1783 B

TRAITÉ ÉLÉMENTAIRE DE CHIMIE

LA COLLECTION
COMPREND LES OUVRAGES SUIVANTS :

MM.

J.-B. DUMAS. — *Leçons de philosophie chimique.*

LE CHATELIER. — *Chimie élémentaire de Lavoisier.*

LE CHATELIER. — *La dissolution.*

G. URBAIN. — *Leçons de Philosophie chimique de Dumas.*

G. URBAIN. — *La théorie atomique, par Ad. Wurtz.*

G. BERTRAND. — *Méthodes générales d'analyse organique élémentaire.*

G. BERTRAND. — *Œuvres de Bernard Palissy.*

DELÉPINE. — *La Synthèse totale en Chimie organique.*

LESPIEAU. — *Poids moléculaires.*

GUILLET. — *Métaux légers (Aluminium. Glucinium. Magnésium. Métaux alcalins).*

P. LEBEAU et M. GUICHARD. — *Poids atomiques.*

JOLIBOIS. — *Dissociation. Équilibres chimiques.*

LEPAPE. — *Lois des Gaz.*

A. DAMIENS. — *Halogènes. Composés oxygénés du chlore.*

A. DAMIENS. — *L'Air et l'Eau.*

A. DAMIENS. — *Eau oxygénée. Ozone.*

LES CLASSIQUES DE LA DÉCOUVERTE SCIENTIFIQUE
(Textes originaux de langue française)
Comité de Patronage : MM. Le Chatelier, A. Béhal, G. Urbain, G. Bertrand, J. Perrin, M. Delépine, R. Lespieau.
Secrétaire général : M. A. Damiens.

Publication honorée d'une subvention de l'Académie des Sciences.

TRAITÉ ÉLÉMENTAIRE DE CHIMIE

DE

LAVOISIER

AVANT-PROPOS

Par M. Henry LE CHATELIER

MEMBRE DE L'INSTITUT

Inst. Química
Biblioteca
Reg. 144 Ano 69

DAENQ
46 | 287
BIBLIOTECA

540
L414t

GAUTHIER-VILLARS, ÉDITEUR
PARIS 1937

Inst. Geriatria
Biblioteca
Nº 709 Ano 71

UFRJ
Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza
Biblioteca Central
Nº REGISTRO DATA
008553-7 31/08/79
ORIGEM
Transf. Bibl. IQ

Tous droits de traduction,
de reproduction et d'adaptation réservés pour tous pays.

LAVOISIER.

1743-1794.

AVANT-PROPOS.

La publication du Traité élémentaire de Chimie *de Lavoisier, en* 1789, *a été un événement capital; de cette publication date l'existence de la Chimie en tant que Science véritable. Jusque-là, l'Alchimie était restée un art confus, mélange de recettes pharmaceutiques, d'hypothèses arbitraires sur la constitution intime de la matière et d'observations qualitatives, parfois exactes, mais peu nombreuses et noyées dans un fatras d'affirmations contradictoires.*

L'importance des idées mises en circulation par Lavoisier fut immédiatement reconnue par ses contemporains. On peut s'en rendre compte à la lecture des rapports sur son Traité de Chimie, *présentés à l'Académie des Sciences, par d'Arcet et Berthollet; à la Société Royale de Médecine, par de Horne et de Fourcroy; à la Société d'Agriculture, par de Fourcroy et Cadet de Vaux. On reproduira ici les deux premières pages du rapport de de Fourcroy devant la Société Royale de Médecine; le rapport complet occupe vingt pages.*

« La Société nous a chargés, M. de Horne et moi, d'examiner un Ouvrage de M. Lavoisier, ayant pour titre : *Traité élémentaire de Chimie, présenté dans un ordre nouveau, et d'après les découvertes modernes.* Comme ce Traité, que nous avons lu avec le plus vif intérêt, offre une méthode élémentaire différente de toutes celles qu'on a suivies dans les Ouvrages du même genre, nous avons cru devoir en rendre un compte très détaillé à la Compagnie.

« Les physiciens, et tous les hommes qui s'adonnent à l'étude de la philosophie naturelle, savent que c'est aux expériences de M. Lavoisier qu'est due la révolution que la Chimie a éprouvée depuis quelques années; à peine M. Black eut-il fait connaître, il y a bientôt vingt ans, l'être fugace qui adoucit la chaux et les alkalis, et qui avait jusque-là échappé aux recherches des chimistes; à peine M. Priestley eut-il donné ses premières expériences sur l'air fixe et ce qu'il appelait les différentes espèces d'air, que M. Lavoisier, qui ne s'était encore appliqué qu'à mettre dans les opérations de Chimie de l'exactitude et de la précision, conçut le vaste projet de répéter et de varier toutes les expériences des deux célèbres physiciens anglais, et de poursuivre avec une ardeur infatigable une carrière nouvelle, dont il prévoyait dès lors l'étendue. Il sentit surtout que l'art de faire des expériences vraiment utiles, et de contribuer aux progrès de la science de l'analyse consistait à ne rien laisser échapper, à tout recueillir, à tout peser. Cette idée ingénieuse, à laquelle sont dues toutes les découvertes modernes, l'engagea à imaginer, pour les effervescences, pour les combustions, pour la calcination des métaux, etc., des appareils capables de porter la lumière la plus vive sur la cause et les résultats de ces opérations. On connaît généralement aujourd'hui la plupart des faits et des découvertes que cette route expérimentale nouvelle a fait naître, pour que nous ayons besoin d'en suivre ici les détails; nous nous contenterons de rappeler que c'est à l'aide de ces procédés, à l'aide de ce nouveau sens, ajouté, pour ainsi dire, à ceux que le physicien possédait déjà, que M. Lavoisier est parvenu à établir des vérités et une doctrine nouvelles sur la combustion, sur la calcination des métaux, sur la nature de l'eau, sur la formation des acides, sur la dissolution des métaux, sur la fermentation et sur les principaux phénomènes de la nature. Ces instruments si ingénieux, cette méthode expérimentale si exacte et si différente des procédés employés autrefois par les chimistes, n'ont cessé,

depuis 1772, de devenir entre les mains de M. Lavoisier et des physiciens qui ont suivi la même route, une source féconde de découvertes. Les *Mémoires de l'Académie des Sciences* offrent, depuis 1772 jusqu'en 1786, une suite non interrompue de travaux, d'expériences, d'analyses faites par ce physicien sur le même plan. Ce qu'il y a de plus frappant pour ceux qui aiment à suivre les progrès de l'esprit humain dans ce genre de recherches, dont on n'avait aucune idée, il y a vingt ans, c'est que toutes les découvertes qui se sont succédé depuis cette époque, n'ont fait que confirmer les premiers résultats trouvés par M. Lavoisier, et donner plus de force et plus de solidité à la doctrine qu'il a proposée. Une autre considération, qui nous paraît également importante, c'est que les expériences de Bergman, de Scheele, de MM. Cavendish, Priestley, et d'un grand nombre d'autres chimistes dans différentes parties de l'Europe, quoique faites sous des points de vue et avec des moyens différents en apparence, se sont tellement accordées avec les résultats généraux dont nous parlions plus haut, que cet accord, bien propre à convaincre les physiciens qui cherchent la vérité sans prévention, et avec le courage nécessaire pour résister aux préjugés, n'a fait que rendre plus solides et plus inébranlables les fondements sur lesquels repose la nouvelle doctrine chimique. C'est dans cet état de la science, c'est à l'époque où les faits nouveaux, généralement reconnus, n'excitent encore des discussions entre les physiciens, que relativement à leur explication, que M. Lavoisier, auteur de la plus grande partie de ces découvertes, et de la théorie simple et lumineuse qu'elles ont créée, s'est proposé d'enchaîner dans un nouvel ordre les vérités nouvelles, et d'offrir aux Savants, ainsi qu'à ceux qui veulent le devenir, l'ensemble de ses travaux. Ceux qui ont suivi avec soin les progrès successifs de la Chimie, ne trouveront dans l'Ouvrage dont nous nous occupons que les faits qu'ils connaissent déjà; mais ils se présenteront à eux dans un ordre qui les frappera par sa clarté et sa précision.

Ce sera donc spécialement sur la marche des faits, des idées et des raisonnements tracés par M. Lavoisier, que nous insisterons dans ce rapport. »

En raison des progrès immenses de la Chimie depuis Lavoisier, on pourrait penser que son traité a perdu aujourd'hui la majeure partie de son intérêt et ne mérite plus qu'un souvenir historique; il n'en est rien. Les idées philosophiques de l'auteur, ses méthodes de travail ont conservé leur actualité; elles peuvent encore être utilement étudiées par les chimistes et même par tous les savants. Pour ne pas s'exposer à faire un éloge exagéré de l'un de nos plus illustres compatriotes, on se contentera de rapporter ici l'avis d'un savant anglais, le professeur Donnan, successeur de Sir William Ramsay à University College. Dans sa Préface à l'Ouvrage de Douglas Mc Kie, sur Antoine Lavoisier, le père de la Chimie moderne (1935), *il s'exprime ainsi :*

« L'auteur de cette introduction n'oubliera jamais quel sentiment d'admiration il éprouva pour la puissance et la noblesse de l'esprit humain, lorsqu'il lut pour la première fois le grand Traité de Lavoisier. Cet ouvrage devrait être approfondi par quiconque étudie les Sciences ou les Lettres, car il constitue une des étapes immortelles de l'histoire de la civilisation. Pourquoi l'Institut de France n'en publierait-il pas une édition à bon marché, qui pût être mise dans les mains des jeunes étudiants. L'histoire est la base de toute culture véritable et son ignorance est en grande partie responsable de la vulgarité qui dépare la pensée et les sentiments du monde moderne. »

Cette action exercée par Lavoisier tient à l'introduction dans la Science de certaines idées nouvelles qui, généralement acceptées aujourd'hui, nous paraissent très simples, mais qui présentaient à l'époque un caractère révolutionnaire.

Avant tout, il préconise l'usage incessant de la balance. On doit

tout peser, les matières mises en réaction et les produits obtenus, en évitant d'en laisser perdre aucune partie. Il n'a pas inventé la balance, il ne l'a même pas introduite le premier dans les laboratoires, comme on le dit parfois. Elle était déjà connue, quelques milliers d'années avant J.-C., des Égyptiens, qui s'en servaient dans leurs transactions commerciales. Plus tard tous les alchimistes employaient la balance pour mesurer les rendements dans la préparation des onguents ou l'extraction des métaux de leurs minerais. Ils avaient souvent remarqué que les réactions chimiques étaient accompagnées, tantôt d'une augmentation, tantôt d'une diminution de poids. Ils notaient le fait et n'y pensaient plus. Lavoisier, le premier, a compris l'importance capitale de la comparaison des masses en réaction. Il a manifesté son sentiment à ce sujet en consacrant le premier Chapitre du Tome III de son Traité de Chimie *à l'étude de la balance. Il déclare à cette occasion que chaque chimiste doit avoir à sa disposition six balances : trois balances de précision et trois balances ordinaires pour le travail courant, chacune de dimensions proportionnées aux masses à peser.*

Il insiste enfin tout particulièrement sur la nécessité de ne laisser perdre aucune partie des gaz qui prennent naissance dans les réactions chimiques, de façon à être certain de mesurer leur poids total. Dans ce but, il recommande avec insistance l'emploi des luts pour empêcher toute fuite de gaz. Il consacre à ce sujet un chapitre entier qui n'a pas été reproduit ici; l'emploi des luts a perdu en effet la majeure partie de son intérêt depuis la découverte du caoutchouc, qui a le grand avantage de donner des jonctions à la fois imperméables et flexibles.

Si, pour les chimistes, la plus importante des mesures est celle des masses, Lavoisier préconise aussi la mesure de toutes les autres grandeurs intervenant dans les réactions chimiques et en particulier celle des quantités de chaleur. Il a créé dans ce but, en collaboration avec Laplace, le calorimètre à fusion de glace et l'a utilisé pour la mesure des chaleurs de combustion.

Une seconde idée d'importance capitale introduite dans la Science

par Lavoisier, se rapporte à la méthode expérimentale. Jusque-là, les alchimistes avaient l'habitude d'entremêler les résultats de leurs observations avec des hypothèses multiples sur la constitution de la matière et sur le mécanisme de ses transformations. En séparant ces deux ordres d'idées, Lavoisier a provoqué une véritable révolution, non seulement dans la Science chimique, mais dans toutes les Sciences expérimentales. Voici comment il s'exprime dans le discours préliminaire de son Traité de Chimie :

« De même que dans l'enfant, l'idée est un effet de la sensation, que c'est la sensation qui fait naître l'idée, de même aussi pour celui qui commence à se livrer à l'étude des Sciences physiques, les idées ne doivent être qu'une conséquence, une suite immédiate d'une expérience ou d'une observation.

» Mais l'imagination, qui tend à nous porter continuellement au delà du vrai, l'amour-propre et la confiance en nous-mêmes, qu'il sait si bien nous inspirer, nous sollicitent à tirer des conséquences qui ne dérivent pas immédiatement des faits, en sorte que nous sommes en quelque façon intéressés à nous séduire nous-mêmes.

» Le seul moyen de prévenir ces écarts consiste à supprimer, ou au moins à simplifier autant qu'il est possible le raisonnement, qui est de nous et qui peut seul nous égarer; à le mettre continuellement à l'épreuve de l'expérience; à ne conserver que les faits, qui ne sont que des données de la nature et qui ne peuvent nous tromper.

» On ne manquera pas d'être surpris de ne point trouver dans un Traité élémentaire de Chimie, un chapitre sur les parties élémentaires et constituantes des corps; mais je ferai remarquer ici que cette tendance que nous avons à vouloir que tous les corps de la nature ne soient composés que de trois ou quatre éléments tient à un préjugé qui nous vient originairement des philosophes grecs.

L'admission de quatre éléments, qui, par la variété de leurs proportions, composent tous les corps que nous connaissons, est une pure hypothèse, imaginée longtemps avant que l'on eût les premières notions de la Physique expérimentale et de la Chimie. On n'avait point encore de faits et l'on formait des systèmes et aujourd'hui que nous avons rassemblé des faits, il semble que nous nous efforcions de les repousser quand ils ne cadrent pas avec nos préjugés. Tant il est vrai que le poids de l'autorité de ces pères de la philosophie humaine se fait encore sentir et qu'elle pèsera encore sur les générations à venir » (p. xxx).

C'est ainsi que Lavoisier est arrivé à introduire dans la Science la distinction entre les corps simples et les corps composés, distinction sur laquelle repose toute la Chimie moderne. Sa définition expérimentale du corps simple mérite d'être rappelée :

« Je me contenterai donc de dire que si par le nom d'éléments nous entendons désigner les molécules simples et indivisibles qui composent les corps, il est probable que nous ne les connaissons pas, que si, au contraire, nous attachons au nom d'éléments ou de principes des corps l'idée du dernier terme auquel parvient l'analyse, toutes les substances que nous n'avons encore pu décomposer par aucun moyen, sont pour nous des éléments, non pas que nous puissions assurer que ces corps que nous regardons comme simples, ne soient pas eux-mêmes composés de deux ou même d'un plus grand nombre de principes, mais puisque ces principes ne se séparent jamais, ou plutôt puisque nous n'avons aucun moyen de les séparer, ils agissent à notre égard à la manière des corps simples et nous ne devons les supposer composés qu'au moment où l'expérience et l'observation nous en auront fourni la preuve » (p. xxxi).

La notion générale sur laquelle Lavoisier insiste peut-être le plus dans le discours préliminaire de son Traité de Chimie *est l'importance de la nomenclature. Dès les premières lignes, il déclare qu'en entre-*

prenant cet ouvrage, son seul but a été de réformer et de perfectionner la nomenclature de la Chimie. Puis, il rappelle ce principe de Condillac que nous ne pouvons penser qu'avec le secours des mots.

« L'impossibilité, dit-il, d'isoler la nomenclature de la Science et la Science de la nomenclature tient à ce que toute science physique est nécessairement formée de trois choses : la série des faits qui constituent la Science; les idées qui les rappellent; les mots qui les expriment. Le mot doit faire naître l'idée; l'idée doit peindre le fait, ce sont trois empreintes d'un même cachet, et comme ce sont les mots qui conservent les idées et qui les transmettent, il en résulte que l'on ne peut perfectionner le langage sans perfectionner la Science, ni la Science sans le langage et que, quelque certains que fussent les faits, quelque justes que fussent les idées qu'ils auraient fait naître, ils ne transmettraient encore que des idées fausses, si nous n'avions pas des expressions exactes pour les rendre. » (p. XXV).

Comme exemple de l'importance du choix de mots précis, il montre combien l'emploi du mot vague et indéterminé de Phlogistique, *auquel chacun donne un sens différent, a jeté d'obscurité dans la Chimie :*

« Toutes ces réflexions confirment ce que j'ai avancé, ce que j'avais pour objet de prouver, ce que je vais répéter encore, que les chimistes ont fait du phlogistique un principe vague qui n'est point rigoureusement défini et qui en conséquence s'adapte à toutes les explications dans lesquelles on veut le faire entrer : tantôt ce principe est pesant, tantôt il ne l'est pas; tantôt il est le feu libre et tantôt il est le feu combiné avec l'élément terrestre; tantôt il perce à travers les pores des vaisseaux et tantôt ils sont impénétrables pour lui; il explique à la fois la causticité et la non-causticité, la diaphanéité et l'opacité, les couleurs et l'absence de couleurs. C'est un véritable protée qui change de forme à chaque instant. »

Mais de toutes les découvertes de Lavoisier, la plus importante fut certainement celle des trois lois de conservation de la masse, de conservation des éléments dans les réactions chimiques et de la constance de composition des combinaisons chimiques. Il a pu créer ainsi l'analyse chimique, sans laquelle la Chimie n'eût jamais existé. Il a le premier déterminé la composition des matières organiques en les brûlant dans l'oxygène et en pesant l'eau, l'acide carbonique formé. Il en déduit les proportions d'hydrogène et de carbone contenues dans ces matières, en admettant la constance de composition de l'eau et de l'acide carbonique. Puis il détermine la proportion d'oxygène par différence entre le poids de la matière analysée et la somme des poids de carbone et d'hydrogène.

Fait assez singulier, l'importance capitale de cette découverte fut longtemps méconnue. C'est Dumas, le premier, dans ses leçons de philosophie chimique professées au Collège de France en 1836, qui a appelé l'attention sur la nouveauté de la loi de conservation de la masse dans les réactions chimiques :

« Si Lavoisier, dit-il (p. 107, édition des Classiques), n'a pas découvert l'augmentation de poids des métaux pendant leur calcination, il en avait certainement découvert la cause. Et, de plus, il avait découvert, et c'est là le point sur lequel il insiste surtout, que dans toutes les opérations de chimie on devait retrouver ce qu'on y avait mis. C'est là sa découverte fondamentale, celle dont découlent toutes les autres; et s'il arrive à expliquer comment se passent tous les phénomènes de la Chimie, c'est que, la balance à la main, il a étudié tous ces phénomènes, qu'il en a examiné les divers produits, qu'il a pesé tout ce qu'il employait et tout ce qu'il formait, méthode dont la Chimie est fière et qu'elle n'abandonnera jamais. »

Dumas a raison de dire que la loi de conservation de la masse a été découverte par Lavoisier et que c'est là la plus importante de ses découvertes, mais il se trompe quand il avance que c'est le point sur

lequel Lavoisier insistait le plus. En fait, il ne mentionne cette loi que d'une façon incidente et déclare que c'est là une vérité de bon sens. Dans la description de ses expériences sur la combustion de phosphore, il dit :

« J'ai de plus acquis la certitude que le poids de la nouvelle substance produite était égal à la somme du poids du phosphore brûlé et de l'oxygène qu'il avait absorbé, ce qu'il était au surplus facile de prévoir *a priori* » (p. 37).

A propos d'une variante de la même expérience, il revient sur cette affirmation :

« Dans l'appareil que je viens de décrire, il n'est pas possible de vérifier le poids des flocons blancs ou de l'acide concret qui s'est formé; on ne peut le conclure que par voie de calcul et en le supposant égal à la somme du poids du phosphore et de l'oxygène : or, quelque évidente que fut cette conclusion, il n'est jamais permis en Physique et en Chimie de supposer ce que l'on peut déterminer par des expériences directes. J'ai donc cru devoir refaire cette expérience un peu plus en grand et avec un appareil différent » (p. 36).

Pour lui, cette loi de conservation n'était pas une idée nouvelle. On la trouve déjà énoncée par les philosophes de l'antiquité. Du fait de son éducation littéraire et philosophique, Lavoisier était familiarisé avec cette notion et les expériences qu'il rapporte ne devaient servir, dans son esprit, qu'à vérifier une idée courante. Son exactitude n'avait cependant jamais été démontrée auparavant.

On se contentait de vagues affirmations, comme le montre cette citation de Lucrèce empruntée à son poème : « De natura rerum » :

« Rien ne périt; le corps que tu croyais perdu,
« Quoi qu'en disent tes yeux, à la vie est rendu;
« La main de la nature en forme un nouvel être,
« C'est par la mort de l'un qu'un autre pourra naître. »

Pour la loi de conservation des éléments, Lavoisier est encore plus

sobre d'explications. Dans ses études sur la fermentation, il mentionne le fait en passant, sans y insister :

« Rien ne se crée, ni dans les opérations de l'art, ni dans celles de la nature et l'on peut poser en principe que, dans toute opération, il y a une égale quantité de matière avant et après l'opération, que la qualité et la quantité des principes (1) sont les mêmes, qu'il n'y a que des changements, des modifications.

» C'est sur ce principe qu'est fondé tout l'art de faire des expériences en Chimie; on est obligé de supposer dans toutes une véritable égalité ou équation entre les principes du corps que l'on examine et ceux qu'on en retire par l'analyse. Ainsi, puisque du moût de raisin donne du gaz acide carbonique et de l'alcool, je puis dire :

« Moût de raisin = acide carbonique + alcool » (p. 82).

C'est là l'origine de toutes les équations des réactions chimiques que nous employons aujourd'hui, où les symboles des corps représentent en même temps les poids entrant en réaction.

Pour la troisième loi, celle de conservation de la composition des combinaisons chimiques, Lavoisier est encore plus discret; il ne l'énonce nulle part, mais il s'en sert pour l'analyse des matières organiques, où il déduit les proportions de carbone et d'hydrogène du poids d'eau et d'acide carbonique formés dans la combustion.

« Dans un Mémoire sur la combinaison de l'esprit-de-vin et des huiles avec l'oxygène, imprimé dans le *Recueil de l'Académie*, année 1784, p. 593, j'ai donné, dit-il, la preuve que les huiles étaient ainsi composées d'hydrogène et de carbone. On y verra que les huiles fixes, en brûlant dans le gaz oxygène, se convertissent en eau et en acide carbonique et qu'en appliquant le calcul à l'expé-

(1) *Par principes*, Lavoisier entend ce que nous appelons aujourd'hui éléments ou corps simples.

rience, elles sont composées de 21 parties d'hydrogène et de 79 parties de carbone » (p. 70).

De toutes les découvertes de Lavoisier, les plus connues, mais non pas les plus importantes, sont celles de la composition de l'eau et de l'air, de la distinction de l'azote et de l'oxygène, enfin du rôle de l'oxygène dans les phénomènes de combustion. Mais la propriété de ces découvertes lui a été vivement contestée. Depuis un siècle, Rey, Stahl, Scheele, Cavendish, et surtout Priestley, avaient fait des expériences analogues et cependant c'est avec justice que l'opinion publique revendique pour Lavoisier la gloire finale de ces découvertes. Ses prédécesseurs s'étaient contentés d'observations qualitatives, les avaient mêlées d'explications théoriques, rattachées au phlogistique; quelques-unes, comme celles de Rey, étaient complètement oubliées. Les faits observés étaient, dans leurs descriptions, le plus souvent remplacés par des hypothèses explicatives. C'était le désordre et la confusion : aucune idée précise, aucune opinion généralement admise ne s'en étaient dégagées. L'emploi de la balance par Lavoisier fit immédiatement jaillir la clarté; tous les chimistes durent reconnaître l'exactitude de sa nouvelle théorie. Mais il se produisit alors un phénomène très fréquent et que Dumas analyse avec beaucoup de finesse dans ses Leçons de Philosophie chimique (p. 106, édition des Classiques) :

« La beauté des résultats de Lavoisier, la précision inconnue de ses expériences, en fixant sur lui des regards jaloux, lui attirèrent le sort qui menace tous les inventeurs de haut parage. Tant que ses idées demeurèrent obscures, on ne dit rien, mais vers l'époque où sa théorie commença à devenir une puissance, on déterra un ouvrage où cette théorie se trouva présentée dans ce qu'elle avait d'essentiel. C'est là une chose dont nous sommes journellement témoins. Quand on annonce une idée nouvelle, il se trouve certains esprits qui disent aussitôt qu'elle n'est pas vraie; quand on leur a prouvé qu'elle est vraie, ils se contentent en disant

qu'elle n'est pas nouvelle, et ils le prouvent facilement, car il est toujours possible, en consultant les anciens documents, d'y trouver une pensée quelconque, qui se rapproche plus ou moins des opinions qu'on attaque. C'est ce qui est arrivé pour Lavoisier. »

***

Lavoisier (Antoine-Laurent) naquit en 1743; il appartenait à une famille de magistrats d'une haute culture intellectuelle, d'une grande valeur morale et jouissant d'une aisance suffisante pour éloigner tous soucis matériels. Ayant perdu sa mère dès l'âge de 5 ans, il fut élevé par une jeune tante qui renonça à se marier pour se consacrer à l'éducation de son neveu. Choyé par son père et sa tante, qui concentrèrent sur lui leurs affections, il reçut une formation morale et intellectuelle tout à fait exceptionnelle. Brillant élève du collège Mazarin, il réussit également bien dans les études scientifiques et littéraires, avec une préférence marquée cependant pour ces dernières. A la fin de sa Rhétorique, il obtint au concours général le prix d'honneur en discours français. L'année suivante, pendant sa classe de philosophie, il envoya à plusieurs Académies de province des Mémoires sur diverses questions d'ordre moral ou philosophique mises au concours; il obtint ainsi à Dijon une médaille d'or.

S'étant lié à cette époque avec le savant abbé Lacaille, qui avait un petit observatoire au collège Mazarin, il étudia avec lui les Mathématiques, l'Astronomie et la Météorologie. A sa sortie du collège, il songea un moment à s'adonner aux mathématiques; il commença aussi, à cette époque, des observations météorologiques, qu'il continua sans interruption pendant toute sa vie, prenant la température et la pression barométrique jusqu'à trois fois par jour. Plus tard, même, il eut dans différentes régions de la France, des correspondants auxquels il demandait de faire pour lui des observations semblables. Il ne publia jamais rien de ces recherches, qui ne le conduisirent sans doute pas aux conclusions précises espérées.

Au sortir du collège, il possédait une instruction très complète et surtout une ardeur inlassable au travail. Toute sa vie, il fournit 16 *heures de travail par jour, commençant à* 6^h *du matin, pour finir à* 10^h *du soir; on ne parlait pas encore de la journée de* 8 *heures. Il avait de plus une curiosité insatiable, se précipitant avec passion vers toutes les connaissances nouvelles. A personne autant qu'à lui ne peut s'appliquer le vers du poète latin :*

J'estime qu'aucune chose humaine ne m'est étrangère.

Il commença par faire son droit, dans l'intention, sans doute, de prendre la succession de son père comme procureur au Parlement de Paris. Il suivait en même temps au Muséum les cours de Chimie de Rouelle, ceux de Botanique de Bernard de Jussieu et ceux de Minéralogie de Guettard, ne manquant d'ailleurs aucun des exercices pratiques au laboratoire ou sur le terrain. Il se lia particulièrement avec son professeur Guettard, qui devint un commensal habituel de la maison paternelle.

Avant même la fin de son droit, Guettard l'associa à ses études de Géologie et l'emmena pendant trois années consécutives parcourir avec lui les environs de Paris : le Vexin, la Brie, le Gâtinais et le Soissonnais. A l'occasion de ces voyages minéralogiques, Lavoisier publia en 1765, *âgé seulement de* 22 *ans, son premier Mémoire scientifique, qui avait pour objet l'étude des cristaux de gypse. Dès ce travail, il manifesta les qualités maîtresses de son esprit. Disciple de Descartes et de Condillac, il redoute les hypothèses prématurées. Ayant constaté que le plâtre fortement calciné ne peut plus s'unir à l'eau, il ajoute :*

« Je pourrais ici hasarder quelques conjectures, peut-être même parviendrais-je à les rendre plausibles, mais je les regarde comme déplacées dans un Mémoire de Chimie, où l'on ne doit marcher que l'expérience à la main. »

Ce respect de l'expérience, ce culte de la vérité sera le guide de toute sa carrière scientifique, la raison première de toutes ses découvertes.

Dans l'intervalle de ses excursions minéralogiques, il trouva le temps de s'intéresser à un concours proposé par l'Académie des Sciences; une somme de 2000 livres était offerte à l'auteur du meilleur Mémoire sur l'éclairage de la ville de Paris. La somme fut partagée entre trois constructeurs de lanternes, mais Lavoisier obtint pour son Mémoire, en raison des vues nouvelles qu'il contenait, une médaille d'or donnée par le Roi. Cette étude sur l'éclairage de la ville de Paris fut le point de départ des recherches qu'il poursuivit pendant dix ans sur les phénomènes de combustion, recherches qui le conduisirent à la découverte de la composition de l'air, à celle de la nature des réactions d'oxydation, de là enfin à la découverte de la fameuse loi de la conservation de la masse et, par suite, à la démolition définitive de la théorie du phlogistique.

En 1768, âgé seulement de 26 ans, il fut nommé membre de l'Académie des Sciences. En raison de l'étendue de ses connaissances et de son ardeur au travail, il fut bientôt chargé de faire la plupart des rapports sur les questions industrielles soumises alors à l'Académie des Sciences. Il eut ainsi successivement à étudier les aéromètres, la théorie des couleurs, les lanternes d'éclairage, les soufflets à chute d'eau et tout particulièrement les pompes à feu proposées pour élever l'eau de Seine et la mettre à la disposition des Parisiens. Pendant vingt-cinq années ininterrompues il resta ainsi le membre le plus actif de l'Académie des Sciences.

