ne vois pas qu'on puisse pour cela attribuer cette propriété plus au calorique qu'à d'autres corps. 1°. Parce que tous les corps qui contiennent le plus de calorique concrété, ne sont pas ceux qui sont les plus acides. Témoins le gas acide muriatique oxigéné, les gas hydrogènes sulfuré, phosphoré, &c. l'oxide rouge de mercure, l'acide nitrique. 2°. Parce que des substances très-acides contiennent assez peu de calorique, l'acide sulfurique, phosphorique, &c.; quelle distance de capacité pour le calorique, entre l'acide nitrique et l'acide sulfurique! 3°. Parce que le calorique, comme principe de toute acidité, devoit rendre acides tous les corps qu'il échauffe. Or peut-on comparer la sensation produite par l'eau chaude à celle que donne une dissolution d'acide muriatique même assez foible? c'est, dira-t-on, que cette propriété dépend d'une modification particulière du calorique fixé sur les corps, sans laquelle l'acidité n'a plus lieu. Je répondrai, par une autre hypothèse, que l'acidité dépend aussi d'une modification particulière de l'oxigène fixé sur les corps, laquelle lui donne la propriété d'affecter nos nerfs de telle ou telle autre manière; seulement j'ajouterai que nos nerfs dégustatoires peuvent

mis dans leur sphère d'attraction , ils peuvent confondre leurs atmosphères d'affinités (le mot

encore recevoir une sensation analogue par des composés qui ne contiennent pas du tout de l'oxigène, tel que le gas hydrogène sulfuré, ou l'acide prussique; ou bien, si l'on ne veut pas prendre la sensation du goût pour type de l'acidité, je dirai que d'autres composés, exempts entièrement d'oxigène, ont la propriété d'attirer aussi des bases particulières, et de rougir certaines teintures bleues végétales, tout aussi bien que les composés acides dans lesquels l'oxigène entre pour beaucoup. Devra-t-on abandonner le mot oxigène pour cela? Non: car il sera toujours vrai de dire que de tous les corps connus, c'est l'oxigène qui donnera le plus souvent la propriété acide aux différentes bases combustibles connues simples ou composées quand elles seront susceptibles d'être acidifiées. Il sera toujours le principe acidifiant par excellence; il sera toujours, en un mot, l'oxigène.

On ne peut en effet attribuer au calorique la propriété acidifiante que d'une manière générale et négative, en disant que par-tout où il y a acidité, il y a calorique, quoique par-tout où il y a calorique, il n'y ait pas acidité; au lieu que par-tout où il y a acidité, il n'y a pas infailliblement oxigène. On pourroit dire touchant l'exception des acides prussique, hydrogène sulfuré, phosphoré, &c. que leur acidité dépend de l'hydrogène, ou mieux, que par-tout où l'acidité ne dépend pas de l'oxigène, elle est dans ces cas dépendante de l'hydrogène, mais que ces derniers cas sont beaucoup plus rares, et qu'on auroit tort en conséquence d'appeler oxigène, ou soit principe générateur de l'acidité par excellence, l'hydrogène aussi, puisqu'il est

atmosphère n'est ici employé que pour mieux rendre l'idée).

Cette compénétration des sphères d'attraction des principes constitutifs des corps entr'eux, peut être plus ou moins intime, d'où résulteront des composés plus ou moins parfaits. Les corps commencent donc à se combiner au moment même que leur sphère d'attraction agit; et aussi-tôt qu'ils ont acquis un premier commencement de combinaison, ils commencent à acquérir de nouvelles

loin d'opérer aussi généralement que l'oxigène proprement dit. D'ailleurs il paroît que le calorique donne plutôt l'alkalinité que l'acidité aux corps; presque tous les physiciens et chimistes modernes dérivent cette propriété dans toutes les substances salifiables caustiques du calorique fixé dans ces corps; lequel ceux-ci dégagent abondamment lorsqu'ils viennent à se combiner avec les substances animales vivantes; d'où, je crois, en attendant la découverte de quelques nouvelles vérités, qu'on peut assez raisonnablement soupçonner que ce qui constitue la vraie essence de l'acidité nous est encore inconnu, et que nous ne pouvons pour déterminer même son existence qu'employer des moyens imparfaits et équivoques; car les sensations sont variables, selon la disposition des nerfs. D'un autre côté, la facilité de combinaison et la propriété de rendre plus ou moins solubles les bases dites salifiables, alkalines, terreuses et métalliques, appartiennent à plusieurs corps que nous ne rangeons pas parmi les acides; à plusieurs substances colorantes, par exemple.

et particulières propriétés, dépendantes de ce premier état très-foible et très-imparfait de composition. Cette compénétration d'atmosphères d'affinités peut néanmoins trouver souvent des obstacles qui la forcent à s'arrêter à des premiers degrés, tandis que d'autres fois elle sera portée assez avant. Dans le premier cas le composé imparfait qui en résultera, présentera un état de semi-combinaison; n'ayant que des propriétés commençantes, foibles dans leurs effets; elles pourront même rester insensibles quoique très-réelles; si les attractions plus fortes qui réagissent d'autre part les étouffent et les rendent nulles en apparence; d'où il suit que les effets de toute combinaison commençante, et déjà réellement existante, peuvent être absorbés pour ainsi dire par les effets d'une autre combinaison antagoniste beaucoup plus forte et plus intime.

Il s'agit encore, pour l'intelligence des affinités prédisposantes, d'admettre le principe suivant:

Certains corps foiblement combinés entr'eux, augmentent sensiblement leur mutuelle et réciproque combinaison, par la présence d'un troisième corps affine au produit de la combinaison des deux premiers. Par exemple, si l'on prend de l'acide nitrique concentré et qu'on le verse sur de l'esprit de térébenthine bien rectifié, il s'ensuivra une prompte inflammation, produite

par la décomposition de l'acide nitrique, qui cède une portion de son oxigène à l'hydrogène et à un peu de carbone peu lié aux autres principes de l'esprit de térébenthine; on aura donc acide carbonique, eau, gas azote et gas oxide nitreux; qu'on unisse, d'un autre côté, une portion du même acide nitrique à une base salifiable: dès-lors il ne se décomposera plus avec l'esprit de térébenthine, malgré qu'il soit formé des mêmes principes combinés dans les mêmes proportions; et cela parce que la présence de l'alkali a resserré les nœuds d'affinités entre l'azote et l'oxigène (1).

(1) Si l'on se rappelle ici ce que j'ai dit ailleurs, en traitant du calorique, touchant l'augmentation d'énergie qu'acquerroient les affinités quelconques par les rapprochemens plus avancés, auxquels on pouvoit forcer les molécules intégrantes des corps d'arriver même par les moyens mécaniques des pressions, augmentation d'énergie qui est en raison inverse du quarré des distances diminuées. Si l'on se souvient encore de ce que j'ai avancé sur les effets de l'élasticité inhérente et particulière à chaque corps, laquelle agit comme force répulsive entre les molécules intégrantes des substances qui tendent à se combiner; élasticité en conséquence, dont l'action sur les molécules est diamétralement opposée à celle d'attraction, et en retarde plus ou moins les effets; on sentira bientôt que les bases salifiables, en s'unissant aux acides, concrètent et solidifient, pour ainsi dire, ces derniers, et détruisent

Qu'on fasse fondre de l'acide phosphorique pur, le charbon, moyennant une température suffisante, le décomposera en lui enlevant son oxygène.

presqu'entièrement toute leur tendance à l'état élastique, en les spoliant même de leur eau et d'une portion de calorique de capacité. Or l'étrange diminution de volume que souffrent ces agrégats de molécules acides par cette solidification, ne peut s'opérer que par un plus grand rapprochement de leurs molécules intégrantes sur les surfaces d'autres molécules étrangères; mais, d'autre part, elles ne sauroient entrer dans un état de plus grand rapprochement, sans que la même force ne réagisse sur leurs principes constitutifs, par un effet analogue à celui de la pression; et pour léger que soit ce degré de rapprochement opéré, il augmentera de suite les forces d'affinités de combinaison. Car si l'effet de ces dernières forces est d'appliquer fortement les molécules acides contre les molécules salifiables, les principes constitutifs des premières se trouveront dans le même état absolument que si elles étoient soumises à une violente pression, conjointement avec les molécules intégrantes qu'elles forment. Quand on viendra à rompre ce nœud d'affinité de combinaison, les molécules intégrantes des acides et leurs molécules constituantes reprendront un peu d'élasticité, et en conséquence seront moins fortement pressées sur elles-mêmes, et par-là plus aisément décomposables, comme moins intimement combinées: car les forces de combinaison diminuent en raison inverse du carré des distances diminuées.

Dans les sels on peut donc considérer les molécules acides comme unies à sec, presque sans calorique de ca-

Unissez le même acide à de la chaux , il ne sera plus décomposable par le même charbon ; unissez cet acide à de l'alkali de potasse , de soude ou

pacité, avec les bases salifiables ; dans cet état leurs molécules intégrantes n'ont presque plus d'élasticité conservée : elles sont, j'oserai dire, calquées, appliquées à-peu-près comme par l'effort d'une compression excessive sur les surfaces, ou près des surfaces des bases salifiables, ce qui doit naturellement rapprocher leurs molécules constitutives avec un effort proportionnel à cette force d'application, qui dérive de la réciproque affinité de combinaison des principes acides et bases salifiables entr'eux. Ici donc, ce sont les efforts de l'affinité de combinaison qui suppléent efficacement aux effets d'une excessive pression pour opérer le rapprochement des principes constituans. Je puis errer ; mais ceci me paroît un raisonnement tolérable.

Je pourrais ajouter, comme une conséquence déduite du même principe, que les matières colorantes de faux teint ne me paroissent devoir qu'aux mêmes forces resserrantes, l'espèce d'indestructibilité, ou mieux d'incombustibilité qu'elles acquièrent par leur union avec certaines bases salifiables de différens genres et différens espèces, qui les rendent couleur de bon teint. C'est-à-dire que je ne vois toujours dans ce résultat qu'un effet d'affinité resserrante, opéré par la présence des excipients particuliers de la matière colorante, qui forcent les principes constitutifs de cette dernière substance à s'unir plus étroitement entr'eux, et à devenir ainsi très-peu faciles à être attaqués par l'oxigène ou autres corps. Cette réflexion pourroit servir à l'explication des effets des différens mordans.

même à quelque oxide de plomb, il sera encore décomposable par le même agent charbonneux, mais très-difficilement ; ce qui nous apprend que les différentes bases resserrent inégalement les liens d'affinités des principes constitutifs de l'acide phosphorique, et rendent ainsi sa décomposition plus ou moins facile.

Le savant Berthollet a observé que si l'on mettoit en contact, sous une cloche, du gas acide sulfureux, pur et très-sec, avec du gas oxigène, pur et pareillement sec, il n'y avoit pas, même au bout de plusieurs mois, un atôme d'acide sulfurique de formé; mais que si l'on joignoit au mélange une petite quantité d'eau, immédiatement il y avoit une portion de cet acide produite ; ce qui nous prouve d'une manière bien claire que l'eau est capable d'augmenter, entre l'acide sulfureux et l'oxigène, les degrés d'affinités de combinaison (qui n'étoient qu'à peine ébauchés ; à raison de la distraction qu'opéroit le calorique sur les deux principes isolés, oxigène et gas sulfureux), à tel point que ce troisième corps *eau* décide de leur combinaison plus intime par l'affinité qu'elle a pour l'acide sulfurique très-concentré. Ces exemples, où les liens d'affinité entre deux principes constituans d'un composé, mis dans la sphère de leurs attractions, sont puissamment resserrés par la présence d'un troisième corps

qu'on leur présente, sont aussi nombreux qu'incontestables : ceux que j'ai avancés suffisent à rendre mon assertion évidente.

Voyons actuellement par une suite de corollaires immédiats, d'inductions et de conséquences simples et naturelles, d'expliquer le fait proposé, celui de la production de l'eau dans la formation de l'éther sulfurique.

L'oxigène et l'hydrogène dans l'alkool sont assez rapprochés pour être dans leur sphère d'attraction, mais non pas suffisamment libres et exempts d'autres affinités antagonistes (*celle du carbone, par exemple, qui tendroit à faire de l'huile avec l'hydrogène, et de l'acide carbonique avec l'oxigène*); pas suffisamment libres et exempts, dis-je, d'autres affinités antagonistes, pour se combiner, se rapprocher assez intimement pour former de l'eau dans l'alkool; c'est une eau commencée, dont les principes constitutifs, quoique peu rapprochés ont leurs atmosphères d'affinités déjà confondues jusqu'à certains degrés de compénétration, et donnent existence et réalité à un composé imparfait de semi-combinaison, qui a déjà des propriétés comme corps composé, mais qui sont encore faibles en raison de l'imperfection de la combinaison; cependant si l'on présente de l'acide sulfurique à ce composé, encore imparfait, il réagit déjà comme troisième corps sur
l'acide

l'acide sulfurique, tout de même que ce dernier réagit sur lui; mais l'effet de cette réaction devient si puissant, que les sphères d'attraction de l'oxygène et de l'hydrogène principes de l'eau arrivent à être, par le resserrement et l'augmentation de force d'affinité, rapprochés à un contact assez immédiat pour confondre tellement leurs atmosphères d'affinités particulières, qu'il doive s'ensuivre la perfection de combinaison, je veux dire la production d'eau; mais les autres principes de l'alcool, délivrés ou presque délivrés de leurs affinités pour les portions d'hydrogène et d'oxygène passées à l'état d'eau, laquelle s'est combinée de suite avec l'acide sulfurique, ont plus de force (étant moins distraits par des affinités antagonistes déjà détruites ou singulièrement affoiblies), ont plus de force, dis-je, pour se réunir plus intimement dans un autre ordre et former de nouveaux composés. Nous verrons se produire alors une huile éthérée, l'éther, qui n'est qu'une combinaison de carbone et d'hydrogène, retenant probablement une petite portion d'oxygène; tandis que le charbon excédant mis hors des forces d'affinités par son éloignement des autres principes, restera libre dans le résidu, et se précipitera. Si l'on ne nie pas les faits sur lesquels repose la solution du phénomène, et qui servent de prémisses, je ne vois pas qu'on puisse rejeter les conséquences: or, les faits

antécédens sont universellement connus et avoués.

A l'aide de ces développemens, nous pourrons, je crois, actuellement nous rendre raison des effets de combustion produite par l'acide muriatique simple, versé à l'état de grande concentration, ou même appliqué à l'état de vapeurs sur plusieurs corps organiques végétaux et animaux, qu'il charbone entièrement en les désorganisant, et quelquefois aussi efficacement que le feroient les acides nitrique et sulfurique : je ne serois pas même loin de croire qu'il pût causer, dans certaines circonstances, une vraie combustion avec flamme : car nous concevrons aisément la possibilité de cette inflammation, si nous nous rappelons qu'il suffit pour cela que l'acide muriatique très-concentré rencontre dans les corps sur lesquels il réagit, plusieurs principes *semi-combinés*, et jouissant dans cet état d'imparfaite combinaison, de propriétés particulières, quoique très-foibles. Si l'acide muriatique a quelques degrés d'affinité pour ces composés à peine commencés et imparfaits, et que ceux-ci, par leurs propriétés réelles quoique extrêmement foibles, réagissent déjà sur lui, l'acide muriatique resserrera leurs degrés d'affinités, en forçant leurs molécules constituantes à un plus grand rapprochement, à celui, c'est-à-dire, nécessaire à former un composé parfait avec lequel il s'unira ; mais les autres principes résidus réagiront aussi

entr'eux, auront de nouvelles forces d'affinités les uns pour les autres, enfin produiront de nouveaux composés; et si ceux-ci, ainsi que les premiers, déjà combinés avec l'acide muriatique, ont une capacité beaucoup moindre pour le calorique que les corps primitifs décomposés dont ils dérivent, ils abandonneront une prodigieuse quantité de calorique et de lumière, ce qui produira une vraie inflammation; l'acide muriatique, alors sans fournir aucunement de l'oxigène aux dépens de sa propre substance, pourra brûler aussi efficacement que tout autre acide très-puissant, les cuirs, plusieurs végétaux, et même former des huiles et des éthers.

C'est encore aux mêmes causes et aux mêmes pouvoirs des affinités prédisposantes que j'attribuerai tous les résultats des expériences de mistriss Fulhame, qui ne voit jamais dans la combustion qu'un effet des affinités de concours. Ainsi, au lieu de dire avec elle que l'hydrogène carboné, phosphoré, sulfuré, ne peut désoxigéner l'or, l'argent et plusieurs autres métaux, que par la décomposition de l'eau; qui donne son hydrogène à l'oxigène des métaux oxidés, tandis que l'oxigène *naissant* de l'eau s'unit à l'hydrogène des gas pour reformer de l'eau; je dirai seulement que la seule affinité de l'eau pour l'eau, ou de la même eau pour les acides qui doivent naître, fera que les

molécules de phosphore ou d'hydrogène en contact avec les oxides métalliques qui se trouvent dans leur sphère d'attraction, seront forcées à se réunir plus intimement avec l'oxigène des mêmes oxides par la présence du liquide aqueux, qui resserre puissamment leurs nœuds à peine commencés, sur-tout que l'oxigène, qui tient peu à ces bases oxidées, y est cependant fixé dans un état très-peu élastique; le phosphore même, et le soufre pourront aider cette séparation de l'oxigène, par leur tendance à former des phosphures ou des sulfures avec les bases métalliques, dans l'état d'extrême division et de manque d'affinité d'agrégation où ces corps se trouvent.

Peut-être pourroit-on encore, avec quelque vraisemblance, expliquer, à l'aide des affinités prédisposantes des alkalis et de quelques autres bases pour l'acide nitrique, expliquer, dis-je, la formation du salpêtre dans les nitrières artificielles; il faudra seulement supposer pour cela que, l'azote dégagé des substances animales, au moment où il seroit encore assez privé de calorique de combinaison pour n'avoir que très-peu d'élasticité développée, c'est-à-dire dans son état naissant, s'unira, ou avec l'oxigène dissous dans l'eau, lequel étant alors moins élastique pourra plus aisément se combiner avec lui, comme étant plus condensé et plus tranquille, ou bien le même azote se combi-

nera simplement avec l'oxigène atmosphérique, pourvu toujours que celui-ci ne soit guère agité et puisse rester assez long-temps en présence de l'azote naissant pour que leurs sphères d'affinité puissent réagir entr'elles; alors les alkalis, par leur affinité resserrante, obligeront à la combinaison intime et parfaite les deux bases oxigène et azote, qui, sans cette force additionnelle d'affinités prédisposantes, ne se seroient pas complètement réunies; et comme le produit de leur combinaison, *acide nitrique*, a une très-grande capacité pour le calorique, celui-ci ne retardera point la combinaison des principes entr'eux par sa tendance à s'échapper (1). Il faut l'avouer, il seroit bien intéressant de décider si le calorique que contient l'acide nitrique y est combiné chimiquement, ou bien s'il y est à l'état de simple calorique de capacité, c'est-à-dire, purement adhérent sans intime union, ce

(1) On ne verra pas avec déplaisir ici, peut-être, un fait curieux sur la génération du salpêtre, tiré de l'extrait d'une lettre qu'adressoit le célèbre *Déodat Dolomieu* au citoyen *Alberto Fortis* (de Rome, en date du 24 mars 1788), et que ce dernier a bien voulu me communiquer.

« J'ai fait part, disoit-il, à M. de Zimmermann d'une observation singulière sur la génération du nitre. Je vais également vous la communiquer, parce qu'elle pourra vous être utile.

» Tous les édifices de Malte sont construits avec une

que j'incline à croire. Quelle étrange contraction il doit avoir éprouvée dans ce dernier cas !

pierre calcaire, d'un tissu lâche, d'un grain fin ; elle est molle et se taille aisément. Elle acquiert un peu de dureté à l'air, et elle résiste assez long-temps aux vicissitudes de l'atmosphère, qui finissent toujours par opérer la destruction des matières même les plus dures. Mais il est une circonstance qui hâte la destruction de la pierre de Malte, et qui, en très-peu de temps, la réduit en poussière. C'est lorsqu'elle a été mouillée par l'eau de mer. Alors elle est toujours humide quoiqu'employée dans les lieux les plus secs. Elle est continuellement couverte d'une efflorescence saline, qui forme une croûte qui acquiert plusieurs lignes d'épaisseur ; elle est mêlée de sels marin et nitreux à base terreuse et alcaline. La pierre s'égrène d'elle-même, se réduit en poussière et la croûte saline se détache. Il s'en forme une nouvelle qui tombe successivement jusqu'à ce que la totalité de la pierre soit consumée ou détruite. Une seule goutte d'eau de mer suffit pour placer dans la pierre ce germe de destruction. Elle forme une tache qui s'étend peu à peu, et qui fait participer toute la masse de ce genre de carie. L'effet ne se borne pas à cette seule pierre lorsqu'elle est employée dans un mur, mais il se communique, avec le temps, aux pierres voisines, dont l'efflorescence superficielle annonce le germe de destruction placé dans leur masse. Il y a des espèces de pierres dans lesquelles il est plus long-temps à se développer et à agir. Ce sont celles dont le tissu est le plus serré et le grain le plus fin, et celles qui contiennent une petite por-

Un peu de température et de lumière ne seroient plus conques nécessaires à la formation du

tion de terre de magnésie sont les plutôt attaquées, &c.

» J'ai cherché à expliquer ce phénomène, et voici ce qui m'a paru le plus probable. L'eau de mer doit son amertume au sel marin à base terreuse. Ce sel déliquescent attire l'humidité de l'air, et communique cette qualité à tous les corps qui en sont abreuvés. La pierre qui en a été baignée ne peut plus sécher; l'humidité qu'elle conserve y favorise la production du nitre avec le concours de l'air atmosphérique. Le nitre, une fois établi dans cette matrice, contribue à la formation du sel du même genre. Il détruit le gluten ou l'adhérence qui unissoit les parties de la pierre, en s'emparant de la matière la plus propre à lui servir de base. Cette carie contagieuse, dont le principal véhicule est un certain degré d'humidité, corrode, détruit presque tous les rochers qui sont à Malte sur les bords de la mer. Cette même carie a fait tomber en ruine plusieurs édifices, dans lesquels on avoit employé quelques pierres tachées par l'eau salée. Maintenant on a la plus grande attention à ne plus mettre en œuvre aucune pierre qui ait commencé à s'effleurir, à cause du ravage qu'elle peut faire en communiquant son mal aux autres.

» Je ne doute pas que la nature n'ait la faculté de convertir les acides minéraux les uns dans les autres, et beaucoup de phénomènes me font croire que cette opération lui est facile, relativement à l'acide marin changé en acide nitreux. Je vois la formation contemporaine des deux acides dans les mêmes bases exposées aux influences

nitre, qu'en raison de la disposition qu'elles fournissent aux autres principes des végétaux et ani-

de l'atmosphère. Je vois que les eaux saumâtres dont on arrose les terres, hâtent et augmentent la formation du nitre. Je ne doute donc pas que les terres de votre grande nitrière, que l'on a gâtées et altérées par les arrosements d'eau saumâtre, ne se rétablissent en leur faisant présenter souvent de nouvelles surfaces à l'air. La proportion de sel marin diminuera journellement au profit du nitre, et je crois qu'avant 20 ans elles seront aussi bonnes, et peut-être plus riches qu'avant cette opération barbare.

» La pierre calcaire dans laquelle cette fosse est creusée (il s'agit toujours de la nitrière de Molfetta), pourra continuer à former du salpêtre quoique transportée ailleurs, parce qu'elle renferme dans son sein le germe de cette génération; comme la pierre de Malte, qui ne cesse pas de se couvrir d'efflorescences salines, quoique transportée dans des lieux secs et loin de la mer.

» Voilà mon cher A... quelques idées que je livre à votre discussion, et sur lesquelles je vous demande votre avis ».

On a également observé que dès que l'acide acéteux, ou même quelques autres pris dans la classe de ceux appelés végétaux, ou bien dans celle des minéraux, s'étoit une fois combiné avec quelque portion très-circoscrite de certains métaux, du plomb, par exemple, ou du cuivre, l'oxidation de ces derniers corps continuoît d'elle-même en plein air, toujours par une dilatation successive et excentrique du premier point attaqué, jusqu'à ce qu'enfin le temps permît aux plaques métalliques

maux qui ne sont pas de l'azote, à se séparer de celui-ci, en le laissant plus libre, ces principes tendant

d'en être entièrement corrodées. Il semble que ce premier germe d'oxidation étend de lui-même son action sur tous les points intacts environnans; et que ceux-ci, à leur tour, communiquent à leurs plus proches l'espèce de gangrène dont ils ont été affectés par communication.

Peut-être pourroit-on donner une raison satisfaisante du phénomène actuel (relatif aux métaux), en supposant que lorsqu'un point est une fois oxidé, et que cette portion d'oxide a été neutralisée par l'acide qu'on lui a présenté (quelque petite qu'en soit la quantité), la portion d'oxide saturée absorbe alors une nouvelle dose d'oxigène, que cette surcharge la fait moins adhérer à l'acide qui la neutralisoit, et que la portion ainsi suroxidée réagit bientôt sur les molécules voisines, ou tend simplement à leur répartir une portion de son oxigène en vertu des affinités prédisposantes, dont la présence de l'acide, à moitié dégagé, sollicite les effets pour s'unir avec ces secondes molécules métalliques encore intactes dès qu'elles seront suffisamment oxidées; cette oxidation peut encore être due en partie à l'oxigène atmosphérique, que la présence du même acide déterminera à se fixer sur les molécules inaltérées des lames métalliques. Cette altération ira donc se propageant ainsi excentriquement, et la première portion d'acide, qui a déterminé la suroxidation abondante de la portion métallique avec laquelle elle s'étoit d'abord combinée, est encore la même qui continuera ensuite à faire oxidier les molécules métalliques les plus proches. Quand l'oxidation enfin sera arrivée aux extrémités du disque métallique, la

eux-mêmes à se gasifier, tels que l'hydrogène, qui laisseroit le carbone seul, lequel réagit peu sur

portion d'acide, qui avoit été placée au centre, se trouvera répartie sur la circonférence, et le centre sera entièrement oxidé ou suroxidé sans être salifié. Si l'on humecte souvent avec les mêmes acides les métaux, on multipliera les points de salification et de suroxigénation, et l'oxidation totale des masses sera plus promptement terminée. Mais dans tout autre endroit, où il n'y aura pas eu d'acide combiné avec la portion métallique, là il n'y aura que très-difficilement suroxidation, parce que celle-ci ne sera pas sollicitée par les affinités prédisposantes occasionnées par la présence de l'acide, qui, dans le premier cas, tendoit à faire oxidier les molécules contiguës; soit aux dépens de l'air, soit aux dépens d'une humidité quelconque, ou même encore par la déoxidation partielle des molécules voisines les plus surchargées d'oxigène.

C'est par des interprétations analogues que je croirois pouvoir encore expliquer, au moins avec quelque probabilité, la successive dégradation des masses pyriteuses, une fois entamées par les agens de décomposition en quelques points: excepté qu'il faudroit ici tenir compte non-seulement de l'acide formé et de l'oxidation des bases métalliques, mais encore attribuer une portion des effets destructeurs aux produits gazeux hydrogénés, &c. qui seroient formés par l'acte même de la décomposition.

Je ne hasarde cette opinion, au reste, que comme hypothétique et sujette à discussion, exigeant encore des expériences directes et bien vues pour être admise ou rejetée avec fondement et certitude.

l'azote, et dont la réunion avec le seul carbone ne nous a fourni encore aucun composé particulier bien connu.

Dès qu'une fois un ou plusieurs principes simples ou même composés d'une substance quelconque, sont désunis par la soustraction de quelques uns d'entr'eux, qui sont passés dans un nouvel état de combinaison, ceux qui restent se trouvant alors déséquilibrés dans l'ordre, les proportions et les moyens d'affinités qui les réunissoient antérieurement, sollicitent et peuvent singulièrement favoriser la décomposition progressive des autres parties saines et intactes avec lesquelles ils se trouvent en contact. C'est de ces principes que j'ai toujours déduit la cause, la succession et la rapidité des phénomènes multipliés que nous offrent toutes les fermentations dans leurs produits, leurs résidus, en un mot dans leurs résultats universels. Je vais me permettre quelques légers développemens sur ce sujet.