Se rendant bientôt compte que les expériences dont il était chargé, et pour lesquelles il se passionnait tous les jours davantage, finiraient par absorber toutes ses ressources — car il devait entretenir lui-même son laboratoire — il se décida à prendre un métier. Sur le conseil de quelques amis, il s'orienta vers les questions financières et fut nommé adjoint au fermier général Baudon, qui lui céda le tiers de sa charge. Pour remplir ses nouvelles fonctions, il dut voyager

constamment et l'on comprend difficilement comment il trouvait, pendant ses séjours irréguliers à Paris, le temps de poursuivre ses expériences. Il résida successivement à Châlons-sur-Marne, Charleville, Épernay, Soissons, Reims, Lille, Dieppe, Le Havre, etc., et à la même époque il publiait ses recherches sur la précipitation des sels par l'alcool, sur l'analyse de l'eau de mer, sur le nitre, sur l'indigo; il faisait le nivellement de Paris et déterminait la hauteur des églises et des moulins au-dessus de la Seine au Pont Royal.

En 1771 un nouveau changement se produisit dans son existence. Mis en relations par ses fonctions avec l'intendant général Paulze, il fit la connaissance de la jeune fille de son collègue et l'épousa. Elle avait alors 14 ans. Aussi bien douée que son mari, elle fut sa compagne très dévouée et son active collaboratrice. Aussitôt après son mariage, sa première préoccupation fut d'achever ses études pour se rendre digne de son mari. Elle apprit le latin avec son frère Balthazard et continua cette étude jusqu'à 20 ans. Avec David, elle cultiva le dessin et la peinture, se mettant ainsi en état de faire la reproduction de tous les appareils de Lavoisier et de préparer les figures de ses Mémoires. Elle apprit enfin l'anglais pour lui traduire les Mémoires de Chimie paraissant en cette langue; elle publia la traduction d'ouvrages de Kirwan sur la force des acides et sur le phlogistique. Grande admiratrice du génie et du caractère de son mari, elle combattait pour le triomphe de ses idées et cherchait à lui recruter des adhérents; maîtresse de maison accomplie, elle retenait autour de lui par le charme de sa conversation les savants venus pour assister à ses expériences.

Lavoisier avait réglé l'emploi de son temps d'une façon très méthodique. Il consacrait à ses études et à ses expériences personnelles 3 heures chaque matin, de 6h à 9h, et 3 heures le soir, de 7h à 10h. Le reste de la journée était réservée aux affaires, soit à celles de la ferme générale et de la régie des poudres, soit aux séances de l'Académie et des Commissions, soit à la correspondance qu'entraînaient toutes

les questions qui lui étaient soumises. Tenant à la perfection absolue de la forme, il faisait lui-même les minutes de toutes ses lettres et rapports, les corrigeait une première fois, les faisait recopier par un secrétaire et y apportait enfin les dernières corrections. On ne comprend pas comment il pouvait suffire à un semblable travail. Enfin une journée par semaine était consacrée à répéter devant des amis ses expériences les plus intéressantes. Il les recevait à déjeuner, et à 2h on se mettait au travail.

La brillante carrière de Lavoisier fut brusquement interrompue par la guillotine. Victime de la mauvaise réputation des fermiers généraux, de l'ignorance des fous furieux qui gouvernaient alors la France et un peu aussi de la lâcheté de ses collègues qui, par crainte de se compromettre, ne firent pas grand effort pour le sauver, il mourut en 1794, âgé seulement de 51 ans.

Les succès de Lavoisier comportent des enseignements trop oubliés aujourd'hui. Ils montrent en premier lieu l'influence du caractère sur la production scientifique : l'ardeur au travail, la curiosité intellectuelle et les habitudes d'ordre, de méthode sont des facteurs autrement puissants que l'inspiration irréfléchie et l'esprit de fantaisie. Ils montrent, en second lieu, l'importance de la culture générale, de l'éducation littéraire et philosophique sur la formation de l'esprit scientifique. Le contact des grands penseurs est autrement fécond que le simple apprentissage des recettes scientifiques et pratiques. Il montre enfin l'importance du contact incessant avec la nature, de l'étude expérimentale du monde réel pour combattre la tendance de notre esprit à se complaire dans les hypothèses irréelles et les idées imprécises. Lavoisier se proposait avant tout de résoudre les problèmes pratiques que lui posaient journellement ses fonctions de membre de l'Académie des Sciences, de fermier général, de régisseur des poudres, de membre du Comité des Poids et Mesures ou du Comité d'agriculture, et de grand propriétaire terrien. Pas une seule de ses recherches n'a eu comme point de départ une préoccupation théorique; il a créé

cependant, par sa découverte des lois de conservation de la masse et des éléments, une science nouvelle : la Chimie.

OBSERVATIONS. — *Dans cette réimpression du* Traité élémentaire de Chimie *de Lavoisier, on a supprimé un certain nombre de chapitres pour les raisons qui vont être indiquées.*

Le Tome I, qui donne l'exposé complet des idées théoriques de Lavoisier, a été reproduit in extenso, *sans aucune modification.*

Le Tome II a été complètement supprimé, parce qu'il est consacré à l'énumération des combinaisons chimiques connues à l'époque de Lavoisier. Le nombre des combinaisons connues aujourd'hui est devenu si considérable, que la liste restreinte de Lavoisier ne présenterait plus d'intérêt.

Le Tome III a été reproduit en partie seulement. On a supprimé certains chapitres ayant perdu leur intérêt, comme ceux sur la fabrication des luts, sur la porphyrisation, sur la filtration. D'autres chapitres ont été laissés de côté parce qu'ils doivent être reproduits dans d'autres volumes de la même collection, par exemple ceux qui se rapportent à la dissolution ou à l'analyse organique.

On a cependant conservé dans la Table des matières les titres des chapitres supprimés, mais en ne mettant pas en regard les chiffres des pages.

Henry LE CHATELIER.

Le *Traité élémentaire de Chimie* de LAVOISIER a été édité en 1789 chez Cuchet, libraire, rue et hôtel Serpente, en deux volumes in-8°

Il a été réimprimé en 1801 chez Déterville, libraire, rue du Battoir n° 16, quartier de l'Odéon, en deux volumes in-8°.

D'autre part, les *Œuvres complètes* de LAVOISIER ont été réunies et publiées en 1864, aux frais de l'État français, en six volumes in-4°, imprimés à Paris (Imprimerie impériale).

TRAITÉ ÉLÉMENTAIRE

DE CHIMIE

TOME PREMIER

PRÉSENTÉ DANS UN ORDRE NOUVEAU
ET D'APRÈS LES DÉCOUVERTES MODERNES

Avec figures.

Par M. LAVOISIER,
De l'Académie des Sciences, de la Société de Médecine,
Des Sociétés d'Agriculture de Paris et d'Orléans,
De la Société de Londres, de l'Institut de Bologne,
De la Société Helvétique de Bâle,
De celles de Philadelphie, Harlem, Manchester, Padoue, etc.

DISCOURS PRÉLIMINAIRE.

Je n'avais pour objet, lorsque j'ai entrepris cet Ouvrage, que de donner plus de développement au Mémoire que j'ai lu à la séance publique de l'Académie des Sciences du mois d'avril 1787, sur la nécessité de réformer et de perfectionner la Nomenclature de la Chimie.

C'est en m'occupant de ce travail, que j'ai mieux senti que je ne l'avais encore fait jusqu'alors, l'évidence des principes qui ont été posés par l'Abbé de Condillac dans sa *Logique*, et dans quelques autres de ses ouvrages. Il y établit que « nous ne pensons qu'avec le secours des mots; que les langues sont de véritables méthodes analytiques; que l'algèbre la plus simple, la plus exacte et la mieux adaptée à son objet de toutes les manières de s'énoncer, est à la fois une langue et une méthode analytique; enfin que l'art de raisonner se réduit à une langue bien faite ». Et en effet tandis que je croyais ne m'occuper que de Nomenclature, tandis que je n'avais pour objet que de perfectionner le langage de la Chimie, mon Ouvrage s'est transformé insensiblement entre mes mains, sans qu'il m'ait été possible de m'en défendre, en un *Traité élémentaire de Chimie*.

L'impossibilité d'isoler la Nomenclature de la Science, et la Science de la Nomenclature, tient à ce que toute science physique est nécessairement formée de trois choses : la série des faits qui

constituent la science; les idées qui les rappellent; les mots qui les expriment. Le mot doit faire naître l'idée; l'idée doit peindre le fait : ce sont trois empreintes d'un même cachet; et comme ce sont les mots qui conservent les idées et qui les transmettent, il en résulte qu'on ne peut perfectionner le langage sans perfectionner la science, ni la science sans le langage, et que quelque certains que fussent les faits, quelque justes que fussent les idées qu'ils auraient fait naître, ils ne transmettraient encore que des impressions fausses, si nous n'avions pas des expressions exactes pour les rendre.

La première Partie de ce Traité fournira à ceux qui voudront bien le méditer, des preuves fréquentes de ces vérités; mais comme je me suis vu forcé d'y suivre un ordre qui diffère essentiellement de celui qui a été adopté jusqu'à présent dans tous les ouvrages de Chimie, je dois compte des motifs qui m'y ont déterminé.

C'est un principe bien constant, et dont la généralité est bien reconnue dans les mathématiques, comme dans tous les genres de connaissances, que nous ne pouvons procéder pour nous instruire, que du connu à l'inconnu. Dans notre première enfance nos idées viennent de nos besoins; la sensation de nos besoins fait naître l'idée des objets propres à les satisfaire, et insensiblement par une suite de sensations, d'observations et d'analyses, il se forme une génération successive d'idées toutes liées les unes aux autres, dont un observateur attentif peut même jusqu'à un certain point, retrouver le fil et l'enchaînement, et qui constituent l'ensemble de ce que nous savons.

Lorsque nous nous livrons pour la première fois à l'étude d'une science, nous sommes, par rapport à cette science, dans un état très analogue à celui dans lequel sont les enfants, et la marche que nous avons à suivre est précisément celle que suit la nature dans la formation de leurs idées. De même que dans l'enfant l'idée est un effet de la sensation, que c'est la sensation qui fait naître l'idée,

de même aussi pour celui qui commence à se livrer à l'étude des sciences physiques, les idées ne doivent être qu'une conséquence, une suite immédiate d'une expérience ou d'une observation.

Qu'il me soit permis d'ajouter que celui qui entre dans la carrière des sciences, est dans une situation moins avantageuse que l'enfant même qui acquiert ses premières idées; si l'enfant s'est trompé sur les effets salutaires ou nuisibles des objets qui l'environnent, la nature lui donne des moyens multipliés de se rectifier. A chaque instant le jugement qu'il a porté se trouve redressé par l'expérience. La privation ou la douleur viennent à la suite d'un jugement faux; la jouissance et le plaisir à la suite d'un jugement juste. On ne tarde pas avec de tels maîtres à devenir conséquent, et on raisonne bientôt juste quand on ne peut raisonner autrement sous peine de privation ou de souffrance.

Il n'en est pas de même dans l'étude et dans la pratique des Sciences; les faux jugements que nous portons n'intéressent ni notre existence, ni notre bien-être; aucun intérêt physique ne nous oblige de nous rectifier : l'imagination au contraire qui tend à nous porter continuellement au delà du vrai; l'amour-propre et la confiance en nous-mêmes, qu'il sait si bien nous inspirer, nous sollicitent à tirer des conséquences qui ne dérivent pas immédiatement des faits : en sorte que nous sommes en quelque façon intéressés à nous séduire nous-mêmes. Il n'est donc pas étonnant que dans les sciences physiques en général, on ait souvent supposé au lieu de conclure; que les suppositions transmises d'âge en âge soient devenues de plus en plus imposantes par le poids des autorités qu'elles ont acquises, et qu'elles aient enfin été adoptées et regardées comme des vérités fondamentales, même par de très bons esprits.

Le seul moyen de prévenir ces écarts consiste à supprimer ou au moins à simplifier autant qu'il est possible le raisonnement, qui est de nous et qui seul peut nous égarer; à le mettre continuel-

lement à l'épreuve de l'expérience; à ne conserver que les faits qui ne sont que des données de la nature, et qui ne peuvent nous tromper; à ne chercher la vérité que dans l'enchaînement naturel des expériences et des observations, de la même manière que les mathématiciens parviennent à la solution d'un problème par le simple arrangement des données, et en réduisant le raisonnement à des opérations si simples, à des jugements si courts, qu'ils ne perdent jamais de vue l'évidence qui leur sert de guide.

Convaincu de ces vérités, je me suis imposé la loi de ne procéder jamais que du connu à l'inconnu, de ne déduire aucune conséquence qui ne dérive immédiatement des expériences et des observations, et d'enchaîner les faits et les vérités chimiques dans l'ordre le plus propre à en faciliter l'intelligence aux commençants. Il était impossible qu'en m'assujettissant à ce plan, je ne m'écartasse pas des routes ordinaires. C'est en effet un défaut commun à tous les cours et à tous les Traités de Chimie, de supposer dès les premiers pas des connaissances que l'élève ou le lecteur ne doivent acquérir que dans les leçons subséquentes. On commence dans presque tous par traiter des principes des corps; par expliquer la table des affinités, sans s'apercevoir qu'on est obligé de passer en revue dès le premier jour les principaux phénomènes de la Chimie, de se servir d'expressions qui n'ont point été définies, et de supposer la science acquise par ceux auxquels on se propose de l'enseigner. Aussi est-il reconnu qu'on n'apprend que peu de chose dans un premier cours de Chimie; qu'une année suffit à peine pour familiariser l'oreille avec le langage, les yeux avec les appareils, et qu'il est presque impossible de former un chimiste en moins de trois ou quatre ans.

Ces inconvénients tiennent moins à la nature des choses qu'à la forme de l'enseignement, et c'est ce qui m'a déterminé à donner à la Chimie une marche qui me paraît plus conforme à celle de la nature. Je ne me suis pas dissimulé qu'en voulant éviter un genre

de difficultés je me jetais dans un autre, et qu'il me serait impossible de les surmonter toutes; mais je crois que celles qui restent n'appartiennent point à l'ordre que je me suis prescrit; qu'elles sont plutôt une suite de l'état d'imperfection où est encore la Chimie. Cette Science présente des lacunes nombreuses qui interrompent la série des faits, et qui exigent des raccordements embarrassants et difficiles. Elle n'a pas, comme la Géométrie élémentaire, l'avantage d'être une science complète et dont toutes les parties sont étroitement liées entre elles; mais en même temps sa marche actuelle est si rapide, les faits s'arrangent d'une manière si heureuse dans la doctrine moderne, que nous pouvons espérer, même de nos jours, de la voir s'approcher beaucoup du degré de perfection qu'elle est susceptible d'atteindre.

Cette loi rigoureuse, dont je n'ai pas dû m'écarter, de ne rien conclure au delà de ce que les expériences présentent, et de ne jamais suppléer au silence des faits, ne m'a pas permis de comprendre dans cet Ouvrage la partie de la Chimie la plus susceptible, peut-être, de devenir un jour une science exacte : c'est celle qui traite des affinités chimiques ou attractions électives. M. Geoffroy, M. Gellert, M. Bergman, M. Scheele, M. de Morveau, M. Kirvan et beaucoup d'autres ont déjà rassemblé une multitude de faits particuliers, qui n'attendent plus que la place qui doit leur être assignée; mais les données principales manquent, ou du moins celles que nous avons ne sont encore ni assez précises ni assez certaines pour devenir la base fondamentale sur laquelle doit reposer une partie aussi importante de la Chimie. La science des affinités est d'ailleurs à la Chimie ordinaire ce que la Géométrie transcendante est à la Géométrie élémentaire, et je n'ai pas cru devoir compliquer par d'aussi grandes difficultés des éléments simples et faciles qui seront, à ce que j'espère, à la portée d'un très grand nombre de lecteurs.

Peut-être un sentiment d'amour-propre a-t-il, sans que je m'en

rendisse compte à moi-même, donné du poids à ces réflexions. M. de Morveau est au moment de publier l'article *Affinité de l'Encyclopédie méthodique*, et j'avais bien des motifs pour redouter de travailler en concurrence avec lui.

On ne manquera pas d'être surpris de ne point trouver dans un Traité élémentaire de Chimie, un chapitre sur les parties constituantes et élémentaires des corps : mais je ferai remarquer ici que cette tendance que nous avons à vouloir que tous les corps de la nature ne soient composés que de trois ou quatre éléments, tient à un préjugé qui nous vient originairement des philosophes grecs. L'admission de quatre éléments qui par la variété de leurs proportions, composent tous les corps que nous connaissons, est une pure hypothèse imaginée longtemps avant qu'on eût les premières notions de la Physique expérimentale et de la Chimie. On n'avait point encore de faits, et l'on formait des systèmes; et aujourd'hui que nous avons rassemblé des faits, il semble que nous nous efforcions de les repousser, quand ils ne cadrent pas avec nos préjugés; tant il est vrai que le poids de l'autorité de ces pères de la philosophie humaine se fait encore sentir, et qu'elle pèsera sans doute encore sur les générations à venir.

Une chose très remarquable, c'est que tout en enseignant la doctrine des quatre éléments, il n'est aucun chimiste qui par la force des faits n'ait été conduit à en admettre un plus grand nombre. Les premiers chimistes qui ont écrit depuis le renouvellement des Lettres, regardaient le soufre et le sel comme des substances élémentaires qui entraient dans la combinaison d'un grand nombre de corps : ils reconnaissaient donc l'existence de dix éléments, au lieu de quatre. Beccher admettait trois terres, et c'était de leur combinaison et de la différence des proportions que résultait, suivant lui, la différence qui existe entre les substances métalliques. Stahl a modifié ce système : tous les chimistes qui lui ont succédé se sont permis d'y faire des changements, même d'en imaginer

d'autres, mais tous se sont laissé entraîner à l'esprit de leur siècle, qui se contentait d'assertions sans preuves, ou du moins qui regardait souvent comme telles de très légères probabilités.

Tout ce qu'on peut dire sur le nombre et sur la nature des éléments se borne suivant moi à des discussions purement métaphysiques : ce sont des problèmes indéterminés qu'on se propose de résoudre, qui sont susceptibles d'une infinité de solutions, mais dont il est très probable qu'aucune en particulier n'est d'accord avec la nature. Je me contenterai donc de dire que si par le nom d'éléments nous entendons désigner les molécules simples et indivisibles qui composent les corps, il est probable que nous ne les connaissons pas : que si au contraire nous attachons au nom d'éléments ou de principes des corps l'idée du dernier terme auquel parvient l'analyse, toutes les substances que nous n'avons encore pu décomposer par aucun moyen, sont pour nous des éléments; non pas que nous puissions assurer que ces corps, que nous regardons comme simples, ne soient pas eux-mêmes composés de deux ou même d'un plus grand nombre de principes, mais puisque ces principes ne se séparent jamais, ou plutôt puisque nous n'avons aucun moyen de les séparer, ils agissent à notre égard à la manière des corps simples, et nous ne devons les supposer composés qu'au moment où l'expérience et l'observation nous en auront fourni la preuve.

Ces réflexions sur la marche des idées s'appliquent naturellement au choix des mots qui doivent les exprimer. Guidé par le travail que nous avons fait en commun en 1787, M. de Morveau, M. Berthollet, M. de Fourcroy et moi sur la Nomenclature de la Chimie, j'ai désigné autant que je l'ai pu les substances simples par des mots simples, et ce sont elles que j'ai été obligé de nommer les premières. On peut se rappeler que nous nous sommes efforcés de conserver à toutes ces substances les noms qu'elles portent dans la Société : nous ne nous sommes permis de les changer que dans deux cas; le premier à l'égard des substances nouvellement découvertes

et qui n'avaient point encore été nommées, ou du moins pour celles qui ne l'avaient été que depuis peu de temps, et dont les noms encore nouveaux n'avaient point été sanctionnés par une adoption générale : le second lorsque les noms adoptés soit par les anciens, soit par les modernes, nous ont paru entraîner des idées évidemment fausses; lorsqu'ils pouvaient faire confondre la substance qu'ils désignaient avec d'autres, qui sont douées de propriétés différentes ou opposées. Nous n'avons fait alors aucune difficulté de leur en substituer d'autres que nous avons empruntés principalement du Grec : nous avons fait en sorte qu'ils exprimassent la propriété la plus générale, la plus caractéristique de la substance; et nous y avons trouvé l'avantage de soulager la mémoire des commençants qui retiennent difficilement un mot nouveau lorsqu'il est absolument vide de sens, et de les accoutumer de bonne heure à n'admettre aucun mot sans y attacher une idée.

A l'égard des corps qui sont formés de la réunion de plusieurs substances simples, nous les avons désignés par des noms composés comme le sont les substances elles-mêmes; mais comme le nombre des combinaisons binaires est déjà très considérable, nous serions tombés dans le désordre et dans la confusion, si nous ne nous fussions pas attachés à former des classes. Le nom de classes et de genres est dans l'ordre naturel des idées, celui qui rappelle la propriété commune à un grand nombre d'individus : celui d'espèces, au contraire, est celui qui ramène l'idée aux propriétés particulières à quelques individus.

Ces distinctions ne sont pas faites, comme on pourrait le penser, seulement par la métaphysique; elles le sont par la nature. Un enfant, dit l'Abbé de Condillac, appelle du nom d'arbre donné d'abord à un individu, qui devient pour lui un nom de classe ou de genre, une idée abstraite qui comprend tous les arbres en général. Mais lorsque nous lui aurons fait remarquer que tous les arbres ne servent pas aux mêmes usages, que tous ne portent pas les

mêmes fruits, il apprendra bientôt à les distinguer par des noms spécifiques et particuliers. Cette logique est celle de toutes les sciences; elle s'applique naturellement à la Chimie.

Les acides, par exemple, sont composés de deux substances de l'ordre de celles que nous regardons comme simples, l'une qui constitue l'acidité et qui est commune à tous; c'est de cette substance que doit être emprunté le nom de classe ou de genre : l'autre qui est propre à chaque acide, qui les différencie les uns des autres, et c'est de cette substance que doit être emprunté le nom spécifique.

Mais dans la plupart des acides, les deux principes constituants, le principe acidifiant et le principe acidifié, peuvent exister dans des proportions différentes, qui constituent toutes des points d'équilibre ou de saturation; c'est ce qu'on observe dans l'acide sulfurique et dans l'acide sulfureux; nous avons exprimé ces deux états du même acide en faisant varier la terminaison du nom spécifique.

Les substances métalliques, qui ont été exposées à l'action réunie de l'air et du feu, perdent leur éclat métallique, augmentent de poids et prennent une apparence terreuse; elles sont dans cet état composées, comme les acides, d'un principe qui est commun à toutes, et d'un principe particulier propre à chacune : nous avons dû également les classer sous un nom générique dérivé du principe commun, et le nom que nous avons adopté est celui d'oxyde; nous les avons ensuite différenciées les unes des autres par le nom particulier du métal auquel elles appartiennent.

Les substances combustibles qui, dans les acides et dans les oxydes métalliques, sont un principe spécifique et particulier, sont susceptibles de devenir à leur tour un principe commun à un grand nombre de substances. Les combinaisons sulfureuses ont été longtemps les seules connues en ce genre : on sait aujourd'hui, d'après les expériences de MM. Vandermonde, Monge et Berthollet, que le charbon se combine avec le fer, et peut-être avec plusieurs

autres métaux; qu'il en résulte, suivant les proportions, de l'acier, de la plombagine, etc. On sait également, d'après les expériences de M. Pelletier, que le phosphore se combine avec un grand nombre de substances métalliques. Nous avons encore rassemblé ces différentes combinaisons sous des noms génériques dérivés de celui de la substance commune, avec une terminaison qui rappelle cette analogie, et nous les avons spécifiées par un autre nom dérivé de leur substance propre.

La nomenclature des êtres composés de trois substances simples, présentait un peu plus de difficultés en raison de leur nombre, et surtout parce qu'on ne peut exprimer la nature de leurs principes constituants, sans employer des noms plus composés. Nous avons eu à considérer dans les corps qui forment cette classe, tels que les sels neutres, par exemple : 1° le principe acidifiant qui est commun à tous; 2° le principe acidifiable qui constitue leur acide propre; 3° la base saline, terreuse, ou métallique qui détermine l'espèce particulière de sel. Nous avons emprunté le nom de chaque classe de sels de celui du principe acidifiable, commun à tous les individus de la classe; nous avons ensuite distingué chaque espèce par le nom de la base saline, terreuse, ou métallique, qui lui est particulière.

Un sel, quoique composé des trois mêmes principes, peut être cependant dans des états très différents, par la seule différence de leur proportion. La nomenclature que nous avons adoptée aurait été défectueuse si elle n'eût pas exprimé ces différents états, et nous y sommes principalement parvenus par des changements de terminaison que nous avons rendu uniformes pour un même état des différents sels.

Enfin nous sommes arrivés au point que par le mot seul, on reconnaît sur le champ quelle est la substance combustible qui entre dans la combinaison dont il est question; si cette substance combustible est combinée avec le principe acidifiant, et dans quelle

proportion; dans quel état est cet acide; à quelle base il est uni; s'il y a saturation exacte; si c'est l'acide, ou bien la base qui est en excès.

On conçoit qu'il n'a pas été possible de remplir ces différentes vues sans blesser quelquefois des usages reçus, et sans adopter des dénominations qui ont paru dures et barbares dans le premier moment; mais nous avons observé que l'oreille s'accoutumait promptement aux mots nouveaux, surtout lorsqu'ils se trouvaient liés à un système général et raisonné. Les noms, au surplus, qui s'employaient avant nous, tels que ceux de « poudre d'algaroth, de sel alembroth, de pompholix, d'eau phagédénique, de turbith minéral, de colcothar », et beaucoup d'autres, ne sont ni moins durs, ni moins extraordinaires; il faut une grande habitude et beaucoup de mémoire pour se rappeler les substances qu'ils expriment, et surtout pour reconnaître à quel genre de combinaison ils appartiennent. Les noms d'huile de « tartre par défaillance, d'huile de vitriol, de beurre d'arsenic et d'antimoine, de fleurs de zinc », etc., sont plus impropres encore, parce qu'ils font naître des idées fausses; parce qu'il n'existe, à proprement parler, dans le règne minéral, ni beurre, ni huiles, ni fleurs; enfin parce que les substances qu'on désigne sous ces noms trompeurs sont de violents poisons.

On nous a reproché lorsque nous avons publié notre *Essai de Nomenclature chimique*, d'avoir changé la langue que nos maîtres ont parlée, qu'ils ont illustrée et qu'ils nous ont transmise, mais on a oublié que c'étaient Bergman et Macquer qui avaient eux-mêmes sollicité cette réforme. Le savant professeur d'Upsal, M. Bergman, écrivait à M. de Morveau, dans les derniers temps de sa vie : « Ne faites grâce à aucune dénomination impropre : ceux qui savent déjà entendront toujours; ceux qui ne savent pas encore, entendront plus tôt. »

Peut-être serait-on plus fondé à me reprocher de n'avoir donné

dans l'Ouvrage que je présente au public, aucun historique de l'opinion de ceux qui m'ont précédé; de n'avoir présenté que la mienne sans discuter celle des autres. Il en est résulté que je n'ai pas toujours rendu à mes confrères, encore moins aux chimistes étrangers, la justice qu'il était dans mon intention de leur rendre : mais je prie le lecteur de considérer que si l'on accumulait les citations dans un Ouvrage élémentaire, si l'on s'y livrait à de longues discussions sur l'historique de la Science et sur les travaux de ceux qui l'ont professée, on perdrait de vue le véritable objet qu'on s'est proposé, et l'on formerait un Ouvrage d'une lecture tout à fait fastidieuse pour les commençants. Ce n'est ni l'histoire de la Science, ni celle de l'esprit humain qu'on doit faire dans un Traité élémentaire : on ne doit y chercher que la facilité, la clarté; on en doit soigneusement écarter tout ce qui pourrait tendre à détourner l'attention. C'est un chemin qu'il faut continuellement aplanir, dans lequel il ne faut laisser subsister aucun obstacle qui puisse apporter le moindre retard. Les sciences présentent déjà par elles-mêmes assez de difficultés, sans en appeler encore qui leur sont étrangères. Les chimistes s'apercevront facilement d'ailleurs que je n'ai presque fait usage dans la première Partie que des expériences qui me sont propres. Si quelquefois il a pu m'échapper d'adopter, sans les citer, les expériences ou les opinions de M. Berthollet, de M. de Fourcroy, de M. de La Place, de M. Monge, et de ceux en général qui ont adopté les mêmes principes que moi, c'est que l'habitude de vivre ensemble, de nous communiquer nos idées, nos observations, notre manière de voir, a établi entre nous une sorte de communauté d'opinions dans laquelle il nous est souvent difficile à nous-mêmes de distinguer ce qui nous appartient plus particulièrement.

Tout ce que je viens d'exposer sur l'ordre que je me suis efforcé de suivre dans la marche des preuves et des idées, n'est applicable qu'à la première Partie de cet Ouvrage : c'est elle seule qui contient

l'ensemble de la doctrine que j'ai adoptée; c'est à elle seule que j'ai cherché à donner la forme véritablement élémentaire.

La seconde Partie est principalement formée des tableaux de la nomenclature des sels neutres. J'y ai joint seulement des explications très sommaires, dont l'objet est de faire connaître les procédés les plus simples pour obtenir les différentes espèces d'acides connus : cette seconde Partie ne contient rien qui me soit propre; elle ne présente qu'un abrégé très concis de résultats extraits de différents Ouvrages.

Enfin j'ai donné dans la troisième Partie une description détaillée de toutes les opérations relatives à la Chimie moderne. Un Ouvrage de ce genre paraissait désiré depuis longtemps, et je crois qu'il sera de quelque utilité. En général la pratique des expériences, et surtout des expériences modernes, n'est point assez répandue; et peut-être si, dans les différents Mémoires que j'ai donnés à l'Académie, je me fusse étendu davantage sur le détail des manipulations, me serais-je fait plus facilement entendre, et la Science aurait-elle fait des progrès plus rapides. L'ordre des matières dans cette troisième Partie m'a paru à peu près arbitraire, et je me suis seulement attaché à classer dans chacun des huit chapitres qui la composent, les opérations qui ont ensemble le plus d'analogie. On s'apercevra aisément que cette troisième Partie n'a pu être extraite d'aucun Ouvrage, et que dans les articles principaux, je n'ai pu être aidé que de ma propre expérience.

Je terminerai ce Discours préliminaire en transcrivant littéralement quelques passages de M. l'Abbé de Condillac, qui me paraissent peindre avec beaucoup de vérité où était la Chimie dans des temps très rapprochés du nôtre [1]. Ces passages, qui n'ont point été faits exprès, n'en acquerront que plus de force, si l'application en paraît juste.

---

[1] Deuxième Partie, Chapitre I.

« Au lieu d'observer les choses que nous voulions connaître, nous avons voulu les imaginer. De supposition fausse, en supposition fausse, nous nous sommes égarés parmi une multitude d'erreurs; et ces erreurs étant devenues des préjugés, nous les avons prises par cette raison pour des principes : nous nous sommes donc égarés de plus en plus. Alors nous n'avons su raisonner que d'après les mauvaises habitudes que nous avions contractées. L'art d'abuser des mots sans les bien entendre a été pour nous l'art de raisonner.... Quand les choses sont parvenues à ce point, quand les erreurs se sont ainsi accumulées, il n'y a qu'un moyen de remettre l'ordre dans la faculté de penser; c'est d'oublier tout ce que nous avons appris, de reprendre nos idées à leur origine, d'en suivre la génération, et de refaire, comme dit Bacon, l'entendement humain.

» Ce moyen est d'autant plus difficile, qu'on se croit plus instruit. Aussi des ouvrages où les sciences seraient traitées avec une grande netteté, une grande précision, un grand ordre, ne seraient-ils pas à la portée de tout le monde. Ceux qui n'auraient rien étudié les entendraient mieux que ceux qui ont fait de grandes études, et surtout que ceux qui ont écrit beaucoup sur les sciences. »

M. l'Abbé de Condillac ajoute à la fin du Chapitre V : « Mais enfin les sciences ont fait des progrès, parce que les philosophes ont mieux observé, et qu'ils ont mis dans leur langage la précision et l'exactitude qu'ils avaient mises dans leurs observations; ils ont corrigé la langue, et l'on a mieux raisonné. »

LAVOISIER

TRAITÉ ÉLÉMENTAIRE DE CHIMIE

PREMIÈRE PARTIE.

DE LA FORMATION DES FLUIDES AÉRIFORMES ET DE LEUR DÉCOMPOSITION; DE LA COMBUSTION DES CORPS SIMPLES ET DE LA FORMATION DES ACIDES.

CHAPITRE I.

Des combinaisons du calorique et de la formation des fluides élastiques aériformes.

C'est un phénomène constant dans la nature et dont la généralité a été bien établie par Boerhaave, que lorsqu'on échauffe un corps quelconque, solide ou fluide, il augmente de dimension dans tous les sens. Les faits sur lesquels on s'est fondé pour restreindre la généralité de ce principe, ne présentent que des résultats illusoires, ou du moins dans lesquels se compliquent des circonstances étrangères qui en imposent : mais lorsqu'on est parvenu à séparer les effets, et à les rapporter chacun à la cause à laquelle ils appartiennent, on s'aperçoit que l'écartement des molécules par la chaleur est une loi générale et constante de la Nature.

Si après avoir échauffé jusqu'à un certain point un corps solide et en avoir ainsi écarté de plus en plus toutes les molécules, on le laisse refroidir, ces mêmes molécules se rapprochent les unes des autres dans la même proportion, suivant laquelle elles avaient été écartées; le corps repasse par les mêmes degrés d'extension qu'il avait parcourus; et si on le ramène à la même température qu'il avait en commençant l'expérience, il reprend sensiblement le volume qu'il avait d'abord.

Mais comme nous sommes bien éloignés de pouvoir obtenir un degré de froid absolu, comme nous ne connaissons aucun degré de refroidissement que nous ne puissions supposer susceptible d'être augmenté, il en résulte que nous n'avons pas encore pu parvenir à rapprocher le plus qu'il est possible, les molécules d'aucun corps, et que par conséquent les molécules d'aucun corps ne se touchent dans la nature; conclusion très singulière et à laquelle cependant il est impossible de se refuser.

On conçoit que les molécules des corps étant ainsi continuellement sollicitées par la chaleur à s'écarter les unes des autres, elles n'auraient aucune liaison entre elles, et qu'il n'y aurait aucun corps solide, si elles n'étaient retenues par une autre force qui tendit à les réunir, et pour ainsi dire à les enchaîner; et cette force, quelle qu'en soit la cause, a été nommée attraction.

Ainsi les molécules des corps peuvent être considérées comme obéissant à deux forces, l'une répulsive, l'autre attractive, entre lesquelles elles sont en équilibre. Tant que la dernière de ces forces, l'attraction, est victorieuse, le corps demeure dans l'état solide; si au contraire l'attraction est la plus faible, si la chaleur a tellement écarté les unes des autres les molécules du corps qu'elles soient hors de la sphère d'activité de leur attraction, elles perdent l'adhérence qu'elles avaient entre elles et le corps cesse d'être solide.

L'eau nous présente continuellement un exemple de ces phénomènes: au-dessous de zéro du thermomètre français, elle est dans l'état solide, et elle porte le nom de glace; au-dessus de ce même terme, ses molécules cessent d'être retenues par leur attraction réciproque, et elle devient ce qu'on appelle un liquide : enfin, au-dessus de 80°, ses molécules obéissent à la répulsion occasionnée par la chaleur; l'eau prend l'état de vapeur ou de gaz, et elle se transforme en un fluide aériforme.

On peut en dire autant de tous les corps de la nature : ils sont ou solides, ou liquides, ou dans l'état élastique et aériforme, suivant le rapport qui existe entre la force attractive de leurs molécules et la force répulsive de la chaleur, ou, ce qui revient au même, suivant le degré de chaleur auquel ils sont exposés.

Il est difficile de concevoir ces phénomènes sans admettre qu'ils sont l'effet d'une substance réelle et matérielle, d'un fluide très subtil qui s'insinue à travers les molécules de tous les corps et qui

les écarte; et en supposant même que l'existence de ce fluide fût une hypothèse, on verra dans la suite qu'elle explique d'une manière très heureuse les phénomènes de la Nature.

Cette substance, quelle qu'elle soit, étant la cause de la chaleur, ou en d'autres termes, la sensation que nous appelons chaleur, étant l'effet de l'accumulation de cette substance, on ne peut pas, dans un langage rigoureux, la désigner par le nom de chaleur; parce que la même dénomination ne peut pas exprimer la cause et l'effet. C'est ce qui m'avait déterminé, dans le Mémoire que j'ai publié en 1777 (*Recueil de l'Académie*, p. 420), à la désigner sous le nom de fluide igné et de matière de la chaleur. Depuis, dans le travail que nous avons fait en commun M. de Morveau, M. Berthollet, M. de Fourcroy et moi, sur la réforme du langage chimique, nous avons cru devoir bannir ces périphrases qui allongent le discours, qui le rendent plus traînant, moins précis, moins clair et qui souvent même ne comportent pas des idées suffisamment justes. Nous avons en conséquence désigné la cause de la chaleur, le fluide éminemment élastique qui la produit, par le nom de « calorique ». Indépendamment de ce que cette expression remplit notre objet dans le système que nous avons adopté, elle a encore un autre avantage, c'est de pouvoir s'adapter à toutes sortes d'opinions; puisque rigoureusement parlant, nous ne sommes pas même obligés de supposer que le calorique soit une matière réelle : il suffit, comme on le sentira mieux par la lecture de ce qui va suivre, que ce soit une cause répulsive quelconque qui écarte les molécules de la matière, et on peut ainsi en envisager les effets d'une manière abstraite et mathématique.

La lumière est-elle une modification du calorique, ou bien le calorique est-il une modification de la lumière ? C'est sur quoi il est impossible de se prononcer dans l'état actuel de nos connaissances. Ce qu'il y a de certain, c'est que dans un système où l'on s'est fait une loi de n'admettre que des faits, et où l'on évite autant qu'il est possible de rien supposer au delà de ce qu'ils présentent, on doit provisoirement désigner par des noms différents, ce qui produit des effets différents. Nous distinguerons donc la lumière du calorique; mais nous n'en conviendrons pas moins que la lumière et le calorique ont des qualités qui leur sont communes et que dans quelques circonstances ils se combinent à peu près de la même manière, et produisent une partie des mêmes effets.

Ce que je viens de dire suffirait déjà pour bien déterminer l'idée qu'on doit attacher au mot de « calorique ». Mais il me reste une tâche plus difficile à remplir, c'est de donner des idées justes de la manière dont le calorique agit sur les corps. Puisque cette matière subtile pénètre à travers les pores de toutes les substances que nous connaissons, puisqu'il n'existe pas de vase à travers lesquels elle ne s'échappe, et qu'il n'en est par conséquent aucun qui puisse le contenir sans perte, on ne peut en connaître les propriétés que par les effets qui, la plupart, sont fugitifs et difficiles à saisir. C'est sur les choses qu'on ne peut ni voir, ni palper, qu'il est surtout important de se tenir en garde contre les écarts de l'imagination, qui tend toujours à s'élancer au delà du vrai, et qui a bien de la peine à se renfermer dans le cercle étroit que les faits lui circonscrivent.

Nous venons de voir que le même corps devenait solide ou liquide, ou fluide aériforme, suivant la quantité de calorique dont il était pénétré, ou, pour parler d'une manière plus rigoureuse, suivant que la force répulsive du calorique était égale à l'attraction de ses molécules, ou qu'elle était plus forte, ou plus faible qu'elle.

Mais s'il n'existait que ces deux forces, les corps ne seraient liquides qu'à un degré indivisible du thermomètre, et ils passeraient brusquement de l'état de solide à celui de fluide élastique aériforme. Ainsi l'eau, par exemple, à l'instant même où elle cesse d'être glace, commencerait à bouillir; elle se transformerait en un fluide aériforme, et ses molécules s'écarteraient indéfiniment dans l'espace : s'il n'en est pas ainsi, c'est qu'une troisième force, la pression de l'atmosphère, met obstacle à cet écartement, et c'est par cette raison que l'eau demeure dans l'état fluide depuis zéro jusqu'à 80° du thermomètre français : la quantité de calorique qu'elle reçoit dans cet intervalle est insuffisante pour vaincre l'effort occasionné par la pression de l'atmosphère.

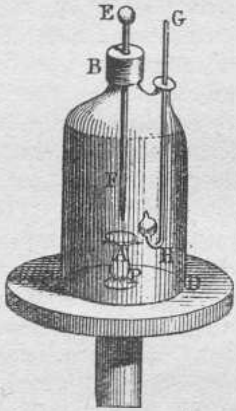
On voit donc que, sans la pression de l'atmosphère, nous n'aurions pas de liquide constant; nous ne verrions les corps dans cet état qu'au moment précis où ils se fondent : la moindre augmentation de chaleur qu'ils recevraient ensuite, en écarterait sur le champ les parties et les disperserait. Il y a plus, sans la pression de l'atmosphère, nous n'aurions pas à proprement parler de fluides aériformes. En effet, au moment où la force de l'attraction serait vaincue, par la force répulsive du calorique, les molécules s'éloigneraient indé-

finiment, sans que rien limitât leur écartement, si ce n'est leur propre pesanteur qui les rassemblerait pour former une atmosphère.

De simples réflexions sur les expériences les plus connues, suffisent pour faire apercevoir la vérité de ce que je viens d'énoncer. Elle se trouve d'ailleurs confirmée d'une manière évidente par l'expérience qui suit, dont j'ai déjà donné le détail à l'Académie en 1777, (*Mémoires*, p. 426).

On remplit d'éther sulfurique [1] un petit vase de verre étroit,

Fig. 1.



A (*fig.* 1), monté sur son pied P. Ce vase ne doit pas avoir plus de 12 à 15 lignes de diamètre et environ 2 pouces de hauteur. On couvre ce vase avec une vessie humectée, qu'on assujettit autour du col du vase par un grand nombre de tours de gros fil bien serrés : pour plus grande sûreté, on remet une seconde vessie par-dessus la première, et on l'assujettit de la même manière. Ce vase doit être tellement rempli d'éther qu'il ne reste aucune portion d'air entre la liqueur

---

[1] Je donnerai ailleurs la définition de la liqueur qu'on nomme éther, et j'en développerai les propriétés. Je me contenterai de dire dans ce moment, qu'on désigne par ce nom une liqueur inflammable très volatile, d'une pesanteur spécifique beaucoup moindre que l'eau, et même que l'esprit-de-vin.

et la vessie; on le place ensuite sous le récipient BCD d'une machine pneumatique dont le haut B doit être garni d'une boëte à cuir, traversée par une tige EF, dont l'extrémité F se termine en une pointe ou lame très aiguë : à ce même récipient doit être adapté un baromètre GH.

Lorsque tout est ainsi disposé, on fait le vide sous le récipient; puis en faisant descendre la tige pointue EF, on crève la vessie. Aussitôt l'éther commence à bouillir avec une étonnante rapidité, il se vaporise et se transforme en un fluide élastique aériforme qui occupe tout le récipient. Si la quantité d'éther est assez considérable pour que, la vaporisation finie, il en reste encore quelques gouttes dans la fiole, le fluide élastique qui s'est produit est susceptible de soutenir le baromètre adapté à la machine pneumatique à 8 ou 10 pouces environ pendant l'hiver, et à 20 et 25 pendant les chaleurs de l'été. On peut, pour rendre cette expérience plus complète, introduire un petit thermomètre dans le vase A qui contient l'éther, et on s'aperçoit qu'il descend considérablement pendant tout le temps que dure la vaporisation.

On ne fait autre chose, dans cette expérience, que de supprimer le poids de l'atmosphère, qui, dans l'état ordinaire, pèse sur la surface de l'éther, et les effets qui en résultent prouvent évidemment deux choses; la première, qu'au degré de température dans lequel nous vivons, l'éther serait constamment dans l'état d'un fluide aériforme, si la pression de l'atmosphère n'y mettait obstacle. La seconde, que ce passage de l'état liquide à l'état aériforme est accompagné d'un refroidissement considérable, par la raison que pendant la vaporisation, une partie du calorique, qui était dans un état de liberté, ou au moins d'équilibre dans les corps environnants, se combine avec l'éther pour le porter à l'état de fluide aériforme.

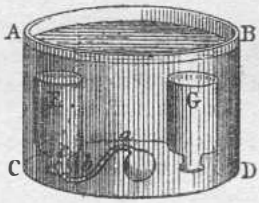
La même expérience réussit avec tous les fluides évaporables, tels que l'esprit-de-vin ou alcool, l'eau et le mercure même; avec cette différence cependant que l'atmosphère d'alcool qui se forme sous le récipient, ne peut soutenir le baromètre adapté à la machine pneumatique, en hiver, qu'à 1 pouce au-dessus de son niveau, et à 4 ou 5 en été; que l'eau ne le soutient qu'à quelques lignes, et le mercure à quelques fractions de ligne. Il y a donc moins de fluide vaporisé lorsqu'on opère avec l'alcool, que lorsqu'on opère avec

l'éther; moins encore avec l'eau, et surtout avec le mercure : par conséquent moins de calorique employé et moins de refroidissement; ce qui cadre parfaitement avec le résultat des expériences.

Un autre genre d'expérience prouve encore d'une manière aussi évidente que l'état aériforme est une modification des corps et qu'elle dépend du degré de température et de pression qu'ils éprouvent.

Nous avons fait voir, M. de la Place et moi, dans un Mémoire que nous avons lu à l'Académie en 1777, mais qui n'a pas été imprimé, que lorsque l'éther était soumis à une pression de 28 pouces de mercure, c'est-à-dire à une pression égale à celle de l'atmosphère, il entrait en ébullition à 32 ou 33° du thermomètre de mercure.

Fig. 2.



M. de Luc, qui a fait des recherches analogues sur l'esprit-de-vin, a reconnu qu'il entrait en ébullition à 67°. Enfin, tout le monde sait que l'eau commence à bouillir à 80°. L'ébullition n'étant autre chose que la vaporisation d'un fluide, ou le moment de son passage de l'état liquide à celui d'un fluide élastique aériforme, il était évident qu'en tenant constamment de l'éther à une température supérieure à 33° et au degré habituel de pression de l'atmosphère, on devait l'obtenir dans l'état d'un fluide aériforme; que la même chose devait arriver à l'esprit-de-vin au-dessus de 67°, et à l'eau au-dessus de 80, c'est ce qui s'est trouvé parfaitement confirmé par les expériences suivantes (1).

J'ai rempli avec de l'eau à 35 ou 36° du thermomètre un grand vase ABCD (*fig.* 2); je le suppose transparent pour mieux faire

(1) *Mém. Acad.*, 1780, p. 335.

sentir ce qui se passe dans son intérieur; on peut encore tenir les mains assez longtemps dans de l'eau à ce degré sans s'incommoder. J'y ai plongé des bouteilles à goulot renversé F, G, qui s'y sont emplies, après quoi je les ai retournées de manière qu'elles eussent leur goulot en bas, et appliqué contre le fond du vase.

Les choses étant ainsi disposées, j'ai introduit de l'éther sulfurique dans un très petit matras, dont le col *abc* était doublement recourbé; j'ai plongé ce matras dans l'eau du vase ABCD, et j'ai engagé, comme on le voit représenté dans la figure 2, l'extrémité de son col *abc*, dans le goulot d'une des bouteilles F : dès que l'éther a commencé à ressentir l'impression de la chaleur, il est entré en ébullition; et le calorique qui s'est combiné avec lui l'a transformé en un fluide élastique aériforme, dont j'ai rempli successivement plusieurs bouteilles F, G.

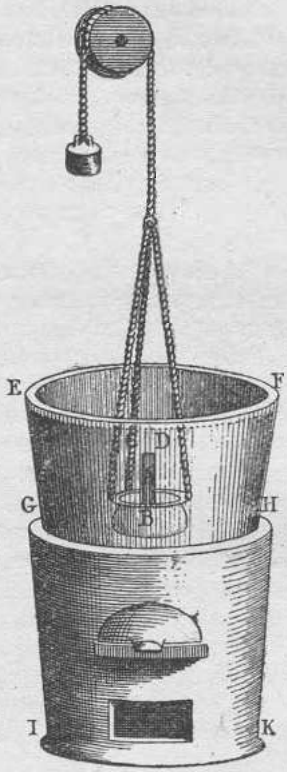
Ce n'est point ici le lieu d'examiner la nature et les propriétés de ce fluide aériforme, qui est très inflammable; mais sans anticiper sur des connaissances que je ne dois pas supposer au lecteur, j'observerai, en me fixant sur l'objet qui nous occupe dans ce moment, que l'éther, d'après cette expérience, est tout prêt de ne pouvoir exister dans la planète que nous habitons que dans l'état aériforme; que si la pesanteur de notre atmosphère n'équivalait qu'à une colonne de 20 ou 24 pouces de mercure au lieu de 28, nous ne pourrions obtenir l'éther dans l'état liquide, au moins pendant l'été; que la formation de l'éther serait par conséquent impossible sur les montagnes un peu élevées et qu'il se convertirait en gaz à mesure qu'il serait formé, à moins qu'on employât des ballons très forts pour le condenser et qu'on ne joignît le refroidissement à la pression. Enfin, que le degré de la chaleur du sang étant à peu près celui où l'éther passe de l'état liquide à l'état aériforme, il doit se vaporiser dans les premières voies, et qu'il est très vraisemblable que les propriétés de ce médicament tiennent à cet effet, pour ainsi dire, mécanique.

Ces expériences réussissent encore mieux avec l'éther nitreux, parce qu'il se vaporise à un degré de chaleur moindre que l'éther sulfurique. A l'égard de l'alcool ou esprit-de-vin, l'expérience pour l'obtenir dans l'état aériforme, présente un peu de difficulté, parce que ce fluide n'étant susceptible de se vaporiser qu'à 67° du thermomètre de Réaumur, il faut que l'eau du bain soit entretenue presque

bouillante, et qu'à ce degré il n'est plus possible d'y plonger les mains.

Il était évident que la même chose devait arriver à l'eau; que

Fig. 3.



ce fluide devait également se transformer en gaz en l'exposant à un degré de chaleur supérieur à celui qui le fait bouillir; mais quoique convaincus de cette vérité, nous avons cru cependant, M. de la Place et moi, devoir la confirmer par une expérience directe, et en voici le résultat. Nous avons rempli de mercure une jarre de verre A (*fig.* 3)

dont l'ouverture était retournée en bas, et nous avons passé dessous une soucoupe B, également remplie de mercure. Nous avons introduit dans cette jarre environ deux gros d'eau, qui ont gagné le haut CD de la jarre, et qui se sont rangés au-dessus de la surface du mercure; puis nous avons plongé le tout dans une grande chaudière de fer EFGH, placée sur un fourneau GHIK; cette chaudière était remplie d'eau salée en ébullition, dont la température excédait 85° du thermomètre; on sait, en effet, que l'eau chargée de sels est susceptible de prendre un degré de chaleur supérieur de plusieurs degrés à celui de l'eau bouillante. Dès que les deux gros d'eau, placés dans la partie supérieure CD de la jarre ou tube, ont eu atteint la température de 80° ou environ, ils sont entrés en ébullition, et au lieu d'occuper, comme ils le faisaient, le petit espace ACD, ils se sont convertis en un fluide aériforme, qui l'a remplie tout entière; le mercure est même descendu un peu au-dessous de son niveau, et la jarre aurait été renversée si elle n'avait été très épaisse, par conséquent fort pesante, et si elle n'avait d'ailleurs été assujettie à la soucoupe par du fil de fer. Sitôt qu'on retirait la jarre du bain d'eau salée, l'eau se condensait et le mercure remontait; mais elle reprenait l'état aériforme, quelques instants après que l'appareil avait été replongé.

Voilà donc un certain nombre de substances qui se transforment en fluides aériformes à des degrés de chaleur très voisins de ceux dans lesquels nous vivons. Nous verrons bientôt qu'il en est d'autres, tels que l'acide marin ou muriatique, l'alcali volatil ou ammoniaque, l'acide carbonique ou air fixe, l'acide sulfureux, etc., qui demeurent constamment dans l'état aériforme, au degré habituel de chaleur et de pression de l'atmosphère.

Tous ces faits particuliers, dont il me serait facile de multiplier les exemples, m'autorisent à faire un principe général de ce que j'ai déjà annoncé plus haut, que presque tous les corps de la Nature sont susceptibles d'exister dans trois états différents, dans l'état de solidité, dans l'état de liquidité, et dans l'état aériforme, et que ces trois états d'un même corps dépendent de la quantité de calorique qui lui est combinée. Je désignerai dorénavant ces fluides aériformes sous le nom générique de gaz; et je dirai en conséquence que, dans toute espèce de gaz, on doit distinguer le calorique, qui fait en quelque façon l'office de dissolvant, et la substance qui est combinée avec lui et qui forme sa base.

C'est à ces bases des différents gaz qui sont encore peu connues, que nous avons été obligés de donner des noms. Je les indiquerai dans le Chapitre IV de cet Ouvrage, après que j'aurai rendu compte de quelques phénomènes qui accompagnent l'échauffement et le refroidissement des corps, et que j'aurai donné des idées plus précises sur la constitution de notre atmosphère.

Nous avons vu que les molécules de tous les corps de la Nature étaient dans un état d'équilibre entre l'attraction, qui tend à les rapprocher et à les réunir, et les efforts du calorique qui tend à les écarter. Ainsi, non seulement le calorique environne de toutes parts les corps mais encore il remplit les intervalles que leurs molécules laissent entre elles. On se formera une idée de ces dispositions, si l'on se figure un vase rempli de petites balles de plomb et dans lequel on verse une substance en poudre très fine, telle que du sablon : on conçoit que cette substance se répandra uniformément dans les intervalles que les balles laissent entre elles et les remplira. Les balles, dans cet exemple, sont au sablon ce que les molécules des corps sont au calorique; avec cette différence que, dans l'exemple cité, les balles se touchent, au lieu que les molécules ne se touchent pas, et qu'elles sont toujours maintenues à une petite distance les unes des autres par l'effort du calorique.

Si à des balles dont la figure est ronde, on substituait des hexaèdres, des octaèdres, ou des corps d'une figure régulière quelconque et d'une égale solidité, la capacité des vides qu'ils laisseraient entre eux ne serait plus la même et l'on ne pourrait plus y loger une aussi grande quantité de sablon. La même chose arrive à l'égard de tous les corps de la Nature; les intervalles que leurs molécules laissent entre elles ne sont pas tous d'une égale capacité : cette capacité dépend de la figure de ces molécules, de leur grosseur, et de la distance les unes des autres à laquelle elles sont maintenues, suivant le rapport qui existe entre leur force d'attraction, et la force répulsive qu'exerce le calorique.

C'est dans ce sens qu'on doit entendre cette expression : « capacité des corps pour contenir la matière de la chaleur »; expression fort juste, introduite par les Physiciens anglais, qui ont eu les premiers des notions exactes à cet égard. Un exemple de ce qui se passe dans l'eau et quelques réflexions sur la manière dont ce fluide mouille et pénètre les corps, rendra ceci plus intelligible : on ne saurait

trop s'aider dans les choses abstraites de comparaisons sensibles.

Si l'on plonge dans l'eau des morceaux de différents bois, égaux en volume, d'un pied cube, par exemple, ce fluide s'introduira peu à peu dans leurs pores; ils se gonfleront et augmenteront de poids, mais chaque espèce de bois admettra dans ses pores une quantité d'eau différente; les plus légers et les plus poreux en logeront davantage; ceux qui seront compacts et serrés n'en laisseront pénétrer qu'une très petite quantité; enfin, la proportion d'eau qu'ils recevront dépendra encore de la nature des molécules constituantes du bois, de l'affinité plus ou moins grande qu'elles auront avec l'eau, et les bois très résineux, par exemple, quoique très poreux, en admettront très peu. On pourra donc dire que les différentes espèces de bois ont une capacité différente pour recevoir de l'eau; on pourra même connaître, par l'augmentation de poids, la quantité qu'ils en auront absorbée; mais comme on ignorera la quantité d'eau qu'ils contenaient avant leur immersion, il ne sera pas possible de connaître la quantité absolue qu'ils en contiendront en en sortant.

Les mêmes circonstances ont lieu à l'égard des corps qui sont plongés dans le calorique, en observant cependant que l'eau est un fluide incompressible, tandis que le calorique est doué d'une grande élasticité, ce qui signifie en d'autres termes que les molécules du calorique ont une grande tendance à s'écarter les unes des autres, quand une force quelconque les a obligées de se rapprocher, et l'on conçoit que cette circonstance doit apporter des changements très notables dans les résultats.

Les choses amenées à ce point de clarté et de simplicité, il me sera aisé de faire entendre quelles sont les idées qu'on doit attacher à ces expressions : « calorique libre », et « calorique combiné », « quantité spécifique de calorique » contenue dans les différents corps, « capacité pour contenir le calorique », « chaleur latente », « chaleur sensible », toutes expressions qui ne sont point synonymes, mais qui, d'après ce que je viens d'exposer, ont un sens strict et déterminé. C'est ce sens que je vais chercher encore à fixer par quelques définitions.

Le « calorique libre » est celui qui n'est engagé dans aucune combinaison. Comme nous vivons au milieu d'un système de corps avec

lesquels le calorique a de l'adhérence, il en résulte que nous n'obtenons jamais ce principe dans l'état de liberté absolue.

Le « calorique combiné » est celui qui est enchaîné dans les corps par la force d'affinité ou d'attraction, et qui constitue une partie de leur substance, même de leur solidité.

On entend par cette expression « calorique spécifique » des corps, la quantité de calorique respectivement nécessaire pour élever d'un même nombre de degrés la température de plusieurs corps égaux en poids. Cette quantité de calorique dépend de la distance des molécules des corps, de leur adhérence plus ou moins grande; et c'est cette distance, ou plutôt l'espace qui en résulte, qu'on a nommé, comme je l'ai déjà observé, « capacité pour contenir le calorique ».

La « chaleur », considérée comme sensation, ou en d'autres termes, la « chaleur sensible », n'est que l'effet produit sur nos organes par le passage du calorique qui se dégage des corps environnants. En général nous n'éprouvons de sensation que par un mouvement quelconque, et l'on pourrait poser comme un axiome, « point de mouvement, point de sensation ». Ce principe général s'applique naturellement au sentiment du froid et du chaud : lorsque nous touchons un corps froid, le calorique qui tend à se mettre en équilibre dans tous les corps passe de notre main dans le corps que nous touchons et nous éprouvons la sensation du froid. L'effet contraire arrive lorsque nous touchons un corps chaud; le calorique passe du corps à notre main, et nous avons la sensation de la chaleur. Si le corps et la main sont du même degré de température, ou à peu près, nous n'éprouvons aucune sensation, ni de froid, ni de chaud, parce qu'alors il n'y a point de mouvement, point de transport de calorique, et qu'encore une fois il n'y a pas de sensation sans un mouvement qui l'occasionne.

Lorsque le thermomètre monte, c'est une preuve qu'il y a du calorique libre qui se répand dans les corps environnants : le thermomètre, qui est au nombre de ces corps, en reçoit sa part, en raison de sa masse, et de la capacité qu'il a lui-même pour contenir le calorique. Le changement qui arrive dans le thermomètre n'annonce donc qu'un déplacement de calorique, qu'un changement arrivé à un système de corps dont il fait partie; il n'indique tout au plus que la portion de calorique qu'il a reçue, mais il ne mesure pas la quantité

totale qui a été dégagée, déplacée ou absorbée. Le moyen le plus simple et le plus exact pour remplir ce dernier objet est celui imaginé par M. de la Place, et qui est décrit dans les *Mémoires de l'Académie*, année 1780, p. 364. On en trouve aussi une explication sommaire à la fin de cet Ouvrage. Il consiste à placer le corps, ou la combinaison d'où se dégage le calorique, au milieu d'une sphère creuse de glace : la quantité de glace fondue est une expression exacte de la quantité de calorique qui s'est dégagée. On peut, à l'aide de l'appareil que nous avons fait construire d'après cette idée, connaître, non pas comme on l'a prétendu, la capacité qu'ont les corps pour contenir le calorique, mais le rapport des augmentations ou diminutions que reçoivent ces capacités, par des nombres déterminés de degrés du thermomètre. Il est facile, avec le même appareil, et par diverses combinaisons d'expériences, de connaître la quantité de calorique nécessaire pour convertir les corps solides en liquides et ceux-ci en fluides aériformes, et réciproquement, ce que les fluides élastiques abandonnent de calorique quand ils redeviennent liquides, et ceux-ci quand ils redeviennent solides. On pourra donc parvenir un jour, lorsque les expériences auront été assez multipliées, à déterminer le rapport de calorique qui constitue chaque espèce de gaz. Je rendrai compte, dans un chapitre particulier, des principaux résultats que nous avons obtenus en ce genre.