Dès qu'il y a un point de fermentation établi dans un corps quelconque, on doit considérer les principes constitutifs de ce point isolé, comme étant parvenus à un état de plus ou moins grand relâchement de leurs liens antérieurs. Les principes qui sont le plus avancés vers le dégagement et déjà presque réduits à leur état naissant, deviennent très-susceptibles d'attirer par affinités électives certaines par-

ties constitutives ou même intégrantes des corps avec lesquels ils sont en contact. Quelques-uns cependant ne font que s'unir au calorique sans se surcomposer, et nous fournissent alors des gas simples, hydrogène, azote, &c. Les résidus fixes qui restent après cette déperdition, sont constitués dans un nouvel ordre de proportions et d'affinités entre eux, et envers les autres corps simples ou composés qui les environnent; ils réagissent donc à leur tour sur les parties encore saines de la masse dont ils faisoient auparavant partie intégrante, et relativement à laquelle ils sont actuellement devenus parties étrangères, à raison de la nouvelle modification qu'ils ont éprouvée. Les nouveaux produits qui ont été le résultat de cette modification ont eux-mêmes, ainsi que les résidus dont ils dérivent, une action plus ou moins énergique entr'eux, et sur les parties inaltérées de la masse première; et comme ces résidus et ces produits nouveaux acquièrent des propriétés qui leur sont particulières, souvent on remarque parmi ces dernières celle d'une moindre capacité pour le calorique, d'où dérive nécessairement alors une production de température plus élevée. Si les produits sont gazeux, acides, alcalins, ou même simplement oxides, et plus ou moins dissolubles dans la masse intacte aussi bien que dans les résidus, leur action deviendra plus

générale, plus pénétrante et plus efficace comme plus subdivisée; ils dissoudront, tantôt les mucilages, tantôt les résines, les alkalis, tantôt les sels et les acides, &c. des portions saines avec lesquelles ils seront mélangés; ils en absorberont même l'eau dans certains cas. Ces parties donc qui jusqu'alors avoient résisté aux forces de décomposition, leur céderont ensuite, à cause du désordre amené dans les principes composés de leurs substances. En peu de mots, dans toutes les fermentations, les produits d'un premier point altéré réagissent sur leurs résidus, tandis que les uns et les autres agissent en même temps sur les parties encore intactes de la masse première. Voilà comment je conçois qu'un point de putréfaction commencé dans une pomme, par exemple, en amènera l'entière décomposition; et si cette pomme en touche quelques autres, par des parties infectées, elle leur communiquera bientôt la gangrène. Il n'est pas impossible même (dans quelques cas ceci a lieu très-certainement), que les seuls produits aériformes ou vaporeux des portions fermentantes produisent la putréfaction à la surface et progressivement dans l'intérieur de la masse, des corps *putrescibles* environnans.

Si toutefois les corps dont quelques endroits sont attaqués par la putréfaction, sont doués de forces vitales et réparatrices, il pourra souvent

arriver que ces dernières retardent ou circonscrivent les progrès ultérieurs de décomposition, comme nous en avons des exemples dans les plantes et leurs fruits, ainsi que dans les membres des êtres vivans et animés; et si je ne craignois le blâme de me laisser aller à des inductions éloignées ou trop hardies, j'oserois presque avancer qu'il n'est pas hors de vraisemblance (d'après les connoissances étendues et précieuses que nous avons acquises sur différentes propriétés des airs factices), que les viandes (sur-tout celles de poissons), vieillies, ainsi que les substances végétales qui ont dépassé les limites de combinaisons particulières à leur état de maturité, ne puissent quelquefois réagir d'une manière délétère et paralysante sur les organes de la digestion, par les produits vénéneux qu'elles renferment lorsqu'elles sont ainsi altérées. Les sucs gastriques et leurs organes réparatoires devenus alors inertes et impuissans, permettent une dégénérescence progressive de ces substances dans les premières voies. Si les effets pernicieux se limitent au système intestinal, les vomissemens, les diarrhées en seront à-peu-près les seuls résultats fâcheux, suivis toujours d'un abattement et d'une foiblesse d'organes gastriques plus ou moins dangereux et permanens; s'ils deviennent sympathiques et se propagent à tout le système des nerfs, avec plus

ou moins d'influence maligne , ils pourront avoir pour conséquences des fièvres putrides , nerveuses, convulsives ou périodiques. Cette théorie pourroit , jusqu'à un certain point , s'appliquer peut-être aux causes et aux phénomènes de plusieurs maladies contagieuses , et nous indiquer , d'une manière intelligible, le mode d'agir des émétiques, qui opèrent souvent des prodiges, donnés dans les premiers momens du développement de ces sortes de maladies; en nous expliquant l'action bienfaisante des altérans légèrement purgatifs , ou des toniques puissans qu'on administre quelquefois en pareils cas. Nous pourrions croire en effet que les premiers (les émétiques) expulsent les substances léthiférées et putrescentes , qui séjournent dans les premières voies , tandis qu'ils excitent et réveillent en même temps la vitalité assoupie de ces organes, en leur redonnant une énergie capable de digérer au moins en partie les portions résidues ; les évacuans suivis ou accompagnés par les toniques agiront d'une façon analogue par un chemin opposé. Mais cessons d'accumuler, en la provoquant, la censure sur nos foibles idées : revenons à notre sujet.

La fermentation se soutient ou se propage par l'action des affinités simples, des affinités doubles, et de celles enfin dites *prédisposantes*. Il s'ensuivra donc que plus il y aura de nouveaux produits

formés, et plus les résidus seront variés, plus aussi la fermentation devra être accélérée, toutes choses égales d'ailleurs, puisqu'il y aura une plus grande quantité de différens produits réagissant à la fois sur les substances encore *indécomposées*. Je présume de là que les acides peuvent favoriser toute espèce de fermentations *putrides* (fournissant de l'ammoniac), *spiritueuses* (de l'alkool, de l'éther) et *acides* (du vinaigre, de l'acide carbonique, malique, &c.), par l'action qu'ils exercent sur certains principes simples ou secondaires des corps dont ils doivent produire la décomposition, sans que ces acides se décomposent eux-mêmes, car il suffit qu'ils s'entremettent entre les molécules des substances sur lesquelles on les met à réagir, c'est-à-dire, qu'ils s'unissent de préférence à quelques principes composés des parties intégrantes (tantôt par affinité de simple adhésion, tantôt par une combinaison réelle), sans toucher à quelques autres principes, relâchant ainsi tous les liens de la première union des corps. Ces principes désunis deviennent alors plus aisément attaquables par les bases gaseuses atmosphériques, et nécessitent même en certains cas la décomposition de l'eau; aussi voyons-nous des sels dont les principes constitutifs sont pour nous indécomposables, tels que le muriate de soude, accélérer très-efficacement la fermentation. Il est vrai qu'une

qu'une trop grande quantité de ces mêmes sels produit un effet contraire. C'est qu'alors ils se combinent directement et jusqu'à saturation avec tous les principes composés ou secondaires de ces substances, et ne forment plus avec eux qu'un agrégat de nouveaux composés accidentels. Car quoique ces substances ayent été désagrégées très-efficacement, elles sont cependant entrées dans un nouvel ordre de combinaison, qui empêche leurs principes secondaires, isolés entr'eux par les molécules des sels auxquelles ils se sont unis, de se décomposer ultérieurement; ces sels opèrent donc une espèce d'analyse mécanique des principes composés de ces corps.

Il faut convenir cependant qu'à la longue, si la température, ou si l'état hygrométrique du milieu ambiant, ou mieux si ces deux causes agissent à la fois sur les corps salés, bientôt quelques-uns de leurs principes simples ou composés passeront à l'état de gas, tandis que les autres par cette soustraction s'entr'attireront dans un nouvel ordre: et alors une désorganisation presque insensible mais générale, ne tardera pas à se manifester. Il faut quelquefois, il est vrai, des années avant que ces effets puissent avoir lieu dans les matières salées, mais enfin cette fermentation lente et progressive arrive tôt ou tard, et finit par être entière et universelle dans la masse.

Nous pouvons remarquer et suivre les effets de pareilles décompositions tacites et prolongées dans des viandes conservées quelque temps par la saumure, dans les poissons marinés, dans les vieux fromages en décomposition : l'odeur détestable qu'exhalent alors ces substances diffère presque à tous égards de celle qu'elles manifestent par une prompte putréfaction. Cette fétidité particulière, annonce une diversité de produits dans leur décomposition tardive, diversité sans doute qu'on doit attribuer aux changemens qu'elles ont subis avec le temps dans le nombre et les proportions de leurs principes constitutifs, aussi bien qu'à l'ordre de dégagement et de combinaisons successives, qu'elles sont obligées d'adopter dans leur décomposition, à raison de la présence des sels avec lesquels sont combinés leurs principes secondaires.

J'oserois ajouter ici, que j'ai été souvent tenté de porter les conséquences de cette théorie jusques dans les opérations les plus communes, comme les plus frappantes et les plus obscures de la nature dans le règne minéral. Les pierres nitrifères, qu'ont depuis long-temps décrites et bien observées plusieurs naturalistes (entr'autres le célèbre Alberto Fortis, dans la nitrière naturelle de Molfetta en Pouille, et le savant Dolomieu, dans l'île de Malte), ne doivent peut-être qu'à un premier principe d'altération, leur propriété de fournir

spontanément du salpêtre, et de se convertir presque totalement en nitre par la réaction, sans doute, des produits des premiers points en décomposition, et de celle encore de leurs résidus sur les parties encore intactes de ces substances solides : car les chimistes ont prouvé que les sels progressivement engendrés dans ces pierres, aux dépens de la masse même de ces dernières, n'y existoient réellement pas avant leur décomposition. Ils y ont retrouvé en abondance, de la soude, de la potasse, différens nitrates, dont il n'étoit pas possible de découvrir un atôme avant leur altération. Cela nous prouve que dès qu'une fois les premiers signes d'altération vers une telle ou telle autre espèce de décomposition sont prononcés dans un minéral, il en résulte des produits nouveaux qui prédisposent nécessairement les autres parties de la pierre à une semblable et successive métamorphose. Peut-être qu'un atôme de muriate calcaire, en conservant un état de constante humidité sur tous les points qu'il touche, donne au véhicule aqueux les moyens de séjourner long-temps sur toute cette petite circonférence. Le muriate calcaire lui-même subdivisera encore par son affinité de combinaison les molécules terreuses les plus proches ; alors, où la base azote fournie par les émanations animales et végétales répandues et dissoutes dans l'air, ou bien celle du gas azote même atmosphé-

rique combinée avec des vapeurs aqueuses, sera portée avec une portion de gas oxigène également dissous par l'eau, à un contact immédiat avec les molécules terreuses déliquescentes et désagrégées. L'état constamment humide, que conservent les molécules du muriate calcaire, permet un séjour indéfiniment prolongé à ces molécules gaseuses demi-concretées par leur combinaison avec l'eau, sur les molécules calcaires; celles-ci dans leur état de causticité attirent fortement par affinité de prédisposition, les principes constitutifs de l'acide nitrique qui leur sont présentés, et parviennent enfin à les forcer à une combinaison réciproque, dont le résultat est la formation de cet acide; pourvu sur-tout qu'il n'y ait pas trop de lumière, car elle tendroit à gasifier les bases; et que la température d'ailleurs soit médiocre, afin de maintenir les molécules terreuses dans un état de disgrégation suffisante; qu'enfin l'air ambiant soit presque entièrement stagnant, afin de ne pas déranger par le mouvement, ou par des dessications alternées, les combinaisons prêtes à se former. On voit, d'après cela, que sans la qualité déliquescente du muriate calcaire, les molécules voisines de chaux ne pourroient pas se nitrifier, parce qu'elles ne seroient ni assez désagrégées, ni assez long-temps en contact avec l'eau, qui enchaîne les deux bases azote et oxigène; on

voit encore que dès qu'il y a eu production additionnelle de nitrate calcaire, celui-ci également déliquescent facilitera aussi la nitrification par les mêmes raisons : et que d'un autre côté l'acide du nitrate calcaire pourra même convertir avec le temps la base terreuse en alkali, par l'effet d'affinité prédisposante de cet acide pour la potasse, en obligeant une portion d'azote à se combiner chimiquement avec la base calcaire.

Si néanmoins les pierres calcaires à nitrifier, n'étoient ni assez poreuses pour absorber l'humidité et la retenir conjointement avec quelques légères couches d'air dans un état de presque totale stagnation dans leurs premières lames poreuses, ou que ces mêmes pierres fussent déjà complètement carbonatées, leur nitrification alors n'auroit probablement plus lieu ; 1°. parce que les molécules des bases gazeuses ne seroient pas tenues assez long-temps en présence les unes des autres, ni suffisamment rapprochées, et que d'autre part, la chaux déjà saturée d'un acide particulier auquel elle adhère très-fortement, n'exerceroit plus d'affinité prédisposante pour solliciter efficacement la combinaison réelle et intime des bases azote et oxigène, quoique celles-ci fussent rapprochées, par leur union avec les molécules d'eau adhérentes aux surfaces des molécules terreuses, dans leurs sphères d'attraction

réciproque. C'est pour cela que sur les parois des étables, où la respiration des animaux peut immédiatement se condenser, il n'y a pas production de nitre, à cause de l'abondance d'acide carbonique, lequel forme sur-le-champ des carbonates. La nitrification n'a pas lieu non plus dans les écuries et dans tous les lieux quelconques très-chargés d'humidité et d'exhalaisons animales, si la ventilation y est habituelle et un peu forte. Pour quant au premier germe nitrificateur, que j'ai supposé être le muriate calcaire, sa formation est très-aisée à concevoir, quand on connoît les expériences répétées en différens pays sur les vents du midi, dans lesquels on a presque toujours trouvé dissoute une petite portion d'acide muriatique; aussi la nitrification se montre-t-elle toujours sur les côtés exposés à ce vent.

Enfin, c'est d'après les mêmes forces d'affinités prédisposantes qu'on pourra comprendre comment des maisons chargées de boiserie, ou même des vaisseaux, offrent quelquefois les phénomènes d'une dégradation successive et incurable, dès qu'une fois quelques points ont été affectés par une maladie de consommation particulière à ces sortes de bâtimens, quoiqu'ils aient subsisté pendant plusieurs lustres, intacts. Mais voilà assez d'explications, chacun peut, à l'aide des faits plus nombreux qu'il connoît, les multiplier à son gré.

DEUXIÈME CAS sur l'anomalie apparente d'affinités chimiques que présente la décomposition partielle du sulfate de fer par l'ammoniac caustique contre l'ordre des affinités électives.

Si l'on verse de l'ammoniac caustique sur du sulfate de fer, une portion du sulfate métallique est décomposée, et il y a formation d'une certaine quantité de sulfate d'ammoniac tandis qu'il se précipite de l'oxide de fer; ce qui veut dire, contre les affinités électives connues, que l'acide sulfurique est plus puissamment attiré par l'ammoniac, que par l'oxide de fer justement oxidé.

Afin de faciliter les calculs qu'on voudroit faire sur les affinités de concours pour analyser les différentes décompositions des corps, qui sont dues à l'efficacité de ces affinités, et afin de rendre plus sensibles les explications des anomalies qui leur appartiennent, dont j'ai rapproché quelques cas, je vais joindre ici le petit tableau, que nous devons aux soins et à l'exactitude du célèbre Guitton - Morveau, sur les degrés comparatifs d'affinité élective de plusieurs dissolvans acides pour certaines bases salifiables.

A C I D E S.					
B A S E S.	Sulfuriq.	Nitrique.	Muriatiq.	Acéteux.	Carboniq.
Barite.....	66	62	36	28	14
Potasse....	62	58	32	26	9
Soude.....	58	50	31	25	8
Chaux....	54	44	24	19	12
Ammoniac.	46	38	21	20	4
Magnésie..	50	40	22	17	6
Alumine...	40	30	18	15	2

Voici la manière dont on explique dans un n°. des Annales de Chimie, la décomposition partielle du sulfate de fer par l'ammoniac. Qu'on suppose, y est-il dit, que l'acide sulfurique attire et soit attiré par l'oxide de fer comme 23, que l'ammoniac attire le même acide comme 18, et qu'enfin l'ammoniac attire encore la base oxide de fer comme 6.

Si, tout étant ainsi déterminé, l'on verse de l'ammoniac sur le sulfate de fer, cet ammoniac agira sur l'oxide de fer comme 6, et en conséquence fera que celui-ci n'adhérera plus à l'acide sulfurique que comme 17; mais une autre portion d'ammoniac agira sur cette portion d'acide sulfurique adhérente seulement comme 17, par 18 degrés d'affinité: donc elle devra le décomposer, et même, d'après ce principe, un très-grand

excès d'ammoniac devoit produire l'entière décomposition de tout le sulfate de fer.

Mais, observe-t-on, si enfin tout l'oxide de fer étoit précipité et qu'il ne restât plus de l'ammoniac en excès, alors le simple sulfate d'ammoniac, par la force des affinités électives, seroit nouvellement décomposé par de l'oxide de fer justement oxidé, parce qu'alors il n'y auroit plus excès d'ammoniac libre pour attirer la base oxide de fer et l'empêcher de se combiner avec l'acide.

On découvre aisément, par un peu de réflexion, l'erreur d'un pareil raisonnement et la nécessité d'y en substituer un autre plus cohérent à la simplicité, à la vérité des loix des affinités bien connues et établies, et dont il faut ne s'écarter jamais dans les démonstrations purement chimiques. En effet, l'ammoniac attire autant l'oxide de fer comme celui-ci attire l'ammoniac : donc les six degrés d'affinité uniquement attribués à l'ammoniac devront se répartir par moitié : et alors déjà l'acide sulfurique ne sera plus réduit qu'à 20 degrés d'affinité pour l'oxide de fer au lieu de 17, ce qui rendroit déjà impossible la décomposition dans le calcul appliqué précédemment aux deux bases salifiables. D'autre part, l'ammoniac exerçant trois degrés d'affinité envers l'oxide de fer, perd d'autant de sa force d'affinité pour l'acide sulfurique : ce qui rabaisse ses degrés d'affinité de 18 qu'ils

étoient, à 15, ce qui rendra alors les affinités des deux bases toujours également distantes en force d'affinité pour l'acide sulfurique. Car l'ammoniac attirant l'oxide de fer, tous les degrés qu'elle emploie dans cette attraction, sont autant de sous-traités à ceux par lesquels elle tend à s'unir à l'acide sulfurique. Je vais joindre ici un petit tableau du premier raisonnement que je crois manquant.

Oxide de fer.

6 23

Ammoniac 18 Acide sulfurique.

La force quiescente du sulfate de fer est donc de 23; quand on ajoute l'ammoniac, elle se réduit à 17. La force divellente de l'ammoniac est 18: donc par un degré elle devra prévaloir; ou, si l'on aime mieux, la somme des forces divellentes $6 + 18 = 24$. Forces quiescentes 23; donc 24 prévaudront à 23; donc décomposition du sulfate de fer.

Il falloit au contraire former le schème ainsi :

$23 - 3 = 20$. Forces quiescentes résidues après l'action de l'ammoniac sur l'oxide.

$18 - 3 = 15$. Forces divellentes résidues après l'action de l'oxide sur l'ammoniac.

Mais 15 ne prévaudront jamais à 20; donc par

cette seule raison jamais il ne pourroit y avoir décomposition de sulfate de fer. On se rappelle que je répartis, comme la raison le veut, la somme de l'attraction de l'oxide de fer et ammoniac en deux : les corps attirant, et étant attirés par égales forces. Si la somme est supposée 6, il y en aura trois pour l'ammoniac et trois pour l'oxide de fer.

Voici au contraire comme je crois qu'il faut raisonner, et à quelle espèce d'affinité il faut avoir recours pour analyser et comprendre le fait.

Qu'on suppose avoir dans de l'eau distillée ces trois corps, acide sulfurique, ammoniac et oxide de fer ; qu'on suppose également de 23 degrés l'affinité de l'acide pour l'oxide métallique, et de 18 seulement pour l'ammoniac ; par le simple jeu des affinités électives nous aurons d'abord une portion de sulfate de fer produite avant toute formation de sulfate d'ammoniac. Cependant en supposant même qu'il n'y ait qu'une proportion juste et exacte d'oxide pour la saturation de l'acide, il ne s'ensuivra pas pour cela qu'il doive se former uniquement du sulfate de fer ; mais il se formera, en outre, du sulfate d'ammoniac, par la raison que le sulfate de fer a une forte tendance à s'unir avec le sulfate d'ammoniac pour former un sel double, tendance à la combinaison que prouve

évidemment la non possibilité de séparer exactement ces deux sels l'un de l'autre, et la différente cristallisation qui résulte de leur union. Or qu'on suppose seulement de six degrés cette force de combinaison double, il s'ensuivra que le sel, déjà formé, sulfate de fer, resserrera, augmentera de six degrés la force d'affinité des principes constitutifs du sulfate d'ammoniac qui sont en présence. De 18 la force sera portée à 24. Car $18 + 6$, force resserrante ajoutée par la présence du sulfate de fer, = 24. Mais le sulfate de fer n'a de force quiescente que 23; donc il sera décomposé : mais en portion seulement; parce qu'il n'y aura que cette portion de sulfate de fer décomposée, qui devra servir à former le sulfate d'ammoniac, nécessaire à la saturation de la quantité de sulfate de fer, qui pourra passer à l'état de sel complexe; cependant jamais un atôme de sulfate de fer, déjà saturé de sulfate d'ammoniac, ne sera décomposé par de l'ammoniac pur, encore qu'on en mette avec beaucoup d'excès. C'est encore ici les forces resserrantes des affinités de prédisposition qui jouent, dont j'ai essayé de développer la théorie au chapitre : affinités prédisposantes. C'est (pour me servir d'un exemple analogue) par la même raison que l'acide muriatique simple, et même à froid, décompose toujours une petite quantité de sulfate de soude, ou de potasse bien neutres; c'est-

à-dire par la tendance qu'ont ces sulfates à passer à l'état de sulfates acidules. Mais l'acide muriatique concentré, ni à chaud, ni à froid, ne décomposera jamais un atôme de sulfates de soude ou de potasse parfaitement sursaturés d'acide.

Voici donc le tableau de la décomposition partielle du sulfate de fer par l'ammoniac.

Forces quiescentes du sulfate de fer, 23.

Forces divellentes simples de l'ammoniac, 18.

Forces accessoires données à l'ammoniac, 6, par le sulfate de fer tendant à former un sel double avec lui.

Quiescentes, 23. } Donc portion de sulfate
Divellentes, $18 + 6 = 24.$ } de fer décomposée.

Il est nécessaire encore de consulter à l'égard de cette anomalie ce que je dirai des forces d'affinités réunies, au neuvième cas d'anomalie qui suivra bientôt, où l'on verra qu'une même molécule *A*, attirée par plusieurs molécules *B* à-la-fois d'un corps étranger, peut recevoir une telle somme d'affinités divellentes des molécules *B* de même nature, que cette somme soit capable de détacher cette première molécule *A*, des bases auxquelles elle tient le plus par affinité élective. L'ammoniac entourant ici les molécules d'acide sulfurique, pourroit opérer le même effet, aidée encore par les forces accessoires des affinités *pré-disposantes*.

TROISIÈME CAS d'anomalie d'affinités chimiques. — Explication de celle, citée dans un numéro des Annales de Chimie, où le muriate de soude est décomposé par le sulfate de magnésie à une température au-dessous de zéro, contre l'ordre des affinités de concours; comme on peut aisément en juger par le quadre suivant, où l'on a exprimé par nombres les degrés les mieux constatés des affinités des deux bases salifiables énoncées envers les respectifs acides sulfurique et muriatique.

Acide sulfurique.	58.	Soude.
	50.	31.
Magnésie.	22.	Acide marin.

L'acide sulfurique, par la présence de la magnésie, n'attire plus réellement la soude que comme 8; ses autres 50 degrés étant, je dirai comme neutralisés par son affinité pour la magnésie. L'acide marin attire réellement et efficacement la soude par 9 degrés, vu que 22 de ses 31 degrés d'affinité, sont équilibrés par la présence de la magnésie.

Donc l'acide marin conservant 9 degrés effectifs de force pour la soude, et l'acide sulfurique 8 seulement; l'acide marin s'emparera de la soude

par un degré en plus, et l'on devra avoir muriate de soude, sulfate de magnésie. Mais l'inverse arrive à la température de quelques degrés au-dessous de zéro : il y a plus ; c'est que les muriate de magnésie et sulfate de soude produits par cette basse température, persistent même quand on rehausse la température bien au-dessus de zéro, dès qu'ils sont une fois formés.

Essayons au moyen de principes établis et bien avérés, de donner une satisfaisante et naturelle explication du phénomène, en posant quelques faits dont l'intervention devient nécessaire à la solution du problème.

Premier principe.

L'affinité de composition est toujours en raison inverse de l'affinité d'agrégation. Donc plus l'eau sera froide, plus ses molécules intégrantes auront entr'elles de force d'agrégation, et plus elles diminueront en conséquence de force de composition pour les autres corps. On sait, en effet, que l'eau, en se refroidissant, arrive à montrer une telle affinité d'agrégation pour ses propres molécules qu'elle se convertit en glace, et se sépare des autres corps auxquels elle étoit unie auparavant ; on la voit souvent par le gel se séparer des acides qu'elle tenoit en dissolution,

des sels qui lui étoient unis , des esprits spiritueux , &c.

Deuxième principe.

Tous les sels ont une affinité plus ou moins marquée pour leur eau de cristallisation , qu'on peut regarder comme partie constituante de ces corps jusqu'à un certain point ; cette affinité est quelquefois si énergique , que les sels qui doivent cristalliser , sont capables d'arracher cette eau à beaucoup de substances , au calorique , à l'air , à l'esprit-de-vin , à différens corps très-tenaces de l'eau. Mais, par une conséquence du premier principe , plus l'eau sera froide , plus il faudra que les sels possèdent des forces d'affinités pour la retenir , à raison de l'augmentation de forces d'agrégation des molécules intégrantes de l'eau pour elles-mêmes. Ce qui est la même chose , que dire que plus l'eau sera froide , moins fortement elle restera combinée aux sels.

Troisième principe.

Plusieurs corps qui n'étoient point intimement combinés , mais seulement placés dans leurs sphères d'attraction , sont efficacement rapprochés à l'état d'intime union par la seule présence de l'eau , ou d'un autre troisième corps étranger

au

au premier. Ainsi voyons-nous l'acide sulfurique et le gas oxigène se combiner de suite par l'action de l'humidité. La même eau accélère singulièrement la combinaison de l'acide muriatique et de l'ammoniac réduits à l'état de vapeurs ou de gas invisibles. Et la chaux se convertit plus abondamment et plus promptement en carbonate dans une atmosphère humide, que si l'acide carbonique est sous forme de gas très-sec. L'eau encore combinée avec différens sels, en change totalement certaines propriétés; tantôt elle les rend volatils, tantôt elle les fait passer de cet état à celui de sels fixes. Tel le muriate oxigéné d'étain, qui, uni à l'eau, devient très-fixe, et ne sauroit plus être aussi facilement décomposé. Déduisons maintenant des conséquences des principes établis.

Les sels qui contiennent une certaine quantité d'eau de cristallisation, perdront d'autant de leur affinité d'adhésion pour elle, que cette eau, par abaissement de température, augmentera d'affinité d'agrégation entre ses propres molécules; d'où il suit que ces mêmes sels devront aussi perdre un certain nombre des degrés d'affinités qui étoient donnés accessoirement à leurs principes constitutifs entr'eux par la présence de l'eau. Quand la température donc sera très-basse au-dessous de zéro, on pourra presque considérer l'eau comme détachée des sels, ou au

moins y adhérant assez peu ; alors donc les principes constituans de ces sels devront être regardés comme livrés à leur simple affinité d'attraction, sans ou presque sans recevoir d'augmentation d'affinité entr'eux par la présence de l'eau. Mais les principes des sels de différentes espèces dissous dans l'eau, ne tendent pas seulement à s'unir dans l'ordre où ils se trouvent actuellement, mais encore dans un autre tout opposé, par échange de bases et de dissolvant. Dans notre cas actuel d'anomalie, la différence de forces supérieures des affinités quiescentes à celles divellentes, n'est que d'un seul degré, d'après les expériences les plus probablement approximatives. Il suffiroit donc pour que la décomposition eût effectivement lieu, que l'eau, variant de température, exerçât différens degrés d'affinité prédisposante sur les différens principes constituans des sels : car si l'eau froide, à zéro, conservoit seulement trois degrés d'affinité de combinaison pour le sulfate de soude, ou le muriate de magnésie, ou pour tous les deux à-la-fois, tandis qu'elle n'en conserveroit que deux dans cette température pour le sulfate de magnésie et muriate de soude, la décomposition alors devrait s'effectuer. Les tableaux suivans mettront à même d'apprécier aisément les forces qui nécessitent ces décompositions.

Divellentes.

$$\text{Quiesc.} \left\{ \begin{array}{l} \text{Acide sulfurique, 58.} \\ \text{50.} \\ \text{Magnésie, 22.} \end{array} \right. \left. \begin{array}{l} \text{Soude,} \\ \text{31.} \\ \text{Acide marin.} \end{array} \right\} \text{Quiesc.} \left\{ \begin{array}{l} \text{Quiesc. } 50+31=81. \\ \text{Divell. } 58+22=80. \end{array} \right.$$

Divellentes.

Si donc l'eau, au-dessous de zéro, conserve encore quatre degrés d'affinité prédisposante pour faire unir les principes constituans, acide sulfurique et soude, acide marin et magnésie, et qu'elle n'en conserve plus que deux pour les sels inverses, nous aurons alors, à une température au-dessous de zéro, le cadre suivant d'affinités quiescentes et divellentes au lieu du précédent.

Quiescentes.

$$\text{Divell.} \left\{ \begin{array}{l} \text{Acide sulfurique, 50. } (+2 \text{ par affinité prédispos.}) = 52. \\ \text{58.} \\ \text{Soude, 31.} \end{array} \right. \left. \begin{array}{l} \text{Magnésie,} \\ \text{22. } (+4 \text{ par affinité prédispos.}) \\ \text{Acide muriatique.} \end{array} \right.$$

Quiescentes.