Il me reste, en finissant cet article, à dire un mot sur la cause de l'élasticité des gaz et des fluides en vapeurs. Il n'est pas difficile d'apercevoir que cette élasticité tient à celle du calorique, qui paraît être le corps éminemment élastique de la nature. Rien de plus simple que de concevoir qu'un corps devient élastique en se combinant avec un autre qui est lui-même doué de cette propriété. Mais il faut convenir que c'est expliquer l'élasticité par l'élasticité; qu'on ne fait par là que reculer la difficulté, et qu'il reste toujours à expliquer ce que c'est que l'élasticité, et pourquoi le calorique est élastique. En considérant l'élasticité dans un sens abstrait, elle n'est autre chose que la propriété qu'ont les molécules d'un corps de s'éloigner les unes des autres, lorsqu'on les a forcées de s'approcher. Cette tendance qu'ont les molécules du calorique à s'écarter, a lieu même à de fort grandes distances. On en sera convaincu si l'on considère que l'air est susceptible d'un grand degré de compression; ce qui suppose que ses molécules sont déjà très éloignées les unes des autres :

car la possibilité de se rapprocher suppose une distance au moins égale à la quantité du rapprochement. Or, ces molécules de l'air qui sont déjà très éloignées entre elles tendent encore à s'éloigner davantage : en effet, si on fait le vide de Boyle dans un très vaste récipient, les dernières portions d'air qui y restent se répandent uniformément dans toute la capacité du vase, quelque grand qu'il soit, elles le remplissent en entier et pressent contre ses parois : or cet effet ne peut s'expliquer qu'en supposant que les molécules font un effort en tout sens pour s'écarter, et l'on ne connaît point la distance à laquelle ce phénomène s'arrête.

Il y a donc une véritable répulsion entre les molécules des fluides élastiques; ou du moins les choses se passent de la même manière que si cette répulsion avait lieu, et on aurait quelque droit d'en conclure que les molécules du calorique se repoussent les unes les autres. Cette force de répulsion une fois admise, les explications relatives à la formation des fluides aériformes ou gaz deviendraient fort simples : mais il faut convenir en même temps qu'une force répulsive, entre des molécules très petites, qui agit à de grandes distances, est difficile à concevoir.

Il paraîtrait peut-être plus naturel de supposer que les molécules du calorique s'attirent plus entre elles que le font les molécules des corps, et qu'elles ne les écartent que pour obéir à la force d'attraction qui les oblige de se réunir. Il se passe quelque chose d'analogue à ce phénomène, quand on plonge une éponge sèche dans de l'eau : elle se gonfle; ses molécules s'écartent les unes des autres, et l'eau remplit tous les intervalles. Il est clair que cette éponge en se gonflant a acquis plus de capacité pour contenir de l'eau qu'elle n'en avait auparavant. Mais peut-on dire que l'introduction de l'eau entre ses molécules leur ait communiqué une force répulsive qui tende à les écarter les unes des autres ? Non, sans doute : il n'y a au contraire que des forces attractives qui agissent dans ce cas, et ces forces sont : 1° la pesanteur de l'eau et l'action qu'elle exerce en tout sens, comme tous les fluides; 2° la force attractive des molécules de l'eau les unes à l'égard des autres; 3° la force attractive des molécules de l'éponge entre elles; enfin, l'attraction réciproque des molécules de l'eau et de celles de l'éponge. Il est aisé de concevoir que c'est de l'intensité et du rapport de toutes ces forces, que dépend l'explication du phénomène. Il est probable que l'écartement des molécules

des corps par le calorique tient de même à une combinaison de différentes forces attractives, et c'est le résultat de ces forces que nous cherchons à exprimer d'une manière plus concise et plus conforme à l'état d'imperfection de nos connaissances, lorsque nous disons que le calorique communique une force répulsive aux molécules des corps.

CHAPITRE II.

Vues générales sur la formation et la constitution de l'atmosphère de la terre.

Les considérations que je viens de présenter sur la formation des fluides élastiques aériformes ou gaz, jettent un grand jour sur la manière dont se sont formées, dans l'origine des choses, les atmosphères des planètes, et notamment celle de la terre. On conçoit que cette dernière doit être le résultat et le mélange : 1° de toutes les substances susceptibles de se vaporiser ou plutôt de rester dans l'état aériforme au degré de température dans lequel nous vivons, et à une pression égale au poids d'une colonne de mercure de 27 pouces de hauteur; 2° de toutes les substances fluides ou concrètes susceptibles de se dissoudre dans cet assemblage de différents gaz.

Pour mieux fixer nos idées relativement à cette matière sur laquelle on n'a point encore assez réfléchi, considérons un moment ce qui arriverait aux différentes substances qui composent le globe, si la température en était brusquement changée. Supposons, par exemple, que la terre se trouvât transportée tout à coup dans une région beaucoup plus chaude du système solaire; dans la région de Mercure, par exemple, où la chaleur est probablement fort supérieure à celle de l'eau bouillante : bientôt l'eau, tous les fluides susceptibles de se vaporiser à des degrés voisins de l'eau bouillante, et le mercure lui-même, entreraient en expansion; ils se transformeraient en fluides aériformes ou gaz, qui deviendraient parties de l'atmosphère. Ces nouvelles espèces d'air se mêleraient avec celles déjà existantes, et il en résulterait des décompositions réciproques, des combinaisons nouvelles, jusqu'à ce que les différentes affinités se trouvant satisfaites, les principes qui composeraient ces différents airs ou gaz, arrivassent à un état de repos. Mais une considération qui ne doit pas échapper, c'est que cette vaporisation même aurait des bornes : en effet, à mesure que la quantité des fluides élastiques augmenterait, la pesanteur de l'atmosphère s'accroîtrait en proportion, or, puisqu'une pression quelconque est un obstacle à la vaporisation, puisque les fluides les plus évaporables peuvent

résister, sans se vaporiser, à une chaleur très forte, quand on y oppose une pression proportionnellement plus forte encore; enfin, puisque l'eau elle-même et tous les liquides peuvent éprouver dans la machine de Papin, une chaleur capable de les faire rougir, on conçoit que la nouvelle atmosphère arriverait à un degré de pesanteur tel, que l'eau qui n'aurait pas été vaporisée jusqu'alors, cesserait de bouillir, et resterait dans l'état de liquidité; en sorte que même dans cette supposition, comme dans toute autre de même genre, la pesanteur de l'atmosphère serait limitée et ne pourrait pas excéder un certain terme. On pourrait porter ces réflexions beaucoup plus loin, et examiner ce qui arriverait aux pierres, aux sels, et à la plus grande partie des substances fusibles qui composent le globe, on conçoit qu'elles se ramolliraient, qu'elles entreraient en fusion et formeraient des fluides; mais ces dernières considérations sortent de mon objet, et je me hâte d'y rentrer.

Par un effet contraire, si la terre se trouvait tout à coup placée dans des régions très froides, l'eau qui forme aujourd'hui nos fleuves et nos mers, et probablement le plus grand nombre des fluides que nous connaissons, se transformerait en montagnes solides, en rochers très durs, d'abord diaphanes, homogènes et blancs comme le cristal de roche; mais qui, avec le temps, se mêlant avec les substances de différente nature, deviendraient des pierres opaques diversement colorées.

L'air dans cette supposition, ou au moins une partie des substances aériformes qui le composent, cesseraient sans doute d'exister dans l'état de vapeurs élastiques, faute d'un degré de chaleur suffisant; elles reviendraient donc à l'état de liquidité; et il en résulterait de nouveaux liquides dont nous n'avons aucune idée.

Ces deux suppositions extrêmes font voir clairement : 1° que « solidité », « liquidité », « élasticité », sont trois états différents de la même matière, trois modifications particulières, par lesquelles presque toutes les substances peuvent successivement passer, et qui dépendent uniquement du degré de chaleur auquel elles sont exposées, c'est-à-dire, de la quantité de calorique dont elles sont pénétrées; 2° qu'il est très probable que l'air est un fluide naturellement en vapeurs, ou pour mieux dire, que notre atmosphère est un composé de tous les fluides susceptibles d'exister dans un état de vapeurs et d'élasticité constante, au degré habituel de chaleur

et de pression que nous éprouvons; 3° qu'il ne serait pas par conséquent impossible qu'il se rencontrât dans notre atmosphère des substances extrêmement compactes, des métaux même et qu'une substance métallique, par exemple, qui serait un peu plus volatile que le mercure, serait dans ce cas.

On sait que parmi les fluides que nous connaissons, les uns, comme l'eau et l'alcool ou esprit-de-vin, sont susceptibles de se mêler les uns avec les autres dans toutes proportions : les autres, au contraire, comme le mercure, l'eau et l'huile, ne peuvent contracter que des adhérences momentanées, ils se séparent les uns des autres lorsqu'ils ont été mélangés et se rangent en raison de leur gravité spécifique. La même chose doit, ou au moins peut arriver dans l'atmosphère : il est possible, il est même probable qu'il s'est formé dans l'origine et qu'il se forme tous les jours des gaz qui ne sont que difficilement miscibles à l'air de l'atmosphère et qui s'en séparent; si ces gaz sont plus légers, ils doivent se rassembler dans les régions élevées et y former des couches qui nagent sur l'air atmosphérique. Les phénomènes qui accompagnent les météores ignés me portent à croire qu'il existe ainsi dans le haut de l'atmosphère une couche d'un fluide inflammable et que c'est au point de contact de ces deux couches d'air que s'opèrent les phénomènes de l'aurore boréale et des autres météores ignés. Je me propose de développer mes idées à cet égard dans un Mémoire particulier.

CHAPITRE III.

Analyse de l'air de l'atmosphère; sa résolution en deux fluides élastiques, l'un respirable, l'autre non respirable.

Telle est donc *a priori* la constitution de notre atmosphère; elle doit être formée de la réunion de toutes les substances susceptibles de demeurer dans l'état aériforme au degré habituel de température et de pression que nous éprouvons. Ces fluides forment une masse de nature à peu près homogène, depuis la surface de la terre jusqu'à la plus grande hauteur à laquelle on soit encore parvenu et dont la densité décroît en raison inverse des poids dont elle est chargée; mais comme je l'ai dit, il est possible que cette première couche soit recouverte d'une ou de plusieurs autres de fluides très différents.

Il nous reste maintenant à déterminer quel est le nombre et quelle est la nature des fluides élastiques qui composent cette couche inférieure que nous habitons; et c'est sur quoi l'expérience va nous éclairer. La Chimie moderne a fait à cet égard un grand pas; et les détails dans lesquels je vais entrer feront connaître que l'air de l'atmosphère est peut-être de toutes les substances de cet ordre, celle dont l'analyse est la plus exactement et la plus rigoureusement faite.

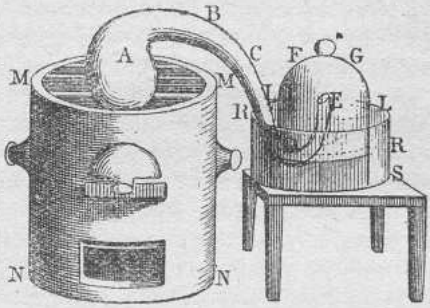
La Chimie présente en général deux moyens pour déterminer la nature des parties constituantes d'un corps, la composition et la décomposition. Lors, par exemple, que l'on a combiné ensemble de l'eau et de l'esprit-de-vin ou alcool et que par le résultat de ce mélange on a formé l'espèce de liqueur qui porte le nom d'eau-de-vie dans le commerce, on a droit d'en conclure que l'eau-de-vie est un composé d'alcool et d'eau, mais on peut arriver à la même conclusion par voie de décomposition et, en général, on ne doit être pleinement satisfait en Chimie qu'autant qu'on a pu réunir ces deux genres de preuves.

On a cet avantage dans l'analyse de l'air de l'atmosphère; on peut le décomposer et le recomposer; et je me bornerai à rapporter ici les expériences les plus concluantes qui aient été faites à cet égard.

Il n'en est presque aucune qui ne me soit devenue propre, soit parce que je les ai faites le premier, soit parce que je les ai répétées sous un point de vue nouveau, sous celui d'analyser l'air de l'atmosphère.

J'ai pris un matras de 36 pouces cubiques environ de capacité dont le col était très long et avait 6 à 7 lignes de grosseur intérieurement. Je l'ai courbé, comme on le voit représenté figure 4, de manière qu'il pût être placé dans un fourneau MMNN, tandis que l'extrémité E de son col irait s'engager sous la cloche FG, placée dans un bain

Fig. 4.



de mercure RRSS. J'ai introduit dans ce matras 4 onces de mercure très pur, puis en suçant avec un siphon que j'ai introduit sous la cloche FG, j'ai élevé soigneusement cette hauteur avec une bande de papier collé et j'ai observé exactement le baromètre et le thermomètre.

Les choses ainsi préparées, j'ai allumé du feu dans le fourneau MMNN et je l'ai entretenu presque continuellement pendant douze jours, de manière que le mercure fut échauffé presque au degré nécessaire pour le faire bouillir.

Il ne s'est rien passé de remarquable pendant tout le premier jour : le mercure, quoique non bouillant, était dans un état d'évaporation continuelle; il tapissait l'intérieur des vaisseaux de gouttelettes, d'abord très fines, qui allaient ensuite en augmentant, et qui, lorsqu'elles avaient acquis un certain volume, retombaient d'elles-mêmes au fond du vase et se réunissaient au reste du mercure.

Le second jour, j'ai commencé à voir nager sur la surface du mercure de petites parcelles rouges, qui, pendant quatre ou cinq jours, ont augmenté en nombre et en volume; après quoi elles ont cessé de grossir et sont restées absolument dans le même état. Au bout de douze jours voyant que la calcination du mercure ne faisait plus aucun progrès, j'ai éteint le feu et j'ai laissé refroidir les vaisseaux. Le volume de l'air contenu tant dans le matras que dans son col et sous la partie vide de la cloche, réduit à une pression de 28 pouces et à 10° du thermomètre, était avant l'opération de 50 pouces cubiques environ. Lorsque l'opération a été finie, ce même volume, à pression et à température égales, ne s'est plus trouvé que de 42 à 43 pouces : il y avait eu par conséquent une diminution de volume de 1/6e environ. D'un autre côté, ayant rassemblé soigneusement les parcelles rouges qui s'étaient formées et les ayant séparées autant qu'il était possible du mercure coulant dont elles étaient baignées, leur poids s'est trouvé de 45 grains.

J'ai été obligé de répéter plusieurs fois cette calcination du mercure en vaisseaux clos, parce qu'il est difficile, dans une seule et même expérience, de conserver l'air dans lequel on a opéré et les molécules rouges ou chaux de mercure qui s'est formée. Il m'arrivera souvent de confondre ainsi, dans un même récit, le résultat de deux ou trois expériences de même genre.

L'air qui restait après cette opération et qui avait été réduit aux 5/6e de son volume, par la calcination du mercure, n'était plus propre à la respiration ni à la combustion; car les animaux qu'on y introduisait y périssaient en peu d'instants, et les lumières s'y éteignaient sur le champ, comme si on les eût plongées dans de l'eau.

D'un autre côté, j'ai pris les 45 grains de matière rouge qui s'était formée pendant l'opération; je les ai introduits dans une très petite cornue de verre à laquelle était adapté un appareil propre à recevoir les produits liquides et aériformes qui pourraient se séparer : ayant allumé du feu dans le fourneau, j'ai observé qu'à mesure que la matière rouge était échauffée sa couleur augmentait d'intensité. Lorsque ensuite la cornue a approché de l'incandescence, la matière rouge a commencé à perdre peu à peu de son volume et en quelques minutes elle a entièrement disparu; en même temps il s'est condensé dans le petit récipient 41 grains 1/2 de mercure coulant et il a passé sous la cloche 7 à 8 pouces cubiques d'un fluide élastique beaucoup

plus propre que l'air de l'atmosphère à entretenir la combustion et la respiration des animaux.

Ayant fait passer une portion de cet air dans un tube de verre de 1 pouce de diamètre et y ayant plongé une bougie, elle y répandait un éclat éblouissant; le charbon, au lieu de s'y consommer paisiblement comme dans l'air ordinaire, y brûlait avec flamme et une sorte de décrépitation, à la manière du phosphore et avec une vivacité de lumière que les yeux avaient peine à supporter. Cet air que nous avons découvert presque en même temps, M. Priestley, M. Scheele et moi, a été nommé par le premier, air déphlogistiqué; par le second, air empiréal. Je lui avais d'abord donné le nom « d'air éminemment respirable » : depuis, on y a substitué celui « d'air vital ». Nous verrons bientôt ce qu'on doit penser de ces dénominations.

En réfléchissant sur les circonstances de cette expérience, on voit que le mercure en se calcinant absorbe la partie salubre et respirable de l'air, ou, pour parler d'une manière plus rigoureuse, la base de cette partie respirable; que la portion d'air qui reste est une espèce de mofète, incapable d'entretenir la combustion et la respiration : l'air de l'atmosphère est donc composé de deux fluides élastiques de nature différente et pour ainsi dire opposée.

Une preuve de cette importante vérité, c'est qu'en recombinant les deux fluides élastiques qu'on a ainsi obtenus séparément, c'est-à-dire les 42 pouces cubiques de mofète, ou air non respirable, et les 8 pouces cubiques d'air respirable, on reforme de l'air, en tout semblable à celui de l'atmosphère, et qui est propre à peu près au même degré, à la combustion, à la calcination des métaux et à la respiration des animaux.

Quoique cette expérience fournisse un moyen infiniment simple d'obtenir séparément les deux principaux fluides élastiques qui entrent dans la composition de notre atmosphère, elle ne nous donne pas des idées exactes sur la proportion de ces deux fluides. L'affinité du mercure pour la partie respirable de l'air, ou plutôt pour sa base, n'est pas assez grande pour qu'elle puisse vaincre entièrement les obstacles qui s'opposent à cette combinaison. Ces obstacles sont l'adhérence des deux fluides constitutifs de l'air de l'atmosphère et la force d'affinité qui unit la base de l'air vital au calorique : en conséquence, la calcination du mercure finie, ou au moins portée aussi loin qu'elle peut l'être, dans une quantité d'air déterminée,

il reste encore un peu d'air respirable combiné avec la mofète, et le mercure ne peut en séparer cette dernière portion. Je ferai voir dans la suite que la proportion d'air respirable et d'air non respirable qui entre dans la composition de l'air atmosphérique est dans le rapport de 27 à 73, au moins dans les climats que nous habitons : je discuterai en même temps les causes d'incertitude qui existent encore sur l'exactitude de cette proportion.

Puisqu'il y a décomposition de l'air dans la calcination du mercure, puisqu'il y a fixation et combinaison de la base de la partie respirable avec le mercure, il résulte des principes que j'ai précédemment exposés qu'il doit y avoir dégagement de calorique et de lumière; et l'on ne saurait douter que ce dégagement n'ait lieu en effet; mais deux causes empêchent qu'il ne soit rendu sensible dans l'expérience dont je viens de rendre compte. La première, parce que la calcination durant pendant plusieurs jours, le dégagement de chaleur et de lumière, réparti sur un aussi long intervalle de temps, est infiniment faible pour chaque instant en particulier; la seconde, parce que l'opération se faisant dans un fourneau et à l'aide du feu, la chaleur occasionnée par la calcination se confond avec celle du fourneau. Je pourrais ajouter que la partie respirable de l'air, ou plutôt sa base, en se combinant avec le mercure, n'abandonne pas la totalité du calorique qui lui était uni, qu'une partie demeure engagée dans la nouvelle combinaison, mais cette distinction et les preuves que je serai obligé de rapporter ne seraient pas à leur place ici.

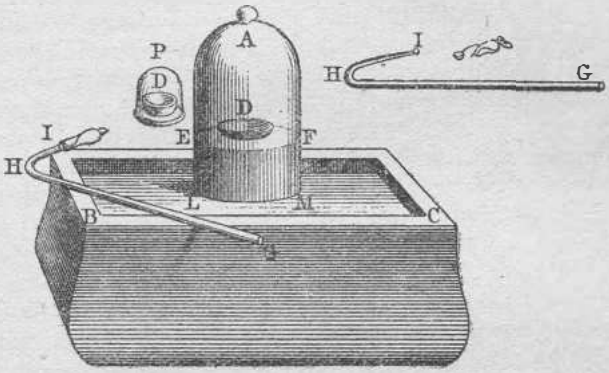
Il est au surplus aisé de rendre sensible le dégagement de la chaleur et de la lumière en opérant d'une manière plus prompte la décomposition de l'air. Le fer, qui a beaucoup plus d'affinité que le mercure avec la base de la partie respirable de l'air, en fournit un moyen. Tout le monde connaît aujourd'hui la belle expérience de M. Ingenhouz sur la combustion du fer. On prend un bout de fil de fer très fin tourné en spirale, on fixe l'une de ses extrémités dans un bouchon de liège, destiné à boucher la bouteille. On attache à l'autre extrémité de ce fil de fer, un petit morceau d'amadou. Les choses ainsi disposées, on emplit, avec de l'air dépouillé de sa partie non respirable, la bouteille. On allume l'amadou, puis on l'introduit promptement, ainsi que le fil de fer dans la bouteille, et on la bouche comme on le voit dans la figure que je viens de citer.

Aussitôt que l'amadou est plongé dans l'air vital, il commence

à brûler avec un éclat éblouissant; il communique l'inflammation au fer qui brûle lui-même en répandant de brillantes étincelles, lesquelles tombent au fond de la bouteille, en globules arrondis qui deviennent noirs en se refroidissant et qui conservent un reste de brillant métallique. Le fer ainsi brûlé est plus cassant et plus fragile que ne le serait le verre lui-même; il se réduit facilement en poudre et est encore attirable à l'aimant, moins cependant qu'il ne l'était avant sa combustion.

M. Ingenhouz n'a examiné ni ce qui arrivait au fer, ni ce qui

Fig. 5.



arrivait à l'air dans cette opération; en sorte que je me suis trouvé obligé de la répéter avec des circonstances différentes et dans un appareil plus propre à répondre à mes vues.

J'ai rempli une cloche A (*fig.* 5), de 6 pintes environ de capacité, d'air pur, autrement dit, de la partie éminemment respirable de l'air. J'ai transporté, à l'aide d'un vase très plat, cette cloche sur un bain de mercure contenu dans le bassin BC; après quoi j'ai séché soigneusement avec du papier gris la surface du mercure, tant dans l'intérieur qu'à l'extérieur de la cloche. Je me suis muni, d'un autre côté, d'une petite capsule de porcelaine D, plate et évasée, dans laquelle j'ai placé de petits copeaux de fer tournés en spirale et que j'ai arrangés de la manière qui m'a paru la plus favorable pour

que la combustion se communiquât à toutes les parties. A l'extrémité d'un de ces copeaux, j'ai attaché un petit morceau d'amadou, et j'y ai ajouté un fragment de phosphore, qui pesait à peine 1/16e de grain. J'ai introduit la capsule sous la cloche en soulevant un peu cette dernière. Je n'ignore pas que par cette manière de procéder, il se mêle une petite portion d'air commun avec l'air de la cloche; mais ce mélange, qui est peu considérable lorsqu'on opère avec adresse, ne nuit point au succès de l'expérience.

Lorsque la capsule D est introduite sous la cloche, on suce une partie de l'air qu'elle contient, afin d'élever le mercure dans son intérieur jusqu'en EF; on se sert à cet effet d'un siphon GHI, qu'on passe par dessous, et pour qu'il ne se remplisse pas de mercure, on tortille un petit morceau de papier à son extrémité. Il y a un art pour élever ainsi en suçant le mercure sous la cloche : si l'on se contentait d'aspirer l'air avec le poumon, on n'atteindrait qu'à une très médiocre élévation, par exemple, de 1 pouce ou 1,5 pouce tout au plus, tandis que par l'action des muscles de la bouche on élève, sans se fatiguer, ou au moins sans risquer de s'incommoder, le mercure jusqu'à 6 à 7 pouces.

Après que tout a été ainsi préparé, on fait rougir au feu un fer recourbé destiné à ces sortes d'expériences; on le passe par dessous la cloche et avant qu'il ait eu le temps de se refroidir, on l'approche du petit morceau de phosphore contenu dans la capsule de porcelaine, aussitôt le phosphore s'allume, il communique son inflammation à l'amadou, et celui-ci la communique au fer. Quand les copeaux ont été bien arrangés, tout le fer brûle jusqu'au dernier atome, en répandant une lumière blanche, brillante, et semblable à celle qu'on observe dans les étoiles d'artifice chinois. La grande chaleur qui s'opère pendant cette combustion liquéfie le fer et il tombe en globules ronds de grosseur différente, dont le plus grand nombre reste dans la capsule et dont quelques-uns sont lancés au dehors et nagent sur la surface du mercure.

Dans le premier instant de la combustion il y a une légère augmentation dans le volume de l'air, en raison de la dilatation occasionnée par la chaleur : mais bientôt une diminution rapide succède à la dilatation; le mercure remonte dans la cloche et, lorsque la quantité de fer est suffisante et que l'air avec lequel on opère est bien pur, on parvient à l'absorber presque en entier.

Je dois avertir ici qu'à moins qu'on ne veuille faire des expériences de recherches, il vaut mieux ne brûler que des quantités médiocres de fer. Quand on veut pousser trop loin l'expérience et absorber presque tout l'air, la capsule D, qui nage sur le mercure, se rapproche trop de la voûte de la cloche et la grande chaleur jointe au refroidissement subit, occasionné par le contact du mercure, fait éclater le verre : le poids de la colonne de mercure qui vient à tomber rapidement, dès qu'il s'est fait une fêlure à la cloche, occasionne un flot qui fait jaillir une grande partie de ce fluide hors du bassin. Pour éviter ces inconvénients et être sûr du succès de l'expérience, on ne doit guère brûler plus de 1,5 gros de fer sous une cloche de 8 pintes de capacité. Cette cloche doit être forte, afin de résister au poids de mercure qu'elle est destinée à contenir.

Il n'est pas possible de déterminer à la fois dans cette expérience, le poids que le fer acquiert et les changements arrivés à l'air. Si c'est l'augmentation de poids du fer et son rapport avec l'absorption de l'air dont on cherche à connaître la quantité, on doit avoir soin de marquer très exactement sur la cloche, avec un trait de diamant, la hauteur du mercure avant et après l'expérience; on passe ensuite sous la cloche le siphon GH, garni d'un papier qui empêche qu'il ne s'emplisse de mercure. On met le pouce sur l'extrémité G, et on rend l'air peu à peu en soulevant le pouce. Lorsque le mercure est descendu à son niveau, on enlève doucement la cloche; on détache de la capsule les globules de fer qui y sont contenus; on rassemble soigneusement ceux qui pourraient s'être éclaboussés et qui nagent sur le mercure et on pèse le tout. Ce fer est dans l'état de ce que les anciens chimistes ont nommé « éthiops martial »; il a une sorte de brillant métallique; il est très cassant, très friable et se réduit en poudre sous le marteau et sous le pilon. Lorsque l'opération a bien réussi, avec 100 grains de fer, on obtient 135 à 136 grains d'éthiops. On peut donc compter sur une augmentation de poids au moins de 35 livres par quintal.

Si l'on a donné à cette expérience toute l'attention qu'elle mérite, l'air se trouve diminué d'une quantité en poids exactement égale à celle dont le fer est augmenté. Si donc on a brûlé 100 grains de fer et que l'augmentation de poids que ce métal a acquise ait été de 35 grains, la diminution du volume de l'air est assez exactement de 70 pouces cubiques à raison de 1/2 grain par pouce cube. On

verra dans la suite de ces Mémoires que le poids de l'air vital est en effet, assez exactement, de 1/2 grain par pouce cube.

Je rappellerai ici une dernière fois que dans toutes les expériences de ce genre, on ne doit point oublier de ramener par le calcul le volume de l'air au commencement et à la fin de l'expérience à celui qu'on aurait eu à 10° du thermomètre et à une pression de 28 pouces, j'entrerai dans quelques détails sur la manière de faire ces corrections, à la fin de cet Ouvrage.

Si c'est sur la qualité de l'air restant dans la cloche qu'on se propose de faire des expériences, on opère d'une manière un peu différente. On commence alors, après que la combustion est faite et que les vaisseaux sont refroidis, par retirer le fer et la capsule qui le contenait en passant la main sous la cloche à travers le mercure : ensuite on introduit sous cette même cloche, de la potasse ou alcali caustique, dissous dans l'eau, du sulfure de potasse, ou telle autre substance qu'on juge à propos, pour examiner l'action qu'elles exercent sur l'air. Je reviendrai dans la suite sur ces moyens d'analyse de l'air quand j'aurai fait connaître la nature de ces différentes substances, dont je ne parle qu'accidentellement dans ce moment. On finit par introduire sous cette même cloche autant d'eau qu'il est nécessaire pour déplacer tout le mercure; après quoi on passe dessous un vaisseau ou espèce de capsule très plate avec laquelle on la transporte dans l'appareil pneumato-chimique ordinaire à l'eau où l'on opère plus en grand et avec plus de facilité.

Lorsqu'on a employé du fer très doux et très pur et que la portion respirable de l'air, dans lequel s'est faite la combustion, était exempte de tout mélange d'air non respirable, l'air qui reste après la combustion se trouve aussi pur qu'il l'était avant la combustion; mais il est rare que le fer ne contienne pas une petite quantité de matière charbonneuse : l'acier surtout en contient toujours. Il est de même extrêmement difficile d'obtenir la portion respirable de l'air parfaitement pure, elle est presque toujours mêlée d'une petite portion de la partie non respirable, mais cette espèce de mofète ne trouble en rien le résultat de l'expérience et elle se retrouve à la fin en même quantité qu'au commencement.

J'ai annoncé qu'on pouvait déterminer de deux manières la nature des parties constituantes de l'air de l'atmosphère; par voie de décomposition et par voie de composition. La calcination du mercure

nous a fourni l'exemple de l'une et de l'autre, puisque après avoir enlevé à la partie respirable sa base par le mercure, nous la lui avons rendue pour reformer de l'air en tout semblable à celui de l'atmosphère. Mais on peut également opérer cette composition de l'air en empruntant de différents règnes les matériaux qui doivent le former. On verra dans la suite que lorsqu'on dissout des matières animales dans de 'acide nitrique il se dégage une grande quantité d'un air qui éteint les lumières, qui est nuisible pour les animaux et qui est en tout semblable à la partie non respirable de l'air de l'atmosphère. Si à 73 parties de ce fluide élastique on en ajoute 27 d'air éminemment respirable, tiré du mercure, réduit en chaux rouge par la calcination, on forme un fluide élastique parfaitement semblable à celui de l'atmosphère et qui en a toutes les propriétés.

Il y a beaucoup d'autres moyens de séparer la partie respirable de l'air de la partie non respirable; mais je ne pourrais les exposer ici sans emprunter des notions, qui, dans l'ordre des connaissances, appartiennent aux Chapitres suivants. Les expériences d'ailleurs que j'ai rapportées, subsistent pour un Traité élémentaire; et dans ces sortes de matières, le choix des preuves est plus important que leur nombre.

Je terminerai cet article en indiquant une propriété qu'a l'air de l'atmosphère et qu'ont en général tous les fluides élastiques ou gaz que nous connaissons; c'est celle de dissoudre l'eau. La quantité d'eau qu'un pied cube d'air de l'atmosphère peut dissoudre est, suivant les expériences de M. de Saussure, de 12 grains : d'autres fluides élastiques, tels que l'acide carbonique, paraissent en dissoudre davantage; mais on n'a point fait encore d'expériences exactes pour en déterminer la quantité. Cette eau, que contiennent les fluides élastiques aériformes, donne lieu dans quelques expériences à des phénomènes particuliers qui méritent beaucoup d'attention et qui ont souvent jeté les chimistes dans de grandes erreurs.

CHAPITRE IV.

Nomenclature des différentes parties constitutives de l'air de l'atmosphère.

Jusqu'ici j'ai été forcé de me servir de périphrases pour désigner la nature des différentes substances qui composent notre atmosphère, j'ai adopté provisoirement ces expressions : « partie respirable », « partie non respirable de l'air ». Les détails dans lesquels je vais entrer exigent que je prenne une marche plus rapide, et qu'après avoir cherché à donner des idées simples des différentes substances qui entrent dans la composition de l'air de l'atmosphère, je les exprime également par des mots simples.

La température de la planète que nous habitons se trouvant très voisine du degré où l'eau passe de l'état liquide à l'état solide, et réciproquement, et ce phénomène s'opérant fréquemment sous nos yeux, il n'est pas étonnant que dans toutes les langues, au moins dans les climats où l'on éprouve une sorte d'hiver, on ait donné un nom à l'eau devenue solide par l'absence du calorique.

Mais il n'a pas dû en être de même de l'eau réduite à l'état de vapeur par une plus grande addition de calorique. Ceux qui n'ont pas fait une étude particulière de ces objets, ignorent encore qu'à un degré un peu supérieur à celui de l'eau bouillante, l'eau se transforme en un fluide élastique aériforme susceptible, comme tous les gaz, d'être reçu et contenu dans des vaisseaux et qui conserve sa forme gazeuse tant qu'il éprouve une température supérieure à 80°, jointe à une pression égale à celle d'une colonne de 28 pouces de mercure. Ce phénomène ayant échappé à la multitude, aucune langue n'a désigné l'eau dans cet état par un nom particulier; et il en est de même de tous les fluides, et en général, de toutes les substances qui ne sont point susceptibles de se vaporiser au degré habituel de température et de pression dans lequel nous vivons.

Par une suite de la même cause on n'a point donné de nom à la plupart des fluides aériformes dans l'état liquide ou concret; on ignorait que ces fluides fussent le résultat de la combinaison d'une base avec le calorique; et comme on ne les avait jamais vus dans

l'état de liquide ni de solide, leur existence sous cette forme était inconnue même des physiciens.

Nous n'avons pas jugé qu'il nous fût permis de changer des noms reçus et consacrés dans la société par un antique usage. Nous avons donc attaché au mot d' « eau » et de « glace », leur signification vulgaire; nous avons de même exprimé par le mot d' « air » la collection des fluides élastiques qui composent notre atmosphère; mais nous ne nous sommes pas cru obligés au même respect pour des dénominations très modernes nouvellement proposées par les physiciens. Nous avons pensé que nous étions en droit de les rejeter et de leur en substituer d'autres moins propres à induire en erreur; et lors même que nous nous sommes déterminés à les adopter, nous n'avons fait aucune difficulté de les modifier et d'y attacher des idées mieux arrêtées et plus circonscrites.

C'est principalement du grec que nous avons tiré les mots nouveaux et nous avons fait en sorte que leur étymologie rappelât l'idée des choses que nous nous proposions d'indiquer; nous nous sommes attachés surtout à n'admettre que des mots courts et, autant qu'il était possible, qui fussent susceptibles de former des adjectifs et des verbes.

D'après ces principes, nous avons conservé, à l'exemple de M. Macquer, le nom de gaz employé par Vanhelmont et nous avons rangé sous cette dénomination la classe nombreuse des fluides élastiques aériformes, en faisant cependant une exception pour l'air de l'atmosphère. Le mot « gaz » est donc pour nous un nom générique qui désigne le dernier degré de saturation d'une substance quelconque par le calorique; c'est l'expression d'une manière d'être des corps. Il s'agissait ensuite de spécifier chaque espèce de gaz et nous y sommes parvenus en empruntant un second nom de celui de sa base. Nous appellerons donc gaz aqueux l'eau combinée avec le calorique, et dans l'état de fluide élastique aériforme : la combinaison de l'éther avec le calorique sera le gaz éthéré; celle de l'esprit-de-vin avec le calorique sera le gaz alcoolique : nous aurons de même le gaz acide muriatique, le gaz ammoniac, et ainsi de tous les autres. Je m'étendrai davantage sur cet article quand il sera question de nommer les différentes bases.

On a vu que l'air de l'atmosphère était principalementcomposé de deux fluides aériformes ou gaz, l'un respirable, susceptible d'entre-

tenir la vie des animaux, dans lequel les métaux se calcinent et les corps combustibles peuvent brûler; l'autre qui a des propriétés absolument opposées, que les animaux ne peuvent respirer, qui ne peut entretenir la combustion, etc. Nous avons donné à la base de la portion respirable de l'air le nom d'oxygène, en le dérivant de deux mots grecs ὀξυς acide, γεἰνομαι j'engendre, parce qu'en effet une des propriétés les plus générales de cette base est de former des acides, en se combinant avec la plupart des substances. Nous appellerons donc gaz oxygène la réunion de cette base avec le calorique : sa pesanteur dans cet état est assez exactement de 1/2 grain poids de marc, par pouce cube, ou de 1,5 once par pied cube, le tout à 10° de température, et à 28 pouces du baromètre.

Les propriétés chimiques de la partie non respirable de l'air de l'atmosphère n'étant pas encore très bien connues, nous nous sommes contentés de déduire le nom de sa base de la propriété qu'a ce gaz de priver de la vie les animaux qui le respirent : nous l'avons donc nommé azote, de l'« a » privatif des grecs, et de Ζωὴ, vie : ainsi la partie non respirable de l'air sera le gaz azotique. Sa pesanteur est de 1 once 2 gros 48 grains le pied cube, ou de 0,4444 grain le pouce cube.

Nous ne nous sommes pas dissimulé que ce nom présentait quelque chose d'extraordinaire; mais c'est le sort de tous les noms nouveaux; ce n'est que par l'usage qu'on se familiarise avec eux. Nous en avons d'ailleurs cherché longtemps un meilleur, sans qu'il nous ait été possible de le rencontrer : nous avions été tentés d'abord de le nommer gaz alcaligène, parce qu'il est prouvé, par les expériences de M. Berthollet, comme on le verra dans la suite, que ce gaz entre dans la composition de l'alcali volatil ou ammoniaque : mais d'un autre côté, nous n'avons point encore la preuve qu'il soit un des principes constitutifs des autres alcalis : il est d'ailleurs prouvé qu'il entre également dans la combinaison de l'acide nitrique : on aurait donc été tout aussi fondé à le nommer principe nitrigène. Enfin nous avons dû rejeter un nom qui comportait une idée systématique et nous n'avons pas risqué de nous tromper, en adoptant celui d' « azote » et de gaz azotique qui n'exprime qu'un fait ou plutôt qu'une propriété, celle de priver de la vie les animaux qui respirent ce gaz.

J'anticiperais sur des notions réservées pour des articles subsé-

quents si je m'étendais davantage sur la nomenclature des différentes espèces de gaz. Il me suffit d'avoir donné ici, non la dénomination de tous, mais la méthode de les nommer tous. Le mérite de la nomenclature que nous avons adoptée consiste principalement en ce que la substance simple étant nommée, le nom de tous ses composés découle nécessairement de ce premier mot.

CHAPITRE V.

De la décomposition du gaz oxygène par le soufre, le phosphore et le charbon et de la formation des acides en général.

Un des principes qu'on ne doit jamais perdre de vue dans l'art de faire des expériences est de les simplifier le plus qu'il est possible et d'en écarter toutes les circonstances qui peuvent en compliquer les effets. Nous n'opérerons donc pas, dans les expériences qui vont faire l'objet de ce chapitre, sur de l'air de l'atmosphère, qui n'est point une substance simple. Il est bien vrai que le gaz azotique, qui fait une partie du mélange qui le constitue, paraît être purement passif dans les calcinations et les combustions : mais, comme il les ralentit et comme il n'est pas impossible même qu'il en altère les résultats dans quelques circonstances, il m'a paru nécessaire de bannir cette cause d'incertitude.

J'exposerai donc, dans les expériences dont je vais rendre compte, le résultat des combustions tel qu'il a lieu dans l'air vital ou gaz oxygène pur, et j'avertirai seulement des différences qu'elles présentent quand le gaz oxygène est mêlé de différentes proportions de gaz azotique.

J'ai pris une cloche de cristal A (*fig.* 5) de 5 à 6 pintes de capacité; je l'ai emplie de gaz oxygène sur de l'eau, après quoi je l'ai transportée sur le bain de mercure au moyen d'une capsule de verre que j'ai passée par dessous; j'ai ensuite séché la surface du mercure et j'y ai introduit 61 grains 1/4 de phosphore de Kunkel que j'ai divisés dans deux capsules de porcelaine, semblables à celle qu'on voit en D, sous la cloche A; et pour pouvoir allumer chacune de ces deux portions séparément et que l'inflammation ne se communiquât pas de l'une à l'autre, j'ai recouvert l'une des deux avec un petit carreau de verre. Lorsque tout a été ainsi préparé, j'ai élevé le mercure dans la cloche à la hauteur EF, en suçant avec un siphon de verre GHI, même figure, qu'on introduit par dessous la cloche : pour qu'il ne se remplisse pas en passant à travers le mercure, on tortille à son extrémité I un petit morceau de papier.

Puis avec un fer recourbé rougi au feu, j'ai allumé successivement le phosphore des deux capsules, en commençant par celle qui n'était point recouverte avec un carreau de verre.

La combustion s'est faite avec une grande rapidité, avec une flamme brillante et un dégagement considérable de chaleur et de lumière. Il y a eu dans le premier instant une dilatation considérable du gaz oxygène, occasionnée par la chaleur : mais bientôt le mercure a remonté au-dessus de son niveau et il y a eu une absorption considérable : en même temps, tout l'intérieur de la cloche s'est tapissé de flocons blancs, légers, qui n'étaient autre chose que de l'acide phosphorique concret.

La quantité de gaz oxygène employée était, toutes corrections faites, au commencement de l'expérience, de 162 pouces cubiques; elle s'est trouvée à la fin seulement de 23 pouces 1/4 : la quantité de gaz oxygène absorbée avait donc été de 138 pouces 1/4, ou de 69,375 grains.

La totalité du phosphore n'était pas brûlée; il en restait dans les capsules quelques portions qui, lavées pour en séparer l'acide et séchées, se sont trouvées peser environ 16 grains 1/4 : ce qui réduit à peu près à 45 grains la quantité de phosphore brûlée : je dis à peu près, parce qu'il ne serait pas impossible qu'il n'y eût eu un ou deux grains d'erreur sur le poids du phosphore restant après la combustion.

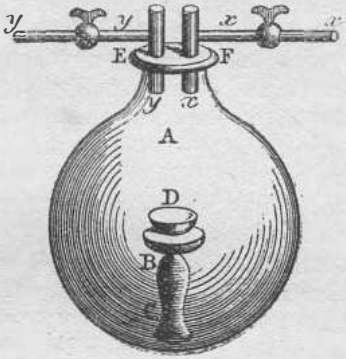
Ainsi, dans cette opération, 45 grains de phosphore se sont combinés avec 69,375 grains d'oxygène; et comme rien de pesant ne passe à travers le verre, on a droit d'en conclure que le poids de la substance quelconque, qui a résulté de cette combinaison et qui s'était rassemblée en flocons blancs, devait s'élever à la somme du poids de l'oxygène et de celui du phosphore, c'est-à-dire à 114,375 grains. On verra bientôt que ces flocons blancs ne sont autre chose qu'un acide concret. En réduisant ces quantités au quintal, on trouve qu'il faut employer 154 livres d'oxygène pour saturer 100 livres de phosphore et qu'il en résulte 254 livres de flocons blancs ou acide phosphorique concret.

Cette expérience prouve, d'une manière évidente, qu'à un certain degré de température l'oxygène a plus d'affinité avec le phosphore qu'avec le calorique; qu'en conséquence, le phosphore décompose le gaz oxygène, qu'il s'empare de sa base et qu'alors le calorique,

qui devient libre, s'échappe et se dissipe en se répartissant dans les corps environnants.

Mais quelque concluante que fût cette expérience, elle n'était pas encore suffisamment rigoureuse : en effet, dans l'appareil que j'ai employé et que je viens de décrire, il n'est pas possible de vérifier le poids des flocons blancs ou de l'acide concret qui s'est formé; on ne peut le conclure que par voie de calcul et en le supposant égal à la somme du poids de l'oxygène et du phosphore : or quelque

Fig. 6.



évidente que fût cette conclusion, il n'est jamais permis en Physique et en Chimie de supposer ce qu'on peut déterminer par des expériences directes. J'ai donc cru devoir refaire cette expérience un peu plus en grand, et avec un appareil différent.

J'ai pris un grand ballon de verre A (*fig.* 6) dont l'ouverture EF avait 3 pouces de diamètre. Cette ouverture se recouvrait avec une plaque de cristal usée à l'émeri, laquelle était percée de deux trous pour le passage des tuyaux *yyy*, *xxx*.

Avant de fermer le ballon avec sa plaque, j'y ai introduit un support BC, surmonté d'une capsule de porcelaine D, qui contenait 150 grains de phosphore. Tout étant ainsi disposé, j'ai adapté la plaque de cristal sur l'ouverture du matras et j'ai lutté avec du lut gras que j'ai recouvert avec des bandes de linge imbibées de chaux et de blanc d'œuf : lorsque ce lut a été bien séché, j'ai

suspendu tout cet appareil au bras d'une balance et j'en ai déterminé le poids à 1 grain ou 1,5 grain près. J'ai ensuite adapté le tuyau *xxx* à une petite pompe pneumatique et j'ai fait le vide; après quoi ouvrant un robinet adapté au tuyau *yyy*, j'ai introduit du gaz oxygène dans le ballon. J'observerai que ce genre d'expérience se fait avec assez de facilité et surtout avec beaucoup d'exactitude, au moyen de la machine hydro-pneumatique dont nous avons donné la description, M. Meusnier et moi, dans les *Mémoires de l'Académie*, année 1782, p. 466, et dont on trouvera une explication dans la dernière partie de cet ouvrage; qu'on peut, à l'aide de cet instrument, auquel M. Meusnier a fait depuis des additions et des corrections importantes, connaître d'une manière rigoureuse la quantité de gaz oxygène introduite dans le ballon et celle qui s'est consommée pendant le cours de l'opération.

Lorsque tout a été ainsi disposé, j'ai mis le feu au phosphore avec un verre ardent. La combustion a été extrêmement rapide, accompagnée d'une grande flamme et de beaucoup de chaleur : à mesure qu'elle s'opérait, il se formait une grande quantité de flocons blancs qui s'attachaient sur les parois intérieures du vase et qui bientôt l'ont obscurci entièrement. L'abondance des vapeurs était même telle, que quoiqu'il rentrât continuellement de nouveau gaz oxygène qui aurait dû entretenir la combustion, le phosphore s'est bientôt éteint. Ayant laissé refroidir parfaitement tout l'appareil, j'ai commencé par m'assurer de la quantité de gaz oxygène qui avait été employée et par peser le ballon avant de l'ouvrir. J'ai ensuite lavé, séché et pesé la petite quantité de phosphore qui était restée dans la capsule et qui était de couleur jaune d'ocre, afin de la déduire de la quantité totale de phosphore employée dans l'expérience. Il est clair qu'à l'aide de ces différentes précautions, il m'a été facile de constater : 1° le poids du phosphore brûlé, 2° celui des flocons blancs obtenus par la combustion; 3° le poids du gaz oxygène qui s'était combiné avec le phosphore. Cette expérience m'a donné à peu près les mêmes résultats que la précédente : il en a également résulté que le phosphore, en brûlant, absorbait un peu plus de 1,5 fois son poids d'oxygène et j'ai acquis de plus la certitude que le poids de la nouvelle substance produite était égal à la somme du poids du phosphore brûlé et de l'oxygène qu'il avait absorbé : ce qu'il était au surplus facile de prévoir *a priori*.

Si le gaz oxygène qu'on a employé dans cette expérience était pur, le résidu qui reste après la combustion est également pur; ce qui prouve qu'il ne s'échappe rien du phosphore qui puisse altérer la pureté de l'air et qu'il n'agit qu'en enlevant au calorique sa base, c'est-à-dire l'oxygène qui y était uni.

J'ai dit plus haut que si l'on brûlait un corps combustible quelconque dans une sphère creuse de glace ou dans tout autre appareil construit sur le même principe, la quantité de glace fondue pendant la combustion était une mesure exacte de la quantité de calorique dégagé. On peut consulter à cet égard le Mémoire que nous avons donné en commun à l'Académie, M. de La Place et moi, année 1780, p. 355. Ayant soumis la combustion du phosphore à cette épreuve, nous avons reconnu que 1 livre de phosphore, en brûlant, fondait un peu plus de 100 livres de glace.

La combustion du phosphore réussit également dans l'air de l'atmosphère, avec ces deux différences seulement : 1° que la combustion est beaucoup moins rapide, attendu qu'elle est ralentie par la grande proportion de gaz azotique qui se trouve mêlé avec le gaz oxygène; 2° que le cinquième de l'air tout au plus est seulement absorbé, parce que cette absorption se faisant toute aux dépens du gaz oxygène, la proportion du gaz azotique devient telle vers la fin de l'opération que la combustion ne peut plus avoir lieu.

Le phosphore par sa combustion, soit dans l'air ordinaire, soit dans le gaz oxygène, se transforme, comme je l'ai déjà dit, en une matière floconneuse très légère et il acquiert des propriétés toutes nouvelles : d'insoluble qu'il était dans l'eau, non seulement il devient soluble, mais il attire l'humidité contenue dans l'air avec une étonnante rapidité et il se résout en une liqueur beaucoup plus dense que l'eau et d'une pesanteur spécifique beaucoup plus grande. Dans l'état de phosphore, et avant sa combustion, il n'avait presque aucun goût; par sa réunion avec l'oxygène il prend un goût extrêmement aigre et piquant : enfin, de la classe des combustibles, il passe dans celle des substances incombustibles et il devient ce qu'on appelle un acide.

Cette convertibilité d'une substance combustible en un acide par l'addition de l'oxygène, est, comme nous le verrons bientôt, une propriété commune à un grand nombre de corps : or en bonne logique, on ne peut se dispenser de désigner sous un nom commun toutes les opérations qui présentent des résultats analogues; c'est

le seul moyen de simplifier l'étude des Sciences et il serait impossible d'en retenir tous les détails si l'on ne s'attachait à les classer. Nous nommerons donc « oxygénation » la conversion du phosphore en un acide et en général la combinaison d'un corps combustible quelconque avec l'oxygène.

Nous adopterons également l'expression d' « oxygéner » et je dirai en conséquence qu'en « oxygénant » le phosphore, on le convertit en un acide.

Le soufre est également un corps combustible, c'est-à-dire qui a la propriété de décomposer l'air et d'enlever l'oxygène au calorique. On peut s'en assurer aisément par des expériences toutes semblables à celles que je viens de détailler pour le phosphore; mais je dois avertir qu'il est impossible, en opérant de la même manière sur le soufre d'obtenir des résultats aussi exacts que ceux qu'on obtient avec le phosphore; par la raison que l'acide qui se forme par la combustion du soufre est difficile à condenser, que le soufre lui-même brûle avec beaucoup de difficulté et qu'il est susceptible de se dissoudre dans les différents gaz. Mais ce que je puis assurer, d'après mes expériences, c'est que le soufre en brûlant absorbe de l'air; que l'acide qui se forme est beaucoup plus pesant que n'était le soufre; que son poids est égal à la somme du poids du soufre et de l'oxygène qu'il a absorbé; enfin que cet acide est pesant, incombustible, susceptible de se combiner avec l'eau en toutes proportions : il ne reste d'incertitude que sur la quantité de soufre et d'oxygène qui constituent cet acide.

Le charbon, que tout jusqu'à présent porte à faire regarder comme une substance combustible simple, a également la propriété de décomposer le gaz oxygène et d'enlever sa base au calorique; mais l'acide qui résulte de cette combustion ne se condense pas au degré de pression et de température dans lequel nous vivons; il demeure dans l'état de gaz et il faut une grande quantité d'eau pour l'absorber. Cet acide, au surplus, a toutes les propriétés communes aux acides, mais dans un degré plus faible et il s'unit comme eux à toutes les bases susceptibles de former des sels neutres.

On peut opérer la combustion du charbon, comme celle du phosphore, sous une cloche de verre A (*fig.* 5) remplie de gaz oxygène et renversée dans du mercure : mais comme la chaleur d'un fer chaud et même rouge ne suffirait pas pour l'allumer, on ajoute, par dessus

le charbon, un petit fragment d'amadou et un petit atome de phosphore. On allume facilement le phosphore avec un fer rouge; l'inflammation se communique ensuite à l'amadou, puis au charbon.

On trouve le détail de cette expérience, *Mémoires de l'Académie*, année 1781, p. 448. On y verra qu'il faut 72 parties d'oxygène en poids, pour en saturer 28 de charbon et que l'acide aériforme qui est produit a une pesanteur justement égale à la somme des poids du charbon et de l'oxygène qui ont servi à le former. Cet acide aériforme a été nommé air fixe, ou air fixé par les premiers chimistes qui l'ont découvert; ils ignoraient alors si c'était de l'air semblable à celui de l'atmosphère ou un autre fluide élastique, vicié et gâté par la combustion; mais puisqu'il est constant aujourd'hui que cette substance aériforme est un acide, qu'il se forme comme tous les autres acides par l'oxygénation d'une base, il est aisé de voir que le nom d'air fixe ne lui convient point.

Ayant essayé, M. de La Place et moi, de brûler du charbon dans l'appareil propre à déterminer la quantité de calorique dégagée, nous avons trouvé que 1 livre de charbon en brûlant fondait 96 livres 6 onces de glace : 2 livres 9 onces 1 gros 10 grains d'oxygène se combinent avec le charbon dans cette opération et il se forme 3 livres 9 onces 1 gros 10 grains de gaz acide; cè gaz pèse 0,695 grain le pouce cube, ce qui donne 34 242 pouces cubiques pour le volume total de gaz acide qui se forme par la combustion de 1 livre de charbon.

Je pourrais multiplier beaucoup plus les exemples de ce genre et faire voir par une suite de faits nombreux que la formation des acides s'opère par l'oxygénation d'une substance quelconque; mais la marche que je me suis engagé à suivre, et qui consiste à ne procéder que du connu à l'inconnu et à ne présenter au lecteur que des exemples puisés dans des choses qui lui ont été précédemment expliquées, m'empêche d'anticiper ici sur les faits. Les trois exemples d'ailleurs que je viens de citer suffisent pour donner une idée claire et précise de la manière dont se forment les acides. On voit que l'oxygène est un principe commun à tous et que c'est lui qui constitue leur acidité; qu'ils sont ensuite différenciés les uns des autres par la nature de la substance acidifiée. Il faut donc distinguer dans tout acide la base acidifiable à laquelle M. de Morveau a donné le nom de radical et le principe acidifiant, c'est-à-dire l'oxygène.

CHAPITRE VI.

De la nomenclature des acides en général et particulièrement de ceux tirés du salpêtre et du sel marin.

Rien n'est plus aisé, d'après les principes posés dans le chapitre précédent, que d'établir une nomenclature méthodique des acides : le mot acide sera le nom générique; chaque acide sera ensuite différencié dans le langage comme il l'est dans la nature, par le nom de sa base ou de son radical. Nous nommerons donc acides, en général, le résultat de la combustion ou de l'oxygénation du phosphore, du soufre et du charbon. Nous nommerons le premier de ces résultats acide phosphorique, le second acide sulfurique, le troisième acide carbonique. De même, dans toutes les occasions qui pourront se présenter, nous emprunterons du nom de la base la désignation spécifique de chaque acide.

Mais une circonstance remarquable que présente l'oxygénation des corps combustibles et, en général, d'une partie des corps qui se transforment en acides, c'est qu'ils sont susceptibles de différents degrés de saturation; et les acides qui en résultent, quoique formés de la combinaison des deux mêmes substances, ont des propriétés fort différentes qui dépendent de la différence de proportion. L'acide phosphorique et surtout l'acide sulfurique en fournissent des exemples. Si le soufre est combiné avec peu d'oxygène, il forme à ce premier degré d'oxygénation un acide volatil, d'une odeur pénétrante et qui donne dans les combinaisons des produits fort différents du premier. Ici le principe de notre méthode de nomenclature semblait se trouver en défaut et il paraissait difficile de tirer du nom de la base acidifiable deux dénominations qui exprimassent, sans circonlocution et sans périphrase, les deux degrés de saturation. Mais la réflexion, et plus encore peut-être la nécessité, nous ont ouvert de nouvelles ressources et nous avons cru pouvoir nous permettre d'exprimer les variétés des acides par de simples variations dans les terminaisons. L'acide volatil du soufre avait été désigné par Stahl sous le nom d'*acide sulfureux* : nous lui avons conservé ce

nom et nous avons donné celui de sulfurique à l'acide du soufre complètement saturé d'oxygène. Nous dirons donc, en nous servant de ce nouveau langage, que le soufre, en se combinant avec l'oxygène est susceptible de deux degrés de saturation; le premier constitue l'acide sulfureux qui est pénétrant et volatil; le second constitue l'acide sulfurique qui est inodore et fixe. Nous adopterons ce même changement de terminaison pour tous les acides qui présenteront plusieurs degrés de saturation; nous aurons donc également un acide phosphoreux et un acide phosphorique, un acide acéteux et un acide acétique, et ainsi des autres.

Toute cette partie de la Chimie aurait été extrêmement simple et la nomenclature des acides n'aurait rien présenté d'embarrassant, si, lors de la découverte de chacun d'eux, on eût connu son radical ou sa base acidifiable. L'acide phosphorique, par exemple, n'a été découvert que postérieurement à la découverte du phosphore et le nom qui lui a été donné a été dérivé en conséquence de celui de la base acidifiable dont il est formé. Mais lorsque au contraire l'acide a été découvert avant la base, ou plutôt lorsque à l'époque où l'acide a été découvert, on ignorait quelle était la base acidifiable à laquelle il appartenait, alors on a donné à l'acide et à la base des noms qui n'avaient aucun rapport entre eux et non seulement on a surchargé la mémoire de dénominations inutiles, mais encore on a porté dans l'esprit des commençants et même des chimistes consommés, des idées fausses que le temps seul et la réflexion peuvent effacer.

Nous citerons pour exemple l'acide du soufre. C'est du vitriol de fer qu'on a retiré cet acide dans le premier âge de la Chimie; et on l'a nommé *acide vitriolique*, en empruntant son nom de celui de la substance dont il était tiré. On ignorait alors que cet acide fût le même que celui qu'on obtenait du soufre par la combustion.

Il en est de même de l'acide aériforme auquel on a donné originairement le nom d'air fixe; on ignorait que cet acide fût le résultat de la combinaison du carbone avec l'oxygène. De là une infinité de dénominations qui lui ont été données et dont aucune ne transmet des idées justes. Rien ne nous a été plus facile que de corriger et de modifier l'ancien langage à l'égard de ces acides : nous avons converti le nom d'acide vitriolique en celui d'acide sulfurique et celui d'air fixe en celui d'acide carbonique; mais il ne nous a pas été possible de suivre le même plan à l'égard des acides dont la base

nous était inconnue. Nous nous sommes trouvés alors forcés de prendre une marche inverse; et au lieu de conclure le nom de l'acide de celui de la base, nous avons nommé au contraire la base d'après la dénomination de l'acide. C'est ce qui nous est arrivé pour l'acide qu'on retire du sel marin ou sel de cuisine. Il suffit, pour dégager cet acide, de verser de l'acide sulfurique sur du sel marin; aussitôt il se fait une vive effervescence, il s'élève des vapeurs blanches d'une odeur très pénétrante et en faisant légèrement chauffer, on dégage tout l'acide. Comme il est naturellement dans l'état de gaz au degré de température et de pression dans lequel nous vivons, il faut des précautions particulières pour le retenir. L'appareil le plus commode et le plus simple, pour les expériences en petit, consiste en une petite cornue dans laquelle on introduit du sel marin bien sec; on verse dessus de l'acide sulfurique concentré et aussitôt on engage le bec de la cornue sous de petites jarres ou cloches de verre, qu'on a préalablement remplies de mercure. A mesure que le gaz acide se dégage, il passe dans la jarre et gagne le haut en déplaçant le mercure. Lorsque le dégagement se ralentit, on chauffe légèrement et l'on augmente le feu jusqu'à ce qu'il ne passe plus rien. Cet acide a une grande affinité avec l'eau et cette dernière en absorbe une énorme quantité. On peut s'en assurer en introduisant une petite couche d'eau dans la jarre de verre qui le contient; en un instant l'acide se combine avec elle et disparaît en entier. On profite de cette circonstance dans les laboratoires et dans les arts pour obtenir l'acide du sel marin sous la forme de liqueur. On se sert à cet effet d'un appareil qui consiste : 1° dans une cornue où l'on introduit le sel marin et dans laquelle on verse de l'acide sulfurique par la tubulure; 2° dans un ballon destiné à recevoir la petite quantité de liqueur qui se dégage; 3° dans une suite de bouteilles à deux goulots qu'on remplit d'eau à moitié. Cette eau est destinée à absorber le gaz acide qui se dégage pendant la distillation. Cet appareil est plus amplement décrit dans la dernière partie de cet Ouvrage.