Au-dessous de zéro.

$$\left. \begin{array}{l} \text{Somme des affinités divellentes,} \\ \text{y jointes les prédisposantes. } 58+22+4=84. \end{array} \right\} \text{Sulfate de soude.}$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Somme des affinités quiescentes,} \\ \text{y jointes les prédisposantes. } 50+31+2=83. \end{array} \right\} \text{Muriate magnésie.}$$

Donc la décomposition devra avoir lieu par la plus grande affinité de prédisposition de l'eau froide pour les sels inverses des premiers, à la température au-dessous de zéro.

Je n'aurai pas besoin de m'arrêter à prouver que l'eau, à différentes températures, exerce différens degrés d'affinité pour les sels. Tout le monde sait qu'à froid le muriate de soude précipite le nitre, tandis qu'à chaud c'est ce dernier qui précipite le premier sel.

On sait encore que certains muriates sont très-déliquescens à l'air, tel le muriate de chaux, tandis que d'autres le sont très-peu.

On pourroit demander pourquoi, tout au moins, les sels décomposés au-dessous de zéro, ne sont pas obligés de se recomposer par les mêmes loix, par l'élévation de température de l'eau au-dessus de zéro? Je répondrai par un seul exemple sans m'étendre en longs raisonnemens. L'acide prussique seul, versé sur une dissolution de sulfate de fer, n'en décompose pas un atôme; Berthollet s'en est assuré. Le prussiate de fer n'est pas non plus du tout décomposable par l'affusion de l'acide sulfurique pur; cependant nous savons que l'oxide de fer n'a pas une égale affinité pour les deux acides: cet exemple nous apprend donc qu'en certains cas, les bases de certains sels sont tellement entourées par leur dissolvant quoique foible, qu'il leur reste très-peu de points de contacts libres pour laisser à un autre dissolvant plus fort, les moyens d'en approcher d'assez près pour entrer dans une sphère d'at-

traction assez énergique pour détruire la première combinaison ; les faits , au moins , autorisent cette hypothèse , qui , fût-elle fausse , n'infirmes en rien la certitude du fait et sa force d'analogie pour d'autres cas.

Je ne répéterai pas ici ce que j'ai dit ailleurs sur les forces répulsives de l'élasticité particulière des molécules des corps. Dans l'exemple du prussiate de fer non décomposable par l'acide sulfurique , et dans celui du sulfate de fer non décomposable par l'acide prussique , il n'y a pas d'affinités réciproques qui jouent. En effet , plus les rapprochemens sont avancés , plus les forces de combinaison sont énergiques , et cela dans la raison inverse du quarré des distances diminuées ; et plus ces rapprochemens seront intimes , moins les forces répulsives de l'élasticité naturelle et particulière , à chaque molécule des corps , auront d'effet. Si donc les molécules de l'acide prussique sont assez rapprochées de celles de l'oxide de fer pour s'entr'attirer , comme 60 , et que , d'autre part , les molécules de l'acide sulfurique , au moyen de l'élasticité qui leur reste encore , se maintiennent à une distance de la base oxide de fer , telle qu'elle ne leur permette de s'attirer que comme 56 , on voit clairement que la décomposition n'aura pas lieu. Cela n'empêche pas cependant que lorsque l'acide sulfurique sera arrivé à un rapprochement

vers les molécules de fer, égal à celui qu'ont entr'elles les molécules d'acide prussique et d'oxide de fer dans le prussiate ferrugineux, cet acide sulfurique ne puisse alors exercer une somme de degrés d'affinité de combinaison de 66 ou même plus : ce qui rendra également le sulfate de fer qui en résultera, indécomposable par l'acide prussique seul. Il faut toujours, par conséquent, faire grand cas des rapprochemens plus ou moins intimes des molécules des composés (soit que ces rapprochemens soient dûs, en partie, aux pressions extérieures, soit qu'ils proviennent des seuls efforts des affinités), lorsqu'on veut analyser les résultats des mutuelles décompositions, compositions et surcompositions des substances entr'elles, comme il faut aussi tenir compte des causes qui contrarient les combinaisons, c'est-à-dire, de forces répulsives d'élasticité inhérente aux molécules des corps, forces qui obligent ces molécules à rester à des distances plus ou moins éloignées, selon que cette élasticité est plus ou moins énergique ou affoiblie. Ces réflexions concernant cet écartement des molécules dû à leur élasticité naturelle, pourroient, avec raison peut-être, servir à expliquer plusieurs résultats de promptes décompositions qui ont lieu, par affinités doubles, en certains cas, par le mélange de composés solides, dans lesquels les

dissolvans et les bases doivent être considérés comme agissant chacun dans un état très-peu élastique, état que les chimistes désignent assez souvent par l'épithète de *naissant*. Dans tous ces cas il n'y a presque point d'obstacle à vaincre; car les doubles échanges de bases et de dissolvans ne sont retardés ni empêchés par l'élasticité, inhérente aux molécules constituantes de composés; comme cela, au contraire, arrive lorsque celles-ci sont dissoutes par le calorique.

QUATRIÈME CAS d'anomalie.

Une anomalie fort particulière, sur laquelle je ne sache point encore qu'on se soit beaucoup arrêté, est celle de voir s'opérer, à des températures à-peu-près égales, la décomposition des phosphates de chaux par le charbon, et des carbonates de chaux par le phosphore. Dans le premier cas, on obtient du phosphore; dans le second, il y a dégagement de carbone à-peu-près pur, d'après les superbes expériences du citoyen Tenant.

Voici comme je crois que la théorie de ces deux faits en apparence contradictoires, peut se déduire toujours des loix générales et ordinaires d'affinités chimiques. L'oxigène a plus d'affinité avec le carbone pur qu'avec le phosphore, puisque, par le fait, l'acide phosphorique est dé-

composé par le carbone, lorsque la température a mis les deux corps mélangés au même degré de pureté et d'affinité d'agrégation; j'ai dit de pureté, parce qu'on peut dire, en général, que le carbone se trouve toujours dans la nature combiné avec quelque substance étrangère; et à l'instant même où il vient d'être dégagé de l'oxigène dans la décomposition de l'acide carbonique, il se saisit de suite de quelques portions des bases avec lesquelles il se trouve en contact. (*Voyez*, pour la certitude de cette proposition, l'Encyclopédie par ordre de matières, Chimie, article CHARBON.) Ces substances, nouvellement combinées avec lui, diminuent de beaucoup son affinité pour l'oxigène, puisqu'il forme déjà un nouveau composé avec elles. Il est bien vrai que le phosphore a la propriété de brûler sans préparation artificielle, à la température ordinaire atmosphérique, élevée au moins de huit à neuf degrés au-dessus de zéro, ce que ne fait pas le charbon ordinaire, le plus pur que nous ayons. Mais si l'on dépouille suffisamment le charbon des corps étrangers auxquels il se trouve uni, on le verra bientôt brûler de lui-même à une température au-dessous de celle nécessaire à la combustion du phosphore pur, et même à la température du zéro réaumurien. Les différens pyrophores charboneux en sont un exemple.

Mais pour s'assurer de cette étrange *inflammabilité* du charbon, il n'y a qu'à se pourvoir d'une excellente cornue en grès, bien cuite et compacte, et bien lutée encore extérieurement, dans laquelle on fait entrer des copeaux de bois, qu'on sache, par expérience, fournir par la combustion un charbon, qui contiendra assez peu de bases salifiables quelconques. On fait plonger le bec de la cornue, ou l'extrémité de son prolongement artificiel, dans un bain de sable, afin que les éduits et produits de la dilatation puissent s'échapper sans le moindre accès et renouvellement d'air extérieur dans la capacité du vase. On pousse graduellement le feu jusqu'à la plus vive incandescence, qu'on soutient long-temps. Si l'on a soin de boucher hermétiquement l'orifice de la cornue, lorsqu'elle est encore incandescente, et long-temps après qu'on n'observe plus aucun produit de distillation; on peut, après plusieurs semaines écoulées, rompre la retorte au milieu de l'air le plus froid, avec certitude de voir le charbon qu'elle renferme prendre feu sur-le-champ. Il faut être soigneux, pour la réussite, que nul corps étranger, liquide ou gazeux, ne puisse pénétrer dans la cornue avant qu'on la brise. C'est à lord Watson à qui je dois la connoissance de cette expérience singulière, qu'on trouve décrite avec détails dans le troisième volume de ses

mémoires chimiques, écrits en anglais, ayant pour titre : *Chemical Essays*. Quelle que soit pourtant l'inflammabilité du charbon pur, et le plus exactement possible desséché, si on lui permet de se combiner avec des corps étrangers avant d'être attaqué par l'oxigène, il perd bientôt cette prérogative de facile combustion au-dessus des autres substances inflammables. Nous en avons des exemples manifestes dans les carbures calcaires ou de fer. On sait d'ailleurs que les charbons de substances animales, les plombagines, ne lâchent que très-difficilement leur carbone, pour le laisser convertir en acide carbonique. Aussi la combustibilité du carbone étant si éminente, la nature, qui nous a pourvus très-abondamment de ce principe, lui a donné la propriété d'exercer des affinités très-puissantes sur presque tous les corps environnans, solides ou fluides qu'il rencontre, lesquels, par leur combinaison, l'enchaînent de manière à affaiblir étrangement son affinité pour l'oxigène; car nos charbons, toujours les résultats impurs de différentes combinaisons et décompositions, ne brûlent que dans les points, où par accumulation de calorique et de lumière, ils sont devenus presque incandescens, comme on peut aisément s'en assurer par l'observation (si toutefois on ne leur présente pas l'oxigène dans cet état qu'on appelle

naissant); car ce nouvel état de l'oxigène lui fait produire des effets plus marqués. Quand on approfondi sérieusement les loix de la nature sur les propriétés particulières dont elle a pourvu toutes ses productions, l'admiration et la reconnaissance semblent, j'oserois dire, croître en proportion de la sagesse et de la prévoyance infinie qu'on est forcé d'y reconnoître.

Cette éminente disposition à la combustion du carbone, qui est lui-même déjà un oxide (car le diamant seul, peut-être, contient le carbone pur), cette éminente disposition, dis-je, du carbone à la combustion au-dessus des autres substances les plus inflammables, telles que le phosphore (celui-ci ne brûlant qu'à une température au-dessus de celle nécessaire pour l'inflammation du carbone pur), rend une raison plausible de la difficulté qu'on éprouve à enlever l'oxigène au carbone passé à l'état d'acide carbonique, et de ce qu'on n'y parvient qu'en employant la substance après le carbone, la plus inflammable probablement, le phosphore, aidé encore d'une température très-élevée.

D'après ces données, nous pouvons conclure vraisemblablement que le carbone, lorsqu'il vient à être à-peu-près purifié par une très-haute température, peut et doit enlever l'oxigène au phosphore; et rien d'étonnant en conséquence,

si nous voyons ou l'acide phosphorique pur, ou les phosphates, être décomposés par la présence et le contact du charbon épuré momentanément par l'action d'une haute température; mais il s'agit actuellement de démontrer que le phosphore, à son tour, peut décomposer l'acide carbonique fixé sur une base salifiable.

Essayons d'y parvenir à l'aide des rapports comparés d'affinités quiescentes et divellentes. Je suppose que l'oxygène adhère comme 50 au carbone dans l'acide carbonique, et qu'il tende à s'unir comme 45 au phosphore. Il n'y aura pas, comme on voit, de décomposition d'acide carbonique, puisque l'oxygène tient comme cinq en plus au carbone, lorsque le phosphore est présent. Mais si nous élevons la température, le calorique tendra, de son côté, par affinité divellente et prédisposante, à se combiner avec l'acide phosphoreux prêt à se former, tandis que le même acide phosphoreux sera encore attiré par la base calcaire, qui exerce sur lui une puissante attraction: sur quoi on peut remarquer ici, en passant, que c'est en conséquence de cette affinité très-forte de l'acide phosphoreux pour la chaux, presque égale à celle de l'acide phosphorique pour la même base, qu'est due la très-lente conversion des phosphites en phosphates; tandis que les sulfites se réduisent promptement en sulfates; parce que l'acide sul-

fureux adhérant assez peu à ses bases, se convertit bientôt en acide sulfurique, par affinité prédisposante, aux dépens de l'oxigène atmosphérique ou de celui d'un peu d'humidité décomposée. Enfin le carbone est encore lui-même attiré par la chaux, puisque nous avons déjà fait observer qu'on ne pouvoit jamais l'obtenir parfaitement pur. Il y a donc trois forces divellentes qui tendent à faire séparer l'oxigène d'avec le carbone, outre celle inhérente au phosphore pour le même principe acidifère, et laquelle nous avons supposée être de 45. Qu'on accorde seulement quatre degrés de forces divellentes accessoires à chacune de ces affinités énoncées, nous aurons pour somme de tous ces pouvoirs divellens réunis, $40 + 12 = 52$. Mais l'oxigène n'adhère que comme 50 au carbone, donc par la température qui a produit trois nouvelles causes d'affinités divellentes, nous devons avoir décomposition de l'acide carbonique; ce qui arrive en effet.

On voit que dans l'exemple proposé d'anomalie apparente d'affinités chimiques, il n'est pas besoin de recourir ou à des hypothétiques affinités réciproques; ou à de nouvelles modifications des loix connues, mais qu'il suffit de bien observer le nombre d'affinités doubles ou compliquées, qui doivent concourir à la production du phénomène, de les distinguer clairement, et ensuite d'en for-

mer un tableau comparatif d'affinités opposées divellentes et quiescentes, pour en déduire, par le calcul, le résultat de décomposition ou non décomposition des corps, dont on veut connoître les phénomènes de réaction entr'eux.

CINQUIÈME CAS d'anomalie.

Si l'on fait dissoudre du fer dans de l'acide sulfurique (ou même acéteux) suffisamment allongé d'eau, cette dernière se décomposera en fournissant du gas hydrogène pur, tandis que son oxigène se portera sur le fer pour l'oxider, et l'acide sulfurique restera intact. Si l'on fait dissoudre du mercure dans une autre portion du même acide sulfurique allongé, il y aura production de gas acide sulfureux, et non pas dégagement d'hydrogène comme dans l'exemple antécédent; ici c'est l'acide et non pas l'eau en conséquence qui se décompose.

Lors donc qu'il y a décomposition d'eau, on pourroit dire que l'oxigène adhère moins à l'hydrogène qu'à la base soufre de l'acide; mais quand on a décomposition de l'acide, il faudra prononcer l'inverse, ce qui implique contradiction.

On peut, je pense, sans s'éloigner des principes et des loix généralement admises concernant les affinités chimiques, concilier entr'eux ces deux

faits opposés et contradictoires , en disant , que la différence des résultats dépend de la différente dose de calorique que doit retenir et conserver l'oxigène , en passant sur l'une ou sur l'autre des deux bases métalliques , fer ou mercure , c'est-à-dire de la différente capacité des deux oxides produits. Je m'explique. L'oxigène combiné avec l'hydrogène à l'état d'eau , retient une dose déterminée de calorique de capacité. Le même oxigène combiné chimiquement avec le soufre à l'état d'acide sulfurique , conserve une autre dose particulière de calorique de capacité , fixe et déterminée. Mais les produits oxides métalliques qui doivent naître , exigent aussi une différente quantité de calorique de capacité quand ils se forment , au moyen de leur union avec l'oxigène , d'où que leur vienne ce dernier. Ils décomposeront donc de préférence les corps qui contiendront des doses de calorique plus analogues à leur combinaison et à leur capacité future , comme encore à la capacité des résidus qui résulteront du corps décomposé par soustraction d'oxigène ; or cette différente dose de calorique de capacité des oxides métalliques , n'est point une hypothèse gratuite ; car si vous mêlez de la limaille de zinc pur avec de l'oxide rouge de mercure , et que vous soumettiez le mélange à une tempéra-

ture suffisante, vous verrez brûler le zinc avec lumière et chaleur. Ce qui n'arrivera point, si vous substituez de la limaille de plomb au zinc; parce que le zinc, en passant à l'état d'oxide, absorbe l'oxigène dans un état plus concret que ne le fait le mercure ou même le plomb: j'entends par état concret, plus spolié de calorique. Au reste, aucun chimiste n'élèvera des doutes là-dessus, puisque tous les corps combustibles de la nature nous prouvent qu'ils absorbent dans leur combustion plus ou moins de calorique et de lumière, et qu'on doit, en grande partie, à cette différence de capacité des produits, les résultats variés que nous offrent tant de corps différens lorsqu'ils se décomposent les uns les autres en se déoxigénant.

Nous dirons par conséquent, dans le cas actuel, que si l'oxigène, en passant sur le fer, doit s'y combiner dans un état assez concret par spoliation de calorique, pour laisser une dose de celui-ci au résidu de la décomposition du corps eau, c'est-à-dire à l'hydrogène, suffisante pour le gasifier ou tendre fortement à le mettre dans cet état; alors c'est l'eau et non l'acide qui devra se décomposer, parce que dans ce cas les doubles affinités auront lieu, c'est-à-dire celle du calorique pour la base hydrogène, et celle de l'oxigène pour le métal. Au contraire, si la base métallique

à

à oxider est du mercure, et que ce dernier prenne beaucoup de calorique, par capacité, à son état d'oxide, les doubles affinités pour opérer la décomposition de l'eau ne pourront plus avoir lieu, ou du moins seront trop foibles pour parvenir à l'effectuer; ce fluide restera donc intact. Tandis qu'au contraire ces doubles affinités joueront efficacement à l'égard de l'acide sulfurique, dont le résidu de la décomposition (l'acide sulfureux) exige assez peu de calorique pour être maintenu à l'état de gas, puisqu'on peut même par abaissement de température lui faire perdre cet état, tant il est peu adhérent au fluide igné; l'oxigène chargé de beaucoup de calorique passera donc de l'acide sulfurique sur le mercure, par affinité de composition d'un côté; tandis que le calorique excédant à l'oxidation du mercure, tendra de l'autre à emporter l'acide sulfureux, en le détachant de la portion d'oxigène qui le rendoit acide sulfurique.

On ne sauroit douter, au reste, que dans le cas actuellement discuté, tout ce qui se passe ne soit dû absolument aux affinités doubles, dont l'énergie plus ou moins efficace, dépend de la quantité de calorique laissée libre pour réagir, de son côté, sur les résidus des corps décomposés; car le célèbre Berthollet, cet homme à qui la chimie et les arts doivent tant, nous a prouvé, par d'in-

généieuses expériences consignées dans les Annales de Chimie de Paris, que l'hydrogène a plus d'affinité pour l'oxigène, que ce dernier n'en a pour le soufre, puisque l'hydrogène peut décomposer les acides sulfurique et sulfureux à des températures suffisantes. Ce qui rend impossible, par les seules affinités électives, la décomposition de l'eau pour acidifier le soufre.

SIXIÈME CAS d'anomalie sur la précipitation d'acide sulfurique libre, par le mélange des deux sulfates (parfaitement neutres) de mercure et d'ammoniac.

Lorsqu'on verse une dissolution de sulfate d'ammoniac sur du sulfate de mercure, il se forme un sel complexe résultant de deux bases combinées avec un même dissolvant, et il y a précipitation d'acide sulfurique libre.

Voici comme on a tenté de résoudre la difficulté que présente d'abord ici le dégagement d'acide sulfurique libre, par un autre sel à même dissolvant acide. Il résulte, a-t-on dit, de la réunion des deux sels neutres sulfatés, un sel trisule, qu'on doit considérer comme un composé d'un des deux sulfates dans toute son intégrité; plus, une portion de base de l'autre sel, laquelle est si fortement attirée par le premier sulfate indécom-

posé, qu'elle est forcée de quitter son dissolvant ; lequel donne alors signe de son existence à l'état de liberté. On sent d'avance combien est hypothétique cette plus grande affinité de la base pour le sel neutre avec lequel elle se trouve en contact (et qui a un même dissolvant acide), que celle de la même base pour l'acide. Il m'a paru que, sans déroger aux loix d'affinités connues, on pouvoit donner de ce phénomène une explication assez naturelle et simple, sans s'étayer de l'hypothèse précédente.

Et d'abord tout le monde (les chimistes au moins) sait et convient que l'oxigène peut se combiner avec plusieurs bases simples, ou binaires ou ternaires, ne formant avec elles qu'un seul composé uniforme. Mais, dans pareils cas, on ne dit point que l'oxigène s'est d'abord combiné à l'une des bases binaires ou ternaires, et qu'il a pris ensuite les autres par surcomposition, à-peu-près comme nous voyons certains sels retenir excès de base ou de dissolvant. A-t-on jamais dit, par exemple, que les acides tartareux, oxalique, malique, &c. ne fussent que de l'acide carbonique avec excès de base hydrogène unie par affinité de surcomposition, ou bien ne fussent que de l'eau tenant par surcomposition un excès de base carbone ? Non, sans doute ; on est généralement convenu de regarder de semblables

composés acides comme une parfaite combinaison particulière de trois principes ou corps, hydrogène, oxigène et carbone; comme on regarde tous les oxides végétaux et animaux, comme des composés parfaits, à bases binaires ou ternaires, &c. Appliquons le même raisonnement à notre sel trisule, et nous dirons alors que l'ammoniac et l'oxide mercuriel s'unissant, forment, par leur combinaison, une base binaire qui a beaucoup plus d'affinité pour l'acide sulfurique, de ce que ce dernier n'en a pour l'une ou l'autre base isolée; que cet acide se sépare en conséquence des deux bases pour ne plus s'unir qu'au composé qui va résulter de leur réciproque union, aidée par l'affinité prédisposante du même acide sulfurique pour ce nouveau composé binaire, dont les principes constitutifs sont rapprochés dans la sphère de leur mutuelle attraction.

Mais, comme selon la différente nature des bases, il y aura plus ou moins de dissolvant employé à leur saturation, toutes les bases n'en prenant pas une égale quantité, et ce indépendamment de leurs degrés d'affinités pour les dissolvans, il s'ensuivra que la nouvelle base binaire ammoniate de mercure, ou mercuriate d'ammoniac (composé entièrement nouveau), prendra pour sa saturation une moindre quantité d'acide sulfurique, de ce qu'en exigeoient sépa-

rément les deux bases isolées, ammoniac et oxide mercuriel.

Si les deux sels n'eussent fait autre chose que de se combiner ensemble ou par simple affinité d'adhésion, comme cela arrive souvent dans le mélange de différens sels, qui prennent alors une nouvelle forme de cristallisation, et qu'on peut néanmoins par de simples procédés mécaniques répétés, séparer les uns des autres (par la cristallisation bien ménagée, par exemple, comme nous l'a prouvé le citoyen Pelletier); ou bien de se combiner par affinité de composition, il n'y auroit eu dans les deux cas nulle portion d'acide libre précipité. Car si les deux sels se fussent simplement unis ensemble, leurs molécules intégrantes n'auroient pas changé de nature; mais ici elles ont changé de nature, puisqu'elles ne tiennent plus la même dose d'acide; si elles ont changé de nature, on ne peut plus dire que les deux sels se sont combinés entr'eux, mais on doit dire qu'ils se sont décomposés pour réunir leurs élémens dans un nouvel ordre d'affinité et de proportion, ce qui arrive précisément dans notre cas. Aussi, pour moi, il n'y a de sels trisules que ceux composés de deux ou plusieurs bases réunies ensemble, formant un nouveau composé, lequel s'unit au dissolvant acide en plus ou moins grande quantité, selon la nature particulière des principes consti-

tutifs des sels de différentes espèces qu'on mêle entr'eux : et je ne reconnois pour sels complexes, que ceux qui ne sont que le simple résultat de la combinaison de molécules intégrantes avec molécules intégrantes de plusieurs sels de différens genres ou seulement de diverses espèces, comme seroient nitrates avec sulfates, ou nitrates avec muriates, sans qu'aucun d'eux soit décomposé.

Un seul principe peut donc suffire à l'explication du phénomène : savoir, que deux bases peuvent souvent se combiner chimiquement et former un composé binaire ou ternaire pour la saturation duquel une très-petite dose d'acide suffira, et le superflu sera précipité. Par ce moyen on ne multiplie point le nombre des affinités et de leurs loix, dont l'existence d'un certain nombre est presque hypothétique, telles que les affinités de sur-composition, qui ne sont l'effet que de vraies affinités d'adhésion, dont l'efficacité est souvent très-remarquable, et peut influencer d'une manière directe et puissante le résultat des combinaisons des corps entr'eux. Le citoyen Fourcroy, ce sage temporisateur de la chimie, qui, avec une marche de lenteur apparente, a fait faire des pas gigantesques à cette science importante, dont il est un des premiers restaurateurs, avoit le premier observé ce phénomène dont nous nous occupons actuellement ; accoutumé à ne marcher qu'à la

lueur du flambeau de la vérité sans nuage, cet homme habile n'a point voulu prononcer définitivement sur la théorie du fait. Tout en observant qu'il reconnoissoit l'insuffisance de l'explication que nous avons d'abord annoncée comme vulgairement reçue, il ne se fit qu'une demande à lui-même, savoir, si l'ammoniac et le mercure auroient assez d'affinités mutuelles pour former un mercuriate d'ammoniac en précipitant entièrement leur acide; mais il faudroit alors supposer que tous les sels à base de mercure et d'ammoniac, se décomposeroient unis ensemble, par la simple affinité élective de leurs bases entr'elles, de préférence à rester unies à leurs dissolvans? J'ai suivi l'idée de l'auteur, qui se contenta de répondre par un point d'interrogation; et j'ai tâché de l'interpréter. On jugera jusqu'à quel point j'ai pu remplir la tâche.

SEPTIÈME CAS d'anomalie concernant la faculté qu'ont la plupart des corps de se laisser facilement dépouiller des premières portions de leurs dissolvans, tandis qu'elles retiennent opiniâtrément les dernières, qui sont pourtant de même nature, et unies aux mêmes substances que les premières.

Le célèbre Fourcroy a été le premier, que je sache, à bien observer ce phénomène, d'où

il avoit tiré d'assez instructives conséquences ; sans avoir paru vouloir s'occuper pour le moment à nous en fournir la théorie. J'ai cru qu'on ne me sauroit pas mauvais gré d'essayer encore de la déduire des mêmes loix d'affinités déjà connues et bien avérées.

Il est de fait que les carbonates de chaux ne sauroient perdre , par le moyen d'un feu très-violent , tout leur acide carbonique , car il en reste toujours plus ou moins de combiné avec la chaux caustique qu'on en obtient , comme nous le prouve l'affusion de quelqu'acide très-concentré , de l'acide sulfurique , par exemple , qui manifeste toujours une légère effervescence , versé sur les chaux les plus récentes et les mieux calcinées. On ne sauroit non plus , ou du moins qu'avec une extrême difficulté , séparer les dernières portions d'eau de cristallisation des sels qu'on soumet à la plus vive incandescence. On ne parvient décidément pas à désoxygéner complètement le manganèse , le fer , &c. par la simple action du feu , quelque intense qu'il soit.

D'un autre côté , si l'on prend une lame de fer ou de plomb très-pures et très-brillantes , qu'on les plonge dans une atmosphère humide , ou même immédiatement dans l'eau , leurs surfaces s'oxydent légèrement et se ternissent dans un espace de temps presque inappréciable ; mais ce

premier pas fait vers l'oxidation, les métaux s'arrêtent, et ce n'est qu'avec une lenteur extrême qu'ils acquièrent de nouvelles doses d'oxigène. Cependant dans tous ces cas, c'est toujours le même principe oxigène qui doit se combiner avec le même corps fer ou plomb. Dans les cas précédens, c'est toujours le même acide carbonique qu'il faut dégager de la même base dans les mêmes circonstances, au moins apparentes; c'est toujours la même substance eau, qu'il faut détacher des mêmes molécules salines. Pourquoi donc la même dose de calorique qui sépare les premières portions d'acide carbonique ou d'eau de cristallisation, ne peut-elle en détacher les dernières de même nature, et fixées sur la même base? Ou pourquoi les premières molécules d'oxigène qui touchent le fer ou le plomb, ont-elles la prérogative d'en être promptement et efficacement attirées, tandis que les suivantes, qui doivent également s'y fixer par la suite du temps, ne peuvent y parvenir que très-lentement; malgré que le métal soit toujours le même, et l'oxigène ne change pas de nature et de propriété, et qu'enfin les circonstances de température et de pression ne varient pas?

Il m'a paru que c'étoit toujours à la somme des affinités divellentes et quiescentes qu'il faudra

avoir recours pour la solution du problème ; somme qui dépendra du nombre des points de surface qui agiront à-la-fois et dans le même temps, sur une même molécule. Ainsi donc, au moment où les lames de fer ou de plomb très-polies et très-pures, sont rapprochées du contact de l'oxigène atmosphérique ou de celui de l'eau, et que ce rapprochement les met dans leurs sphères d'attraction réciproque, les affinités agissent ; mais si les surfaces de l'hydrogène attirent plus efficacement celles de l'oxigène que ne le font les surfaces des métaux, il n'y aura pas décomposition d'eau ; si donc la molécule *A* métallique n'attiroit que comme 20 la molécule *C* oxigénée, et que celle-ci fût attirée par 25 par la molécule d'hydrogène *D*, il ne pourroit y avoir oxidation du métal aux dépens de l'eau. Mais si au lieu de faire agir une seule molécule de fer, vous en rapprochez un grand nombre à la-fois autour de la molécule d'oxigène *A*, celle-ci ne tendra plus comme 20, mais comme 30 ou 40 à se séparer de la molécule hydrogène, dont elle sera effectivement détachée : ou bien elle se détachera de son atmosphère ignée, si c'est de l'atmosphère que la lame métallique devra recevoir son oxidation. Sans doute que toutes les molécules du métal ne pourront pas être également rapprochées de la molécule oxigène *A*, mais un grand nombre en sera assez près

pour pouvoir être dans une sphère d'attraction plus ou moins active, en raison inverse du carré des distances; et la somme de toutes ses affinités donnera un produit qui surpassera la somme des degrés d'affinité de combinaison des principes hydrogène et oxigène à l'état d'eau. On voit donc que c'est de l'étendue des surfaces qui agissent à-la-fois, que dérive le phénomène; car, avoir plusieurs molécules de métal qui attirent simultanément, c'est avoir une multiplicité de petites surfaces qui opèrent comme une seule, large comme toutes ensemble. Mais plus une molécule sera attirée par un grand nombre de points à-la-fois, plus elle se rapprochera de la surface métallique, et plus fortement elle y sera fixée; or, les forces de combinaison, ou soit les effets d'attraction, croissent en raison inverse du carré des distances; donc ces premières molécules d'oxigène seront fixées d'une manière très-efficace. Mais toutes les surfaces qui ont déjà épuisé une portion de leurs forces sur les premières molécules d'oxigène, n'attirent plus que très-foiblement les autres molécules, sur-tout que celles-ci ne peuvent plus s'avoisiner aussi près des mêmes surfaces métalliques, déjà recouvertes d'une couche légère d'oxigène; et comme les forces d'affinités croissent en raison inverse du carré des distances et en raison directe de l'éten-

due des surfaces, il s'ensuivra que les secondes molécules d'oxigène à fixer, 1°. seront moins attirées à cause de leur moindre rapprochement, et 2°. à cause du moindre nombre de points de surface qui agiront sur eux à-la-fois ; et même encore si dans la première oxidation tous les points des surfaces métalliques n'avoient pas été entièrement recouverts ; cependant, comme ces points encore nus seroient très-éloignés entr'eux, ils formeroient une moindre somme d'attraction ; les molécules d'oxigène donc qui seroient fixées dans les derniers momens, conserveroient plus d'élasticité naturelle, étant moins rapprochées du contact ; adhéreroient moins en conséquence, et pourroient aisément en être détachées par l'affinité du calorique qui viendrait à solliciter leur désunion. Mais il ne sauroit séparer celles fixées primitivement, qui sont moins libres, et enchaînées par plus de rayons d'affinité à-la-fois. Il faut raisonner d'une façon entièrement analogue pour les décompositions des carbonates ou autres sels, comme pour le dessèchement plus ou moins complet des sels, par des températures plus ou moins élevées. Car les premières portions d'acide carbonique ou d'eau de cristallisation, seront attirées par une infinité de rayons d'affinités qui viendront de toutes les surfaces qui se trouveront assez près

d'elles pour les attirer, tandis que les dernières portions d'acide ou d'eau de cristallisation qui doivent compléter la saturation n'ont que peu de rayons qui les atteignent immédiatement, et un certain nombre d'autres qui les attirent d'assez loin, et en conséquence, ces dernières portions fixées seront facilement détachées; mais les premières adhéreront opiniâtrément. La somme des attractions dépend donc de la somme des surfaces, supposées à des distances où leurs forces attractives puissent agir. Plus ces surfaces seront nombreuses et les rapprochemens efficaces, plus les résultats de combinaisons seront solides et résistans, *et vice versa*.

D'après cette théorie, qui est conforme aux loix de la saine physique, fondée sur l'observation, je crois qu'il seroit possible qu'une grande quantité de chaux caustique décomposât une petite portion de sulfate de soude, contre les loix d'affinités électives; il suffiroit pour cela que les molécules de chaux pussent assez s'approcher des molécules de l'acide sulfurique uni à la soude, pour attirer puissamment ce dissolvant, et qu'en outre cet acide offrît une étendue de surface assez grande pour que plusieurs molécules de chaux pussent à-la-fois arriver à un rapprochement de sphère active d'attraction: alors la somme des affinités réunies divellentes des molécules de chaux

pour l'acide sulfurique , le dégageroient des molécules de soude , dont la somme d'affinités quiescentes de combinaison à l'état de sulfate de soude seroit inférieure. Mais dans ce cas l'acide sulfurique ne resteroit uni à la chaux , qu'autant que les molécules de celle-ci l'entoureroient en grand nombre de très-près : car il en faudroit plusieurs pour vaincre la force d'affinité élective d'une seule molécule de soude pour l'acide sulfurique , et cette décomposition faite , si on venoit à jeter une grande quantité de soude dans le sulfate de chaux formé précédemment , il seroit nouvellement décomposé. Une grande quantité de chaux caustique peut donc décomposer une petite quantité de sulfate de soude , mais une très-petite quantité de chaux ne sauroit décomposer le sulfate de soude. Je m'attache d'autant plus à tous ces détails , qu'il est , je crois , important de bien saisir sous tous les rapports les forces d'affinités chimiques des corps entr'eux , afin de ne pas s'exposer à trouver souvent des nouveaux phénomènes , qu'on place d'abord au nombre des anomalies , qui ne dépendent que des loix les plus connues et les plus ordinaires des affinités , mais que des apparences et des circonstances particulières obscurcissent pour le premier moment , si on n'a soin de leur appliquer une exacte analyse par le raisonnement.

C'est bien ici le cas d'observer et de reconnoître que les sciences de la vraie physique et de la saine chimie, ne consistent que dans la connoissance la plus exacte possible des propriétés générales et particulières des substances simples et des corps composés de la nature; propriétés dont la connoissance intime, ou soit l'essence, (comme celle des affinités, de l'élasticité, du mouvement, &c.), est entièrement réservée à celui qui créa, conserve et peut seul détruire la matière et ses attributs, à l'Être par excellence.

En effet la physique et la chimie sont entièrement fondées sur des faits et des observations, dont on tâche de faire un tableau général, en rapportant chaque fait à la substance, aux propriétés de laquelle il est dû, après avoir classé avec ordre ces substances elles-mêmes. Ce tableau universel des substances et des faits qui leur appartiennent, forme la série, l'enchaînement, l'ordre méthodique d'après lesquels nous étudions ces corps, leurs propriétés et leur réaction entr'eux, comme les phénomènes qui en dérivent.

Plus donc on trouve de nouvelles substances, plus on y découvre de nouvelles propriétés, plus on agrandit le tableau de la science. Mais qu'on ne s'y trompe pas, il ne faut point croire qu'on puisse aisément découvrir de nouvelles pro-

priétés, de nouveaux principes, étrangers absolument à tout ce qui est déjà placé dans le tableau primordial. Il faut bien plus s'attacher à vérifier si les faits et les corps qui paroissent étrangers à l'amas de connoissances qu'on possède déjà, ne pourroient pas, à force de réflexion, d'analyse et de comparaison, et au moyen d'une revue scrupuleuse et soigneusement détaillée, trouver place dans le tableau général qui doit servir de comparaison, ne pourroient pas, même, être concordans, ou analogues à un ou plusieurs faits déjà casés; s'ils n'en seroient point enfin une simple variation produite par le nombre, les modifications, les proportions, les circonstances, la nature des mêmes substances, qu'on croit offrir un nouveau fait original et absolument particulier. J'ai dit concordant ou analogue à un ou plusieurs faits déjà connus, parce qu'il est nombre de phénomènes, chimiques sur-tout, qu'il faut détailler successivement, disséquer, anatomiser pour ainsi dire, afin de séparer chaque partie du phénomène à expliquer, et chaque partie isolée doit être ensuite comparée et rapprochée du fait primordial déjà casé auquel elle appartient, et l'on verra souvent alors un même phénomène correspondre, sous différens rapports, à différentes cases du tableau universel.

Si

Si l'on me demandoit quel est ce tableau primitif des faits et des observations qui doivent servir d'objet de comparaison : je répondrois qu'il consiste dans la connoissance exacte de toutes les substances simples reconnues et avouées par les chimistes modernes , dans la connoissance de toutes les propriétés générales et particulières qui leur appartiennent et les distinguent , dans celle encore de toutes les loix d'affinités de ces substances ; enfin dans la connoissance des propriétés nouvelles qu'elles acquièrent quand elles ont changé d'état par leur différente combinaison entre elles.

D'où suit naturellement qu'il ne sauroit y avoir de bon chimiste s'il n'est physicien , et que dans la science qu'il étudie , le plus sûr moyen de faire moins d'écarts , d'y faire plus de progrès et d'en reculer même possiblement les limites , est celui de marcher toujours d'un pas lent et réfléchi à la lueur du flambeau de l'observation et du raisonnement.

Je ne finirai point ce chapitre des anomalies chimiques sans parler des phénomènes jusqu'ici peu analysés que présente la dissolution de l'or par l'acide nitro-muriatique.

Si l'on verse de l'acide nitrique sur de l'or , il n'y a pas oxidation de ce métal , en conséquence point de dissolution. L'oxigène conservant plus

d'affinité pour l'azote qu'il n'en exerce envers le métal; si vous ajoutez à l'acide nitrique de l'acide marin, la dissolution s'opère immédiatement, et l'on a formation d'acide muriatique oxigéné (quoique, à la vérité, en très-petite quantité), et production d'acide nitreux. On a dit, et même on a écrit, que la dissolution de l'or n'étoit due qu'à la portion d'acide muriatique oxigéné qui s'étoit formé, tandis qu'il est sûr que dans l'état d'oxidation où est passé l'or dissous, il contient de l'oxigène au moins six à sept fois au-delà de la quantité de celui-ci fixé, dans tout l'acide muriatique oxigéné qui s'est produit, et que même on peut, à l'aide de la chaleur, chasser cette portion d'acide muriatique oxigéné, sans que la dissolution en avance moins. Voici l'explication qui m'a paru la plus naturelle. L'acide nitrique a une très-grande affinité pour l'acide nitreux, mais non pas telle cependant à obliger une portion d'acide nitrique à se décomposer, par la seule affinité de concours de l'or envers une portion d'oxigène du même acide. Mais si vous y joignez l'acide muriatique, comme celui-ci exerce une grande affinité pour l'oxide d'or, et que cet oxide est déjà sémi-formé quand l'or touche l'acide nitrique, d'après ce que j'ai amplement détaillé à l'article *affinités prédisposantes*, où j'ai tâché de démontrer que les corps avoient

des propriétés nouvelles, dès le moment où ils commençoient à se combiner, et que selon que cette combinaison étoit plus ou moins avancée, ces propriétés étoient plus ou moins énergiques; comme cet oxide d'or, dis-je, en état de combinaison vraiment réelle, mais impuissante dans l'acide nitrique pur, que j'oserois nommer (état de sémi-composition), attire déjà l'acide marin; celui-ci resserre alors les degrés de combinaison (commencée mais impuissante, quoiqu'en activité) des principes constitutifs de l'oxide d'or, *oxigène et base métallique*, et force l'acide nitrique à lâcher partie de son oxigène; celui-ci donc passe en état de parfaite combinaison avec l'or, tandis que l'acide nitrique attire de son côté puissamment l'acide nitreux formé. La somme des affinités divellentes est ici le produit de trois affinités qui concourent à la même séparation d'oxigène. 1°. L'affinité naturelle de l'or pour l'oxigène; 2°. l'affinité additionnelle que lui donne la présence de l'acide marin; enfin l'affinité de l'acide nitrique pour l'acide nitreux, et pour l'acide muriatique oxigène: ces forces réunies font séparer une portion d'oxigène du même acide nitrique, où il n'est retenu que par une seule affinité quiescente, celle de l'affinité naturelle de l'oxigène pour le gas nitreux.

J'avois commencé quelques petites observa-

tions sur ce sujet , lorsque des ennuis domestiques vinrent interrompre mon travail. Je me proposois de savoir si réellement l'acide muriatique oxigène qui se produisoit dans la dissolution n'étoit pas en partie (ou peut-être entièrement) dû à l'oxigène que l'acide marin emportoit de l'or, quand celui-ci s'oxidoit un peu précipitamment et au-delà des proportions nécessaires à sa dissolution par l'acide marin; en examinant d'autre part s'il y avoit réellement production d'acide muriatique oxigéné, lorsqu'à froid on faisoit un mélange d'acide nitrique et muriatique; car quoique dans le premier moment cela paroisse avoir lieu, cependant dès que la température produite par le mélange a disparu, j'ai cru observer que la production d'acide muriatique oxigéné cessoit, et qu'au contraire la présence de l'or la perpétuoit quoique foiblement: mais je n'ai point eu le loisir de m'assurer d'une manière positive de ces faits. J'avois résolu pour cela de recueillir et neutraliser les gas provenant de la dissolution, de saturer la dissolution elle-même avec des alkalis, et de peser l'oxide d'or précipité. J'ai dû suspendre ou plutôt négliger mon travail à moitié fait.

Il ne sera pas inutile enfin que je rappelle ici un beau phénomène appartenant en quelque sorte aux affinités dites prédisposantes; phénomène

dont nous devons la connoissance et la théorie au célèbre Guitton-Morveau. C'est qu'en versant de l'acide nitrique sur du cuivre, il y a, à-la-fois; décomposition d'eau et d'acide nitrique, et nul dégagement de gas hydrogène et de gas oxide d'azote. Mais en revanche, on trouve un sel double *nitrate* de cuivre et d'ammoniac. On voit qu'ici l'hydrogène de l'eau et l'azote de l'acide nitrique se sont combinés à leur état naissant, c'est-à-dire, selon ce que nous avons dit ailleurs, avant que, par leur union avec le calorique, ces bases eussent acquis assez d'élasticité pour se repousser au point de vaincre, par leur tendance à l'expansion, leur affinité de combinaison. Cela doit être, car dans leur état naissant, ces bases peuvent arriver à un contact presque immédiat, étant privées presque entièrement de toute élasticité, laquelle contrarie si puissamment leur affinité de combinaison.

Cependant il y a ceci encore de remarquable dans cette expérience, c'est que l'eau est décomposée, quoiqu'on sache que le cuivre peut rester très-long-temps sous l'eau sans jamais en décomposer un atome, et que rarement on voit se décomposer à-la-fois l'acide et l'eau pour oxider une même base, mais toujours ou l'un ou l'autre de ces corps exclusivement. Cependant il en arrive tout autrement dans le cas actuel, qui

s'explique très-bien par les affinités de concours et celles prédisposantes. Car l'azote de l'acide nitrique attire l'hydrogène de l'eau pour former de l'ammoniac ; cette attraction seulement commencée et impuissante, est encore aidée par des forces resserrantes additionnelles de l'acide nitrique (excédent dans la dissolution) pour le même ammoniac sémi-composé. D'un autre côté, l'oxygène est attiré par la base métallique, pour former un oxide ; mais cette combinaison imparfaite d'oxide de cuivre est portée à son entière perfection par la présence du même acide nitrique, qui, par ses forces resserrantes additionnelles, sollicite plus énergiquement la séparation, le dégagement de la base oxygène, de sa compagne, base hydrogène. Ce qui rend les décompositions très-promptes et les phénomènes très-multipliés et curieux.

Ce peu d'exemples suffit, je crois, à faire voir que la nature ne pose jamais d'exceptions réelles aux loix qu'elle a établies dans la série des propriétés qu'elle a assignées aux différentes substances, quoique souvent nous perdions le chaînon qui lie les résultats variés et nombreux faute de pouvoir connoître toute l'étendue de ces mêmes loix, et les circonstances qui peuvent en modifier plus ou moins l'énergie. On voit en effet le mercure s'oxider, au plus haut point, à une température de 140 degrés réaumurien,

tandis qu'une température de 220 degrés le désoxidera complètement : on se tromperoit fort si l'on en concluoit que le calorique a des affinités opposées, selon son intensité et sa cumulation sur un même corps ; c'est-à-dire, que tantôt il cède l'oxigène au mercure, et tantôt le lui enlève par affinité élective variable par l'effet des seules températures. N'est-il pas plus naturel et plus simple, au contraire, de ne voir dans les effets de désoxidation du mercure à une température très-élevée, que le résultat des affinités d'une quantité prodigieuse de molécules de calorique qui agissent à-la-fois sur la même molécule d'oxigène, et forment une somme d'affinités divellentes, qui surpasse celle des affinités quiescentes, qui le retiennent fixé sur le mercure oxidé ; tandis que d'un autre côté, un nombre également très-grand de molécules de calorique attirent fortement les molécules mercure, pour les vaporiser ou gasifier ; on voit deux forces ici concourir à la désoxidation du mercure, et l'on sent en même temps que leur énergie doit nécessairement augmenter en proportion de l'élévation de température, tandis que la force quiescente qui forme l'oxide reste toujours la même à-peu-près dans son énergie.

Le mercure cependant ne s'oxide fortement qu'à une température au-dessus de cent, et

moindre de deux cents, parce qu'il faut, au moyen d'une température médiocrement élevée, diminuer l'affinité d'agrégation des molécules de mercure entr'elles, diminution qui augmentera leur affinité de combinaison pour la base oxygène, en leur faisant présenter, sous une même masse, plus de surfaces pour attirer et être attirées, par un plus grand nombre de molécules de cette base gasifiable à-la-fois.

S E P T I È M E E S S A I

Sur l'aluminière d'alun naturel de Souvignaco en Istrie, province ex-Venète, et sur les procédés particuliers employés pour son extraction et sa purification.

PINGUENTE, petite ville de la province ex-Venète, d'Istrie, éloignée de trente milles environ de Trieste, d'où je suis parti pour y aller, est située au nord-est de ce dernier port impérial, et a donné son nom à la récente et fameuse fabrique d'alun qu'on trouve un peu plus bas, au fond d'une vallée déserte nommée *Souvignaco*. Cette aluminière est placée entre deux collines très-élevées et parallèles, qui ne sont divisées à leurs bases que par une plaine d'environ deux cents toises de largeur. Elles conservent cet ordre et cette disposition dans la longueur de cinq ou six milles au-dessus de l'établissement, et trois et demi en-dessous, du côté de la mer. Elles renferment dans ce long trajet une bande de prairie presque par-tout également unie et large. Ce n'est qu'à trois milles environ au-dessous de la fabrique, que leurs bases commencent à s'élargir, pour former bientôt, par leur écartement, un

ample sinus , qui présente inopinément une forêt assez étendue d'arbres de construction marine , bien plantée , maintenue , et surveillée avec beaucoup de sévérité , par une suite des décrets de l'ancien gouvernement de Venise.

Cette longue et étroite prairie , qui sépare les bases des deux collines , est elle-même coupée dans sa longueur par les eaux d'une très-petite rivière , qui parvient à la mer après avoir beaucoup multiplié ses angles et ses détours au travers de la forêt.

Il n'est pas inutile de remarquer que ces collines parallèles , dans leurs considérables prolongemens , forment , par leurs courbures , des angles fréquens , tantôt droits , tantôt obtus , la plupart avec une telle respectivité uniformité , que les rentrans de l'une répondent presque toujours exactement aux angles saillans de l'autre , par leur situation , leur nature et leur avancement. La fabrique d'alun et les bâtimens qui en dépendent , sont placés sur la gauche de la petite rivière qui traverse la plaine , et dont le courant est formé par le concours des eaux qui se précipitent en petits torrens sur les surfaces opposées de ces deux collines. Les eaux en sont assez pures hors les temps de pluie , et on les a utilement appliquées à faire mouvoir les roues d'une vaste machine hydraulique qui distribue

sur les amas schisteux, les eaux nécessaires à leur efflorescence, en même temps qu'elle sert à reprendre, par le moyen des pompes qu'elle fait jouer, celles qui ont été recueillies dans des réservoirs destinés à les recevoir lorsqu'elles sont suffisamment saturées, après plusieurs repassages sur les tas alumineux, pour les élever ensuite jusqu'à la hauteur du dernier récipient, où elles doivent être conservées jusqu'au moment de leur évaporation. Mais avant de rien dire touchant l'ordre et la succession des procédés employés pour la séparation des sels étrangers et même nuisibles à l'extraction et à la purification des sulfates de fer et d'alumine, je parlerai brièvement du site où l'on exploite le schiste aluminifère, de la méthode qu'on suit à cet égard, de son apparence externe, de ses propriétés physiques, enfin de tout ce qui a quelque rapport essentiel à sa nature.

La colline, qui fournit ce minerai alumineux, a une hauteur dont j'ai estimé la perpendiculaire d'environ 400 toises; toute la surface présente un aspect inégal et sauvage; elle est presque entièrement recouverte de grosses masses informes d'une pierre calcaire crislallisée en spath; ces blocs sont disséminés très-près les uns des autres, et souvent même entassés, ils reposent sur une couche de terre ocreuse très-colorée, de trois pieds

d'épaisseur à-peu-près, sur laquelle on remarque à peine quelques arbustes dispersés et presque entièrement dénués de verdure à leur pied sur le sol misérable où ils végètent tristement. Cette disposition et cette stérilité des surfaces s'étendent à plusieurs milles de distance des environs de la fabrique.

J'ai cherché à déterminer sur les lieux même la quantité de fer à-peu-près contenu dans la terre ocreuse dont j'ai parlé. Une once bien desséchée au four, ensuite exactement broyée et fortement pétrie avec de l'huile et du poussier de charbon très-fin, m'a fourni environ douze pour cent de métal: j'avois opéré dans un creuset au feu de forge de la fabrique. Je n'ai point obtenu de culot, mais seulement une espèce de grenaille noirâtre: d'où j'ai conclu que cette terre n'étoit qu'une mine de fer limoneuse très-pauvre.

Pour peu qu'on réfléchisse sur le désordre et le volume des masses calcaires dispersées sur cette couche ferrugineuse, et dont la plupart ont plusieurs toises en toutes dimensions, et qu'on observe leurs entassemens très-multipliés, comme encore les profondes échancrures que présentent les arêtes de ces montagnes d'où elles ont été probablement détachées, qu'on s'arrête enfin à l'examen de certains endroits, où de profondes et

larges crevasses permettent de s'assurer jusqu'à une profondeur très-considérable de la structure intérieure des monts, et dans laquelle on peut distinguer, au-dessous de la couche ocreuse, un lit de roche calcaire continu, dont la profondeur n'est pas déterminée, on sera porté à croire que ces lieux ont dû éprouver, dans des temps plus ou moins reculés, de violentes secousses : d'ailleurs, les angles rentrans de l'une des collines, répondant presque toujours très-uniformément aux angles saillans de l'autre, on pourroit soupçonner, avec quelque vraisemblance peut-être, que la cause puissante quelconque, à qui sont dûs ces désordres apparens, a très-bien pu d'une vaste colline en former deux parallèles par l'enfoncement de la partie moyenne, qui auroit produit la prairie étroite dont nous avons parlé. Cette hypothèse fourniroit, si elle se vérifioit, des données qui pourroient contribuer essentiellement, par la suite, à la continuation et même à l'agrandissement de la fabrique ; comme j'aurai soin de le remarquer ailleurs.

Tout le pays environnant, ou pour mieux dire toute l'Istrie, au milieu de laquelle (un peu plus au midi et près de la côte maritime) est située la fabrique, m'a paru offrir des traces non équivoques d'une volcanisation presque générale ; quoique j'aie rencontré, en plusieurs endroits,

des coquillages réduits à l'état fossile : le chef même de la fabrique s'en est procuré une collection assez variée. Les ostracites sont très-abondans.

Les eaux qui se précipitent du sommet des collines vers leurs bases, sur-tout dans les époques des pluies excessives, forment des torrens impétueux qui coulent sans interruption pendant plusieurs heures, et quelquefois au printemps et sur la fin de l'automne pendant plusieurs jours, et ne cessent alors de ronger, par leur rapidité, les surfaces sur lesquelles ils passent, et en détachent parfois quelques-unes des grosses masses calcaires qui s'opposent à leur cours; ce qui leur fait mettre à découvert plusieurs points de la surface du banc calcaire très-épais, qui semble former la partie moyenne et solide des collines, et dans lequel se trouve, comme encaissé, le schiste aluminifère, qui se présente toujours sous la forme de masses isolées de plusieurs toises d'étendue, et dont la profondeur n'est pas exactement par-tout connue : ces masses sont éloignées entr'elles quelquefois de 30 à 40 pieds, tantôt plus, tantôt moins. Si les endroits lavés et corrodés par les torrens, renferment quelques-unes de ces masses, les surfaces, mises à nud, s'effleurissent bientôt en se décomposant par le contact de l'air, de l'humidité et de la lumière; enfin, au bout de

quelque temps, on voit toutes les places circonscrites qu'elles occupent, recouvertes d'une poudre farineuse blanchâtre, quelquefois nuancée d'un rouge d'ocre. Cette matière efflorescente, d'une saveur amère et fortement astringente, fournit, par la dissolution et cristallisation, beaucoup de sulfate de fer et d'alumine, mêlés avec un bon tiers de sulfate de chaux et de silex qui restent sur le filtre. Ce qui se voit aujourd'hui, a dû, sans doute, arriver dans des temps très-éloignés, et ce n'est vraisemblablement que la seule position inculte et déserte de ces lieux, qui a été cause qu'on n'a point eu occasion d'observer avant ces derniers temps la nature de ces efflorescences, et de les utiliser d'une manière très-avantageuse par l'établissement d'une fabrique, comme on vient de le faire depuis peu d'années par les soins d'une riche société, qui entretient aujourd'hui un nombre considérable d'ouvriers, dont les payes font circuler un peu d'argent dans cette partie ignorée et mal peuplée de l'Istrie : les produits de ce vaste et nouvel établissement, donnent actuellement des profits très-conséquens aux associés, par la préparation des vitriols de fer et d'alun purifiés.

D'après ce que j'ai avancé plus haut, on conçoit déjà que le schiste alumineux ne forme point une couche continue à la surface, mais qu'il se

trouve comme dispersé dans la roche calcaire en espèce de rognons , si je puis m'exprimer ainsi, lesquels sont entr'eux plus ou moins distans, rarement éloignés au-delà de 15 à 20 toises, et divisés par d'épaisses parois calcaires. Ces encaissemens schisteux ont quelquefois 10 à 12 toises d'étendue; on n'en connoît pas exactement par-tout la profondeur, parce qu'on ne s'est point encore obstiné à poursuivre l'excavation, jusqu'à l'épuisement des masses : on les abandonne aussi-tôt que l'exploitation en devient un peu difficile, ou que la masse du minerai alumineux semble diminuer sensiblement. Il pourroit, au reste, fort bien arriver, qu'au lieu d'une cessation entière qu'on a gratuitement supposée, on rencontrât, en essayant de pousser le plus avant possible l'exploitation dans les sites les plus féconds en apparence, on rencontrât, dis-je, des couches ou des filons très-étendus de cette pierre d'alun. On devroit, si cette conjecture étoit réalisée, attribuer peut-être cet état et cette disposition du minerai en masses disséminées, à des bouleversemens profonds, et d'une date inconnue et très-reculée, qui, après avoir rompu les couches alumineuses alors continues, les auroient confondues en tas isolés parmi celles calcaires, plus profondes et plus abondantes qui les enserrent. En effet, plusieurs
excavations

excavations poussées un peu avant, ont donné lieu de conjecturer que ce schiste alumineux pénètre très-profondément, et se dilate (quoique diminuant d'épaisseur) en s'éloignant de la surface. J'aurai occasion de faire sentir par la suite les avantages qu'on pourroit espérer, relativement à la pureté et à la quantité du sulfate d'alumine qu'il fournit, si l'on parvenoit à découvrir sa couche originelle; mais venons actuellement aux détails des moyens employés à son extraction.

On va à la recherche, à peu de distance des alentours de la fabrique, des endroits qui sont en efflorescence sur la base de la colline, sur-tout dans les beaux jours qui suivent les grandes pluies. On remarque soigneusement ces places; on vient ensuite exploiter, dans le besoin, celles qui, étant plus près des bâtimens de la fabrique, semblent encore promettre davantage par leur étendue. On ne poursuit cette excavation, dont l'étendue est toujours circonscrite par celle des masses alumineuses, que jusqu'à ce que ces dernières se rétrécissent assez pour faire craindre une prochaine interruption, ou que leur direction oblique et tortueuse rende le travail plus difficile, en empêchant d'y faire des mines à poudre sûres et profondes, ou même que les eaux incommodent les travailleurs, en s'accumulant dans les caves un peu avancées; car, dans tous ces cas,

B b

on abandonne le travail commencé pour choisir un nouveau site efflorescent. J'observerai, en passant, que les ouvriers employés à ce genre de travail, ne sont tous que des paysans grossiers et inexperts; et le directeur en chef de la fabrique, ne s'embarrasse guères du mode d'extraction, consacrant exclusivement ses soins et sa vigilance à la direction des autres travaux subséquens et très-multipliés, qui tiennent plus immédiatement à la dépuration et à la séparation complète de l'alun. On prévoit combien seroit ici nécessaire et avantageux un bon mineur-chef.