Quoiqu'on ne soit encore parvenu ni à composer, ni à décomposer l'acide qu'on retire du sel marin, on ne peut douter cependant qu'il ne soit formé, comme tous les autres, de la réunion d'une base acidifiable avec l'oxygène. Nous avons nommé cette base inconnue « base muriatique », « radical muriatique », en empruntant ce nom, à l'exemple de M. Bergman et de M. de Morveau, du mot latin *muria*,

donné anciennement au sel marin. Ainsi, sans pouvoir déterminer quelle est exactement la composition de l'acide muriatique, nous désignerons sous cette dénomination un acide volatil, dont l'état naturel est d'être sous forme gazeuse au degré de chaleur et de pression que nous éprouvons, qui se combine avec l'eau en très grande quantité et avec beaucoup de facilité; enfin dans lequel le radical acidifiable tient si fortement à l'oxygène qu'on ne connaît jusqu'à présent aucun moyen de les séparer.

Si un jour on vient à rapporter le radical muriatique à quelque substance connue, il faudra bien alors changer sa dénomination, et lui donner un nom analogue à celui de la base dont la nature aura été découverte.

L'acide muriatique présente au surplus une circonstance très remarquable; il est, comme l'acide du soufre et comme plusieurs autres, susceptible de différents degrés d'oxygénation; mais l'excès d'oxy gène produit en lui un effet tout contraire à celui qu'il produit dans l'acide du soufre. Un premier degré d'oxygénation transforme le soufre en un acide gazeux volatil qui ne se mêle qu'en petite quantité avec l'eau . c'est celui que nous désignons avec Stahl sous le nom d'*acide sulfureux*. Une dose plus forte d'oxygène le convertit en acide sulfurique, c'est-à-dire en un acide qui présente des qualités acides plus marquées, qui est beaucoup plus fixe, qui ne peut exister dans l'état de gaz qu'à une haute température, qui n'a point d'odeur et qui s'unit à l'eau en très grande quantité. C'est le contraire dans l'acide muriatique; l'addition d'oxygène le rend plus volatil, d'une odeur plus pénétrante, moins miscible à l'eau et diminue ses qualités acides. Nous avions d'abord été tentés d'exprimer ces deux degrés de saturation comme nous l'avions fait pour l'acide du soufre, en faisant varier les terminaisons. Nous aurions nommé l'acide le moins saturé d'oxygène acide *muriateux* et le plus saturé acide *muriatique*, mais nous avons cru que cet acide, qui présente des résultats particuliers et dont on ne connaît aucun autre exemple en Chimie, demandait une exception et nous nous sommes contentés de le nommer acide muriatique oxygéné.

Il est un autre acide que nous nous contenterons de définir, comme nous l'avons fait pour l'acide muriatique, quoique sa base soit mieux connue : c'est celui que les chimistes ont désigné jusqu'ici sous le nom d'*acide nitreux*. Cet acide se tire du nitre ou salpêtre par des

procédés analogues à ceux qu'on emploie pour obtenir l'acide muriatique. C'est également par l'intermède de l'acide sulfurique qu'on le chasse de la base à laquelle il est uni et l'on se sert de même à cet effet de l'appareil précédent. A mesure que l'acide passe, une partie se condense dans le ballon, l'autre est absorbée par l'eau des bouteilles qui devient d'abord verte, puis bleue et enfin jaune, suivant le degré de concentration de l'acide. Il se dégage pendant cette opération une grande quantité de gaz oxygène mêlé d'un peu de gaz azotique.

L'acide qu'on tire du salpêtre est composé, comme tous les autres, d'oxygène uni à une base acidifiable, et c'est même le premier dans lequel l'existence de l'oxygène ait été bien démontrée. Les deux principes qui le constituent tiennent peu ensemble et on les sépare aisément en présentant à l'oxygène une substance avec laquelle il ait plus d'affinité qu'il n'en a avec la base acidifiable qui constitue l'acide du nitre. C'est par des expériences de ce genre qu'on est parvenu à reconnaître que l'azote ou base de la mofète entrait dans sa composition, qu'elle était sa base acidifiable. L'azote est donc véritablement le radical nitrique, ou l'acide du nitre est un véritable acide azotique. On voit donc que, pour être d'accord avec nous-mêmes et avec nos principes, nous aurions dû adopter l'une ou l'autre de ces manières de nous énoncer. Nous en avons été détournés cependant par différents motifs; d'abord, il nous a paru difficile de changer le nom de nitre ou de salpêtre généralement adopté dans les arts, dans la société et dans la Chimie. Nous n'avons pas cru, d'un autre côté, devoir donner à l'azote le nom de radical nitrique, parce que cette substance est également la base de l'alcali volatil ou ammoniaque, comme l'a découvert M. Berthollet. Nous continuerons donc de désigner sous le nom d'azote la base de la partie non respirable de l'air atmosphérique qui est en même temps le radical nitrique et le radical ammoniac. Nous conserverons également le nom de nitreux et de nitrique à l'acide tiré du nitre ou salpêtre. Plusieurs chimistes d'un grand poids ont désapprouvé notre condescendance pour les anciennes dénominations; ils auraient préféré que nous eussions dirigé uniquement nos efforts vers la perfection de la nomenclature, que nous eussions reconstruit l'édifice du langage chimique de fond en comble, sans nous embarrasser de le raccorder avec d'anciens usages dont le temps effacera insensiblement le souvenir : et c'est ainsi que

nous nous sommes trouvés exposés à la fois à la critique et aux plaintes des deux partis opposés.

L'acide du nitre est susceptible de se présenter dans un grand nombre d'états qui dépendent du degré d'oxygénation qu'il a éprouvé, c'est-à-dire de la proportion d'azote et d'oxygène qui entre dans sa composition. Un premier degré d'oxygénation de l'azote constitue un gaz particulier que nous continuerons de désigner sous le nom de gaz nitreux : il est composé d'environ 2 parties en poids d'oxygène et de 1 partie d'azote et dans cet état il est immiscible à l'eau. Il s'en faut beaucoup que l'azote dans ce gaz soit saturé d'oxygène, il lui reste au contraire une grande affinité pour ce principe et il l'attire avec une telle activité qu'il l'enlève même à l'air de l'atmosphère sitôt qu'il est en contact avec lui. La combinaison du gaz nitreux avec l'air de l'atmosphère est même devenue un des moyens qu'on emploie pour déterminer la quantité d'oxygène contenu dans ce dernier et pour juger de son degré de salubrité. Cette addition d'oxygène convertit le gaz nitreux en un acide puissant qui a une grande affinité avec l'eau et qui est susceptible lui-même de différents degrés d'oxygénation. Si la proportion de l'oxygène et de l'azote est au-dessous de 3 parties contre 1, l'acide est rouge et fumant : dans cet état nous le nommons acide nitreux; on peut, en le faisant légèrement chauffer, en dégager du gaz nitreux. Quatre parties d'oxygène contre 1 partie d'azote donnent un acide blanc et sans couleur, plus fixe au feu que le précédent, qui a moins d'odeur et dont les deux principes constitutifs sont plus solidement combinés : nous lui avons donné, d'après les principes exposés ci-dessus, le nom d'acide nitrique.

Ainsi l'acide nitrique est l'acide du nitre surchargé d'oxygène; l'acide nitreux est l'acide du nitre surchargé d'azote, ou, ce qui est la même chose, de gaz nitreux; enfin le gaz nitreux est l'azote qui n'est point assez saturé d'oxygène pour avoir les propriétés des acides. C'est ce que nous nommerons plus bas un oxyde.

CHAPITRE VII.

De la décomposition du gaz oxygène par les métaux et de la formation des oxydes métalliques.

Lorsque les substances métalliques sont échauffées à un certain degré de température, l'oxygène a plus d'affinité avec elles qu'avec le calorique : en conséquence, toutes les substances métalliques, si l'on en excepte l'or, l'argent et le platine, ont la propriété de décomposer le gaz oxygène, de s'emparer de sa base et d'en dégager le calorique. On a déjà vu plus haut comment s'opérait cette décomposition de l'air par le mercure et par le fer; on a observé que la première ne pouvait être regardée que comme une combustion lente; que la dernière au contraire était très rapide et accompagnée d'une flamme brillante. S'il est nécessaire d'employer un certain degré de chaleur dans ces opérations, c'est pour écarter les unes des autres les molécules du métal, et diminuer leur affinité d'aggrégation, ou ce qui est la même chose, l'attraction qu'elles exercent les unes sur les autres.

Les substances métalliques pendant leur calcination augmentent de poids à proportion de l'oxygène qu'elles absorbent; en même temps elles perdent leur éclat métallique et se réduisent en une poudre terreuse. Les métaux dans cet état ne doivent point être considérés comme entièrement saturés d'oxygène, par la raison que leur action sur ce principe est balancée par la force d'attraction qu'exerce sur lui le calorique. L'oxygène dans la calcination des métaux obéit donc réellement à deux forces, à celle exercée par le calorique, à celle exercée par le métal; il ne tend à s'unir à ce dernier qu'en raison de la différence de ces deux forces, de l'excès de l'une sur l'autre, et cet excès en général n'est pas fort considérable. Aussi les substances métalliques, en s'oxygénant dans l'air et dans le gaz oxygène, ne se convertissent-elles point en acides, comme le soufre, le phosphore et le charbon : il se forme des substances intermédiaires qui commencent à se rapprocher de l'état salin, mais qui n'ont pas encore acquis toutes les propriétés salines. Les anciens ont donné le nom de chaux, non seulement aux métaux amenés à cet état, mais encore à toute substance qui avait été exposée longtemps à l'action

du feu sans se fondre. Ils ont fait en conséquence du mot *chaux* un nom générique et ils ont confondu sous ce nom, et la pierre calcaire, qui d'un sel neutre qu'elle était avant la calcination se convertit au feu en un alcali terreux, en perdant moitié de son poids, et les métaux qui s'associent par la même opération une nouvelle substance dont la quantité excède quelquefois moitié de leur poids et qui les rapproche de l'état d'acide. Il aurait été contraire à nos principes de classer sous un même nom des substances si différentes et surtout de conserver aux métaux une dénomination si propre à faire naître des idées fausses. Nous avons en conséquence proscrit l'expression de chaux métalliques et nous y avons substitué celui d'*oxydes*, du grec ὄξυς.

On voit d'après cela combien le langage que nous avons adopté est fécond et expressif; un premier degré d'oxygénation constitue les oxydes; un second degré constitue les acides terminés en eux, comme l'acide nitreux, l'acide sulfureux; un troisième degré constitue les acides en ique, tels que l'acide nitrique, l'acide sulfurique; enfin nous pouvons exprimer un quatrième degré d'oxygénation des substances en ajoutant l'épithète d'oxygéné, comme nous l'avons admis pour l'acide muriatique oxygéné.

Nous ne nous sommes pas contentés de désigner sous le nom d'*oxydes* la combinaison des métaux avec l'oxygène; nous n'avons fait aucune difficulté de nous en servir pour exprimer le premier degré d'oxygénation de toutes les substances, celui qui, sans les constituer acides, les rapproche de l'état salin. Nous appellerons donc oxyde de soufre, le soufre devenu mou par un commencement de combustion; nous appellerons oxyde de phosphore la substance jaune que laisse le phosphore quand il a brûlé.

Nous dirons de même que le gaz nitreux, qui est le premier degré d'oxygénation de l'azote, est un oxyde d'azote. Enfin, le règne végétal et le règne animal auront leurs oxydes, et je ferai voir dans la suite combien ce nouveau langage jettera de lumières sur toutes les opérations de l'art et de la nature.

Les oxydes métalliques ont, comme nous l'avons déjà fait observer, presque tous des couleurs qui leur sont propres et ces couleurs varient non seulement pour les différents métaux, mais encore suivant le degré d'oxygénation du même métal. Nous nous sommes donc trouvés obligés d'ajouter à chaque oxyde deux épithètes, l'une qui

indiquât le métal oxydé, l'autre sa couleur; ainsi nous dirons oxyde noir de fer, oxyde rouge de fer, oxyde jaune de fer; et ces expressions répondront à celles d'éthiops martial, de colcotar, de rouille de fer ou d'ocre.

Nous dirons de même oxyde gris de plomb, oxyde jaune de plomb, oxyde rouge de plomb; et ces expressions désigneront la cendre de plomb, le massicot et le minium.

Ces dénominations seront quelquefois un peu longues, surtout quand on voudra exprimer si le métal a été oxydé à l'air, s'il l'a été par la détonation avec le nitre ou par l'action des acides; mais au moins elles seront toujours justes et feront naître l'idée précise de l'objet qui y correspond.

Les tables jointes à cet Ouvrage rendront ceci plus sensible.

CHAPITRE VIII.

Du principe radical de l'eau et de sa décomposition par le charbon et par le fer.

Jusqu'à ces derniers temps on avait regardé l'eau comme une substance simple et les anciens n'avaient fait aucune difficulté de la qualifier du nom d'*élément :* c'était sans doute une substance élémentaire pour eux, puisqu'ils n'étaient point parvenus à la décomposer, ou au moins puisque les décompositions de l'eau qui s'opéraient journellement sous leurs yeux avaient échappé à leurs observations; mais on va voir que l'eau n'est plus un élément pour nous. Je ne donnerai point ici l'histoire de cette découverte qui est très moderne et qui même est encore contestée. On peut consulter à cet égard les *Mémoires de l'Académie des Sciences*, année 1781.

Je me contenterai de rapporter les principales preuves de la décomposition et de la recomposition de l'eau; j'ose dire que quand on voudra bien les peser sans partialité, on les trouvera démonstratives.

Première expérience. — *Préparation.* — On prend un tube de verre EF (*fig.* 7), de 8 à 12 lignes de diamètre, qu'on fait passer à travers un fourneau, en lui donnant une légère inclinaison de E en F. A l'extrémité supérieure E de ce tube, on ajuste une cornue de verre A qui contient une quantité d'eau distillée bien connue et à son extrémité inférieure F, un serpentin SS′ qui s'adapte en S′ au goulot d'un flacon H à deux tubulures; enfin à l'une de ces deux tubulures du flacon s'adapte un tube de verre recourbé KK, destiné à conduire les fluides aériformes ou gaz dans un appareil propre à en déterminer la qualité et la quantité.

Il est nécessaire, pour assurer le succès de cette expérience, que le tube EF soit de verre vert bien cuit et d'une fusion difficile; on l'enduit en outre d'un lut d'argile mêlée avec du ciment fait avec des poteries de grès réduites en poudre; et dans la crainte qu'il ne fléchisse par le ramollissement, on le soutient dans son milieu avec une barre de fer qui traverse le fourneau. Des tuyaux de porcelaine sont préférables à ceux de verre; mais il est difficile de s'en procurer qui ne soient

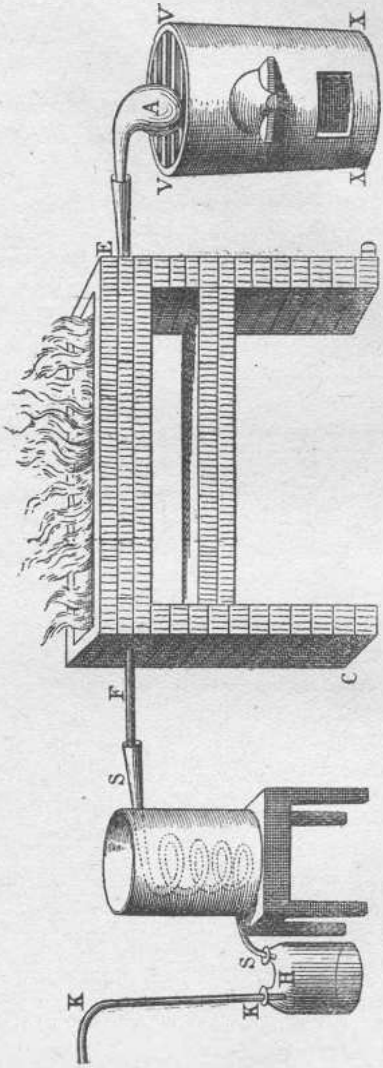


Fig. 7.

pas poreux et presque toujours on y découvre quelques trous qui donnent passage à l'air ou aux vapeurs.

Lorsque tout a été ainsi disposé, on allume du feu dans le fourneau EFCD et on l'entretient de manière à faire rougir le tube de verre EF, sans le fondre; en même temps on allume assez de feu dans le fourneau VVXX, pour entretenir toujours bouillante l'eau de la cornue A.

Effet. — A mesure que l'eau de la cornue A se vaporise par l'ébullition, elle remplit l'intérieur du tube EF et elle en chasse l'air commun qui s'évacue par le tube KK; le gaz aqueux est ensuite condensé par le refroidissement dans le serpentin SS′ et il tombe de l'eau goutte à goutte dans le flacon tubulé H.

En continuant cette opération jusqu'à ce que toute l'eau de la cornue A soit évaporée et en laissant bien égoutter les vaisseaux, on retrouve dans le flacon H une quantité d'eau rigoureusement égale à celle qui était dans la cornue A, sans qu'il y ait eu dégagement d'aucun gaz; en sorte que cette opération se réduit à une simple distillation ordinaire, dont le résultat est absolument le même que si l'eau n'eût point été portée à l'état incandescent, en traversant le tube intermédiaire EF.

Deuxième expérience. — *Préparation.* — On dispose tout comme dans l'expérience précédente, avec cette différence seulement qu'on introduit dans le tube EF, 28 grains de charbon concassé en morceaux de médiocre grosseur et qui préalablement a été longtemps exposé à une chaleur incandescente dans des vaisseaux fermés. On fait, comme dans l'expérience précédente, bouillir l'eau de la cornue A jusqu'à évaporation totale.

Effet. — L'eau de la cornue A se distille dans cette expérience comme dans la précédente; elle se condense dans le serpentin et coule goutte à goutte dans le flacon H; mais en même temps il se dégage une quantité considérable de gaz qui s'échappe par le tuyau KK et qu'on recueille dans un appareil convenable.

L'opération finie, on ne retrouve plus dans le tube EF que quelques atomes de cendre; les 28 grains de charbon ont totalement disparu.

Les gaz qui se sont dégagés, examinés avec soin, se trouvent peser

ensemble 113 grains 7/10 [1]; ils sont de deux espèces, savoir 144 pouces cubiques de gaz acide carbonique, pesant 100 grains, et 380 pouces cubiques d'un gaz extrêmement léger, pesant 13 grains 7/10 et qui s'allume par l'approche d'un corps enflammé lorsqu'il a le contact de l'air. Si l'on vérifie ensuite le poids de l'eau passée dans le flacon, on la trouve diminuée de 85 grains 7/10.

Ainsi dans cette expérience, 85 grains 7/10 d'eau plus 28 grains de charbon ont formé 100 grains d'acide carbonique plus 13 grains 7/10 d'un gaz particulier susceptible de s'enflammer.

Mais j'ai fait voir plus haut, que pour former 100 grains de gaz acide carbonique, il fallait unir 72 grains d'oxygène à 28 grains de charbon; donc les 28 grains de charbon placés dans le tube de verre ont enlevé à l'eau 72 grains d'oxygène; donc 85 grains 7/10 d'eau sont composés de 72 grains d'oxygène et de 13 grains 7/10 d'un gaz susceptible de s'enflammer. On verra bientôt qu'on ne peut pas supposer que ce gaz ait été dégagé du charbon et qu'il est conséquemment un produit de l'eau.

J'ai supprimé dans l'exposé de cette expérience quelques détails qui n'auraient servi qu'à le compliquer et à jeter de l'obscurité dans les idées des lecteurs : le gaz inflammable, par exemple, dissout un peu de charbon et cette circonstance en augmente le poids et diminue au contraire celui de l'acide carbonique; l'altération qui en résulte dans les quantités n'est pas très considérable; mais j'ai cru devoir les rétablir par calcul et présenter l'expérience dans toute sa simplicité et comme si cette circonstance n'avait pas lieu. Au surplus, s'il restait quelques nuages sur la vérité des conséquences que je tire de cette expérience, ils seraient bientôt dissipés par les autres expériences que je vais rapporter à l'appui.

Troisième expérience. — *Préparation.* — On dispose tout l'appareil comme dans l'expérience précédente, avec cette différence seulement, qu'au lieu des 28 grains de charbon, on met, dans le tube EF (*fig.* 7), 274 grains de petites lames de fer très doux roulées en spirales. On fait rougir le tube comme dans les expériences précédentes; on allume du feu sous la cornue A et l'on entretient l'eau qu'elle contient

---

[1] On trouvera, dans la dernière partie de cet Ouvrage, le détail des procédés qu'on emploie pour séparer les différentes espèces de gaz et pour les peser.

toujours bouillante, jusqu'à ce qu'elle soit entièrement évaporée, qu'elle ait passé en totalité dans le tube EF et qu'elle se soit condensée dans le flacon H.

Effet. — Il ne se dégage point de gaz acide carbonique dans cette expérience, mais seulement un gaz inflammable 13 fois plus léger que l'air de l'atmosphère : le poids total qu'on en obtient est de 15 grains et son volume est d'environ 416 pouces cubiques. Si l'on compare la quantité d'eau primitivement employée avec celle restant dans le flacon H, on trouve un déficit de 100 grains. D'un autre côté, les 274 grains de fer renfermés dans le tube EF se trouvent peser 85 grains de plus que lorsqu'on les y a introduits et leur volume se trouve considérablement augmenté : ce fer n'est presque plus attirable à l'aimant, il se dissout sans effervescence dans les acides; en un mot, il est dans l'état d'oxyde noir, précisément comme celui qui a été brûlé dans le gaz oxygène.

Réflexions. — Le résultat de cette expérience présente une véritable oxydation du fer par l'eau; oxydation toute semblable à celle qui s'opère dans l'air à l'aide de la chaleur; 100 grains d'eau ont été décomposés; 85 d'oxygène se sont unis au fer pour le constituer dans l'état d'oxyde noir, et il s'est dégagé 15 grains d'un gaz inflammable particulier : donc l'eau est composée d'oxygène et de la base d'un gaz inflammable, dans la proportion de 85 parties contre 15.

Ainsi l'eau indépendamment de l'oxygène qui est un de ses principes et qui lui est commun avec beaucoup d'autres substances, en contient un autre qui lui est propre, qui est fort radical constitutif et auquel nous nous sommes trouvés forcés de donner un nom. Aucun ne nous a paru plus convenable que celui d'*hydrogène*, c'est-à-dire principe générateur de l'eau de ὕδωρ eau, et de γείνομαι j'engendre. Nous appellerons gaz hydrogène la combinaison de ce principe avec le calorique et le mot d'hydrogène seul exprimera la base de ce même gaz, le radical de l'eau.

Voilà donc un nouveau corps combustible, c'est-à-dire un corps qui a assez d'affinité avec l'oxygène pour l'enlever au calorique et pour décomposer l'air ou le gaz oxygène. Ce corps combustible a lui-même une telle affinité avec le calorique, qu'à moins qu'il ne soit engagé dans une combinaison il est toujours dans l'état aériforme ou de gaz au degré habituel de pression et de température dans lequel

nous vivons. Dans cet état de gaz, il est environ 13 fois plus léger que l'air de l'atmosphère, il n'est point absorbable par l'eau, mais il est susceptible d'en dissoudre une petite quantité; enfin il ne peut servir à la respiration des animaux.

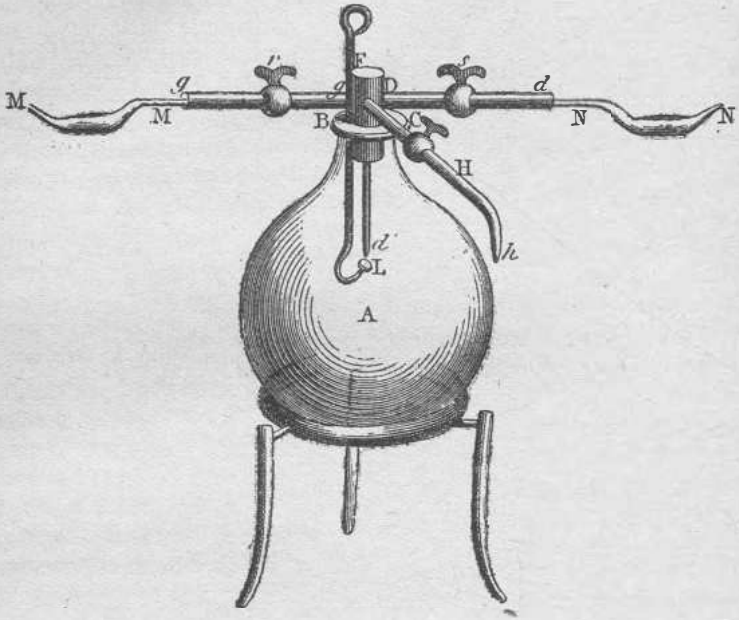
La propriété de brûler et de s'enflammer n'étant, pour ce gaz comme pour tous les autres combustibles, que la propriété de décomposer l'air et d'enlever l'oxygène au calorique, on conçoit qu'il ne peut brûler qu'avec le contact de l'air ou du gaz oxygène. Aussi lorsqu'on emplit une bouteille de ce gaz et qu'on l'allume, il brûle paisiblement au goulot de la bouteille et ensuite dans son intérieur, à mesure que l'air extérieur y pénètre; mais la combustion est successive et lente, elle n'a lieu qu'à la surface où le contact des deux airs ou gaz s'opère. Il n'en est pas de même lorsqu'on mêle ensemble les deux airs avant de les allumer : si par exemple après avoir introduit dans une bouteille à goulot étroit une partie de gaz oxygène et ensuite deux de gaz hydrogène, on approche de son orifice un corps enflammé, tel qu'une bougie ou un morceau de papier allumé, la combustion des deux gaz se fait d'une manière instantanée et avec une forte explosion. On ne doit faire cette expérience que dans une bouteille de verre vert très forte qui n'excède pas une pinte de capacité et qu'on enveloppe même d'un linge, autrement on s'exposerait à des accidents funestes par la rupture de la bouteille dont les fragments pourraient être lancés à de grandes distances.

Si tout ce que je viens d'exposer sur la décomposition de l'eau est exact et vrai, si réellement cette substance est composée, comme j'ai cherché à l'établir, d'un principe qui lui est propre, d'hydrogène combiné avec l'oxygène, il en résulte qu'en réunissant ces deux principes, on doit refaire de l'eau, et c'est ce qui arrive, en effet, comme on va en juger par l'expérience suivante.

QUATRIÈME EXPÉRIENCE. — *Recomposition de l'eau. Préparation.* — On prend un ballon A de cristal (*fig.* 8), à large ouverture et dont la capacité soit de 30 pintes environ; on y mastique une platine de cuivre B *c* percée de quatre trous auxquels aboutissent quatre tuyaux. Le premier H *h* est destiné à s'adapter par son extrémité *h* à une pompe pneumatique par le moyen de laquelle on peut faire le vide dans le ballon. Un second tuyau *gg* communique par son extrémité MM avec un réservoir de gaz oxygène et est destiné à l'amener dans le

ballon. Un troisième *d*D*d'* communique par son extrémité *d*NN avec un réservoir de gaz hydrogène : l'extrémité *d'* de ce tuyau se termine par une ouverture très petite et à travers laquelle une très fine aiguille peut à peine passer. C'est par cette petite ouverture que doit sortir le gaz hydrogène contenu dans le réservoir; et pour qu'il ait une vitesse

Fig. 8.



suffisante, on doit lui faire éprouver une pression de 1 ou 2 pouces d'eau. Enfin, la platine BC est percée d'un quatrième trou, lequel est garni d'un tube de verre mastiqué, à travers lequel passe un fil de métal GL, à l'extrémité L duquel est adaptée une petite boule, afin de pouvoir tirer une étincelle électrique de L en *d'* pour allumer, comme on le verra bientôt, le gaz hydrogène. Le fil de métal GL est mobile dans le tube de verre afin de pouvoir éloigner la boule L de l'extré-

mité *d'* de l'ajutoir D *d'*. Les trois tuyaux *d'* D*d'*, *gg*, H *h* sont chacun garnis de leur robinet.

Pour que le gaz hydrogène et le gaz oxygène arrivent bien secs par les tuyaux respectifs qui doivent les amener au ballon A et qu'ils soient dépouillés d'eau autant qu'ils le peuvent être, on les fait passer à travers des tubes MM, NN d'un pouce environ de diamètre qu'on remplit d'un sel très déliquescent, c'est-à-dire qui attire l'humidité de l'air avec beaucoup d'avidité, tel que l'acétite de potasse, le muriate ou le nitrate de chaux. Voyez quelle est la composition de ces sels dans la seconde Partie de cet Ouvrage. Ces sels doivent être en poudre grossière afin qu'ils ne puissent pas faire masse, et que le gaz passe facilement à travers les interstices que laissent les morceaux.

On doit s'être prémuni d'avance d'une provision suffisante de gaz oxygène bien pur; et pour s'assurer qu'il ne contient point d'acide carbonique, on doit le laisser longtemps en contact avec de la potasse dissoute dans de l'eau et qu'on a dépouillée de son acide carbonique par de la chaux : on donnera plus bas quelques détails sur les moyens d'obtenir cet alcali.

On prépare avec le même soin le double de gaz hydrogène. Le procédé le plus sûr pour l'obtenir exempt de mélange consiste à le tirer de la décomposition de l'eau par du fer ductile et bien pur.

Lorsque ces deux gaz sont ainsi préparés, on adapte la pompe pneumatique au tuyau H *h* et l'on fait le vide dans le grand ballon A; on y introduit ensuite l'un ou l'autre des deux gaz, mais de préférence le gaz oxygène par le tuyau *gg*, puis on oblige par un certain degré de pression le gaz hydrogène à entrer dans le même ballon par le tuyau *d* D*d'*, dont l'extrémité *d'* se termine en pointe. Enfin on allume ce gaz à l'aide d'une étincelle électrique. En fournissant ainsi de chacun des deux airs, on parvient à continuer très longtemps la combustion. J'ai donné ailleurs la description des appareils que j'ai employés pour cette expérience, et j'ai expliqué comment on parvient à mesurer les quantités de gaz consommés avec une rigoureuse exactitude. Voyez la troisième Partie de cet Ouvrage.