Cette méthode d'exploiter, très-irrégulière, fait que, si l'on vient se placer dans la prairie, on aperçoit, tout autour de la fabrique, la base de la colline percée d'une infinité de larges trous, puisqu'on ne fait, comme je viens de l'annoncer, que courrater sans ordre et sans suite de toutes parts, afin d'employer moins de fatigues, de temps et de moyens pour accumuler promptement une quantité considérable de cette pierre alumineuse. Les propriétaires de cet établissement d'ailleurs, sont très-persuadés que toute la surface de la colline, à plus ou moins de distance, doit continuer long-temps à leur en fournir abondamment; se réservant, tout au plus, dans un cas contraire, à revenir, par la suite, aux caves précédemment abandonnées. Cette pratique et cette insou-

ciance surprendront moins quand on saura que depuis dix ans seulement , cette fabrique s'est précipitamment élevée , et commence à soutenir un concours qui donne des profits assez au-delà des dépenses annuelles qu'elle exige pour son entretien et son agrandissement ; elle rendoit cent mille ducats d'argent de profit net en 1798. (Le ducat vaut 4 francs à-peu-près.) Ceux qui sont à la tête des différens ateliers , n'ont jamais eu des idées théoriques justes et étendues sur de pareilles opérations ; et les principaux actionnaires avouent ingénument qu'ils n'ont entrepris de semblables travaux , qu'à l'aide des conseils et des directions de quelques personnes qu'ils croyoient plus ou moins en état d'éclairer la marche de leurs essais.

Je crus à propos de leur observer combien ce genre d'exploitation superficielle étoit mal entendu, en leur montrant les avantages que leur procureroient des petites galeries , bien disposées , dans l'intérieur des caves les plus riches et les plus spacieuses déjà abandonnées , en y joignant le secours de quelques pompes ; sur-tout qu'il n'étoit pas improbable qu'en excavant plus profondément , ou en se dirigeant mieux latéralement , ils ne réussissent à trouver une continuité de roche alumineuse ; et que cette substance extraite fort au-dessous de la surface , auroit été probablement

moins altérée par les mélanges du spath calcaire et de la terre ocreuse qui recouvrent la surface, qu'on auroit alors obtenu peut-être d'une même quantité de minerai, beaucoup d'alun, plus exempt de sulfate de fer et de chaux, qui constituent au moins les deux tiers de la totalité des sels tenus en dissolution dans les premières eaux de lixiviation, et dont la présence retarde et nuit essentiellement à la séparation du sulfate d'alumine.

Je crois devoir remarquer ici que je ne fus pas peu surpris, après être descendu dans une des caves les plus profondes, d'y rencontrer une terre pâteuse extrêmement blanche, contenue en masses isolées dans des larges crevasses. On m'a assuré qu'on en avoit extrait qui pesoient jusqu'à cent livres. Elles n'étoient que très-légèrement salies à leurs surfaces par de l'oxide brun de fer. Les épreuves qu'on a faites sur cette terre, à la fabrique des porcelaines de Venise, m'ont prouvé clairement qu'elle n'étoit qu'une espèce de kaolin presque pur. Ces pelotons silicéo-argileux renferment ordinairement de superbes cristaux de quartz transparens et très-purs; je me réserve à donner une courte notice de cette substance et de ses propriétés à la fin de cet Essai. Je n'en ai fait ici mention que pour mieux faire sentir la probabilité qu'au bout de quelques excavations assez

profondes, on rencontreroit le minéral aluminifère très-peu souillé de mélanges ferrugineux, calcaires, &c.

Dès que les trous excavés commencent à être fort dilatés, on établit des mines à poudre dont l'explosion divise en gros blocs les masses schisteuses. On les réduit encore en plus petits fragmens sur le bord même de la cave, avec des instrumens de fer bien trempés et très-lourds. Cette espèce de roche d'alun scintille merveilleusement sous la percussion, et ne se réduit en éclats qu'avec beaucoup de difficulté. Elle offre une pâte très-dure, et à-peu-près par-tout homogène, dont les parties intégrantes ont une force d'agrégation égale à celle des pétro-silex. Sa fracture n'est pas concoïde, mais plutôt écaillante tendant à l'inégale; ses éclats ont leurs arêtes très-aiguës, opaques; sa couleur est d'un bleu pâle, assez, pour ne pas dire entièrement, ressemblante à celle des schistes ordinaires ardésiaqués pâles. Sa nuance est uniforme; son poids m'a paru au-dessus de celui des pierres siliceuses en l'estimant sur les lieux, d'après des comparaisons faites à l'œil et à la main, sur des volumes arbitraires.

Au moment où cette substance vient d'être frappée et rompue, elle ne manifeste aucune espèce d'odeur sensible, si l'on en excepte les

points sur lesquels s'est faite la percussion immédiate. Ceux-ci manifestent une légère et particulière odeur, mieux connue que définie, semblable à celle qu'exhalent des cailloux violemment choqués les uns contre les autres, et que je comparerois volontiers à celle du gaz hydrogène pur.

Mais si l'on applique la pointe de la langue sur les surfaces toutes fraîches des fragmens actuellement rompus, on y distingue une acidité très-marquée, quoique supportable; il ne paroît pas que son intensité augmente par un séjour prolongé de cet organe sur les points récemment nudés: probablement à cause de l'extrême affinité d'agrégation des parties intégrantes de cette pierre alumineuse.

Si l'on frappe quelques morceaux de ce minéral avec un caillou ou quelques meubles en fer, une clef, par exemple, ils rendent un son obscur beaucoup plus obtus que celui des quartz soumis aux mêmes épreuves.

Je fus encore singulièrement frappé de l'état de cohésion parfaite qui existe entre ces masses aluminifères isolées avec les parois de la couche calcaire, compacte et très-épaisse, dans laquelle on les trouve comme enchâssées, et cela si étroitement, qu'on diroit qu'elles y ont été moulées, et qu'on ne sauroit trouver d'autre ligne sensible de démarcation entre les deux substances que

celle que peut saisir l'œil sans difficulté par la différence des couleurs, celle bleuâtre du schiste tranchant assez bien sur le blanc grisâtre de la roche calcaire. Dès que le schiste est assez divisé, on le transporte de suite aux environs de la fabrique, et là, on le distribue sur des aires carrées oblongues, abritées par des hangars qui sont assez élevés pour empêcher la pluie et les neiges de trop laver les tas efflorescens, et par-là retarder leur décomposition, en permettant néanmoins une entière et libre circulation à l'air et aux rayons solaires; deux circonstances que l'expérience, avant le raisonnement, avoit démontrées nécessaires pour faire promptement effleurir le minerai.

Ces aires ne sont autre chose que des quarrés oblongs d'environ deux toises de largeur, sur trois de longueur. Elles sont établies sur un sol argileux très-compacte: on en forme la première couche avec les résidus des anciennes lixiviations, stratifiés à l'épaisseur de quelques pouces seulement. Elles sont au nombre de trente-quatre, disposées en lignes droites et parallèles sur trois rangs, et ne sont séparées les unes des autres que par de larges sentiers d'à-peu-près huit pieds. Ces derniers sont également recouverts de vieux débris déjà lavés; ils sont environnés de chaque côté par des petits canaux peu

profonds et creusés exprès, qui touchent immédiatement les bases des amas en élixiviations, dont ils doivent recueillir les eaux qui s'infiltrerent et passent au travers des parois qui les soutiennent. Les canaux et les sentiers ceignent donc les aires de toutes parts. Les premiers, auxquels on donne une légère inclinaison, conduisent les eaux qu'ils ont reçues dans des réservoirs, ou citernes très-profondes auxquelles nous reviendrons dans un moment. La disposition précédemment indiquée des aires permet de placer au milieu de quatre d'entr'elles une seule citerne qui reçoit toutes leurs eaux. Celles d'abord recueillies dans le premier réservoir sont repompées et distribuées nouvellement sur les aires suivantes et en *actualité* d'efflorescence; après avoir été recueillies dans une seconde citerne, on les reporte sur de nouvelles aires, et ainsi de suite jusqu'au bout de la ligne: on a adopté cet ordre de succession dans le repassage des eaux, afin de les obtenir autant saturées que possible. Voici le mécanisme simple dont on use pour repomper les eaux accumulées dans les réservoirs; on place verticalement un tonneau dans les citernes, il est percé de larges trous tout près de son fond inférieur. On fait passer au travers de celui de dessus, un large cylindre de bois, ayant soin que les points de sa circonférence s'adaptent et se

joignent étroitement par un contact exact avec les marges du trou du fond supérieur du vase qu'il doit traverser. Ce cylindre pénètre jusqu'aux deux tiers de la profondeur du tonneau, et porte dans sa cavité des valvules et un piston qu'on fait jouer à bras, au moyen de quoi l'eau est soulevée jusqu'à la hauteur du niveau des aires, et s'échappe par un ample tuyau placé au sommet du cylindre; elle tombe ensuite dans des couloirs mobiles en bois, plus ou moins longs, également percés de trous sur leurs côtés, et qui distribuent ainsi l'eau dans les directions nécessaires au plein lessivage des entassemens schisteux. On ne se contente pas de lessiver ceux-ci une seule fois, mais d'un jour à l'autre, ou à des époques un peu plus distantes (selon la lenteur de la décomposition); on leur fait subir de nouveaux lavages afin d'emporter les sels nouvellement effleuris. Cependant les dernières eaux de délixivation n'arrivent presque jamais dans la dernière citerne, saturées au-delà du 14 au 15^e degré de l'aréomètre de Baumé.

Je placerai ici quelques observations sur la méthode de disposer les aires, avant de décrire les réservoirs, ou soit citernes (car ce dernier nom est celui usité parmi les ouvriers).

Je conseillai d'abord aux intéressés de la manière de faire beaucoup plus soigneusement bri-

ser les éclats de la pierre alumineuse, car les moindres, en général, pesoient, à vue d'œil, 15 ou 20 livres au moins. Cet état d'une subdivision plus exacte leur feroit présenter beaucoup plus de surfaces aux agens de la décomposition. Je leur fis sentir encore le désavantage d'applanir en dessus, comme ils le pratiquoient, les dernières couches de minerai étendues sur les aires, au lieu de les y disposer en tas pyramidaux, entourés à leurs bases de larges excavations, ce qui multiplieroit infiniment les surfaces en contact avec l'air; ayant soin, d'autre part, d'interposer de temps à autre de gros morceaux schisteux et très-irréguliers entre les plus minces, afin de faciliter la circulation de l'air et des eaux de lessivage dans l'intérieur des tas, en rendant sa distribution plus uniforme et plus générale. Il résulteroit, d'ailleurs, de cette pratique nouvelle une économie considérable de temps et de matériaux, puisque les blocs schisteux plus exactement subdivisés seroient plutôt et plus complètement décomposés; ce qui exigeroit une exploitation moins abondante; car en abattant les premières pyramides, afin de changer les surfaces au contact de l'air, on pourroit en reconstruire immédiatement de nouvelles avec le même schiste.

Je dois prévenir ici encore que les parois qui

soutenoient les entassemens alumineux étoient formés avec de grosses masses de pierre calcaire. J'ai proposé d'y substituer de gros morceaux du schiste même. Ceux-ci, en se décomposant lentement, pourroient durer assez pour empêcher l'éboulement des aires pendant tout le temps de leur efflorescence et de leur lixiviation : seul inconvénient qu'on m'ait objecté. Leurs surfaces, d'ailleurs, fourniroient par leur décomposition une quantité de sels utiles, puisqu'elles recevroient l'action immédiate de l'air et de l'humidité. On y trouveroit l'avantage encore d'obvier à ce que les eaux des lavages qui doivent s'infiltrer au travers des murs calcaires ne décomposassent ces derniers en se saturant jusqu'à un certain point de base calcaire par l'excès d'acide sulfurique libre qu'elles contiennent toujours, ce qui ne peut qu'affoiblir sensiblement la capacité de ces eaux pour dissoudre par la suite de nouvelles quantités de sels à bases d'argile et de fer.

Les réservoirs ou citernes dont j'ai fait mention, sont disposés, comme je l'ai dit, entre les amas de la pierre alumineuse ; ils ont à-peu-près les mêmes dimensions et la même forme en tout sens que les aires, leur profondeur exceptée, qui est de 20 à 25 pieds. Leurs parois sont formées de pierre calcaire tirée de la colline même, et

sont recouvertes par une couche de ciment fait avec du gypse, de la chaux, et un peu de sable et de terre ocreuse. J'ai observé qu'il se décroûte aisément, et même en pièces larges quelquefois de plusieurs pieds.

Je proposois à ce sujet la réforme suivante : savoir, de construire les murs latéraux avec des pierres quartzzeuses qu'on trouve en quantité dans les environs, au lieu d'employer des pierres calcaires toujours attaquables par des eaux fortement acidules ; de se servir, pour revêtir intérieurement les surfaces de ces parois, d'un ciment composé de deux parties de l'argile très-blanche qu'on trouve dans les puits du schiste alumineux, de trois parties de briques bien cuites réduites en poudre fine, d'une partie de chaux vive, le tout bien pétri et d'une consistance moyenne. Je proposai même d'y ajouter un peu de sang, puisqu'on a cette substance en quantité dans la boucherie de la fabrique, et qu'on n'en tire aucun parti. Les parties constituantes de ce ciment en font prévoir la durée dans les eaux acides ; sa ténacité et son adhérence sont hors de contestation.

On n'est pas en usage d'enlever de dessus le fond et les surfaces inférieures des parois des citernes, les dépôts très-abondans d'ocré et de sélénite dont ils sont encroûtés et revêtus en peu

de temps. J'ai proposé d'abord de les paver avec d'excellentes briques posées de champ, afin qu'elles durent davantage, ensuite de les faire souvent nettoyer, de peur que les eaux en repos ne dissolvent, par leur excès d'acide, une portion de ces bases impures, ce qui les rendroit moins propres à se charger de nouveaux sels utiles, sulfate de fer et d'alumine, lorsqu'elles viendroient à être repompées pour servir à de nouveaux lessivages.

Les dernières eaux de lixiviation, c'est-à-dire, les plus saturées, sont enfin élevées par les différens rouages de la machine hydraulique dont j'ai fait mention, à la hauteur de 8 toises environ, et sont versées dans un bassin placé à ce degré d'élévation, et formé avec des planches étroitement unies et serrées; elles coulent ensuite au moyen d'une pente légère au travers d'un long canal de bois, qui les conduit enfin dans un ample réservoir construit en maçonnerie sur la base de la colline, 7 toises et demie à-peu-près au-dessus de la plaine; ce dernier récipient est exactement fermé de toute part, n'ayant qu'une porte sur un côté, pour le nettoyer ou le réparer dans le besoin: il est garni de deux robinets en bois vers son fond, pour laisser couler les eaux destinées à l'évaporation. A mesure qu'elles sortent, elles descendent sur le fond de deux larges canaux

couverts , qui aboutissent , par leur extrémité inférieure , à la partie postérieure des caisses ou fours évaporatoires , dont la description va nous occuper.

Ces fours sont établis sur un sol aplani , environ 7 toises au-dessous des réservoirs précédens ; ils m'ont paru dignes d'un sérieux examen de la part des physiciens , tant par leur rapport d'économie et de simplicité , pour obtenir promptement l'évaporation d'une très-grande masse d'eau , que par la nouveauté de leur construction.

Il suffit , pour s'en former une idée assez exacte , de s'imaginer un grand arc élevé d'environ huit pieds sur le sol , supportant une caisse en maçonnerie. Celle-ci est de figure quarrée oblongue , ayant 6 pieds de largeur sur 18 de longueur , et 4 à-peu-près de profondeur : toute sa capacité est doublée avec des briques posées de plat , bien cuites et bien cimentées entr'elles ; elle est enfin recouverte par une voûte mince et très-plate. On pratique sur l'un de ses deux grands côtés une espèce de fenêtre par où puisse librement passer un homme qu'on y fait entrer pour la réparer , ou bien la nettoyer lorsque son fond est surchargé de dépôts ocracés et séléniteux : quand cette opération est faite , on la rebouche soigneusement avec des

brîques assorties exprès , qu'on cimente bien exactement en dehors , afin d'empêcher la transudation des eaux , ou la sortie de la flamme par quelques fissures extérieures. Le bord inférieur de cette ouverture doit être élevé d'environ trois pieds au-dessus du fond de la caisse. Ce fond est légèrement incliné des deux extrémités opposées et les plus distantes vers le centre , afin que les eaux suffisamment évaporées viennent toujours se réunir sur le milieu. On les soutire ensuite par le moyen d'un robinet de bois , dont la tige perce de dehors en dedans , précisément au niveau du fond de la caisse , à l'endroit même qui correspond à sa dépression ; elles coulent de-là dans un chenal de bois qu'on adapte momentanément , pour les conduire dans un ample bassin creusé dans la terre et doublé en bois. La forme de cette caisse évaporatoire offre donc , d'après sa description , deux larges côtés , terminés par deux autres plus petits. L'un de ceux-ci est opposé à la base de la colline , tandis que le second est tourné vers la prairie. C'est sur ce dernier qu'est placé , ou , pour mieux dire , est adapté un petit four à réverbère , qu'il est bon de connaître avec quelque détail.

Qu'on se figure une petite tour quarrée , de la hauteur précisément de la caisse et de l'arc qui la soutient , terminée à son sommet par une

voûte qui semble n'être qu'une continuité de celle du four évaporatoire. Sa capacité est interceptée aux trois quarts environ de sa hauteur, par une forte grille. On voit une porte immédiatement au-dessus de la grille, par laquelle on doit introduire le bois nécessaire. On distingue, à sa base, quatre larges trous faits à niveau du terrain, qui ont le double emploi de servir à établir une libre communication entre sa capacité et l'air atmosphérique, comme encore à retirer les cendres qui s'accumulent dans son intérieur au bout d'un certain temps. La portion vide interceptée entre la grille et la voûte qui la surmonte, forme un vrai foyer. On établit une communication entre cette capacité et celle de la caisse évaporatoire, par le moyen d'une ouverture faite sur la paroi commune à toutes les deux, et qui constitue le petit côté de ladite caisse. Cette ouverture est large de quatre pieds environ sur six pouces seulement de hauteur. Son bord inférieur doit être élevé de trois pieds environ au-dessus du sol de la caisse. D'après ces détails minutieux, on conçoit que dès qu'on a placé des petits fagots de bois bien secs sur la grille, et qu'on a refermé la porte, après les avoir bien allumés, ils doivent brûler vivement à l'aide de l'air fourni par les trous de la base; et que la flamme ne trouvant d'autre issue que l'ouverture commune aux deux capacités, prend ce che-
min

min et passe dans l'intérieur de la caisse ; ce qui établit un courant mixte très-rapide d'air et de flamme sur toute la surface du liquide contenu dans la caisse. Les vapeurs s'échappent ensuite par une cheminée placée à l'extrémité opposée. Or on sait que rien n'accélère autant l'évaporation qu'un courant d'air très-chaud et précipitamment renouvelé.

Le petit côté du four tourné vers la base de la colline communique, comme je l'ai déjà dit, avec le réservoir qui contient les eaux prêtes à subir l'évaporation, par un canal large de quatre pieds, sur un et demi de profondeur. Ce canal est formé de briques, et conserve une pente assez rapide ; il est divisé longitudinalement par une suite de briques posées de champ, contiguës par leurs extrémités, qui sont fortement cimentées entr'elles, et forment, par cet arrangement, un double canal dans toute la longueur du premier. Le fond de ces deux canaux étroits n'est pas uni, mais fait en forme de petits gradins très-bas et très-étroits, n'ayant que deux à trois pouces de hauteur sur autant de largeur entr'eux. Ces canaux sont recouverts par des larges et longues briques, qui reposent sur les deux bords latéraux, et sur leur paroi moyenne formée par les briques posées de champ qui séparent leur capacité. On ôte quelques-unes de

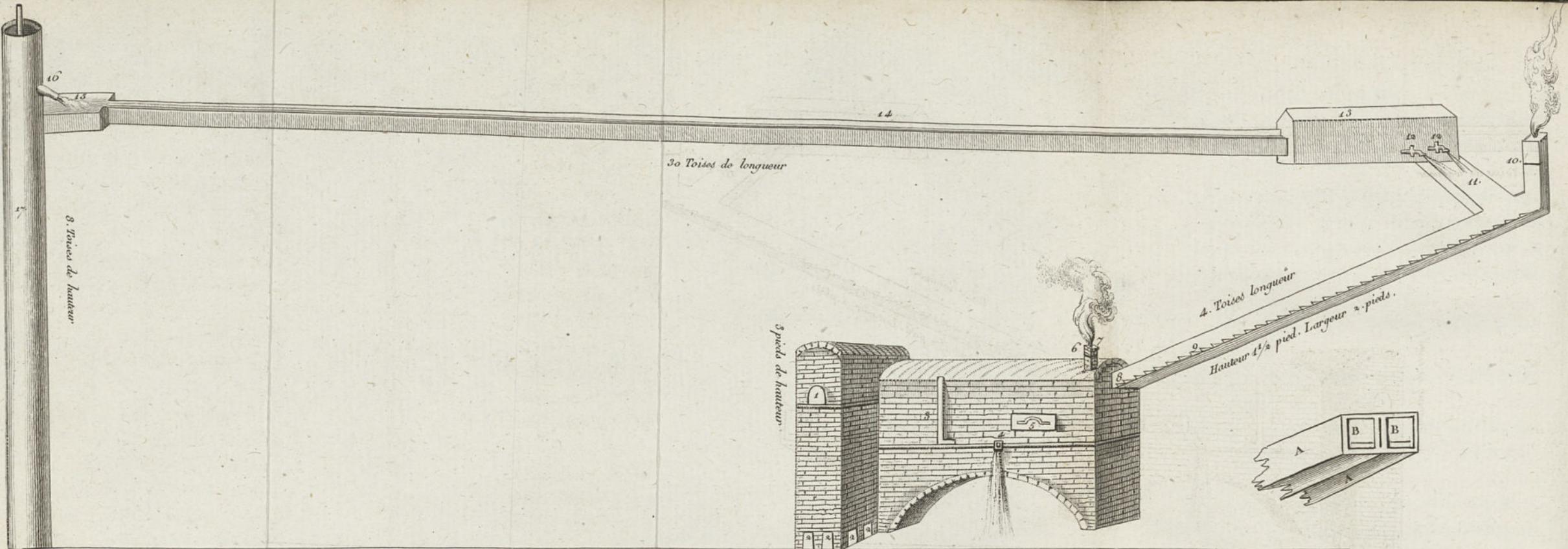
ces briques , ou même toutes , quand on veut en nettoyer le fond. Les extrémités supérieures de ces canaux se réunissent et vont se terminer en forme de cheminée , qui sert à laisser échapper la fumée et les vapeurs qui doivent sortir de la caisse évaporatoire , lorsque la sienne est fermée par le registre qu'on y adapte exprès. L'extrémité inférieure de ces canaux aboutit au petit côté du four , et pénètre jusque dans sa capacité par une ouverture de quatre pieds en largeur , sur un à-peu-près de hauteur , et à trois pieds environ au-dessus de son sol. Lors donc qu'on ouvre les deux gros robinets de bois du grand récipient , les eaux qui en sortent passent immédiatement , au moyen d'un large couloir en briques et bien couvert , dans la partie supérieure des deux petits canaux ; elles descendent au travers de ces derniers , en parcourant avec beaucoup de lenteur des surfaces infiniment multipliées , à raison des gradins nombreux qu'elles rencontrent sur le fond. La flamme , après avoir circulé dans toute la capacité du four , ne pouvant sortir par la première cheminée quand on intercepte son canal , par le registre dont elle est fournie , remonte le long des canaux , et vaporise une grande partie des eaux qui y coulent par couches très-minces , et présentent ainsi beaucoup de surface dans un long trajet. Cette éva-

poration préparatoire échauffe et concentre déjà très-efficacement l'eau, avant qu'elle arrive dans la caisse, et la force en même temps à se dépouiller d'une partie de sélénite et d'ocre qu'elle dépose dans sa course. Ainsi donc la même flamme qui a déjà servi à l'évaporation et au rapprochement des eaux contenues dans la caisse, est encore utilisée pour le même objet dans toute l'étendue des canaux qu'elle parcourt, jusqu'à sa dernière issue par la seconde cheminée.

Il y a ceci de remarquable, et j'ai été témoin du fait : c'est que la fumée qui sort de cette dernière cheminée, si distante du foyer, offre souvent encore des étincelles pendant la nuit, lorsque le feu est un peu activé, et que les parois, tant des canaux que de la caisse, sont parvenues à être très-chaudes. Celles de cette dernière, sur-tout, sont souvent brûlantes en dehors, malgré leur épaisseur, qui est d'un pied et demi à-peu-près. Cette chaleur occasionne quelquefois des crevasses profondes et étendues, ce qui a obligé à faire ceindre tout le contour des caisses et de leur foyer avec une large bande de fer.

On peut consulter la planche ci-contre, pour connoître en détail les proportions et la figure de ces fours évaporatoires.

1. Porte du foyer à réverbère.
2. 2. Grandes trous faits à la base de la petite tour pour l'entrée de l'air et l'extraction de la cendre.
3. Tube dont la partie recourbée est de plomb, et la partie verticale supérieure est de verre. Il sert à mesurer le niveau des eaux dans la caisse, et leur degré de concentration au moyen de l'aréomètre.
4. Robinet par où sortent les eaux suffisamment évaporées.
5. Porte par où entre l'ouvrier qui doit nettoyer la caisse ou la réparer.
6. Registre, ou plaque horizontale de fer, qui sert à fermer à volonté le canal de la première cheminée.
7. Ouverture supérieure de cette cheminée.
8. Entrée des petits canaux dans la partie postérieure de la caisse pour y verser les eaux qu'ils reçoivent du grand réservoir supérieur.
9. Gradins qui forment le fond de ces canaux. On suppose ici que les canaux sont ouverts d'un côté, afin de laisser voir leur construction intérieure.
10. Registre de la seconde cheminée.
11. Couloir très-court et recouvert exactement en briques, qui transmet les eaux du grand réservoir dans la partie supérieure des deux



canaux qui communiquent avec la partie postérieure des caisses évaporatoires.

12. 12. Robinets de bois par où doit sortir l'eau qu'on extrait du grand réservoir.

13. Grand réservoir qui reçoit les eaux prêtes à être évaporées.

14. Long couloir, soutenu par intervalle avec des poutres très-hautes, entées les unes sur les autres; lequel conduit les eaux lixiviées dans le réservoir précédent.

15. Petit bassin qui reçoit l'eau repompée pour la dernière fois.

16. Cylindre dans lequel sont élevées ces eaux pour arriver à la hauteur du petit bassin.

17. Couloir fort court, adapté près du sommet et sur le côté du cylindre de la pompe, pour diriger les eaux qui en sortent dans la capacité du bassin.

B. B. Perspective d'une portion des deux petits canaux destinés à conduire les eaux du grand réservoir dans la caisse évaporatoire. Ils sont ici supposés recouverts. On ne peut distinguer que le commencement de leurs ouvertures.

A côté du four évaporatoire que je viens de décrire avec toutes ses dépendances, on en a construit un second parallèlement au premier,

de même forme et dimension, excepté que sa caisse évaporatoire est placée quatre pieds plus bas environ, afin de recevoir les eaux de la première. Ces deux fours sont séparés par un intervalle de cinq pieds environ. Le second n'a point de canaux qui lui transmettent d'eaux à concentrer; mais il les reçoit immédiatement de la première caisse par un canal très-court, qu'on place sous le robinet ajusté sur un de ses grands côtés et près de son fond. En ouvrant le robinet, les eaux tombent dans ce canal de bois, et sont ensuite versées dans le second four par un grand trou pratiqué près de sa voûte; après quoi on ôte le canal, et on bouche l'ouverture faite au-dessus de la voûte de la seconde caisse, dès que celle-ci est suffisamment chargée d'eaux, ce qu'on reconnoît par le niveau extérieur du tube indiqué n°. 3. Ce second four a sa cheminée absolument comme le premier, dont il ne diffère aucunement sous tous les autres rapports.

Avant l'usage des tubes extérieurs, les ouvriers reconnoissoient que leurs caisses évaporatoires étoient suffisamment chargées d'eaux, c'est-à-dire, en contenoient à la hauteur d'environ deux pieds et demi; par le moyen d'une chaudière, encaissée sur un des grands côtés, et dont l'orifice communiquoit en partie avec la capacité de la caisse, précisément à la hauteur

de trois pieds. Si l'eau étoit fournie en trop grande quantité, l'excédent tomboit dans la chaudière, et l'on étoit averti par-là de fermer les robinets du réservoir supérieur; on souti-roit par un autre robinet placé sur son fond, l'eau recueillie dans la chaudière, pour la faire ensuite évaporer dans l'un ou l'autre four, lorsqu'il y avoit une diminution suffisante produite par la concentration.

Dès que les eaux sont à moitié évaporées dans la première caisse, on les fait passer dans la seconde, tandis qu'on en fait couler de la nouvelle dans la première, jusqu'à la hauteur requise, en ouvrant à moitié, plus ou moins, l'un seulement, ou tous les deux robinets du grand réservoir.