Effet. — A mesure que la combustion s'opère, il se dépose de l'eau sur les parois intérieures du ballon ou matras : la quantité de cette eau augmente peu à peu : elle se réunit en grosses gouttes qui coulent et se rassemblent dans le fond du vase.

En pesant le matras avant et après l'opération, il est facile de connaître la quantité d'eau qui s'est ainsi rassemblée. On a donc dans cette expérience une double vérification; d'une part le poids des gaz employés, de l'autre celui de l'eau formée, et ces deux quantités doivent être égales. C'est par une expérience de ce genre que nous avons reconnu, M. Meusnier et moi, qu'il fallait 85 parties en poids d'oxygène et 15 parties également en poids d'hydrogène, pour composer 100 parties d'eau. Cette expérience, qui n'a point encore été publiée, a été faite en présence d'une Commission nombreuse de l'Académie; nous y avons apporté les attentions les plus scrupuleuses et nous avons lieu de la croire exacte à 1/200e près tout au plus.

Ainsi, soit qu'on opère par voie de décomposition ou de recomposition, on peut regarder comme constant et aussi bien prouvé qu'on puisse le faire en Chimie et en Physique, que l'eau n'est point une substance simple; qu'elle est composée de deux principes, l'oxygène et l'hydrogène, et que ces deux principes, séparés l'un de l'autre, ont tellement d'affinité avec le calorique qu'ils ne peuvent exister que sous forme de gaz, au degré de température et de pression dans lequel nous vivons.

Ce phénomène de la décomposition et de la recomposition de l'eau s'opère continuellement sous nos yeux, à la température de l'atmosphère et par l'effet des affinités composées. C'est à cette décomposition que sont dus, comme nous le verrons bientôt, au moins jusqu'à un certain point, les phénomènes de la fermentation spiritueuse, de la putréfaction et même de la végétation. Il est bien extraordinaire qu'elle ait échappé jusqu'ici à l'œil attentif des Physiciens et des Chimistes, et l'on doit en conclure que dans les sciences comme dans la morale, il est difficile de vaincre les préjugés dont on a été originairement imbu et de suivre une autre route que celle dans laquelle on est accoutumé de marcher.

Je terminerai cet article par une expérience beaucoup moins probante que celles que j'ai précédemment rapportées, mais qui m'a paru cependant faire plus d'impression qu'aucune autre sur un grand nombre de personnes. Si l'on brûle 1 livre ou 16 onces d'esprit-de-vin ou alcool dans un appareil propre à recueillir toute l'eau qui se dégage pendant la combustion, on en obtient 17 à 18 onces [1]. Or une matière

---

[1] *Voir* la description de cet appareil dans la troisième Partie de cet Ouvrage.

quelconque ne peut rien fournir dans une expérience au delà de la totalité de son poids; il faut donc qu'il s'ajoute une autre substance à l'esprit-de-vin pendant sa combustion; or j'ai fait voir que cette autre substance était la base de l'air, l'oxygène. L'esprit-de-vin contient donc un des principes de l'eau, l'hydrogène; et c'est l'air de l'atmosphère qui fournit l'autre, l'oxygène : nouvelle preuve que l'eau est une substance composée.

CHAPITRE IX.

De la quantité de calorique qui se dégage des différentes espèces de combustion.

Nous avons vu qu'en opérant une combustion quelconque dans une sphère de glace creuse et en fournissant pour l'entretenir de l'air à zéro du thermomètre, la quantité de glace fondue dans l'intérieur de la sphère donnait une mesure, sinon absolue, du moins relative des quantités de calorique dégagé. Nous avons donné, M. de La Place et moi, la description de l'appareil que nous avons employé dans ce genre d'expériences. Voir *Mémoires de l'Académie des Sciences*, année 1780, p. 355. *Voir* aussi la troisième Partie de cet Ouvrage. Ayant essayé de déterminer les quantités de glace qui se fondaient par la combustion de trois des quatre substances combustibles simples, savoir, le phosphore, le carbone et l'hydrogène, nous avons obtenu les résultats qui suivent :

Pour la combustion de 1 livre de phosphore : 100 livres de glace.
Pour la combustion de 1 livre de carbone : 96 livres 8 onces.
Pour la combustion de 1 livre de gaz hydrogène : 295 livres 9 onces 3 gros et demi.

La substance qui se forme par le résultat de la combustion du phosphore étant un acide concret, il est probable qu'il reste très peu de calorique dans cet acide et que par conséquent cette combustion fournit un moyen de connaître, à très peu de chose près, la quantité de calorique contenue dans le gaz oxygène. Mais quand on voudrait supposer que l'acide phosphorique retient encore une quantité considérable de calorique, comme le phosphore en contenait aussi une portion avant la combustion, l'erreur ne pourrait jamais être que de la différence et par conséquent de peu d'importance.

J'ai fait voir, page 35, qu'une livre de phosphore en brûlant absorbait 1 livre 8 onces d'oxygène; et puisqu'il y a en même temps 100 livres de glace fondue, il en résulte que la quantité de calorique, contenue dans 1 livre de gaz oxygène, est capable de faire fondre 66 livres 10 onces 5 gros 24 grains de glace.

Une livre de charbon en brûlant ne fait fondre que 96 livres 8 onces de glace; mais il s'absorbe en même temps 2 livres 9 onces 1 gros 10 grains de gaz oxygène. Or, en partant des résultats obtenus dans la combustion du phosphore, 2 livres 9 onces 1 gros 10 grains de gaz oxygène devraient abandonner assez de calorique pour fondre 171 livres 6 onces 5 gros de glace. Il disparaît donc dans cette expérience une quantité de calorique qui aurait été suffisante pour faire fondre 74 livres 14 onces 5 gros de glace; mais comme l'acide carbonique n'est point, comme le phosphorique, dans l'état concret après la combustion, qu'il est au contraire dans l'état gazeux, il a fallu nécessairement une quantité de calorique pour le porter à cet état, et c'est cette quantité qui se trouve manquante dans la combustion ci-dessus. En la divisant par le nombre de livres d'acide carbonique qui se forment par la combustion de 1 livre de charbon, on trouve que la quantité de calorique nécessaire pour porter 1 livre d'acide carbonique de l'état concret à l'état gazeux ferait fondre 20 livres 15 onces 5 gros de glace.

On peut faire un semblable calcul sur la combustion de l'hydrogène et sur la formation de l'eau; une livre de ce fluide élastique absorbe en brûlant 5 livres 10 onces 5 gros 24 grains d'oxygène, et fait fondre 295 livres 9 onces 3 gros et demi de glace.

Or, 5 livres 10 onces 5 gros 24 grains de gaz oxygène en passant de l'état aériforme à l'état solide, perdraient, d'après les résultats obtenus dans la combustion du phosphore, assez de calorique pour faire fondre une quantité de glace égale à :

	liv.	onc.	gros.
Glace	377	12	3
Il ne s'en dégage dans la combustion du gaz hydrogène que	295	2	3
Il en reste donc dans l'eau qui se forme, lors même qu'elle est ramenée à zéro du thermomètre	82	9	7 1/2

Or, comme il se forme 6 livres 10 onces 5 gros 24 grains d'eau dans la combustion de 1 livre de gaz hydrogène, il en résulte qu'il reste dans chaque livre d'eau, à zéro du thermomètre, une quantité de calorique égale à celle nécessaire pour fondre 12 livres 5 onces 2 gros 48 grains de glace, sans parler même de celui contenu dans le gaz

hydrogène, dont il est impossible de tenir compte dans cette expérience, parce que nous n'en connaissons pas la quantité. D'où l'on voit que l'eau, même dans l'état de glace, contient encore beaucoup de calorique, et que l'oxygène en conserve une quantité très considérable en passant dans cette combinaison.

De ces diverses tentatives on peut résumer les résultats qui suivent :

Combustion du phosphore.

	liv.	onc.	gro.	gra.
Quantité de phosphore brûlé.....	1	—	—	—
Quantité de gaz oxygène nécessaire pour la combustion.....	1	8	—	—
Quantité d'acide phosphorique obtenu....	2	8	—	—

Quantité de calorique dégagé par la combustion d'une livre de phosphore, exprimé par la quantité de livres de glace qu'il peut fondre.....	100,00000
Quantité de calorique dégagé de chaque livre de gaz oxygène dans la combustion du phosphore.....	66,66667
Quantité de calorique qui se dégage dans la formation d'une livre d'acide phosphorique.....	40,00000
Quantité de calorique resté dans chaque livre d'acide phosphorique.....	0,00000

On suppose ici que l'acide phosphorique ne conserve aucune portion de calorique, ce qui n'est pas rigoureusement vrai : mais la quantité (comme on l'a déjà observé plus haut) en est probablement très petite, et on ne la suppose nulle que faute de la pouvoir évaluer.

Combustion du charbon.

	liv.	onc.	gro.	gra.
Quantité de charbon brûlé.....	1	—	—	—
Quantité de gaz oxygène absorbé pendant la combustion.....	2	9	1	10
Quantité d'acide carbonique formé.....	3	9	1	10

Quantité de calorique dégagé par la combustion d'une livre de charbon, exprimé par la quantité de livres de glace qu'il peut fondre.....	96,50000
Quantité de calorique dégagé de chaque livre de gaz oxygène.....	37,52823
Quantité de calorique qui se dégage dans la formation d'une livre de gaz acide carbonique	27,02024
Quantité de calorique que conserve une livre d'oxygène dans cette combustion.	29,13844
Quantité de calorique nécessaire pour porter une livre d'acide carbonique à l'état de gaz.....	20,97960

Combustion du gaz hydrogène.

	liv.	onc.	gro.	gra.
Quantité de gaz hydrogène brûlé.....	1	—	—	—
Quantité de gaz oxygène employé pour la combustion.....	5	10	5	24
Quantité d'eau formée.....	6	10	5	24

Quantité de calorique dégagé par la combustion d'une livre de gaz hydrogène.....	295,58950
Quantité de calorique dégagé par chaque livre de gaz oxygène.....	52,16280
Quantité de calorique qui se dégage pendant la formation d'une livre d'eau.	44,33840
Quantité de calorique que conserve une livre d'oxygène dans sa combustion avec l'hydrogène.....	14,50386
Quantité de calorique que conserve une livre d'eau à zéro.....	12,32823

De la formation de l'acide nitrique.

Lorsque l'on combine du gaz nitreux avec du gaz oxygène pour former de l'acide nitrique ou nitreux, il y a une légère chaleur produite; mais elle est beaucoup moindre que celle qui a lieu dans les autres combinaisons de l'oxygène; d'où il résulte par une conséquence nécessaire que le gaz oxygène, en se fixant dans l'acide nitrique, retient une grande partie du calorique qui lui était combiné dans l'état de gaz. Il n'est point impossible sans doute de déterminer la quantité de calorique qui se dégage pendant la réunion des deux gaz, et l'on en conclurait facilement ensuite celle qui demeure engagée dans la combinaison. On parviendrait à obtenir la première de ces données, en opérant la combinaison du gaz nitreux et du gaz oxygène dans un appareil environné de glace : mais comme il se dégage peu de calorique dans cette combinaison, on ne pourrait réussir à en déterminer la quantité, qu'autant qu'on opérerait très en grand avec des appareils embarrassants et compliqués; et c'est ce qui nous a empêchés jusqu'ici, M. de La Place et moi, de la tenter. En attendant, on peut déjà y suppléer par des calculs qui ne peuvent pas s'écarter beaucoup de la vérité.

Nous avons fait détoner, M. de La Place et moi, dans un appareil à glace une proportion convenable de salpêtre et de charbon, et nous avons observé que 1 livre de salpêtre pouvait, en détonant ainsi, fondre 12 livres de glace.

Mais 1 livre de salpêtre, comme on le verra dans la suite, contient :

	onc.	gro.	gra.		gra.
Potasse.....	7 .	6 .	51,84	=	4515,84
Acide sec.....	8 .	1 .	20,16	=	4700,16

Et les 8 onces 1,20 gros 16 grains d'acide sont eux-mêmes composés de :

	onc.	gro.	gra.		gra.
Oxygène.....	6 .	3 .	66,34	=	3738,34
Mofète.....	1 .	5 .	25,82	=	961,82

On a donc réellement brûlé dans cette opération 2 gros 1 grain 1/3 de charbon, à l'aide de 3738,34 grains, ou 6 onces 3 gros 66,34 grains

d'oxygène; et puisque la quantité de glace fondue dans cette combustion a été de 12 livres, il en résulte que :

Une livre de gaz oxygène brûlé de la même manière fondrait.....	29,58320
A quoi ajoutant pour la quantité de calorique que conserve une livre d'oxygène dans sa combinaison avec le charbon, pour constituer l'acide carbonique dans l'état de gaz, et qui est, comme on l'a vu plus haut, de.....	29,13844
On a pour la quantité totale de calorique que contient une livre d'oxygène, lorsqu'il est combiné dans l'acide nitrique.....	58,72164
On a vu par le résultat de la combustion du phosphore, que dans l'état de gaz oxygène il en contenait au moins.....	66,66667
Donc, en se combinant avec l'azote pour former de l'acide nitrique, il n'en perd que.....	7,94502

Des expériences ultérieures apprendront si ce résultat, déduit par le calcul, s'accorde avec des opérations plus directes.

Cette énorme quantité de calorique, que l'oxygène porte avec lui dans l'acide nitrique, explique pourquoi dans toutes les détonations du nitre, ou pour mieux dire, dans toutes les occasions où l'acide nitrique se décompose, il y a un si grand dégagement de calorique.

Combustion de la bougie.

Après avoir examiné quelques cas de combustions simples, je vais donner des exemples de combustions plus composées; je commence par la cire.

Une livre de cette substance, en brûlant paisiblement dans l'appareil à glace destiné à mesurer les quantités de calorique, fond 133 livres 2 onces 5 gros 1/3 de glace.

Or, 1 livre de bougie, suivant les expériences que j'ai rapportées (*Mém. de l'Acad.*, 1784, p. 606), contient :

	onc.	gro.	gra.
Charbon	13	1	23
Hydrogène	2	6	49
Les 13 onces 1 gros 23 grains de charbon, d'après les expériences ci-dessus rapportées devaient fondre (liv. de glace)	79,39390		
Les 2 onces 6 gros 49 grains d'hydrogène devaient fondre (liv. de glace)	52,37605		
Total	131,76995		

On voit par ces résultats que la quantité de calorique qui se dégage de la bougie qui brûle est assez exactement égale à celle qu'on obtiendrait en brûlant séparément un poids de charbon et d'hydrogène égal à celui qui entre dans sa combinaison. Les expériences sur la combustion de la bougie ayant été répétées plusieurs fois, j'ai lieu de présumer qu'elles sont exactes.

Combustion de l'huile d'olives.

Nous avons enfermé dans l'appareil ordinaire une lampe qui contenait une quantité d'huile d'olives bien connue; et l'expérience finie, nous avons déterminé exactement le poids de l'huile qui avait été consommée et celui de la glace qui avait été fondue; le résultat a été que 1 livre d'huile d'olives en brûlant pouvait fondre 148 livres 14 onces 1 gros de glace.

Mais 1 livre d'huile d'olives, d'après les expériences que j'ai rapportées (*Mém. de l'Acad.*, 1784) et dont on trouvera un extrait dans le chapitre suivant, contient :

	onc.	gro.	gra
Charbon	12	5	5
Hydrogène	3	2	67
La combustion de 12 onces 5 gros 5 grains de charbon ne devait fondre que (liv. de glace).	76,18723		
Et celle de 3 onces 2 gros 67 grains d'hydrogène	62,15053		
Total	138,33776		
Il s'en est fondu	148,88330		
Le dégagement de calorique a donc été plus considérable qu'il ne devait l'être d'une quantité équivalente à	10,54554		

Cette différence, qui n'est pas au surplus très considérable, peut tenir ou à des erreurs inévitables dans les expériences de ce genre, ou à ce que la composition de l'huile n'est pas encore assez rigoureusement connue. Mais il en résulte toujours qu'il y a déjà beaucoup d'ensemble et d'accord dans la marche des expériences relatives à la combinaison et au dégagement du calorique.

Ce qui reste à faire dans ce moment et dont nous sommes occupés est de déterminer ce que l'oxygène conserve de calorique dans sa combinaison avec les métaux pour les convertir en oxydes; ce que l'hydrogène en contient dans les différents états dans lesquels il peut exister; enfin de connaître d'une manière plus exacte la quantité de calorique qui se dégage dans la formation de l'eau. Il nous reste sur cette détermination une incertitude assez grande qu'il est nécessaire de lever par de nouvelles expériences. Ces différents points bien connus, et nous espérons qu'ils le seront bientôt, nous nous trouverons vraisemblablement obligés de faire des corrections, peut-être même assez considérables, à la plupart des résultats que je viens d'exposer; mais je n'ai pas cru que ce fût une raison de différer d'en aider ceux qui pourront se proposer de travailler sur le même objet. Il est difficile quand on cherche les éléments d'une science nouvelle, de ne pas commencer par des à peu près; et il est rare qu'il soit possible de la porter dès le premier jet à son état de perfection.

CHAPITRE X.

De la combinaison des substances combustibles les unes avec les autres.

Les substances combustibles étant en général celles qui ont une grande appétence pour l'oxygène, il en résulte qu'elles doivent avoir de l'affinité entre elles, qu'elles doivent tendre à se combiner les unes avec les autres : *quœ sunt eadem uni tertio sunt eadem inter se;* et c'est ce qu'on observe en effet. Presque tous les métaux, par exemple, sont susceptibles de se combiner les uns avec les autres, et il en résulte un ordre de composés qu'on nomme alliages dans les usages de la société. Rien ne s'oppose à ce que nous adoptions cette expression : ainsi nous dirons que la plupart des métaux s'allient les uns avec les autres; que les alliages, comme toutes les combinaisons, sont susceptibles d'un ou de plusieurs degrés de saturation : que les substances métalliques dans cet état sont en général plus cassantes que les métaux purs, surtout lorsque les métaux alliés diffèrent beaucoup par leur degré de fusibilité; enfin nous ajouterons que c'est à cette différence des degrés de fusibilité des métaux que sont dus une partie des phénomènes particuliers que présentent les alliages, tels, par exemple, que la propriété qu'ont quelques espèces de fers d'être cassants à chaud. Ces fers doivent être considérés comme un alliage de fer pur, métal presque infusible, avec une petite quantité d'un autre métal, quel qu'il soit, qui se liquéfie à une chaleur beaucoup plus douce. Tant qu'un alliage de cette espèce est froid et que les deux métaux sont dans l'état solide, il peut être malléable : mais si on le chauffe à un degré suffisant pour liquéfier celui des deux métaux qui est le plus fusible, les parties liquides interposées entre les solides doivent rompre la solution de continuité et le fer doit devenir cassant.

A l'égard des alliages de mercure avec les métaux, on a coutume de les désigner sous le nom d'amalgame et nous n'avons vu aucun inconvénient à leur conserver cette dénomination.

Le soufre, le phosphore, le charbon sont également susceptibles de se combiner avec les métaux; les combinaisons du soufre ont été

en général désignées sous le nom de pyrites; les autres n'ont point été nommées, ou du moins elles ont reçu des dénominations si modernes, que rien ne s'oppose à ce qu'elles soient changées.

Nous avons donné aux premières de ces combinaisons le nom de sulfures, aux secondes celui de phosphures, enfin aux troisièmes celui de carbures. Ainsi le soufre, le phosphore, le charbon oxygénés forment des oxydes ou des acides; mais lorsqu'ils entrent dans des combinaisons sans s'être auparavant oxygénés, ils forment des sulfures, des phosphures et des carbures. Nous étendrons même ces dénominations aux combinaisons alcalines; ainsi nous désignerons sous le nom de sulfure de potasse la combinaison du soufre avec la potasse ou alcali fixe végétal, et sous le nom de sulfure d'ammoniaque la combinaison du soufre avec l'alcali volatil ou ammoniaque.

L'hydrogène, cette substance éminemment combustible, est aussi susceptible de se combiner avec un grand nombre de substances combustibles. Dans l'état de gaz il dissout le carbone, le soufre, le phosphore et plusieurs métaux. Nous désignerons ces combinaisons sous le nom de gaz hydrogène carboné, de gaz hydrogène sulfuré, de gaz hydrogène phosphoré. Le second de ces gaz, le gaz hydrogène sulfuré, est celui que les chimistes ont désigné sous le nom de « gaz hépatique », et que M. Scheele a nommé « gaz puant du soufre »; c'est à lui que quelques eaux minérales doivent leurs vertus; c'est aussi à son émanation que les déjections animales doivent principalement leur odeur infecte. A l'égard du gaz hydrogène phosphoré, il est remarquable par la propriété qu'il a de s'enflammer spontanément, lorsqu'il a le contact de l'air ou mieux encore celui du gaz oxygène, comme l'a découvert M. Gengembre. Ce gaz a l'odeur du poisson pourri, et il est probable qu'il s'exhale en effet un véritable gaz hydrogène phosphoré de la chair des poissons par la putréfaction.

Lorsque l'hydrogène et le carbone s'unissent ensemble sans que l'hydrogène ait été porté à l'état de gaz par le calorique, il en résulte une combinaison particulière connue sous le nom d'huile, et cette huile est ou fixe ou volatile, suivant les proportions de l'hydrogène et du carbone.

Il ne sera pas inutile d'observer ici qu'un des principaux caractères qui distingue les huiles fixes retirées des végétaux par expression d'avec les huiles volatiles ou essentielles, c'est que les premières

contiennent un excès de carbone qui s'en sépare lorsqu'on les échauffe au delà du degré de l'eau bouillante : les huiles volatiles, au contraire, étant formées d'une plus juste proportion de carbone et d'hydrogène ne sont point susceptibles d'être décomposées à un degré de chaleur supérieur à l'eau bouillante; les deux principes qui les constituent demeurent unis; ils se combinent avec le calorique pour former un gaz, et c'est dans cet état que ces huiles passent dans la distillation.

J'ai donné la preuve que les huiles étaient ainsi composées d'hydrogène et de carbone dans un mémoire sur la combinaison de l'esprit-de-vin et des huiles avec l'oxygène, imprimé dans le *Recueil de l'Académie*, année 1784, p. 593. On y verra que les huiles fixes, en brûlant dans le gaz oxygène, se convertissent en eau et en acide carbonique et qu'en appliquant le calcul à l'expérience, elles sont composées de 21 parties d'hydrogène et de 79 parties de carbone. Peut-être les substances huileuses solides, telles que la cire, contiennent-elles en outre un peu d'oxygène auquel elles doivent leur état solide. Je suis au surplus occupé dans ce moment d'expériences qui donneront un grand développement à toute cette théorie.

C'est une question bien digne d'être examinée, de savoir si l'hydrogène est susceptible de se combiner avec le soufre, le phosphore et même avec les métaux dans l'état concret. Rien n'indique sans doute *a priori* que ces combinaisons soient impossibles, car puisque les corps combustibles sont en général susceptibles de se combiner les uns avec les autres, on ne voit pas pourquoi l'hydrogène ferait exception. Mais en même temps aucune expérience directe ne prouve encore ni la possibilité ni l'impossibilité de cette union. Le fer et le zinc sont de tous les métaux ceux dans lesquels on serait le plus en droit de soupçonner une combinaison d'hydrogène; mais en même temps ces métaux ont la propriété de décomposer l'eau; et comme dans les expériences chimiques il est difficile de se débarrasser des derniers vestiges d'humidité, il n'est pas facile de s'assurer si les petites portions de gaz hydrogène qu'on obtient dans quelques expériences sur ces métaux leur étaient combinées, ou bien si elles proviennent de la décomposition de quelques molécules d'eau. Ce qu'il y a de certain, c'est que plus on prend soin d'écarter l'eau de ce genre d'expériences, plus la quantité de gaz hydrogène diminue, et qu'avec de très grandes précautions on parvient à n'en avoir que des quantités presque insensibles.

Quoi qu'il en soit, que les corps combustibles, notamment le soufre, le phosphore et les métaux, soient susceptibles ou non d'absorber de l'hydrogène, on peut assurer au moins qu'il ne s'y combine qu'en très petite quantité et que cette combinaison, loin d'être essentielle à leur constitution, ne peut être regardée que comme une addition étrangère qui en altère la pureté. C'est au surplus à ceux qui ont embrassé ce système à prouver par des expériences décisives l'existence de cet hydrogène, et jusqu'à présent ils n'ont donné que des conjectures appuyées sur des suppositions.

CHAPITRE XI.

Considérations sur les oxydes et les acides à plusieurs bases, et sur la composition des matières végétales et animales.

Nous avons examiné dans le Chapitre V et dans le Chapitre VIII quel était le résultat de la combustion et de l'oxygénation des quatre substances combustibles simples, le phosphore, le soufre, le carbone et l'hydrogène : nous avons fait voir dans le Chapitre X que les substances combustibles simples étaient susceptibles de se combiner les unes avec les autres, pour former des corps combustibles composés, et nous avons observé que les huiles en général, principalement les huiles fixes des végétaux, appartenaient à cette classe et qu'elles étaient toutes composées d'hydrogène et de carbone. Il me reste à traiter, dans ce chapitre, de l'oxygénation des corps combustibles composés, à faire voir qu'il existe des acides et des oxydes à base double et triple, que la nature nous en fournit à chaque pas des exemples et que c'est principalement par ce genre de combinaisons qu'elle est parvenue à former avec un aussi petit nombre d'éléments ou de corps simples une aussi grande variété de résultats.

On avait très anciennement remarqué qu'en mêlant ensemble de l'acide muriatique et de l'acide nitrique, il en résultait un acide mixte qui avait des propriétés fort différentes de celles des deux acides dont il était composé. Cet acide a été célèbre par la propriété qu'il a de dissoudre l'or, « le roi des métaux » dans le langage alchimique, et c'est de là que lui a été donnée la qualification brillante d' « eau régale ». Cet acide mixte, comme l'a très bien prouvé M. Berthollet, a des propriétés particulières dépendantes de l'action combinée de ses deux bases acidifiables, et nous avons cru par cette raison devoir lui conserver un nom particulier. Celui d'acide nitromuriatique nous a paru le plus convenable, parce qu'il exprime la nature des deux substances qui entrent dans sa composition.

Mais ce phénomène qui n'a été observé que pour l'acide nitromuriatique se présente continuellement dans le règne végétal : il est infiniment rare d'y trouver un acide simple, c'est-à-dire qui ne

soit composé que d'une seule base acidifiable. Tous les acides de ce règne ont pour base l'hydrogène et le carbone, quelquefois l'hydrogène, le carbone et le phosphore, le tout combiné avec une proportion plus ou moins considérable d'oxygène. Le règne végétal a également des oxydes qui sont formés des mêmes bases doubles et triples, mais moins oxygénés.

Les acides et oxydes du règne animal sont encore plus composés; il entre, dans la combinaison de la plupart, quatre bases acidifiables, l'hydrogène, le carbone, le phosphore et l'azote.

Je ne m'étendrai pas beaucoup ici sur cette matière sur laquelle il n'y a pas longtemps que je me suis formé des idées claires et méthodiques : je la traiterai plus à fond dans des Mémoires que je prépare pour l'Académie. La plus grande partie de mes expériences sont faites, mais il est nécessaire que je les répète et que je les multiplie davantage, afin de pouvoir donner des résultats exacts pour les quantités. Je me contenterai en conséquence de faire une courte énumération des oxydes et acides végétaux et animaux et de terminer cet article par quelques réflexions sur la constitution végétale et animale.

Les oxydes végétaux à deux bases sont le sucre, les différentes espèces de gomme que nous avons réunies sous le nom générique de *muqueux* et l'amidon. Ces trois substances ont pour radical l'hydrogène et le carbone combinés ensemble, de manière à ne former qu'une seule base et portés à l'état d'oxyde par une portion d'oxygène; ils ne diffèrent que par la proportion des principes qui composent la base. On peut de l'état d'oxyde les faire passer à celui d'acide en leur combinant une nouvelle quantité d'oxygène et l'on forme ainsi, suivant le degré d'oxygénation et la proportion de l'hydrogène et du carbone, les différents acides végétaux.

Il ne s'agirait plus, pour appliquer à la nomenclature des acides et des oxydes végétaux les principes que nous avons précédemment établis pour les oxydes et les acides minéraux, que de leur donner des noms relatifs à la nature des deux substances qui composent leur base. Les oxydes et les acides végétaux seraient alors des oxydes et des acides hydro-carboneux : bien plus, on aurait encore dans cette méthode l'avantage de pouvoir indiquer sans périphrases quel est le principe qui est en excès, comme M. Rouelle l'avait imaginé pour les extraits végétaux : il appelait extracto-résineux celui où

l'extrait dominait, et résino-extractif celui qui participait davantage de la résine.

En partant des mêmes principes, et en variant les terminaisons pour donner encore plus d'étendue à ce langage, on aurait pour désigner les acides et les oxydes végétaux, les dénominations suivantes :

Oxyde hydro-carboneux,
Oxyde hydro-carbonique;

Oxyde carbone-hydreux,
Oxyde carbone-hydrique;

Acide hydro-carboneux,
Acide hydro-carbonique,

Acide hydro-carbonique oxygéné;
Acide carbone-hydreux,

Acide carbone-hydrique,
Acide carbone-hydrique oxygéné.

Il est probable que cette variété de langage sera suffisante pour indiquer toutes les variétés que nous présente la nature et qu'à mesure que les acides végétaux seront bien connus, ils se rangeront naturellement et pour ainsi dire d'eux-mêmes dans le cadre que nous venons de présenter. Mais il s'en faut bien que nous soyons encore en état de pouvoir faire une classification méthodique de ces substances; nous savons quels sont les principes qui les composent, et il ne me reste plus aucun doute à cet égard; mais les proportions sont encore inconnues. Ce sont ces considérations qui nous ont déterminés à conserver provisoirement les noms anciens; et maintenant encore que je suis un peu plus avancé dans cette carrière que je ne l'étais à l'époque où notre essai de nomenclature a paru, je me reprocherais de tirer des conséquences trop décidées d'expériences qui ne sont pas encore assez précises : mais en convenant que cette partie de la Chimie reste en souffrance, je puis y ajouter l'espérance qu'elle sera bientôt éclaircie.