Je conseillai d'établir deux fours l'un à côté de l'autre, par la raison que je vais indiquer, et que l'expérience ne tarda pas à justifier; c'est que plus les eaux deviennent concentrées, plus lentement elles s'évaporent: aussi falloit-il, avant cette nouvelle addition, employer beaucoup de temps pour les amener, dans la même caisse, au point d'évaporation nécessaire, pour obtenir, par le refroidissement, le sulfate de fer et d'alumine cristallisés; au lieu que par le procédé actuel, tandis que les eaux achèvent de s'évaporer dans la seconde caisse, on opère une nouvelle demi-concentration dans la première; et dès

qu'on a vidé celle-ci, on la remplit de la même manière. On a l'avantage encore de répartir, dans l'étendue d'une capacité double, les dépôts qui se seroient accumulés dans un seul four; ce qui n'oblige pas à les faire nettoyer si fréquemment, ni à les faire refroidir aussi souvent.

Une centaine de petits fagots de bois coupé très-court, suffisent à fournir à chacun des deux fourneaux toute la chaleur et le courant de flamme nécessaires à l'évaporation. L'expérience a même prouvé que la quantité d'eau vaporisée en 24 heures pouvoit monter à la somme de 40 tonneaux (1). Ce fut dans le même temps que je

(1) Le bois, dans l'étroite et déserte vallée où se trouve établie la fabrique, est extrêmement rare et coûteux; car les collines, comme je l'ai observé ailleurs, sont presque toutes nues et rocailleuses. Il est défendu par un sage décret, maintenu en vigueur, et porté anciennement par le conseil de Venise, de toucher aux arbres de construction de la forêt voisine. Ces motifs ont engagé, dès les premiers momens, les propriétaires de la fabrique à tenter tous les moyens possibles, pour tirer parti de trois ou quatre filons de charbon fossile de bonne qualité, qu'on a accidentellement découvert près des sites où l'on exploite le schiste. Mais jusqu'ici, on n'en a rencontré que des veines étroites et minces, de deux ou trois pieds dans leur plus grande largeur, et de quelques pouces d'épaisseur; elles semblent d'abord promettre beaucoup à la surface, mais elles s'évanouissent bientôt lorsqu'on fouille plus avant,

proposai de placer sur un des côtés de chaque caisse un tube cylindrique , d'abord horizontal , ensuite recourbé vers le haut par un angle droit. La première portion doit être de plomb , et pénétrer directement dans l'extérieur de la caisse au dessus de son fond. La partie droite, et qui est tournée vers le haut, est un cylindre de verre qui s'ajuste hermétiquement dans la portion recourbée de celui de plomb. On voit aisément quel est le niveau des eaux dans le four , par leur hauteur dans le tube de verre, et en plongeant dans ce dernier un aréomètre pour les sels , on reconnoît leur état de concentration.

au point qu'elles disparaissent à deux ou trois toises de profondeur, en ne laissant voir que la roche calcaire pure.

Ce charbon fossile est comme écrasé entre deux couches de carbonate calcaire en roche , et présente dans sa texture un agrégat de feuilles minces, brillantes, très-noires, solides, peu flexibles; sa flamme donne une fumée qui n'a rien de malfaisant, ou même de très-désagréable; mais on a tenté jusqu'ici vainement d'en découvrir quelques filons un peu abondans, sans être encore parvenu à pouvoir en extraire une quantité un peu considérable.

D'après la théorie que je me suis formée, et que j'ai énoncée brièvement, touchant l'origine de la vallée, au milieu de laquelle est située la fabrique d'alun; c'est-à-dire, considérant ces deux petites montagnes calcaires et parallèles comme les parois extérieures d'une épaisse colline

Je me suis étendu d'autant plus volontiers sur les détails de ces fours, que les ayant observés en activité plusieurs fois, et déjà pourvus des petites modifications que j'y avois fait apporter, je puis authentifier leur utilité et leur économie. On n'est parvenu que bien lentement à pouvoir les

qui se seroit enfoncée dans son milieu, j'ai suggéré de tenter des excavations sur la surface de celle qui est placée sur la droite de la petite rivière, qui répond directement vis-à-vis des endroits où l'on trouve ces veines de charbon fossile sur la colline à gauche, conjecturant qu'il pourroit très-bien se faire que sur celle à droite, se trouvât la grosse veine de charbon, qui se seroit terminée dans celle opposée; si toutefois elle n'avoit point été contenue dans la portion moyenne qui s'étoit enfoncée; j'avançai mes conjectures jusqu'à supposer la possibilité de trouver du schiste alumineux sur cette seconde colline encore intacte, dans les sites correspondans aux trous ou caves de l'autre surface.

Comme jamais personne ne s'étoit avisé de théoriser de cette façon sur l'origine de cette vallée; les recherches n'avoient point été portées au-delà du cercle étroit qui environne à peu de toises la fabrique: malgré la symétrie frappante que conservent les deux collines dans un trajet de plus de huit milles, soit dans leur respective élévation, soit dans leur parallélisme, soit dans la correspondance exacte et la nature de leurs angles opposés; mes idées parurent aiguillonner la curiosité, et on me protesta qu'on visiteroit soigneusement les deux surfaces.

utiliser aussi avantageusement ; il n'a pas moins fallu d'expériences que de raisonnemens pour les amener à ce point de perfection et de simplicité ; mais je ne doute nullement que bientôt leur usage ne soit adopté et généralisé dans les pays voisins, et utilement appliqué à l'économie des chaudières, du temps et des combustibles dans plusieurs ateliers considérables. Combien ne seroient-ils pas avantageusement employés, par exemple, à l'évaporation des eaux des fontaines salées dont on extrait en divers lieux le muriate de soude avec des peines et des dépenses énormes, comme dans plusieurs départemens de la France, ainsi qu'en Suisse et en Allemagne ? Combien ne faciliteroient-ils pas la prompte cristallisation des eaux de sulfate de cuivre ou d'alun artificiels, dans les fabriques de ce genre ; celle encore des eaux saturées de sulfate de fer dans les endroits où l'on obtient ce sel par le grillage et la lixiviation des pyrites martiales ? Aussi me suis-je proposé d'en constater l'utilité dans mon département, celui du Mont-Blanc, pour les salines de Conflans et de Moutiers, si les préjugés n'en font pas rejeter l'essai.

Je vais actuellement développer en peu de mots la théorie des précipités que fournissent les eaux au travers des canaux qu'elles parcourent, et dans les réservoirs où on les fait séjourner.

Dès qu'elles ont subi une légère évaporation par le contact de l'atmosphère, elles laissent précipiter une portion de leurs sels les moins dissolubles, du sulfate de chaux sur-tout, beaucoup d'oxide brun de fer, et un peu de silice, tenue à l'état de suspension ou de foible dissolution, à l'aide d'une extrême division et du mouvement: l'ocre ferrugineuse provient d'une quantité de sulfate de fer décomposé, à la faveur d'une surcharge d'oxigène dont s'empare sa base au contact de l'air; la température que reçoivent les eaux, soit dans les canaux, soit dans les caisses auxquelles ces derniers aboutissent, sollicitent efficacement cette suroxigénation de la base métallique. Or les chimistes savent aujourd'hui que le fer oxidé au-delà du 46° pour 100 devient insoluble par l'acide sulfurique. Les précipités martiaux très-copieux qu'on voit se former dans certaines eaux minérales, d'abord très-claires et limpides, et qui contiennent même un ou plusieurs acides manifestement libres et en excès, sont dûs à la même cause.

Quand les eaux ont été concentrées dans la seconde caisse évaporatoire jusqu'au 44° degré du pèse-liqueur de Baumé, on les en retire par le moyen d'un robinet de bois adapté sur le côté de la caisse; les eaux sont reçues dans un large couloir, qui les conduit encore toutes bouillantes

dans un vaste et profond bassin, revêtu intérieurement d'un mur de briques bien cimentées : il est creusé dans la terre, dans un endroit un peu élevé, à peu de pieds de distance du four évaporatoire ; ce réservoir ressemble, par sa forme et ses dimensions, à ceux qui sont destinés à recueillir les eaux de lessivage, et que j'ai dit être placés entre les aires chargées de minerai alumineux. On y laisse refroidir les eaux jusqu'à ce qu'on puisse y plonger la main sans douleur (1). On les fait couler ensuite, en ouvrant un large tuyau de bois (qui se trouve tout près du fond de ce réservoir) dans un canal étroit mais profond, doublé de planches sur le fond et les côtés, lequel va se terminer par une légère pente dans la partie supérieure d'un autre réservoir, placé un peu plus bas, oblong et fort étroit, dont toute la surface est également recouverte de planches très-épaisses. La capacité de ce dernier est traversée par de larges et grosses poutres, disposées horizontalement en forme de croix : il commu-

(1) La température de ces eaux, au sortir de la caisse, est bien supérieure à celle de l'eau bouillante, à raison de leur densité ; ce qui ne contribue pas peu à les rendre susceptibles de retenir en combinaison, au degré de chaleur qu'elles peuvent concevoir, une quantité de sels très-peu solubles, qu'elles laisseroient précipiter dans des circonstances contraires.

nique avec cinq autres parfaitement semblables, et qui ne sont séparés entr'eux que par des cloisons assez minces, construites avec des briques également doublées avec des planches.

C'est dans ces derniers récipients qu'on obtient la cristallisation d'une très-grande quantité de sulfate de fer, qui a résisté à la décomposition dans le cours des procédés de lixiviation et d'évaporation. Celui qu'on ramasse sur le fond des réservoirs n'est que de seconde qualité, parce qu'il est encore mêlé avec une certaine quantité d'ocre, de sélénite, &c. qui se précipitent avec lui à mesure que les eaux perdent le reste de leur chaleur. Mais celui qu'on détache sous forme de couches très-épaisses, de dessus les parois, est très-pur, et présente un agrégat de cristaux d'un beau verd de pré. On le met à part, et on le vend un tiers de plus environ que le premier. La séparation du vitriol martial ne s'achève qu'au bout de quarante jours à-peu-près. On reconnoît qu'elle est à son terme, lorsqu'en laissant séjourner dans les eaux-mères un morceau de bois léger, sec et plat, il ne se recouvre plus de cristaux. On se sert ordinairement, pour cette épreuve, d'un vieux cercle de tonneau.

Voici sur quels motifs est fondé l'usage de laisser d'abord perdre aux eaux évaporées, leur première température dans un réservoir particu-

lier, et de les faire cristalliser ensuite dans d'autres plus étroits, traversés dans toute leur longueur et largeur par de grosses pièces de bois. Ces eaux contiennent plusieurs espèces de sels avec excès d'acides, et parmi ceux-là quelques-uns sont beaucoup plus dissolubles à chaud qu'à froid.

Lors donc qu'on extrait les eaux du second four évaporatoire, et qu'on les laisse reposer et refroidir dans le récipient indiqué, tous les sels qui n'étoient en dissolution dans les eaux concentrées, qu'à la faveur d'une très-haute température, se précipitent à mesure que celle-ci baisse. Les sulfates de fer et d'alumine restent cependant encore en dissolution, tandis que le sulfate de chaux, la silice et l'ocre, que contenoient encore les eaux évaporées, se précipitent, et rendent ainsi plus purs les sels encore dissous, et qu'on doit amener à la cristallisation dans les opérations subséquentes. On pratique ici en grand ce que nous opérons en petit dans nos laboratoires, lorsque nous voulons obtenir isolés différens sels dissous dans un même liquide, par la concentration, le refroidissement et la cristallisation.

Cependant on n'attend pas que les eaux se soient entièrement refroidies pour les faire passer dans les derniers réservoirs, où doit s'opérer la cristallisation du sulfate de fer; parce que celui-

ci commence à se séparer dès que les eaux approchent de la température atmosphérique ; il y auroit donc une perte à laisser perdre entièrement à celles-ci leur chaleur dans le premier bassin , où elles ne doivent se refroidir que jusqu'au point nécessaire pour leur permettre de se dépouiller de la plupart des sels et des bases inutiles et les moins solubles.

On dispose des poutres , en forme de croix , dans les derniers réservoirs de cristallisation , afin de rendre cette dernière plus prompte et plus abondante. En effet nous savons que plusieurs sels ont une affinité d'adhésion très-forte pour les surfaces des corps solides étrangers ; elle est même si forte quelquefois , que pour les en détacher , on est obligé de rompre ou de corroder les vases dans lesquels s'est opérée leur cristallisation. C'est précisément ce qui a lieu ici , relativement au sulfate de fer qui tend fortement à se déposer sur les surfaces , tant des poutres que des parois internes des réservoirs ; car les molécules salines des eaux très-concentrées , sont très-disposées à abandonner leur dissolvant pour s'unir entr'elles par affinité d'agrégation , et se combiner , par affinité d'adhésion aux surfaces ligneuses. On voit par-là qu'il seroit même possible que des eaux , dont la concentration seroit encore fort éloignée du point nécessaire à les
faire

faire cristalliser, arrivassent à donner immédiatement des cristaux, si on y faisoit séjourner des corps dont les surfaces attirassent puissamment leurs molécules salines. Trois raisons concourent donc à faire cristalliser le sulfate de fer sur les surfaces ligneuses. 1°. La concentration plus forte qu'éprouvent les portions de dissolvant en contact avec les corps étrangers, qui absorbent une portion d'eau pure, d'où naît la précipitation des molécules salines qui se trouvoient dissoutes par cet excès de liquide; 2°. l'affinité d'adhésion des mêmes molécules pour les surfaces solides; 3°. enfin l'affinité d'agrégation des cristaux, déjà formés, envers les molécules encore dissoutes. Cette dernière force n'est pas la moins efficace; car nous savons que la présence d'un cristal détermine la formation de plusieurs autres, dans des liquides suffisamment rapprochés; ainsi, par exemple, si dans une dissolution saturée de muriate d'ammoniac, on jette un petit cristal de même espèce, on le voit se grossir progressivement à mesure qu'il descend, et souvent, lorsqu'il est arrivé au fond du vase, il a doublé son volume, à raison d'une infinité de petits cristaux, dont il a sur-le-champ déterminé la réunion autour de lui, en leur faisant abandonner le fluide dissolvant.

Je cherchai à éclairer la théorie d'un autre

phénomène que présentent souvent les eaux d'alun, poussées au-delà de certains degrés d'évaporation, et qui a long-temps embarrassé les propriétaires de la fabrique, par les conséquences préjudiciables dont il étoit nécessairement suivi. Je vais rapporter le fait :

Si, par mégarde, on pousse la concentration des eaux au-delà du 44° degré du pèse-liqueur salin de Baumé, elles se prennent en une masse d'apparence gélatineuse assez consistante, dans laquelle tous les sels se trouvent confondus sans qu'il reste vestige d'eau à l'état fluide; l'on n'a même d'autre parti à prendre dans ce cas, que celui de redissoudre à chaud dans le même four, cette espèce de magma, pour en extraire les sels par les procédés ordinaires de cristallisation. On portoit l'évaporation dans les premiers temps, presque aussi loin qu'on le pouvoit, dans l'intention d'obtenir plus de sels d'un même volume d'eaux saturées. Il fallut bientôt revenir de cette pratique, à cause de cet incident qui forçoit la plupart du temps à opérer une nouvelle dissolution, et à pousser à une seconde évaporation avec perte de temps et de combustibles. J'ai observé le même résultat dans trois pintes d'eaux alumineuses que j'avois fait concentrer dans une bouteille au-delà du 44° degré. Voici la théorie que j'ai cru pouvoir appliquer à ce phénomène.

Lorsque les eaux ont été concentrées jusqu'au point de laisser précipiter (même dans une très-haute température) certains sels peu solubles , ceux-ci , en se précipitant , exercent une attraction plus ou moins énergique envers les molécules des autres sels plus dissolubles , et encore innatantes dans le liquide. Or tous les manipulateurs un peu chimistes , savent par expérience , combien il est difficile d'obtenir purs et isolés des sels de différente nature dissous dans un même liquide , à l'aide de la seule cristallisation , même la plus scrupuleusement soignée : les premiers sels précipités entraînant toujours avec eux une portion des autres qui seroient encore restés en dissolution sans cette cause. Dans le phénomène qui nous occupe , le sulfate de chaux , la silice tenue en suspension , une grande quantité d'oxide de fer , et une portion de terre argileuse suspendue sans combinaison , et qu'on retrouve toujours dans tous les dépôts qui se forment , se précipitent abondamment ; dès que les eaux ont dépassé le 44° degré , les molécules de ces sels attirent donc celles des autres plus dissolubles , contenues dans un dissolvant très-rapproché. Si ce liquide n'est pas assez abondant pour affaiblir , en la dilatant , la sphère d'attraction de ces molécules entr'elles , il en résultera que la cristallisation des unes entraînera celle des

autres. Mais toutes ces molécules devant se réunir à la hâte, elles n'auront pas le temps de se balancer, de se présenter leurs surfaces les plus analogues; elles ne feront que se toucher par quelques points présentés et déterminés par le hasard. Elles ne formeront plus alors qu'une masse informe, criblée d'une infinité de pores, au milieu desquels vient se loger l'eau superflue de dissolution, en s'unissant elle-même par affinité d'adhésion aux surfaces des molécules solides, donnant ainsi à ce magma, une espèce de transparence, et lui permettant d'acquérir une consistance moyenne.

Une autre cause détermine encore, dans le cas présent, cette générale et prompte solidification des eaux d'alun; c'est qu'elles contiennent une quantité d'acide sulfurique libre, même au point de faire vivement effervesce les marbres les plus durs. Or d'après l'énergique affinité de combinaison que l'acide sulfurique exerce pour le fluide aqueux, on sent que la portion de cet acide, contenu en grand excès dans les dissolutions alumineuses, tendra fortement à s'emparer de l'eau des sels dissous, à mesure que la concentration sera plus avancée. Cette attraction de l'acide pour l'eau, augmentant progressivement par l'évaporation successive, elle diminue d'autant la force de combinaison par laquelle cette eau

étoit précédemment unie aux molécules salines , ce qui rend la précipitation et la cristallisation de ces dernières plus faciles , car leur affinité d'agrégation entr'elles augmente en raison directe de ce que diminue leur affinité de combinaison avec le fluide aqueux. D'autre part , l'acide sulfurique qui a pu même s'allonger aux dépens de l'eau des sels cristallisés , exerce dans cet état une très-puissante affinité d'adhésion pour les mêmes molécules salines à l'état solide ; il se fixe donc sur leurs surfaces , et s'interpose entre leurs pores. Ceci n'est point une hypothèse hasardée gratuitement , car il n'est pas de chimiste-opérateur qui ne sache la difficulté qu'on éprouve à obtenir des sulfates quelconques parfaitement neutres , ou même des sels qui ne contiennent pas un grand excès d'acide , si on les fait cristalliser dans un fluide acidulé quelconque. Au reste , il est des sulfates qui prennent jusqu'à un tiers en sus de leur poids d'acide par excès. Je me contenterai de rapporter ici un seul exemple en preuve de ce que j'avance. Si l'on décompose le phosphate calcaire (des os calcinés à blanc) par le moyen de l'acide sulfurique même étendu de beaucoup d'eau , à peine la décomposition est opérée , que l'acide phosphorique , devenu libre , s'unit par adhésion au sulfate de chaux , et forme bientôt une pâte épaisse , presque aussi ténace et gluante que la meilleure argile

détrempée. On ne parvient même qu'avec une extrême difficulté à séparer l'acide phosphorique par des lavages et des filtrations réitérées. Cependant, le sulfate de chaux une fois dégagé de cet acide étranger, perd toute sa viscosité, devient pulvérulent, sans consistance, et n'absorbe plus qu'une très-petite quantité d'eau.

De même encore, si l'on prend de la craie en poudre très-fine, ou même des cendres ordinaires, et qu'on les délaie avec une quantité d'eau considérable, le mélange forme aussitôt une pâte épaisse et consistante. Cependant les substances solides se précipitent bientôt par le repos, et l'eau vient surnager presque limpide; on peut la faire disparaître nouvellement et la faire passer dans une combinaison pâteuse, par une nouvelle et forte agitation. Ce changement d'état apparent prouve clairement que, lorsque les molécules terreuses et solides très-divisées se dispersent dans l'eau qui les surnageoit auparavant, elles se touchent encore dans cet état d'écartement par plusieurs points, et forment une espèce d'éponge qui absorbe et retient l'eau momentanément dans ses interstices; et si les molécules s'attiroient assez puissamment par affinité d'agrégation dans les points de contact présentés par le hasard au milieu de l'eau, pour vaincre la force de gravité qui tend à les faire précipiter, elles

resteroient unies entr'elles dans leur état d'écartement actuel, et l'eau excédente ne reparoitroit plus à leur surface, parce qu'elle viendroit se loger par affinité d'adhésion dans leurs petits pores. La seule différence donc qui existe entre les deux cas, c'est que dans celui de la pâte calcaire, les molécules sont encore trop peu subdivisées pour se combiner entr'elles par affinité d'agrégation, et que leur masse les rend plus sujettes alors aux forces de gravitation; au lieu que dans le magma qui se forme dans les eaux d'alun, les molécules salines dissoutes ont toute la finesse et la ténuité nécessaire pour s'entr'attirer par affinité d'agrégation et pour ne pas être dérangées essentiellement par leur poids spécifique. Le précipité spongieux demi-transparent qu'elles produisent peut donc subsister et se charger de toute l'eau superflue. On me fit quelques questions encore sur la nature de la pellicule irisée, souvent très-rouge, et même épaisse de plusieurs lignes, qui se forme toujours à la surface des eaux qui se refroidissoient dans le réservoir où on les fait séjourner immédiatement après leur sortie du four évaporatoire. Cette croûte est ordinairement lisse en dessus, quoique ridée en certains endroits, mais sa surface inférieure est toute hérissée de petites pointes cristallines. Si elle vient à se rom-

pre, ou qu'on la fasse précipiter exprès, il s'en forme bientôt une seconde, ce qui retarde beaucoup le refroidissement des eaux, comme on me l'observoit. Je ne ferai qu'énoncer ici, sans détails, les principes sur lesquels je fondai mes réponses au directeur de la fabrique, homme peu versé dans la chimie, mais fort honnête.

Le contact de l'air favorisant l'évaporation de la couche superficielle du liquide, et la faisant refroidir plutôt que celles qui sont plus profondes, oblige les molécules salines à se réunir entr'elles à la surface, sollicitées encore par leur mutuelle affinité d'agrégation; il résulte de leur réunion à la superficie du liquide, une pellicule dont l'étendue offre une surface suffisante à l'empêcher d'aller au fond par sa gravité spécifique. Dès qu'on vient à la rompre, les fragmens se précipitent pour peu qu'on les retourne obliquement, parce qu'on diminue ainsi la quantité de surface en contact avec l'eau, en leur ôtant un grand nombre de points d'appui, qui les faisoient surnager malgré leurs poids. Cette pellicule est quelquefois rouge, parce que l'oxygène atmosphérique suroxyde la base de la portion de sulfate de fer qui se trouve à la surface du liquide, ce qui fait séparer l'acide sulfurique de la base métallique réduite à l'état d'ocre rouge; cette base se trouve prise et retenue dans l'épaisseur de la croûte, à l'état de simple interposition.

La surface inférieure de cette espèce de toile cristalline est hérissée de petites pointes, parce que les molécules salines des couches du liquide en contact avec la pellicule, sont attirées par affinité d'agrégation, et se cristallisent à sa surface en lui donnant un aspect raboteux. La surface supérieure est ridée, parce que le liquide, quelquefois légèrement agité, fait ondoyer la pellicule à mesure qu'elle se forme, sans la rompre. Enfin cette pellicule retarde l'évaporation, et le refroidissement des eaux en empêchant l'exhalation du calorique au travers de la surface.

Les propriétaires de l'aluminière ont imaginé un nouveau moyen d'évaporation assez simple, moins dispendieux et plus expéditif, à ce qu'ils espèrent, que les fours dont j'ai donné la description. Il consiste dans une espèce de pyramide quadrangulaire tronquée à son sommet, haute d'environ quatre toises et demie; ses quatre angles sont formés avec de grosses pièces de bois quarrées, hantées les unes sur les autres: elles sont jointes entr'elles par des litaux placés transversalement et cloués par leurs extrémités, longs de 15 pieds: ils sont disposés comme par étage les uns au-dessus des autres, et soutiennent des planches qui se joignent bien exactement entr'elles, par le moyen des rainures pratiquées sur les bords de toute leur longueur: elles représentent donc un

nombre successif de plans élevés les uns au-dessus des autres , distans de six pouces environ entr'eux , d'où résulte , pour ainsi-dire , le corps de la pyramide. Ils sont au nombre de soixante , diminuant progressivement d'étendue du bas en haut. Chaque plan a une légère inclinaison d'environ un pouce sur toute sa longueur. La pente du plan inférieur est toujours dirigée en sens opposé à celle du plan supérieur qui suit. On voit au sommet de la pyramide , et sous le chapiteau qui le recouvre , un réservoir destiné à recevoir les eaux des derniers lessivages , qu'on y élèvera par le moyen d'une pompe que fera jouer la machine hydraulique , dont j'ai déjà fait mention. On fera couler ces eaux du réservoir sur le premier plan. De celui-ci, sur le second , et ainsi de suite , jusque près de la base de la pyramide , où l'on a préparé un autre grand bassin , d'où les eaux seront conduites dans les citernes destinées à la cristallisation du sulfate de fer. Si les eaux , toutefois , venoient à n'être pas suffisamment concentrées , on les fera passer une deuxième fois sur les plans évaporatoires de cette machine.

Ce mécanisme a , pour objet principal , de faire évaporer rapidement et en quantité les eaux lessivées et chargées de sels , à la faveur des courans d'air rapides et perpétuellement changés , qui s'établiront entre les plans inclinés , d'autant plus

sûrement que les vents soufflent avec beaucoup de force et de constance les trois quarts de l'année dans cette étroite vallée. Cette évaporation devra donc être très-accélérée, à raison de ce que les eaux devront parcourir soixante fois, de larges surfaces peu inclinées, en plein contact de l'air atmosphérique toujours promptement renouvelé.

On n'avoit point encore mis en activité cette nouvelle méthode avant mon départ de l'aluminium ; l'épreuve en ayant été retardée par des circonstances particulières. Je ne pus m'empêcher cependant de communiquer les réflexions que je fis sur cette nouvelle méthode, dont la simplicité m'avoit d'abord fait admirer l'invention, et encourager l'essai. Et d'abord, il est probable, ou plutôt certain, que les eaux qui devront couler sur ces plans, corroderont bientôt par leur excès d'acide les fibres ligneuses, et que pénétrant même dans l'épaisseur des ais, elles y feront naître des gergures profondes par la cristallisation des molécules salines qu'elles porteront avec elles ; cet inconvénient ne pourra sur-tout manquer d'arriver dans les jointures ; les planches se déjetteront en tout sens ; leur première inclinaison sera bientôt perdue ; enfin les dépôts successifs qui s'accumuleront à la surface des plans, obligeront souvent à changer les planches dont ils sont formés, si

l'on ne parvient à les nettoyer facilement ; les eaux d'ailleurs, qui repasseront successivement sur ces croûtes épaisses, redissoudront souvent par leur excès d'acide une portion des sels inutiles précipités. Il faudra éviter, en outre, de procéder à l'évaporation dans les temps neigeux, pluvieux ou nébuleux, car les eaux s'allongeroient, bien loin de se concentrer dans ces derniers cas. Je me crus en droit de manifester ouvertement mes doutes, quelque décourageans et pénibles qu'ils parussent aux associés, qui avoient sacrifié déjà une somme assez considérable pour la construction de cette machine. Je pense, au moins, que pour être utilisée elle exigeroit beaucoup de modifications additionnelles et correctives. L'usage des fagots d'épines, selon la méthode des salines, me paroîtroit d'ailleurs tout aussi économique ; au reste, il y aura toujours plus d'économie, de sûreté et de promptitude, à se servir des fours évaporatoires décrits, d'après ce que j'ai vu ; puisqu'on peut d'ailleurs en multiplier le nombre selon le besoin.

Mais je reviens aux détails des opérations qui doivent enfin donner le sulfate d'alumine pur et cristallisé. Lors donc qu'on s'est assuré que les eaux évaporées et reposées n'abandonnent plus de sulfate de fer, on les porte dans de grandes chaudières de plomb, pour les faire concentrer une

dernière fois : aussi-tôt qu'elles forment une espèce d'écume dense , quelquefois recouverte d'une apparence de pellicule , on les transporte dans une grande et forte caisse de bois , fortifiée sur ses angles par d'épaisses bandes de fer pliées sous un angle droit , qui sont solidement fixées par de gros clous.

Il y a , dans le milieu de cette caisse , ou mieux de baquet , un axe très-long et très-fort , dont l'extrémité inférieure tourne sur un petit pivot concave placé sur le fond de la caisse ; son extrémité supérieure s'emboîte dans une autre cavité semblable , mais dont la concavité est tournée vers le bas. Cet axe qui doit être movable , comme on le voit , porte un manche à la hauteur d'un pied environ au-dessus des bords du baquet. Sa portion inférieure porte quatre spatules de bois solidement implantées , sur son périmètre , à des distances et des hauteurs inégales. Elles doivent faire les fonctions de mousoirs , lorsque l'ouvrier fait mouvoir l'axe en demi-cercle en tirant à soi , et repoussant alternativement l'extrémité du manche qu'il tient avec la main. Dès que la caisse est à moitié remplie des eaux concentrées et encore très-chaudes , on leur ajoute un sixième de potasse impure du commerce. On projette cette quantité en plusieurs temps , car cette addition produit une vive et prompte

effervescence ; après quoi il se fait une abondante et immédiate précipitation d'une espèce de poudre granuleuse blanche , assez fine , très-pesante , qui n'est que du *sulfate de potasse aluminé* , sali par un peu d'ocre , que fournit une portion de sulfate de fer encore retenu dans ces eaux, et décomposé par l'alkali. On ne cesse d'agiter tout le temps que dure l'effervescence, en faisant mouvoir rapidement l'axe décrit, jusqu'à ce qu'on s'apperçoive qu'il ne se forme plus de précipité. On ouvre alors un robinet, que la caisse porte près de son fond ; on fait couler l'eau-mère incristallisable et fortement acide , qu'on jette comme inutile ; on recueille la poudre blanche d'alun , on la fait redissoudre dans une nouvelle quantité d'eau douce , justement suffisante pour cela : on fait de nouveau concentrer jusqu'à pellicule , après avoir ajouté un vingtième de potasse. On porte ensuite la liqueur suffisamment rapprochée dans un grand cuvier de bois, où doit s'opérer la seconde cristallisation, laquelle fournit, au bout de huit jours, d'assez beaux cristaux, mais susceptibles de jaunir encore légèrement à l'air par le dessèchement. On se débarrasse de l'eau-mère incristallisable, et l'on fait redissoudre dans une chaudière, pour la troisième fois, avec de l'eau douce, les cristaux obtenus. On procède à une nouvelle évaporation, et l'on jette enfin le

liquide concentré dans des tonneaux de bois , qu'on en remplit jusqu'aux trois-quarts et plus. On obtient cette fois de grosses masses cristallisées , dont les bases s'appuient sur les parois des vases , tandis que leurs pointes convergent vers le centre , et sont noyées dans la colonne de liquide qui occupe le milieu.

Il ne faut que peu de jours pour achever cette dernière cristallisation ; on verse alors la troisième liqueur incristallisable , on décercle les tonneaux ; qu'on défait ensuite pour en extraire les masses d'alun , qu'on divise en d'autres moins volumineuses , pour les mêler avec un quart environ des plus beaux cristaux de la seconde cristallisation ; on porte le tout au séchoir , qui n'est autre chose qu'une chambre très-basse , mais fort élevée au-dessus du sol , garnie tout autour de larges fenêtres , qui sont presque au niveau du plancher de bois sur lequel on étend le plus également possible l'alun qu'on veut faire dessécher. On a soin de changer les surfaces exposées à l'air , deux fois par jour , en remuant le tout avec un gros râteau de bois : on reconnoît que le dessèchement est suffisant lorsque les cristaux se ternissent à leur surface , et semblent montrer une tendance à s'effleurir. Alors on les retire pour y en replacer d'autres , et l'on encaisse les premiers , qu'on jette ainsi dans le commerce.

Les eaux-mères incristallisables des trois successives cristallisations sont progressivement plus acides, quoiqu'on n'emploie que de l'eau douce pour chaque dissolution répétée; la dernière fait effervesce les marbres les plus durs et les plus compactes, tout aussi bien que le plus fort esprit de vitriol du commerce; et souvent elles marquent le 48° degré au pèse-liqueur salin de Baumé. Cette observation m'a conduit à présumer que c'étoit l'acide sulfurique seul en excès qui empêchoit qu'il ne se formât des cristaux un peu volumineux et réguliers dans la première précipitation. En effet, on a une infinité d'exemples qui prouvent que plusieurs sels, en se cristallisant en grosses masses, abandonnent une portion d'acide. Il y a même plus; certains sels très-peu dissolubles le deviennent bientôt par une addition d'acide en excès. Ainsi, par exemple, le carbonate calcaire se précipite dès qu'il a perdu l'excès d'acide qui le rendoit soluble dans l'eau.

Dans notre cas, la poudre blanche alumineuse qui s'est d'abord séparée dans la première caisse, au moyen d'un sixième de potasse ajoutée, n'étoit qu'un sulfate d'alumine et de potasse surchargé d'acide sulfurique. Lorsqu'on fait redissoudre une seconde fois, la potasse qu'on y ajoute encore, remplit le double objet de saturer une portion d'acide excédant, et de fournir une quantité de
base

base alkaline suffisante à l'alun, et de décomposer enfin le peu de sulfate de fer qui pourroit encore s'y trouver. L'eau douce qu'on emploie pour la dissolution, s'empare d'une portion d'acide sulfurique qu'elle retient ensuite, même lorsque les cristaux se forment dans son sein : on ne doit pas s'étonner que la première eau du baquet ne se soit pas chargée elle seule de tout l'acide sulfurique excédant à la cristallisation de l'alun ; car à mesure que les liquides se saturent d'une substance quelconque, leur affinité pour elle diminue en raison directe à-peu-près de leur avancement vers le point de saturation. Or comme cette première eau contenoit d'abord quelques sels étrangers, et qu'en outre elle étoit déjà devenue fort acide, les cristaux d'alun exerçoient alors une plus forte attraction pour cette dose d'acide qu'ils ont retenu par supercomposition, que celle qu'exerçoit le liquide déjà très-concentré vers la même portion d'acide.

Lorsqu'on a fait redissoudre les cristaux de cette première opération, l'eau de rivière qu'on emploie ne contenant pas d'autres corps étrangers, au moins en quantité considérable, est par-là très-disposée à se charger, par affinité de combinaison, d'une dose d'acide sulfurique ; elle en ôte donc une portion par affinité élective aux cristaux en poudre, et devient elle-

même très-acide, après que la seconde cristallisation s'est effectuée. D'ailleurs, il est bon d'observer encore que la formation des cristaux d'alun parfait, exige une certaine quantité d'eau pure, qu'on peut en retirer même par distillation. Or tant que les eaux-mères sont fortement acides, ce n'est pas de l'eau douce, mais de l'acide sulfurique alongé qu'elles fourniront à leurs cristaux. Au lieu que dans la répétition des dissolutions faites avec de l'eau pure, celle-ci, en s'emparant successivement de l'acide en excès de cristaux, diminue leur affinité de surcomposition pour l'acide sulfurique, et augmente en proportion leur énergie d'attraction pour l'eau nécessaire à leur cristallisation régulière.

Je ne sache pas qu'on ait encore déterminé par des expériences directes, si la potasse qu'on ajoute au sulfate d'alumine pour le convertir en alun, forme un sel trisule, c'est-à-dire, un composé, dans lequel les bases alumine et potasse soient unies ensemble pour fournir à l'acide sulfurique une base binaire qu'il devra saturer, ou si vraiment les deux bases sont saturées séparément d'acide sulfurique, et se combinent ensuite (à l'état de deux sels neutres) pour donner naissance à un sel double ou complexe. Il faudroit croire, dans ce dernier cas, que l'alun du commerce contiendrait tout

l'acide nécessaire à la saturation complète des deux bases isolées qu'il contient. Dans le premier cas, la nouvelle base binaire pourroit avoir de nouvelles propriétés, et parmi ces dernières, celle d'exiger, pour sa saturation, une moindre quantité d'acide que n'en demandent ces deux bases séparées.

Quoi qu'il en soit, on sent, d'après ce que je viens d'énoncer, qu'à mesure que les cristallisations d'alun se répètent, les eaux-mères incristallisables pourront devenir fortement acides, et qu'il seroit sans doute possible de les utiliser bien avantageusement, sur-tout celles des dernières, comme plus pures. En effet, comme elles arrivent à faire effervescence avec les marbres les plus durs, qu'elles sont presque limpides et très-pesantes, on pourroit, par la simple distillation, en obtenir de l'acide sulfurique en très-grande quantité. J'en avois fait le projet, lorsque les circonstances militaires ont dû me faire quitter Venise, où j'avois été nommé démonstrateur de chimie du collège de pharmacie. J'avois même pensé de les faire servir à convertir le muriate de soude en sulfate; car sur les côtés d'Istrie on recueille, par l'évaporation des eaux de la mer, une quantité immense de ce muriate; on ne le vendoit que 5 liv. le millier lorsque j'y étois, et je savois même qu'on auroit

encore baissé sur le prix, en pactisant sur les lieux pour une somme considérable.

La quantité d'acide libre que contiennent les eaux-mères d'alun, s'y développe progressivement à mesure qu'elles subissent les opérations successives et préparatoires pour l'extraction de l'alun, et cela doit être : car à mesure que l'oxide de fer se précipite dans les différens couloirs et dans les réservoirs multipliés, ainsi que dans les fours évaporatoires, tout l'acide sulfurique qui saturait cette base avant sa suroxigénation, devient libre ; il en est de même relativement au sulfate de chaux précipité, qui abandonne l'excès d'acide qui le rendoit dissoluble avant la concentration plus avancée des mêmes eaux. Enfin le sulfate de fer qu'on obtient en si grande quantité dans les derniers récipients, abandonne lui-même une quantité prodigieuse d'acide libre avec lequel il étoit uni par surcomposition avant sa cristallisation. Je dirai, en passant, qu'on a déjà fait des envois de plus de cinq cent mille livres en poids de ce sulfate pour le Levant, et ce dans le cours d'une seule année. On ne jette pas moins de quarante tonneaux d'eaux acides par semaine, lorsque les temps sont beaux et ne retardent pas les travaux. On avoit tenté de tirer quelque avantage de ces résidus liquides ; car, comme on imaginait qu'ils contenoient encore abondamment

de l'alun, ou tout au moins les plus essentiels de ses principes constituans, le directeur de l'aluninière avoit projeté de faire repasser ces eaux mères incristallisables sur de nouveaux amas schisteux, espérant qu'elles reviendroient plus chargées d'alun, et fourniroient, par la concentration, une plus grande abondance de ce sel sous un même volume. Ce qui en avoit le plus imposé à cet égard, tant aux chefs de direction qu'aux propriétaires, c'est que ces eaux fournissent, lorsqu'on les laisse séjourner dans des vaisseaux de bois au grand air, des cristaux transparents, longs et bien prononcés. Ils crurent que c'étoit, tantôt de la potasse cristallisée à l'état de sulfate, tantôt que c'étoit l'alun encore imparfait. Je leur démontrerois aisément que ces beaux prismes cristallins n'étoient que du sulfate de magnésie, dont on pouvoit même retirer une assez grande quantité en faisant évaporer jusqu'à siccité, dans un vaisseau de terre, une portion de ces eaux.

Mais ce sel n'y étoit pas contenu assez abondamment pour former un objet de spéculation. Je leur appris, d'autre part, que la potasse qu'ils employoient étoit toute absorbée et retenue par l'alun qui s'étoit cristallisé, qu'elle étoit même exclusivement essentielle à sa formation; que l'expérience, au surplus, de l'éva-

poration d'une portion de ces eaux acides, avoit prouvé qu'il n'y restoit pas sensiblement de l'alun. Comme on n'avoit jusqu'alors jamais ouï parler de la nature de l'alun dans cette fabrique, et qu'on ne s'étoit point encore avisé de faire aucun essai direct et concluant sur les eaux-mères incristallisables, mes réflexions parurent un peu étranges. Je leur ajoutois, pour achever de les détourner de la pratique dangereuse de se servir de ces eaux pour de nouveaux repassages sur le schiste alumineux, que l'excès d'acide libre qu'elles contenoient redissoudroit bientôt une portion des précipités inutiles déjà formés dans les citernes et les fours, ce qui les surchargerait de principes étrangers, et les empêcherait de se combiner aussi abondamment avec le sulfate de fer et d'alumine; qu'ils voyoient d'ailleurs clairement, par cet excès d'acide, que la base alumineuse n'étoit pas surabondante dans leurs résidus lixiviés; qu'enfin il en résulteroit un autre inconvénient plus grave et plus dispendieux, celui de voir bientôt brûler et détruire tous les canaux et tous les réservoirs en bois, ainsi que les chaudières, par l'acide libre que ces eaux manifesteroient au bout d'un certain temps; qu'il étoit donc important de continuer à faire leur lessivage avec l'eau douce de la rivière, comme par le passé. Ils me parurent contents de

ces raisons, et j'eus occasion de bien sentir cette fois combien il est vrai qu'on n'obtient dans les arts, de prompts succès, et qu'on ne parvient à faire de sûres et grandes économies, que lorsque les principes d'une saine théorie s'allient et vont de pair avec les sages manipulations de l'art; car cette fabrique doubleroit aujourd'hui ses profits, si, de bonne heure, on en eût établi, dirigé et surveillé les opérations, d'après un plan raisonné.

Comme la potasse qui sert à la précipitation de l'alun dans cette fabrique, vient toute de la Hongrie, et revient excessivement chère à raison du transport, et que la consommation en est d'ailleurs étonnante, je m'étois occupé immédiatement, après mon retour de Trieste à Venise, des moyens de trouver dans cette dernière ville les matériaux nécessaires à fournir en abondance et à bas prix cet alkali. J'avois déjà arrêté, pour mon compte, à cet effet, tous les triages de tartre rouge ou blanc, qu'on rejette en quantité dans les fabriques de crème de tartre, et qui peuvent encore fournir beaucoup de potasse par la combustion. Je m'étois également assuré de tous les résidus des distillations d'eaux-fortes de départ de l'hôtel des monnoies, qu'on obtient par la distillation du sulfate d'alumine et nitrate de potasse. Enfin j'étois sûr d'avoir, au plus bas prix, une quantité immense des *têtes mortes* de toutes

les fabriques d'eaux-fortes de Venise , où l'on fait des quantités incroyables de précipité rouge pour le commerce du Levant : on auroit pu , à ce que je crois , stratifier avec le minerai aluminifère une portion de ces derniers matériaux , qui n'étoient que de l'ocre rouge combinée avec du sulfate de potasse ; ces deux substances ne pouvoient que fournir une augmentation de produits utiles ; la potasse , sur-tout , auroit rendu l'alun cristallisable , sans nouvelle addition , par la simple évaporation ; comme cela a lieu dans les aluminières des Etats ecclésiastiques , où la potasse nécessaire à la formation de l'alun , se trouve déjà combinée avec les argiles aluminifères.

J'avois expédié , lors de mon dernier mois de séjour à Venise , près de quatre cents livres de différens sels d'essai à cette aluminière ; je n'ai pu être informé du succès des tentatives faites sur cet objet d'après mes indications.

Deux questions intéressantes m'occupèrent encore pendant le peu de jours que je séjournai à l'aluminière d'Istrie. La première étoit de savoir si le schiste n'étoit qu'un composé de sulfures d'alumine et de fer mêlé avec d'autres substances , ou si vraiment ce minerai contenoit les sulfates déjà tout formés. La seconde , si les deux bases alumine et fer y étoient combinées avec l'acide sulfurique , ou si ce dernier métal n'étoit

qu'interposé entre les molécules de la pierre aluminifère, sans combinaison directe; supposition qui me parut la plus probable. Je ne dirai que deux mots concernant mes conjectures sur ces deux points; et d'abord, quant au premier, j'avois observé que cette espèce de schiste alumineux, très-compacte, à peine extrait de la roche calcaire où il se trouve comme encaissé, manifestoit une acidité très-marquée par la simple application de la langue, et cela même avant que le contact de l'air eût eu le temps encore d'influer sensiblement sur ses parties constituantes, pour les faire tendre sensiblement à la décomposition.

2°. Les surfaces toutes fraîches des petits éclats brisés par un coup de marteau prompt et violent, ne donnent pas la moindre odeur hépatique dans les points qui ont reçu l'effort immédiat de la percussion: on y reconnoît à peine une légère odeur de gas inflammable, analogue à-peu-près à celle qu'on remarque lorsqu'on frotte rudement deux pierres siliceuses entr'elles.

3°. Un morceau de ce schiste réduit en poudre fine, aussi-tôt après son extraction, ne fait pas la moindre effervescence, et ne donne pas la moindre odeur hépatique par l'affusion des acides sulfurique et nitrique. Or on sait que tous les sulfures se comportent autrement. Il est bon d'observer pourtant que quelques momens après l'ac-

tion de ces acides, on voit paroître quelques bulles qui ne doivent être considérées probablement que comme du gas hydrogène pur.

4°. Lorsque 20 à 25 aires bien chargées de minéral accumulé sous les hangards sont en pleine efflorescence dans les plus beaux jours, on ne sauroit appercevoir dans les environs de la fabrique aucune odeur de gas hydrogène sulfuré.

5°. L'examen de tous les petits meubles en argent des ouvriers tels que boucles, montres, ne me fit pas découvrir le moindre indice de cette patine obscure noirâtre dont on sait que ce métal se revêt par contact du gas hydrogène sulfuré. Je remarquai qu'il en étoit ainsi de tous les outils employés à la fabrique.

6°. J'examinai encore attentivement des gros blocs de ce schiste récemment excavé, et je ne pus, en usant des plus scrupuleuses diligences, y distinguer un atôme de soufre pur; on sait combien facilement on en rencontre dans presque tous les sulfures terreux naturels, même dans les carrières à plâtre (sulfate de chaux), je n'y découvris non plus aucunes molécules pyriteuses.

De tous ces faits et de toutes ces observations, j'ai cru pouvoir hardiment conclure que le schiste aluminifère de Souvignaco est entièrement à l'état de sulfate et non de sulfure, au moins relativement à la base alumine, et que sa décompo-

sition et les produits qui en résultent sont dus à l'action de l'air, combinée avec celle de l'eau, jointe l'influence à de la température et même des rayons solaires.

Quant au fer, je pense qu'avant la décomposition du schiste en plein air, il y est contenu à l'état de fer presque pur et simplement interposé, je regarderois donc ce minerai avant son exploitation et sa décomposition, comme un sulfate d'alumine, avec un grand excès d'acide sulfurique concret ou presque concret, tenant une bonne quantité de fer interposé et à peine oxidé (je fais abstraction des autres sels étrangers qu'il renferme). Voici la série des faits qui semblent m'autoriser dans cette singulière supposition.

1°. Quand le schiste est tout fraîchement excavé, sa couleur est d'un bleu céleste, qui est propre au fer très-peu oxidé, comme on peut le voir dans tous les schistes ardésiaqués, ou de tous ceux rapprochés de ce genre. Je ne saurois me rappeler d'avoir nulle part observé des composés de sulfate de fer qui conservassent cette nuance bien prononcée et uniforme; car le sulfate de fer lui-même, presque entièrement privé d'eau, comme il faudroit le supposer ici (vu la dureté de ce minerai alumineux), est d'une couleur blanche et opaque, ou bien tire au rouge plus ou moins verdâtre.

2°. Chaque fois qu'on fait effleurir le minéral aluminifère en plein air, les premiers endroits à montrer l'efflorescence sont marqués de taches plus ou moins étendues, rouges en quelques points, et blanches et farineuses en d'autres; ce qui pourroit fort bien indiquer que d'abord le fer pur interposé dans le schiste, commence par s'oxyder pour se combiner ensuite avec l'acide sulfurique en excès, du sulfate d'alumine; et il est très-probable que l'acide lui-même, attirant de l'air l'eau nécessaire à lui donner de l'action sur le fer par la décomposition de celle-ci, perd bientôt l'état concret dans lequel il se trouvoit auparavant dans le schiste. Si cette oxidation du fer est poussée trop loin, il reste indissoluble, et les points en efflorescence sont d'un rouge d'ocre. S'il est dissous, et qu'ensuite le sulfate qu'il forme vienne à être desséché, il deviendra blanc et farineux, mêlé avec du sulfate d'alumine, également effleuri, desséché et blanc. Le sulfate d'alumine pur et sans potasse, peut, à l'état de siccité, se saturer par excès d'acide sulfurique, comme le prouvent des expériences directes.

3°. Sous les hangards et dans les environs, à peu de distance de l'aluminière, il y a toujours une odeur sensible et bien marquée de gas hydrogène simple, dès que l'efflorescence est générale dans toutes les aires. Je ne saurois d'où

faire dériver la théorie de la production de ce gas que d'une certaine quantité d'eau qui est décomposée pour oxider le fer interposé dans le schiste efflorescent. Et en effet , plus le temps est beau et serein , plus on ménage à propos l'eau de lixiviation, plus la décomposition du schiste est prompte et abondante.

4°. Enfin , ayant comparé une grande quantité d'échantillons de schistes bleus, étrangers avec celui qu'on exploite autour de la fabrique, il étoit difficile de reconnoître au premier coup-d'œil aucune différence sensible entr'eux ; la texture, la pâte, la couleur, tout paroissoit identique dans les espèces différentes. Je fis même l'essai de mêler plusieurs morceaux les uns avec les autres , distingués par des marques particulières. Je les offris ensuite à plusieurs personnes ; la plupart les confondirent , tant ils se rapprochoient par leurs caractères extérieurs. Cependant , au poids et à la saveur , personne ne s'y méprenoit ; il suffisoit même de les laisser ensemble quelques heures en plein air : le schiste aluminifère , à la différence des autres, s'effleurissoit bientôt, et prenoit une couleur cendrée à la surface. Je ne doutois cependant aucunement que les échantillons de schistes étrangers ne dussent leur couleur au fer presque entièrement désoxidé qu'ils contenoient agrégé ou simplement interposé entre leurs particules inté-

grantes. Si donc le schiste aluminifère avoit de commun avec eux le grain et la pâte, il est assez présumable que sa couleur dépendoit de la même cause, n'y ayant d'autre différence des uns aux autres que celle de la présence de l'acide sulfurique, concret ou presque concret dans le schiste alumineux. J'ai même observé que quelques-uns des schistes simples ordinaires que j'avois pris pour objets de comparaison, offroient, dans quelques points, une vraie décomposition, opérée par le temps, laquelle paroissoit entièrement due à l'oxidation du fer qu'ils renfermoient, et qui, par le contact de l'air, de la lumière et de l'humidité, passoit à l'état d'ocre rouge, sur-tout dans les petites veines de ces masses au travers desquelles l'eau pénétroit, dans un état très-divisé, opérant, par son séjour dans leurs pores l'oxidation du métal en se décomposant, d'où s'ensuivoit bientôt une sensible altération dans la texture, la couleur, et les autres caractères extérieurs de ces portions de schiste.

Je suis donc presque persuadé qu'il n'existe d'autre différence entre le schiste aluminifère de la fabrique d'alun de Souvignaco, et entre ceux qu'on trouve abondamment par couches très-étendues et assez profondes dans les montagneuses collines de toute l'Istrie jusqu'à Trieste, où l'on en exploite une assez belle carrière, que

celle de la présence de l'acide sulfurique dans le premier, ce qui facilite sa décomposition, et nécessite sa prompte efflorescence par la tendance de cet acide à former du sulfate martial, en s'unissant au fer interposé entre les molécules du schiste. Ce métal sera promptement oxidé, tant par l'oxigène atmosphérique, que par l'action combinée de la lumière et de l'humidité.

Cet acide seroit donc, selon moi, une espèce de ciment qui, privé entièrement ou presque entièrement d'eau, conserveroit dans le schiste un état d'agrégation solide. En effet, l'acide sulfurique, s'il existe, comme tout paroît l'annoncer, à l'état concret dans le minerai alumineux, ne doit point se décomposer sur le fer s'il n'y a pas présence d'eau. Ce métal pourra donc rester simplement interposé entre les parties intégrantes du schiste, et lui donner une couleur bleuâtre, tant que l'humidité ne viendra pas changer l'ordre et la nature des composés qu'il renferme.

Je pense également qu'on pourroit très-bien attribuer à la présence du même acide concret le poids excédant de ce schiste, sur tous les autres, pris à volumes égaux, et même sur toutes les substances pierreuses des environs. Il y a plus, si le fer n'existoit pas réellement dans un état presque métallique dans cette pierre, je ne vois pas comment on expliqueroit la prompte

décomposition de cette dernière par le simple contact de l'air, de la lumière et de l'humidité, tandis qu'on en trouve une raison plausible dans l'oxidation du fer interposé, qui, dans ce nouvel état, ne reste plus lié aussi étroitement aux autres principes constituans, puisqu'il a changé de volume, de points de contact, de nature et d'affinité, et doit même attirer l'acide sulfurique, et le détacher des autres bases auxquelles il adhéroit auparavant en excès : cette cause de décomposition lui sera commune avec presque toutes les pierres, les marbres, les spaths, &c. qui, lorsqu'ils sont très-ferrugineux, sont promptement détruits, à raison du métal qui se suroxyde. Je ne me hasarderai point, sans être appuyé d'un nombre suffisant d'observations bien faites et bien vues, à théoriser sur la formation de cet acide sulfurique dans le schiste de Souvignaco, non plus que sur son passage à l'état concret ; moins encore déterminerai-je si cet acide a été produit par la décomposition de l'eau, ou par la simple combustion du soufre à l'air dans des temps, à des époques et avec des circonstances singulières et très-reculées, ou plutôt s'il n'auroit point été formé par l'action des feux volcaniques souterrains. Je ne dirai point comment il a pu ensuite, produit par l'une ou l'autre, ou toutes ces causes à-la-fois, comment il a pu se combiner

combinaison ensuite dans un état d'aussi forte aggrégation avec les bases terreuses et métalliques du schiste aluminifère ; s'il a trouvé ces bases libres et sans liaison étroite entr'elles ou avec d'autres substances ; ou s'il les a trouvées à l'état de fusion produite par les feux volcaniques souterrains, et disposées dans cet état de fluidité ignée à s'unir avec lui, acquérant ensuite par le refroidissement un état très-solide.

Je garderai le silence sur de pareilles questions, dont on ne peut espérer de réponse satisfaisante que des observations des naturalistes familiarisés avec les caprices apparens et les secrets réels de la nature.

Je finirai par quelques courtes observations sur la terre blanche, que j'ai qualifiée de kaolin, et qu'on trouve disséminée en gros pelotons dans les crevasses des caves un peu profondes.

Cette terre est d'un blanc mât, mais très-pur ; elle est molle comme de la pâte au moment de son extraction, sans amertume ni acidité, si ce n'est un goût terreux propre à l'argile, happant fortement à la langue, manifestant une odeur argileuse. Exposée à l'air, elle se durcit promptement, en se revêtant d'une croûte translucide comme de l'albâtre ; elle ne fait point effervescence avec les acides ; elle se délaye dans l'eau, et se précipite bientôt par le repos. L'eau surna-

geante n'est ni amère ni acide, quoique conservant une saveur terreuse décidée; elle ne forme que peu d'écume par l'agitation. Cette terre a ceci de particulier, c'est qu'une fois bien lavée dans l'eau, et après s'en être précipitée, elle ne conserve plus que peu de ténacité; aussi pour l'employer à faire des petits vases d'essais en poterie, j'ai dû la faire mêler avec différentes proportions de terre de Vicence. Elle ne s'est point fondue au feu violent de la porcelainerie de Venise; elle ne s'est point gercée ni déjetée cuite en colonnes: elle a conservé sa blancheur; elle est, après une forte cuisson, très-poreuse, très-légère, et imite merveilleusement, pour quelques momens, les briques flottantes de Fabroni. Je ne doute pas, dès qu'on aura fait à la fabrique des porcelaines les essais convenables avec différens mélanges, que ces essais auront été suivis avec zèle, précision, méthode, intelligence, attention et patience, on n'en obtienne d'utiles produits, tant pour Venise, que pour les faïenceries de Trieste.

Le phénomène le plus remarquable et le plus intéressant pour les naturalistes, concernant cette terre, c'est qu'elle contient dans ses pelotons mous et ductiles, une quantité de petits cristaux quartzeux de différentes grosseurs, dont on peut suivre la formation et les rudimens d'une ma-

nière assez frappante. On n'a qu'à couper par tranches cette terre molle, on observe sur les tranches coupées avec soin et délicatesse, des lignes ou traces plus ou moins larges, sémi-transparentes, plus dures que le reste de la terre blanche; plus ces lignes se rapprochent des cristaux déjà formés, auxquels elles aboutissent, plus elles augmentent en transparence et en dureté: car elles offrent à l'ongle, d'abord la résistance d'un cartilage, ensuite d'une pierre molle, enfin du quartz.

Je m'étois pourvu de quelques-uns de ces morceaux curieux, que j'ai remis à différens amateurs de Trieste et de Padoue.

Je me suis long-temps alambiqué pour trouver la solution du problème de la formation des cristaux quartzeux dans les argiles, les gypses, et autres genres pierreux et fossiles. Les accidens de cette dernière terre blanche, m'ont paru fournir des raisons plausibles sur la non-convertibilité des terres les unes dans les autres, dans certains cas au moins.

En effet les analyses les mieux faites jusqu'ici sur les argiles (1), ont prouvé que les plus pures de ces terres contenoient beaucoup de terre siliceuse sans doute combinée molécules à molécules isolées avec celles de l'alumine. C'est même cette diffi-

(1) Margraaf, Klaprot, &c. &c.

culté de séparer le quartz de l'alumine, qui rend si longue et coûteuse la préparation des argiles infusibles au feu des porcelaineries. On sait que les Indiens laissent pourrir, jusqu'à 30 ans, leur kaolin en plein air. Les potiers même en faïencerie connoissent l'utilité de la méthode de laisser vieillir les argiles. Toutes ces précautions ne me semblent tendre qu'à rendre les molécules d'argile moins adhérentes et moins fortement combinées avec celles du quartz. L'eau, l'air, l'humidité, la lumière peut-être, et le calorique, sont les agens divellens de cette affinité quiescente des deux bases terreuses. L'argile attirée plus efficacement au moyen de ces agens par les molécules d'eau, abandonne les molécules de quartz; celles-ci réduites à leur extrême état de division, ou sont assez voisines pour s'attirer et se réunir en cristaux, ou sont rapprochées à cet effet par l'eau qui les entraîne et les dépose dans les pores les plus larges de ces corps terreux; un cristal, une fois commencé, attire les molécules qui lui sont voisines par affinité d'agrégation. Si les corps sont organiques, et qu'ils soient pénétrés par des sucs terreux, ou calcaires, ou argileux tenant quartz, avec le temps, ces corps organiques pétrifiés montreront des endroits agatisés, par la réunion des molécules de quartz qui se sont séparées des terres qui les tenoient en dissolution; ces terres

ayant été neutralisées, ou par quelques acides, ou s'étant combinées, avec le temps, à d'autres principes par l'effet des affinités électives ou de concours. Et je ne serois pas du tout étonné, si, dans la suite des siècles, on trouvoit de beaux cristaux de quartz dans les résidus lavés du schiste dont j'ai parlé, puisqu'il contient beaucoup de silex très-divisé.

N. B. On trouve dans le journal intéressant intitulé, *Opuscoli scelti sulle scienze e sulle arti*, rédigé par le citoyen Charles Amoretti (savant connu par ses travaux sur divers objets d'histoire naturelle, d'arts et de littérature), quelques détails, suivis d'une gravure, sur les caisses évaporatoires dont j'ai donné une ample description.

On peut consulter la page 288 du tom. XIV, de cet estimable ouvrage périodique, pour juger de l'importance des perfectionnemens que ces fours à évaporation, tels que je les ai décrits, ont reçus depuis lors.

HUITIÈME ESSAI

Sur les moyens d'extraire le cuivre pur du métal des cloches.

Ayant été chargé, lors de mon séjour à Venise, par une société de négocians, de faire des essais en grand, afin de parvenir à extraire le cuivre pur et malléable, d'une quantité considérable de bronze qu'ils avoient acheté, provenant de cloches brisées et de quelques pièces de canon rompues; ce travail m'a fourni l'occasion de prendre des vues et de faire sur cet objet quelques observations un peu étendues, puisque je n'ai jamais opéré sur des quantités à-la-fois moindres de 500 livres en poids. On avoit mis, pour cet effet, à ma disposition, un des petits fourneaux à réverbère de l'arsenal de Venise. Je ne rapporterai que les détails de la troisième épreuve, celle qui m'a fourni, sinon des résultats parfaits, du moins satisfaisans, sous le rapport de l'économie.

J'ai fait placer, le 7 janvier 1799, à six heures environ du matin, sur la sole du four à réverbère 500 livres de morceaux de cloches brisées, en commençant à chauffer dès le même instant. A huit heures moins un quart, tout le métal étoit

déjà passé à un état de complète fusion, le four s'étant trouvé encore un peu chaud, parce que la veille on y avoit fondu une petite jetée de canons pour l'usage de la marine. Je fis remuer bien exactement toute la masse liquide, dont la surface paroissoit couverte d'une légère pellicule, que j'attribuai à l'oxidation d'une très-petite portion d'étain. Car à cette haute température, le cuivre auroit sûrement refusé de s'unir à l'oxygène. Je fis alors apporter, sous la porte du four, 150 livres d'oxide rouge de manganèse cristallisé confusément, tiré des montagnes du Vicentin, et que j'avois eu soin de faire bien exactement pulvériser. Il n'est pas inutile d'observer ici que les manufacturiers de cristaux en verre de Venise, ne peuvent point employer cette qualité pour le blanchiment de leurs ouvrages; elle n'est d'usage, parmi eux, que pour servir à la coloration de certains vases; aussi, ont-ils soin d'être pourvus d'une autre espèce de manganèse noir et très-friable, qu'on fait venir du Piémont, où il abonde. Il paroît donc que cette chaux métallique cristallisée, extraite dans le pays Vénétien, est bien loin d'être à son maximum d'oxidation; en effet elle s'est constamment refusée à donner du gas oxygène, chauffée seule dans une cornue de porcelaine; et l'addition d'un peu d'acide sulfurique n'a pas même favorisé ce dé-

gagement d'une manière bien sensible, quoique l'oxide ait été poussé à un feu très-violent. Je l'ai cependant employé, avec succès, pour la préparation de l'acide muriatique oxigéné.

Après un brassage bien exact de toute la masse de l'alliage fondu, je fis projeter, à huit heures du matin, 15 livres d'oxide de manganèse, réduit en poudre fine, comme je l'ai dit. J'avois déjà eu occasion d'observer, dans d'autres expériences, que si l'on remuoit immédiatement après l'addition du manganèse, celui-ci étoit presque entièrement volatilisé hors du four par le courant de la flamme. J'usai donc de la précaution d'attendre, avant de faire brasser, que le manganèse, que j'avois fait répandre sur la surface la plus étendue possible, fût passé au rouge-violet par l'action du feu; après quoi, je fis remuer fortement pendant l'espace de huit minutes consécutives. Je m'occupois à bien examiner si, par la réaction du manganèse sur le métal fondu, j'observerois quelques traces sensibles d'une flamme distincte qui eût pu m'annoncer la combustion de l'étain. Je n'observai rien de semblable. Il faut avouer aussi, que l'intérieur du four étoit plein d'une atmosphère incandescente, à tel point, que l'œil ne pouvoit long-temps en soutenir l'éclat. Je ne vis pas que le manganèse tendit à rester interposé entre les molécules des métaux liquides.

Dès qu'on cessoit de brasser, il revenoit immédiatement recouvrir la surface de l'alliage fondu par sa légèreté spécifique.

Je fis boucher le four et soutenir le même degré de feu jusqu'à huit heures et demie, en faisant exécuter un court brassage de six minutes en six minutes. Je fis projeter, à cette époque, une nouvelle dose de manganèse égale à la première. On voulut essayer de mêler immédiatement : ce que j'avois prévu arriva ; c'est-à-dire qu'une portion du manganèse fut instantanément volatilisée et entraînée hors du four. Ce qui en resta, fut remêlé, pendant cinq minutes à-peu-près, avec un gros ringard de fer de fonte ; la quantité de l'oxide et la longueur du brassement refroidirent à tel point le mélange fluide, qu'il paroissoit vouloir se prendre en masse. Je crus ce moment favorable pour y faire encore projeter 15 livres de manganèse, dans l'espoir que cette poudre pourroit plus efficacement s'interposer entre les molécules de la masse fondue. On parvint effectivement à faire une espèce de mélange ; je fis boucher le four en soutenant le feu ; un quart-d'heure après, ayant voulu faire brasser, je trouvai toute la matière en belle fonte, et le manganèse, flottant à la surface, à l'état d'une pâte blanche très-consistante. Je fis extraire une petite portion d'alliage, que je fis couler en forme

de lingot ; cet échantillon refroidi , montrait à peine quelque changement dans la couleur , tirant un peu plus sur le rouge-clair , sans aucune espèce de ductilité. Je fis encore brasser , en projetant nouvellement 15 livres de manganèse ; dès que je vis qu'elle commençoit à s'agglutiner par l'action du feu , je fis bien remuer pendant cinq minutes , sans interruption ; je fis fermer le four ; il étoit alors neuf heures. L'extrémité du ringard (1) étoit encroûtée d'une masse de scories noirâtres et vitrifor mes , légèrement spongieuses ; je les fis rompre ; elles étoient très-fragiles ; j'attribuois les petites cellules qu'elles offroient dans leur intérieur , tant au dégagement gazeux de l'acide carbonique que le manganèse pouvoit contenir dans son état naturel , qu'à l'extrication d'une portion d'oxigène à l'état aériforme et d'un peu d'eau. Je découvris dans ces scories une quantité de petits

(1) La matière la plus propre à former l'extrémité du ringard qui doit servir à brasser le métal en fonte , est la substance du bronze lui-même coulée en plaque quarrée , avec un trou dans le centre pour recevoir un long manche de fer. Cet outil , fait en fer , m'avoit d'abord offert beaucoup de difficulté , afin d'éviter qu'il ne fût point trop promptement attaqué par le manganèse , et qu'il ne portât en même temps une substance étrangère qui pût altérer les résultats de l'opération ; le bronze seul et pur remplit toutes ces conditions.

grains de métal, tirant fortement à la couleur rose ; ils n'étoient pas tous d'égale grosseur ; les plus volumineux ne surpassoient pas celle d'un gros pois chiche ; ceux plus petits , montrèrent une parfaite ductilité sous le marteau ; les plus gros s'étendoient moins facilement , et finissoient par donner une petite plaque toute gercée. A neuf heures et demie je fis encore brasser , ayant maintenu la chaleur dans l'intérieur du four à l'état de la plus vive incandescence ; aussi le manganèse formoit-il , à la surface , une pâte blanche très-fluide ; on ajouta sept livres de nouveau manganèse , en remuant avec les précautions déjà indiquées.

Je fis extraire un second échantillon , au moyen d'une petite cuiller en fer , adaptée à l'extrémité d'une longue barre de même métal. On projeta sur du sable bien aplani cette petite portion de métal liquide. J'observai après son refroidissement une pellicule bleue qui recouvroit toute la surface de la petite plaque d'essai. Cette croûte très-mince finit par se détacher sous le marteau , en tombant en écailles , dont quelques-unes (les plus épaisses) conservoient quelque ductilité , et les autres se réduisoient en poudre grossière. Ce n'étoit sans doute qu'un peu d'oxide de cuivre , formé à la surface du jet , par le contact atmosphérique , à mesure

que le refroidissement avangoit. Cette troisième épreuve commença à se laisser entamer beaucoup plus facilement à la lime que le bronze pur; et lorsque je l'eus fixée entre les forces d'une enclume, je fis plier cette plaque à angle droit, en la frappant horizontalement avec un marteau. Elle finit par se rompre. La fracture offroit un grain qui paroissoit inégal. On pouvoit y distinguer aisément des petits points rouges qui annonçoient un commencement de séparation du cuivre. Comme ce petit essai avoit été jeté assez brusquement sur le sable aplani, la portion du métal liquide qui occupoit la surface de la cuiller qui avoit servi à l'extraire, fut lancée un peu plus loin que le reste de la masse, et prit la forme d'une plaque large de plusieurs pouces, très-mince et fort ductile, qui étoit cependant adhérente par un côté à la pièce principale, que j'ai déjà dit s'être cassée sous la percussion. Comme on me demanda la raison de cette différence si étrange de malléabilité, entre deux portions si petites d'une même substance, que le hasard seul venoit de séparer à l'instant de la projection: voici la raison que j'en donnai à quelques-uns de mes amis spectateurs, parmi lesquels je comptois des physiciens instruits. Le bronze, ou soit l'alliage d'étain et de cuivre, forme un composé spécifiquement plus pesant sous un

même volume, que chacun des deux métaux isolés dont il est provenu. Dès qu'il y aura donc une portion de cuivre réduite ou fort avancée vers sa réduction complète, occasionnée par le contact de l'oxigène atmosphérique ou par celui du manganèse, qui aura attaqué l'étain d'alliage en le scorifiant, le cuivre, mis à nu comme plus léger, restera nécessairement à la surface du mélange en fusion. Or, le petit essai qu'on avoit retiré, ayant été pris avec précipitation tout près de la surface de la masse métallique en état de fonte, et jeté ensuite précipitamment sur le sable, le mouvement imprimé à la petite masse de la matière extraite pour épreuve, avoit fait glisser la portion superficielle la plus avancée vers la réduction, un peu plus loin que le reste qui occupoit le fond de la cuiller, et qui devoit être nécessairement la portion la plus pesante, comme la moins réduite. Il devoit donc en arriver que la portion la plus légère devoit être la plus ductile, comme étant déjà la plus rapprochée de l'état cuivreux.

A dix heures et demie, je fis nouvellement brasser. J'eus soin de faire écarter ensuite avec le rouable, tout le manganèse en pâte liquide qui recouvroit la surface, et que je soupçonnois avoir fourni tout l'oxigène dont il pouvoit se dépouiller en faveur des métaux à cette haute tem-

pérature, afin de pouvoir en remettre du nouveau en poussière. Je fis mêler, dès que le manganèse parut tendre à la fusion; ensuite on ferma le four. Je retrouvai encore une nouvelle quantité de globules cuivreux, parfaitement ductiles, disséminés dans les scories attachées au ringard. Ces grains ne sont autre chose que les gouttes de l'alliage fondu, que fait jaillir au-dessus du manganèse fondu et pâteux, la précipitation des mouvemens de l'instrument au travers de l'alliage en fonte. Ces gouttes restent isolées au milieu de la pâte du manganèse, et reçoivent ainsi de toute part l'action de l'oxigène fixé dans cet oxide, et sont par-là promptement ramenées à l'état de parfaite réduction cuivreuse.

Je considérois comme d'autant plus importante, l'attention de faire bien mêler et longtemps, qu'il étoit naturel d'imaginer que toute la couche de l'alliage en pleine fusion, qui touchoit immédiatement l'aire du four, étoit moins facilement attaquée par l'oxigène, et devoit par conséquent toujours tenir le dessous, comme plus pesante.

On continua à brasser de demi-heure en demi-heure, depuis midi jusqu'à cinq heures du soir, ajoutant une nouvelle dose de manganèse à chaque fois, sans jamais laisser un instant figer les métaux.

A cinq heures et demie , je fis extraire un nouvel essai. Le petit lingot qu'il donna , s'étendoit assez bien à froid sous le marteau , quoiqu'il s'écroût en plusieurs endroits. Quelques autres petits échantillons , pris un peu plus tard , étoient encore plus ductiles, car on pouvoit les plier même entre les mains , lorsqu'ils n'avoient que huit à dix lignes de diamètre dans leur épaisseur.

A six heures et demie , il ne me restoit plus que dix livres de manganèse. Je fis encore bien remêler , et j'observois qu'à chaque mouvement précipité que le rouable faisoit au travers du métal fluide , celui-ci paroissoit d'un rose clair dans les endroits où le manganèse avoit été momentanément écarté. Je crus ce phénomène de bon augure , et j'en fis part à mes amis. Je fis projeter enfin le reste du manganèse , en faisant remuer le plus exactement et le plus long-temps qu'il fut possible , ce que l'excès de chaleur rendoit très-pénible. Je fis continuer ainsi de dix minutes en dix minutes , à-peu-près jusqu'à huit heures du soir , sans plus ajouter de manganèse. Alors , je fis baisser le feu , et laisser en repos les matières fluides , environ un bon quart-d'heure ; après quoi , je fis couler dans des espèces de petits baquets quarrés , faits d'une pâte calcaire et quartzeuse , et bien desséchés , de cinq pouces environ de profondeur , établis sur le sol de l'atelier, immé-

diatement au-dessous du trou qui communiquoit avec le centre concave de la sole du four. Je n'avois pas donné plus de profondeur à ces baquets, afin d'obtenir des plaques de cuivre moins épaisses et plus traitables. Le métal, en coulant, offroit une belle couleur vert d'émeraude. Je me crus alors assuré d'un succès à-peu-près entier. J'avois fait tirer encore un petit essai avant de faire couler ; il avoit la forme d'un lingot épais d'un pouce et demi environ d'épaisseur, sur six pouces de longueur. Il se courboit facilement sans se fendiller, lorsqu'on le frappoit par une extrémité contre un corps solide, en tenant l'autre bout avec la main. Je le fis battre sur l'enclume par un orfèvre, qui assistoit par curiosité à la fin de l'opération. Il m'en donna une portion tirée en lame d'une ligne d'épaisseur au plus, large de deux gros pouces, et longue au moins de six. Je dois confesser néanmoins qu'il ne lui fut jamais possible de tirer de pareilles lames qu'à froid, et qu'il lui fallut même éprouver plusieurs parties d'un même morceau pour obtenir cette lame, cinq à six autres s'étant écrouies avant d'avoir acquis cet état d'amincissement. Il falloit toujours avoir plongé préalablement le cuivre dans l'eau froide, avant de pouvoir le battre en lames. La couleur, au reste, de ce petit lingot, étoit assez voisine de celle du cuivre pur du commerce, et

montrait

montrait un grain absolument semblable. Les limatures comparées entr'elles, ne pouvoient que très-difficilement être distinguées. La principale différence consistoit dans la malléabilité du cuivre extrait du bronze, moindre que celle du cuivre ordinaire. On voit par le temps que j'ai dû mettre à porter l'opération à sa fin, quelle est la difficulté de pouvoir brûler les dernières portions d'étain, lesquelles, quoiqu'en très-petite quantité, suffisent néanmoins pour donner beaucoup de crudité au métal, déjà presque réduit. Il en est ici comme d'une infinité d'autres substances soumises à l'analyse : les dernières portions des substances à séparer des autres, sont celles qui offrent le plus de résistance.

Ayant pris dix livres du cuivre que je venois d'extraire du bronze, je les fis fondre dans un creuset, en y ajoutant deux livres de cuivre usé. La masse qui en est résultée, résistoit très-bien au marteau, même au rouge-blanc, sans s'écrouir, et paroissoit par sa ductilité pouvoir servir à tous les besoins des arts. Ce qui prouve qu'en mêlant deux mille livres de vieux cuivre, avec dix mille en poids de celui retiré du bronze par le feu, on obtiendrait une qualité propre à tous les usages du commerce.

Voulant essayer si le cuivre, de retour du bronze calciné, ne pourroit point, sans addition,

être amené à la pureté de celui du commerce ; je fis couper une petite masse de dix livres, sur les plaques que j'avois fait jeter la veille, et qui paroissent d'un très-beau rouge ; je fis fondre ces dix livres, en y ajoutant une livre de charbon pulvérisé et une livre de cendre de bois. J'ai remué continuellement pendant un bon quart-d'heure ; le charbon brûloit assez vivement ; les cendres sont elles-mêmes entrées dans un commencement de fusion vitreuse. J'ai laissé les matières en belle fonte pendant deux heures dans le creuset, en remuant de temps à autre. Après quoi j'ai fait baisser le feu insensiblement. Le tout étant bien refroidi, dans l'après-midi, j'ai obtenu un gros culot de cuivre qui paroissoit bien plus uni dans son grain que les masses dont il avoit été détaché, qui s'écrouissoit encore, à la vérité, sous le marteau, lorsqu'on le frappoit chauffé au blanc, mais qui étoit sensiblement plus ductile qu'avant d'avoir été ainsi recuit. Les cendres formoient, à la surface, une scorie demi-vitreuse, d'un noir tirant au bleu-grisâtre. Celle-ci renfermoit tout le charbon qui avoit échappé à la combustion.

Voici dans quelle intention j'avois tenté cette petite expérience. Si, m'étois-je dit, la ductilité du cuivre, que j'avois obtenu du bronze, n'étoit imparfaite qu'à raison d'un peu d'oxide d'étain, ou

même de cuivre, qui auroit pu rester interposé dans la fonte, le charbon auroit rempli l'objet d'opérer la réduction de l'oxide de cuivre, tandis que les cendres auroient absorbé à l'état de smalt l'oxide d'étain irréductible.

Un particulier de *Tréviso*, petite capitale de la province ex-Venète de ce nom, a procédé à l'extraction du cuivre contenu dans le métal des cloches, par un moyen très-simple. Il n'a fait, dit-on, que tenir, pendant trente-six heures, le métal fondu, en contact avec l'air atmosphérique, dans une espèce de four à réverbère, ayant soin d'écumer les scories à mesure qu'elles se formoient. Il en a extrait, par cette méthode, à ce qu'il assure, près de 25 mille livres en poids. On m'en a procuré un échantillon, et je l'ai trouvé aussi doux, et peut-être plus malléable que celui que j'avois réduit. Ce particulier, cependant, a fait une telle consommation de bois, que celui-ci a fini par lui manquer. Il n'avoit probablement fait construire qu'un four à réverbère très-mal entendu. Aussi son cuivre lui revenoit à près de 2 liv. 5 sols la livre, parce qu'il avoit un déchet, en poids, de 30 pour 100, quelquefois au-delà. Pour moi, dans les opérations qui m'ont le mieux réussi, j'ai toujours perdu entre 17 et 20 pour 100, malgré que l'alliage, sur lequel j'opérois, contînt souvent un sixième de métal de canon.

On vend, à Venise, 5 francs de cette monnoie, la livre de cuivre en rosette : c'est-à-dire, environ 1 liv. 12 sols de France. Celui que j'ai retiré du bronze, est estimé 2 liv. 15 sous de Venise, 1 liv. 7 sous et demi environ monnoie de France. Le métal d'alliage coûtoit 1 liv. 15 sous vénitiens, 17 sous à-peu-près de France. Il y avoit donc plus d'un tiers de bénéfice. Mais il faut en soustraire 20 livres à-peu-près par cent de déchet passé à l'état de scorie ; ce qui forme une somme de 35 liv. vénitiennes par cent. La main-d'œuvre, l'achat du combustible et du manganèse, et l'usage des différens outils, ainsi que leurs réparations, ont été calculés à 30 liv. argent, pour chaque opération de 800 liv. en poids de bronze. Il en résulte un profit net d'environ 5 sous de France par livre. La compagnie ayant un fonds de 150 mille livres en poids d'alliage, il y aura toujours pour elle un grand avantage d'en extraire le cuivre par la méthode que je viens d'essayer, quoiqu'à la vérité très-longue et encore très-imparfaite.

Le moyen indiqué par le citoyen Fourcroy, pour parvenir à séparer avec avantage le cuivre du métal des cloches, et qui consiste à faire d'abord oxider une portion de cet alliage, pour la faire ensuite réagir sur une autre quantité non oxidée, dans des proportions déterminées, avoit paru offrir

de très-grandes difficultés dans son exécution en grand. Il est cependant devenu aujourd'hui le seul qu'on puisse économiquement mettre en pratique, à l'aide de quelques modifications et d'une addition fort simple, mais importante, celle du muriate de soude. En effet, une des principales objections contre le procédé de ce chimiste célèbre, étoit de manquer d'une méthode aisée pour parvenir à réduire à l'état d'une poudre grossière, des masses considérables de bronze; afin de pouvoir en faciliter la prompte oxidation, au moyen des surfaces ainsi multipliées. Le *chevalier Nappione*, directeur du laboratoire chimique de l'arsenal de Turin, minéralogiste savant autant que chimiste distingué, avoit proposé de faire chauffer le bronze jusqu'au rouge vif, de le piler immédiatement après, dans l'état de fragilité où il se trouve amené par cette opération. Cependant, cette méthode n'est pas sans embarras dans son exécution, malgré la simplicité des machines indiquées pour cela dans l'intéressant mémoire qu'il a publié dans le temps sur ce sujet.

Le moyen que l'expérience m'a prouvé, quoiqu'en petit, le plus expéditif et le plus simple à-la-fois, est celui de fondre l'alliage dans un creuset, de le couler ensuite sur un crible de métal, placé sur un baquet d'eau froide. Le métal tombe

au fond tout granulé, souvent un peu agglutiné. Il ne s'agiroit donc pour opérer en grand, que de mettre en fonte dans un grand four à réverbère, une quantité considérable de bronze, de le faire cribler successivement au travers d'une planche de cuivre toute trouée, et placée sur un courant rapide et assez profond d'eau froide. Ce petit ruisseau devrait passer au travers d'une grande caisse en bois ou en maçonnerie, au fond de laquelle se recueillerait le métal divisé. En petit, ce procédé réussit très-bien.

Le métal, ainsi granulé et chauffé derechef dans un four à réverbère, sans le faire fondre, offre des surfaces très-multipliées au contact de l'oxigène atmosphérique. On doit éviter la fusion : car le cuivre refuseroit de s'oxider à une température si élevée : les surfaces, d'ailleurs, seroient par-là infiniment diminuées. Au bout de peu d'heures, l'alliage en poudre acquiert une augmentation en poids de 8 et quelquefois de 9 pour 100. Dès qu'il est oxidé à ce point, on le retire, et on a soin de le mêler bien exactement avec deux fois et demie environ, ou même trois fois son poids d'autre métal granulé non calciné. On remet le tout dans le four, et l'on pousse insensiblement à la fonte. On a soin de remuer souvent et bien exactement. En projetant douze ou quinze pour cent en poids de muriate de soude bien pulvérisé, il se produit

sur-le-champ une forte décrépitation, et l'on aperçoit une vapeur d'acide muriatique très-incommode, si l'on n'a pas soin d'en éviter le courant. Il est très-probable qu'une portion de cet acide passe à l'état d'acide muriatique oxigéné : dans peu d'heures, la réduction du cuivre contenu dans l'alliage des cloches est opérée. Les scories qui surnagent, manifestent, lorsqu'elles sont refroidies, une alkalinité souvent très-forte, dépendante de la soude du sel marin décomposé, laquelle n'a pu se combiner à l'état de verre parfait avec l'oxide d'étain.

Voici, je pense, la théorie qu'on doit appliquer aux phénomènes et aux résultats que présente cette opération. Dans le premier grillage du bronze granulé, l'oxigène se fixe également sur les deux bases métalliques étain et cuivre, à une température au-dessous de celle nécessaire à la fusion des deux métaux. Mais lorsqu'on vient à pousser à la fonte dans la seconde opération, après avoir ajouté les deux tiers en sus de métal granulé non oxidé, l'oxigène fixé sur le cuivre abandonne cette base à une si haute température, et se porte sur l'étain du bronze, tandis que d'un autre côté, l'étain déjà calciné répartit une portion de son oxigène à celui qui ne l'est point encore. Comme ce dernier oxide résiste très-bien aux plus fortes températures sans se décomposer,

dès qu'une fois tout l'étain a été brûlé par une quantité plus ou moins grande d'oxygène, il n'est plus susceptible de rester combiné avec le cuivre. Ce dernier s'en sépare donc. Cependant cette désoxydation du cuivre et cette suroxydation de l'étain, sont singulièrement favorisées par la présence du muriate de soude, qui se décompose.

Car l'acide muriatique est attiré dans cette opération par trois forces divellentés à-la-fois, c'est-à-dire, par l'oxide d'étain déjà formé; par l'oxygène du cuivre qui, en se reprimant, le convertit en acide muriatique oxygéné; enfin par le calorique fourni par la température très-élevée du four: tandis que, d'autre part, la soude du même sel est attirée par l'oxide d'étain, qui tend à former avec elle une espèce de smalt, avec excès d'alkali. Ces quatre forces divellentés réunies, coopérant à-la-fois, facilitent la décomposition du muriate de soude. Il est d'ailleurs très-vraisemblable que l'acide muriatique, par affinité prédisposante, sollicite le transport de l'oxygène du cuivre sur l'étain, pour former, avec cette dernière base très-oxidée, un sel particulier, ou à l'état de muriate simple, ou à l'état de muriate oxygéné, car on sait que l'oxide d'étain est susceptible de fournir ces deux sels à-la-fois. S'il arrivoit même que la base étain fût à l'état d'oxide simple, déjà fortement saturé d'oxygène, et

refusât d'en prendre davantage, l'acide muriatique l'y disposeroit pour la convertir en muriate oxigéné. L'acide muriatique, rendu libre, peut, par affinité prédisposante, aider aussi l'oxidation d'une portion d'étain (encore existante à l'état de régule dans l'alliage fondu), par sa tendance à former avec elle un sel neutre; ce qui oblige cette base à prendre de l'oxigène des portions d'étain les plus voisines, qui en sont déjà très-saturées. Il n'est donc pas étonnant qu'on trouve dans les scories une partie de soude qui, ayant perdu son acide, soit à l'état presque libre et caustique, imparfaitement combinée avec l'oxide d'étain, et qu'on y trouve en même temps du muriate d'étain.

Le chevalier Nappione, que j'ai cité avec avantage, m'a avoué qu'il avoit été conduit à l'essai du muriate de soude (pour faciliter la séparation du cuivre d'avec l'étain du bronze), par les loix d'analogie de ce qui se passe dans le procédé de de Born, relativement à la préparation de quelques mines d'argent, qu'on doit traiter par l'amalgame après le grillage.

F I N.

DE L'IMPRIMERIE DE CRAPELET.

E R R A T A.

Page 10, ligne 26 : qui auront affinité, *lisez* qui auront de l'affinité.

— 33, — 21 : pour les molécules caloriques, *lisez* pour les molécules du calorique.

— 36, — 11 : plus répugnant que l'existence, *lisez* plus répugnant qu'à l'existence.

— 51, — 17 : parce qu'elle n'a, — *lisez* parce que celle-ci n'a.

— 52, — 12 : ces couches d'air, de tels corps, *lisez* les couches d'air. De tels corps.

— 62, — 25 : de si rapides et courans d'air, *lisez* des courans d'air si rapides, et.

— 71, — 10 : des pyramides d'Egypte, *lisez* des obélisques de Rome.

— 107, — 22 : de vélocité, donc plus, *lisez* de vélocité. Donc plus.

— 107, — 27 : les plus affines, *lisez* les plus affines.

— 126, — 12 : ni en poids, donc il, *lisez* ni en poids. Donc il.

— 126, — 21 : très-dense, c'est parce que, *lisez* et ce parce que.

— 282, — 2 : des liquides brunie, *lisez* des liquides s'altère.

— 326, — 27 : assez d'explications, *lisez* assez d'applications.

— 337, — 1 : l'acide sulfurique, *lisez* l'acide sulfureux.