Je me trouve encore plus impérieusement forcé de prendre le même parti à l'égard des oxydes et des acides à trois et quatre bases, dont le règne animal présente un grand nombre d'exemples, et qui se rencontrent même quelquefois dans le règne végétal. L'azote,

par exemple, entre dans la composition de l'acide prussique: il s'y trouve joint à l'hydrogène et au carbone, pour former une base triple; il entre également, à ce qu'on peut croire, dans l'acide gallique. Enfin, presque tous les acides animaux ont pour base l'azote, le phosphore, l'hydrogène, et le carbone. Une nomenclature qui entreprendrait d'exprimer à la fois ces quatre bases, serait méthodique sans doute; elle aurait l'avantage d'exprimer des idées claires et déterminées; mais cette cumulation de substantifs et d'adjectifs grecs et latins, dont les chimistes mêmes n'ont point encore admis généralement l'usage, semblerait présenter un langage barbare, également difficile à retenir et à prononcer. La perfection d'ailleurs de la science doit précéder celle du langage, et il s'en faut bien que cette partie de la Chimie soit encore parvenue au point auquel elle doit arriver un jour. Il est donc indispensable de conserver au moins pour un temps, les noms anciens pour les acides et les oxydes animaux. Nous nous sommes seulement permis d'y faire quelques légères modifications; par exemple, de terminer en « eux » la dénomination de ceux dans lesquels nous soupçonnons que le principe acidifiable est en excès, et de terminer au contraire en « ique » le nom de ceux dans lesquels nous avons lieu de croire que l'oxygène est prédominant.

Les acides végétaux qu'on connaît jusqu'à présent sont au nombre de 13, savoir :

L'acide acéteux,
L'acide acétique,
L'acide oxalique,
L'acide tartareux,
L'acide pyro-tartareux,
L'acide citrique,
L'acide malique,
L'acide pyro-muqueux,
L'acide pyro-ligneux,
L'acide gallique,
L'acide benzoïque,
L'acide camphorique,
L'acide succinique.

Quoique tous ces acides soient, comme je l'ai dit, principalement et presque uniquement composés d'hydrogène, de carbone et d'oxygène, ils ne contiennent cependant, à proprement parler, ni eau, ni acide carbonique, ni huile, mais seulement les principes propres à les former. La force d'attraction qu'exercent réciproquement l'hydrogène, le carbone et l'oxygène, est dans ces acides dans un état d'équilibre qui ne peut exister qu'à la température dans laquelle nous vivons: pour peu qu'on les échauffe au delà du degré de l'eau

bouillante, l'équilibre est rompu; l'oxygène et l'hydrogène se réunissent pour former de l'eau; une portion du carbone s'unit à l'hydrogène pour produire de l'huile; il se forme aussi de l'acide carbonique par la combinaison du carbone et de l'oxygène; enfin il se trouve presque toujours une quantité excédente de charbon qui reste libre. C'est ce que je me propose de développer un peu davantage dans le chapitre suivant.

Les oxydes du règne animal sont encore moins connus que ceux du règne végétal, et leur nombre même est encore indéterminé. La partie rouge du sang, la lymphe, presque toutes les sécrétions, sont de véritables oxydes; et c'est sous ce point de vue qu'il est important de les étudier.

Quant aux acides animaux, le nombre de ceux qui sont connus se borne actuellement à six; encore est-il probable que plusieurs de ces acides rentrent les uns dans les autres, ou au moins ne diffèrent que d'une manière peu sensible. Ces acides sont :

L'acide lactique,	L'acide formique,
L'acide saccho-lactique,	L'acide sébacique,
L'acide bombique,	L'acide prussique.

Je ne place pas l'acide phosphorique au rang des acides animaux, parce qu'il appartient également aux trois règnes.

La connexion des principes qui constituent les acides et les oxydes animaux, n'est pas plus solide que celle des acides et des oxydes végétaux; un très léger changement dans la température suffit pour la troubler, et c'est ce que j'espère rendre plus sensible par les observations que je vais rapporter dans le chapitre suivant.

CHAPITRE XII.

De la décomposition des matières végétales et animales par l'action du feu.

Pour bien concevoir ce qui se passe dans la décomposition des substances végétales par le feu, il faut non seulement considérer la nature des principes qui entrent dans leur composition, mais encore les différentes forces d'attraction que les molécules de ces principes exercent les unes sur les autres, et en même temps celle que le calorique exerce sur eux.

Les principes vraiment constitutifs des végétaux se réduisent à trois, comme je viens de l'exposer dans le chapitre précédent : l'hydrogène, l'oxygène et le carbone. Je les appelle *constitutifs*, parce qu'ils sont communs à tous les végétaux, qu'il ne peut exister de végétaux sans eux; à la différence des autres substances qui ne sont essentielles qu'à la constitution de tel végétal en particulier, mais non pas de tous les végétaux en général.

De ces trois principes, deux, l'hydrogène et l'oxygène, ont une grande tendance à s'unir au calorique et à se convertir en gaz; tandis que le carbone, au contraire, est un principe fixe et qui a très peu d'affinité avec le calorique.

D'un autre côté, l'oxygène qui tend avec un degré de force à peu près égale à s'unir, soit avec l'hydrogène, soit avec le carbone, à la température habituelle dans laquelle nous vivons, a au contraire plus d'affinité avec le carbone à une chaleur rouge; l'oxygène quitte en conséquence à ce degré l'hydrogène, et s'unit au carbone pour former de l'acide carbonique.

Je me servirai quelquefois de cette expression « chaleur rouge », quoiqu'elle n'exprime pas un degré de chaleur bien déterminée, mais beaucoup supérieure cependant à celle de l'eau bouillante.

Quoique nous soyons bien éloignés de connaître la valeur de toutes ces forces, et de pouvoir en exprimer l'énergie par des nombres, au moins sommes-nous certains par ce qui se passe journellement sous nos yeux, que quelque variables qu'elles soient en raison du degré de température, ou, ce qui est la même chose, en raison de la

quantité de calorique avec lequel elles sont combinées, elles sont toutes à peu près en équilibre à la température dans laquelle nous vivons; ainsi les végétaux ne contiennent ni huile, ni eau, ni acide carbonique [1]; mais ils contiennent les éléments de toutes ces substances. L'hydrogène n'est point combiné, ni avec l'oxygène, ni avec le carbone, et réciproquement; mais les molécules de ces trois substances forment une combinaison triple, d'où résultent le repos et l'équilibre.

Un changement très léger dans la température suffit pour renverser tout cet échaffaudage de combinaisons, s'il est permis de se servir de cette expression. Si la température à laquelle le végétal est exposé n'excède pas beaucoup celle de l'eau bouillante, l'hydrogène et l'oxygène se réunissent et forment de l'eau qui passe dans la distillation; une portion d'hydrogène et de carbone s'unissent ensemble pour former de l'huile volatile, une autre portion de carbone devient libre, et comme le principe le plus fixe, il reste dans la cornue. Mais si au lieu d'une chaleur voisine de l'eau bouillante on applique à une substance végétale une chaleur rouge, alors ce n'est plus de l'eau qui se forme, ou plutôt même celle qui pouvait s'être formée par la première impression de la chaleur se décompose; l'oxygène s'unit au carbone avec lequel il a plus d'affinité à ce degré; il se forme de l'acide carbonique, et l'hydrogène devenu libre s'échappe sous la forme de gaz, en s'unissant au calorique. Non seulement à ce degré il ne se forme point d'huile, mais s'il s'en était formé, elle serait décomposée.

On voit donc que la décomposition des matières végétales se fait à ce degré, en vertu d'un jeu d'affinités doubles et triples, et que tandis que le carbone attire l'oxygène pour former de l'acide carbonique, le calorique attire l'hydrogène pour former du gaz hydrogène.

---

[1] On conçoit que je suppose ici des végétaux réduits à l'état de dessiccation parfaite, et qu'à l'égard de l'huile, je n'entends pas parler des végétaux qui en fournissent, soit par expression à froid, soit par une chaleur qui n'excède pas celle de l'eau bouillante. Il n'est ici question que de l'huile empyreumatique qu'on obtient par la distillation à feu nu, à un degré de feu supérieur à l'eau bouillante. C'est cette huile seule que j'annonce être un produit de l'opération. On peut voir ce que j'ai publié à cet égard dans le volume de l'Académie, année 1786.

Il n'est point de substance végétale dont la distillation ne fournisse la preuve de cette théorie, si toutefois on peut appeler de ce nom un simple énoncé des faits. Qu'on distille du sucre; tant qu'on ne lui fera éprouver qu'une chaleur inférieure à celle de l'eau bouillante, il ne perdra qu'un peu d'eau de cristallisation; il sera toujours du sucre et il en conservera toutes les propriétés : mais sitôt qu'on l'expose à une chaleur tant soit peu supérieure à celle de l'eau bouillante, il noircit; une portion de carbone se sépare de la combinaison, en même temps il passe de l'eau légèrement acide, et un peu d'huile; le charbon qui reste dans la cornue forme près d'un tiers du poids originaire.

Le jeu des affinités est encore plus compliqué dans les plantes qui contiennent de l'azote, comme les crucifères, et dans celles qui contiennent du phosphore; mais comme ces substances n'entrent qu'en petite quantité dans leur combinaison, elles n'apportent pas de grands changements, au moins en apparence, dans les phénomènes de la distillation; il paraît que le phosphore demeure combiné avec le charbon, qui lui communique de la fixité. Quant à l'azote, il s'unit à l'hydrogène pour former de l'ammoniaque ou alcali volatil.

Les matières animales étant composées à peu près des mêmes principes que les plantes crucifères, leur distillation donne le même résultat; mais comme elles contiennent plus d'hydrogène et plus d'azote, elles fournissent plus d'huile et plus d'ammoniaque. Pour faire connaître avec quelle ponctualité cette théorie rend compte de tous les phénomènes qui ont lieu dans la distillation des matières animales, je ne citerai qu'un fait, c'est la rectification et la décomposition totale des huiles volatiles animales, appelées vulgairement « huiles de Dippel ». Ces huiles, lorsqu'on les obtient par une première distillation à feu nu, sont brunes parce qu'elles contiennent un peu de charbon presque libre; mais elles deviennent blanches par la rectification. Le carbone tient si peu à ces combinaisons, qu'il s'en sépare par leur simple exposition à l'air. Si l'on place une huile volatile animale bien rectifiée et par conséquent blanche, limpide et transparente, sous une cloche remplie de gaz oxygène, en peu de temps le volume du gaz diminue et il est absorbé par l'huile. L'oxygène se combine avec l'hydrogène de l'huile, pour former de l'eau qui tombe au fond; en même temps la portion de charbon qui était combinée avec l'hydrogène, devient libre et se manifeste par sa couleur noire.

C'est par cette raison que ces huiles ne se conservent blanches et claires, qu'autant qu'on les enferme dans des flacons bien bouchés, et qu'elles noircissent dès qu'elles ont le contact de l'air.

Les rectifications successives de ces mêmes huiles présentent un autre phénomène confirmatif de cette théorie. A chaque fois qu'on les distille, il reste un peu de charbon au fond de la cornue, en même temps il se forme un peu d'eau par la combinaison de l'oxygène de l'air des vaisseaux avec l'hydrogène de l'huile. Comme ce même phénomène a lieu à chaque distillation de la même huile, il en résulte qu'au bout d'un grand nombre de rectifications successives, surtout si on opère à un degré de feu un peu fort et dans des vaisseaux d'une capacité un peu grande, la totalité de l'huile se trouve décomposée, et l'on parvient à la convertir entièrement en eau et en charbon. Cette décomposition totale de l'huile par des rectifications répétées, est beaucoup plus longue et beaucoup plus difficile, quand on opère avec des vaisseaux d'une petite capacité, et surtout à un degré de feu lent et peu supérieur à celui de l'eau bouillante. Je rendrai compte à l'Académie, dans un Mémoire particulier, du détail de mes expériences sur cette décomposition des huiles; mais ce que j'ai dit me paraît suffire pour donner des idées précises de la constitution des matières végétales et animales, et de leur décomposition par le feu.

CHAPITRE XIII.

De la décomposition des oxydes végétaux par la fermentation vineuse.

Tout le monde sait comment se fait le vin, le cidre, l'hydromel et en général toutes les boissons fermentées spiritueuses. On exprime le jus des raisins et des pommes; on étend d'eau ce dernier, on met la liqueur dans de grandes cuves, et on la tient dans un lieu dont la température soit au moins de 10° du thermomètre de Réaumur. Bientôt il s'y excite un mouvement rapide de fermentation, des bulles d'air nombreuses viennent crever à la surface, et quand la fermentation est à son plus haut période, la quantité de ces bulles est si grande, la quantité de gaz qui se dégage est si considérable, qu'on croirait que la liqueur est sur un brasier ardent qui y excite une violente ébullition. Le gaz qui se dégage est de l'acide carbonique, et quand on le recueille avec soin, il est parfaitement pur et exempt du mélange de toute autre espèce d'air ou de gaz.

Le suc des raisins, de doux et de sucré qu'il était, se change dans cette opération en une liqueur vineuse qui, lorsque la fermentation est complète, ne contient plus de sucre, et dont on peut retirer par distillation une liqueur inflammable qui est connue dans le commerce et dans les arts sous le nom d'esprit-de-vin. On sent que cette liqueur étant un résultat de la fermentation d'une matière sucrée quelconque suffisamment étendue d'eau, il aurait été contre les principes de notre nomenclature de la nommer plutôt esprit-de-vin qu'esprit-de-cidre, ou esprit-de-sucre fermenté. Nous avons donc été forcés d'adopter un nom plus général, et celui d'alcool qui nous vient des Arabes nous a paru propre à remplir notre objet.

Cette opération est une des plus frappantes et des plus extraordinaires de toutes celles que la Chimie nous présente, et nous avons à examiner d'où vient le gaz acide carbonique qui se dégage, d'où vient l'esprit inflammable qui se forme, et comment un corps doux, un oxyde végétal peut se transformer ainsi en deux substances si différentes, dont l'une est combustible, l'autre éminemment incombustible. On voit que pour arriver à la solution de ces deux questions, il fallait d'abord bien connaître l'analyse et la nature du corps

susceptible de fermenter, et les produits de la fermentation; car rien ne se crée, ni dans les opérations de l'art, ni dans celles de la nature, et l'on peut poser en principes que dans toute opération, il y a une égale quantité de matière avant et après l'opération; que la qualité et la quantité des principes est la même, et qu'il n'y a que des changements, des modifications.

C'est sur ce principe qu'est fondé tout l'art de faire des expériences en Chimie, on est obligé de supposer dans toutes une véritable égalité ou équation entre les principes du corps qu'on examine, et ceux qu'on en retire par l'analyse. Ainsi puisque du moût de raisin donne du gaz acide carbonique et de l'alcool, je puis dire que le

moût de raisin = acide carbonique + alcool.

Il résulte de là qu'on peut parvenir de deux manières à éclaircir ce qui se passe dans la fermentation vineuse; la première, en déterminant bien la nature et les principes du corps fermentescible; la seconde, en observant bien les produits qui en résultent par la fermentation, et il est évident que les connaissances que l'on peut acquérir sur l'un conduisent à des conséquences certaines sur la nature des autres, et réciproquement.

Il était important d'après cela que je m'attachasse à bien connaître les principes constituants du corps fermentescible. On conçoit que pour y parvenir je n'ai pas été chercher les sucs de fruits très composés, et dont une analyse rigoureuse serait peut-être impossible. J'ai choisi de tous les corps susceptibles de fermenter le plus simple; le sucre, dont l'analyse est facile, et dont j'ai déjà précédemment fait connaître la nature. On se rappelle que cette substance est un véritable oxyde végétal, un oxyde à deux bases; qu'il est composé d'hydrogène et de carbone porté à l'état d'oxyde par une certaine proportion d'oxygène, et que ces trois principes sont dans un état d'équilibre qu'une force très légère suffit pour rompre : une longue suite d'expériences faites par différentes voies et que j'ai répétées bien des fois, m'a appris que les proportions des principes qui entrent dans la composition du sucre sont à peu près les suivantes :

Hydrogène	8	parties
Oxygène	64	»
Carbone	28	»
Total	100	parties

Pour faire fermenter le sucre il faut d'abord l'étendre d'environ 4 parties d'eau. Mais de l'eau et du sucre mêlés ensemble, dans quelque proportion que ce soit, ne fermenteraient jamais seuls, et l'équilibre subsisterait toujours entre les principes de cette combinaison, si on ne le rompait par un moyen quelconque. Un peu de levure de bière suffit pour produire cet effet et pour donner le premier mouvement à la fermentation : elle se continue ensuite d'elle-même jusqu'à la fin. Je rendrai compte ailleurs des effets de la levure et de ceux des ferments en général. J'ai communément employé 10 livres de levure en pâte pour 1 quintal de sucre, et une quantité d'eau égale à quatre fois le poids du sucre : ainsi la liqueur fermentescible se trouvait composée ainsi qu'il suit : je donne ici les résultats de mes expériences tels que je les ai obtenus, et en conservant même jusqu'aux fractions que m'a données le calcul de réduction.

Matériaux de la fermentation pour un quintal de sucre.

		liv.	onc.	gro.	gra.
Eau		400	–	–	–
Sucre		100	–	–	–
Levure de bière en pâte composée :	d'eau	7	3	6	44
	de levure sèche.	2	12	1	18
Total		510	–	–	–

Détail des principes constituants des matériaux de la fermentation.

liv.	onc.	gro.	gra.			liv.	onc.	gro.	gra.
407	3	6	44	d'eau composées :					
					d'hydrogène	61	1	2	71,40
					d'oxygène	346	2	3	44,60
100	–	–	–	de sucre composées :					
					d'hydrogène	8	–	–	–
					d'oxygène	64	–	–	–
					de carbone	28	–	–	–
2	12	1	28	de levure sèche composées :					
					de carbone	–	12	4	59,00
					d'azote	–	–	5	2,94
					d'hydrogène	–	4	5	9,30
					d'oxygène	1	10	2	28,76
					Total	510	–	–	–

Récapitulation des principes constituants des matériaux de la fermentation.

	liv.	onc.	gro.	gra.	liv.	onc.	gro.	gra.
Oxygène :								
de l'eau.....	340	–	–	–	411	12	6	1,36
de l'eau de la levure.	6	2	3	44,60				
du sucre.....	64	–	–	–				
de la levure.....	1	10	2	28,76				
Hydrogène :								
de l'eau.....	60	–	–	–	69	6	–	3,70
de l'eau de la levure.	1	1	2	71 49				
du sucre.....	8	–	–	–				
de la levure.....	–	4	5	9,30				
Carbone :								
du sucre.....	28	–	–	–	28	12	4	59,00
de la levure.....	–	12	4	59,00				
Azote :								
de la levure.....	–	–	–	–	–	–	5	2,94
Total.....					510	–	–	–

Après avoir bien déterminé quelle est la nature et la quantité des principes qui constituent les matériaux de la fermentation, il reste à examiner quels en sont les produits. Pour parvenir à les connaître, j'ai commencé par renfermer les 510 livres de liqueur ci-dessus dans un appareil, par le moyen duquel je pouvais, non seulement déterminer la qualité et la quantité des gaz à mesure qu'ils se dégageaient; mais encore peser chacun des produits séparément, à telle époque de la fermentation que je le jugeais à propos. Il serait trop long de décrire ici cet appareil, qui se trouve au surplus décrit dans la troisième Partie de cet Ouvrage. Je me bornerai donc à rendre compte des effets.

Une heure ou deux après que le mélange est fait, surtout si la température dans laquelle on opère est de 15 à 18°, on commence à apercevoir les premiers indices de la fermentation : la liqueur se trouble et devient écumeuse; il s'en dégage des bulles qui viennent crever à la surface; bientôt la quantité de ces bulles augmente, et il se fait un dégagement abondant et rapide de gaz acide carbonique

très pur accompagné d'écume qui n'est autre chose que de la levure qui se sépare. Au bout de quelques jours, suivant le degré de chaleur, le mouvement et le dégagement de gaz diminuent, mais ils ne cessent pas entièrement; et ce n'est qu'après un intervalle de temps assez long que la fermentation est achevée.

Le poids de l'acide carbonique sec qui se dégage dans cette opération est de 35 livres 5 onces 4 gros 19 grains.

Ce gaz entraîne en outre avec lui une portion assez considérable d'eau qu'il tient en dissolution, et qui est environ de 13 livres 14 onces 5 gros.

Il reste dans le vase dans lequel on opère une liqueur vineuse légèrement acide, d'abord trouble, qui s'éclaircit ensuite d'elle-même, et qui laisse déposer une portion de levure.

Cette liqueur pèse en totalité 460 livres 11 onces 6 gros 53 grains.

Enfin en analysant séparément toutes ces substances, et en les résolvant dans leurs parties constituantes, on trouve après un travail très pénible les résultats qui suivent, qui seront détaillés dans les *Mémoires de l'Académie.*

Tableau des résultats obtenus par la fermentation.

liv	once	gro	gra		liv.	once.	gro.	gra.
35	5	4	19	d'acide carbon. composées :				
				d'oxygène	25	7	1	34
				de carbone	9	14	2	57
408	15	5	14	d'eau composées :				
				d'oxygène	347	10	–	59
				d'hydrogène	61	5	4	27
57	11	1	58	d'alcool sec composées :				
				d'oxygène combiné avec l'hydrogène	31	6	1	64
				d'hydrogène combiné avec l'oxygène	5	8	5	3
				d'hydrogène combiné avec le carbone	4	–	5	–
				de carbone	16	11	5	63
2	8	–	–	d'ac. acéteux sec composées :				
				d'hydrogène	–	2	4	–
				d'oxygène	1	11	4	–
				de carbone	–	10	–	–

Tableau des résultats obtenus par la fermentation (suite).

4 . 1 . 4 . 3	de résidu sucré composées :	
	d'hydrogène.....	– . 5 . 1 .67
	d'oxygène.....	2 . 9 . 7 .27
	de carbone.....	1 . 2 . 2 .53
1 . 6 – . .50	de levure sèche composées :	
	d'hydrogène.....	– . 2 . 2 .41
	d'oxygène.....	– .13 . 1 .14
	de carbone.....	– . 6 . 2 .30
	d'azote	– . – . 2 .37
510 . – . – . –		510 . – . – . –

Récapitulation des résultats obtenus par la fermentation.

liv onc gro gra		liv onc gro gra
409 .10 . – .54	d'oxygène :	
	de l'eau.....	347 .10 . – .59
	de l'acide carbonique....	25 . 7 . 1 .34
	de l'alcool.....	31 . 6 . 1 .64
	de l'acide acéteux.....	1 .11 . 4 . –
	du résidu sucré.....	2 . 9 . 7 .27
	de la levure.....	– .13 . 1 .14
28 .12 . 5 .59	de carbone :	
	de l'acide carbonique....	9 .14 . 2 .57
	de l'alcool.....	16 .11 . 5 .63
	de l'acide acéteux.....	– .10 . – . –
	du résidu sucré.....	1 . 2 . 2 .53
	de la levure.....	– . 6 . 2 .30
71 . 8 . 6 .66	d'hydrogène :	
	de l'eau.....	61 . 5 . 4 .27
	de l'eau de l'alcool.....	5 . 8 . 5 . 3
	combiné avec le carbone dans l'alcool.....	4 . – . 5 . –
	de l'acide acéteux.....	– . 2 . 4 . –
	du résidu sucré.....	– . 5 . 1 .67
	de la levure.....	– . 2 . 2 .41
– . – . 2 .37	d'azote	– . – . 2 .37
510 . – . – . –		510 . – . – . –

Quoique dans ces résultats j'aie porté jusqu'aux grains la précision du calcul, il s'en faut bien que ce genre d'expériences puisse comporter encore une aussi grande exactitude; mais comme je n'ai opéré que sur quelques livres de sucre, et que pour établir des comparaisons j'ai été obligé de les réduire au quintal, j'ai cru devoir laisser subsister les fractions telles que le calcul me les a données.

En réfléchissant sur les résultats que présentent les tableaux ci-dessus, il est aisé de voir clairement ce qui se passe dans la fermentation vineuse. On remarque d'abord que sur les 100 livres de sucre qu'on a employées, il y en a eu 4 livres 1 once 4 gros 3 grains qui sont restées dans l'état de sucre non décomposé, en sorte qu'on n'a réellement opéré que sur 95 livres 14 onces 3 gros 69 grains de sucre; c'est-à-dire, sur 61 livres 6 onces 45 grains d'oxygène, sur 7 livres 10 onces 6 gros 6 grains d'hydrogène, et sur 26 livres 13 onces 5 gros 19 grains de carbone. Or, en comparant ces quantités on verra qu'elles sont suffisantes pour former tout l'esprit-de-vin ou alcool, tout l'acide carbonique et tout l'acide acéteux qui a été produit par l'effet de la fermentation. Il n'est donc point nécessaire de supposer que l'eau se décompose dans cette opération, à moins qu'on ne prétende que l'oxygène et l'hydrogène sont dans l'état d'eau dans le sucre; ce que je ne crois pas, puisque j'ai établi au contraire qu'en général les trois principes constitutifs des végétaux, l'hydrogène, l'oxygène et le carbone étaient entre eux dans un état d'équilibre, que cet état d'équilibre subsistait tant qu'il n'était point troublé, soit par un changement de température, soit par une double affinité, et que ce n'était qu'alors que les principes se combinant deux à deux formaient de l'eau et de l'acide carbonique.

Les effets de la fermentation vineuse se réduisent donc à séparer en deux portions le sucre qui est un oxyde; à oxygéner l'une aux dépens de l'autre pour en former de l'acide carbonique; à désoxygéner l'autre en faveur de la première pour en former une substance combustible qui est l'alcool; en sorte que s'il était possible de recombiner ces deux substances, l'alcool et l'acide carbonique, on reformerait du sucre. Il est à remarquer au surplus que l'hydrogène et le carbone ne sont pas dans l'état d'huile dans l'alcool; ils sont combinés avec une portion d'oxygène qui les rend miscibles à l'eau : les trois principes, l'oxygène, l'hydrogène et le carbone, sont donc encore ici dans une espèce d'état d'équilibre; et en effet, en les faisant passer

à travers un tube de verre ou de porcelaine rougi au feu, on les recombine deux à deux, et on retrouve de l'eau, de l'hydrogène, de l'acide carbonique et du carbone.

J'avais avancé d'une manière formelle dans mes premiers Mémoires sur la formation de l'eau, que cette substance regardée comme un élément, se décomposait dans un grand nombre d'opérations chimiques, notamment dans la fermentation vineuse; je supposais alors qu'il existait de l'eau toute formée dans le sucre, tandis que je suis persuadé aujourd'hui qu'il contient seulement les matériaux propres à la former. On conçoit qu'il a dû m'en coûter pour abandonner mes premières idées; aussi n'est-ce qu'après plusieurs années de réflexions, et d'après une longue suite d'expériences et d'observations sur les végétaux que je m'y suis déterminé.

Je terminerai ce que j'ai à dire sur la fermentation vineuse, en observant qu'elle peut fournir un moyen d'analyse du sucre et en général des substances végétales susceptibles de fermenter. En effet, comme je l'ai déjà indiqué au commencement de cet article, je puis considérer les matières mises à fermenter et le résultat obtenu après la fermentation, comme une équation algébrique; et en supposant successivement chacun des éléments de cette équation inconnus, j'en puis tirer une valeur, et rectifier ainsi l'expérience par le calcul et le calcul par l'expérience. J'ai souvent profité de cette méthode pour corriger les premiers résultats de mes expériences, et pour me guider dans les précautions à prendre pour les recommencer; mais ce n'est pas ici le moment d'entrer dans ces détails sur lesquels je me suis au surplus étendu fort au long dans le Mémoire que j'ai donné à l'Académie sur la fermentation vineuse, et qui sera incessamment imprimé.

CHAPITRE XIV.

De la fermentation putride.

Je viens de faire voir comment le corps sucré se décomposait, lorsqu'il était étendu d'une certaine quantité d'eau et à l'aide d'une douce chaleur; comment les trois principes qui le constituent, l'oxygène, l'hydrogène et le carbone, qui étaient dans un état d'équilibre et qui ne formaient dans l'état de sucre ni de l'eau, ni de l'huile, ni de l'acide carbonique, se séparaient pour se combiner dans un autre ordre; comment une portion de carbone se réunissait à l'oxygène pour former de l'acide carbonique; comment une autre portion de carbone se combinait avec de l'hydrogène et avec de l'eau pour former de l'alcool.

Les phénomènes de la putréfaction s'opèrent de même en vertu d'affinités très compliquées. Les trois principes constitutifs du corps cessent également, dans cette opération, d'être dans un état d'équilibre; au lieu d'une combinaison ternaire, il se forme des combinaisons binaires; mais le résultat de ces combinaisons est bien différent de celui que donne la fermentation vineuse. Dans cette dernière, une partie des principes de la substance végétale, l'hydrogène par exemple, reste uni à une portion d'eau et de carbone pour former de l'alcool. Dans la fermentation putride au contraire, la totalité de l'hydrogène se dissipe sous la forme de gaz hydrogène : en même temps l'oxygène et le carbone se réunissant au calorique, s'échappent sous la forme de gaz acide carbonique. Enfin quand l'opération est entièrement achevée, surtout si la quantité d'eau nécessaire pour la putréfaction n'a pas manqué, il ne reste plus que la terre du végétal mêlée d'un peu de carbone et de fer.

La putréfaction des végétaux n'est donc autre chose qu'une analyse complète des substances végétales dans laquelle la totalité de leurs principes constitutifs se dégage sous forme de gaz, à l'exception de la terre qui reste dans l'état de ce qu'on nomme « terreau ».

Je donnerai dans la troisième Partie de cet Ouvrage une idée des appareils qu'on peut employer pour ce genre d'expériences.

Tel est le résultat de la putréfaction, quand le corps qu'on y soumet

ne contient que de l'oxygène, de l'hydrogène, du carbone et un peu de terre : mais ce cas est rare, et il paraît même que ces substances, lorsqu'elles sont seules, fermentent difficilement; qu'elles fermentent mal, et qu'il faut un temps considérable pour que la putréfaction soit complète. Il n'en est pas de même quand la substance mise à fermenter contient de l'azote; et c'est ce qui a lieu à l'égard de toutes les matières animales et même d'un assez grand nombre de matières végétales. Ce nouvel ingrédient favorise merveilleusement la putréfaction : c'est pour cette raison qu'on mélange les matières animales avec les végétales, lorsqu'on veut hâter la putréfaction, et c'est dans ce mélange que consiste presque toute la science des amendements et des fumiers.

Mais l'introduction de l'azote dans les matériaux de la putréfaction ne produit pas seulement l'effet d'en accélérer les phénomènes, elle forme, en se combinant avec l'hydrogène, une nouvelle substance connue sous le nom d'alcali volatil ou ammoniaque. Les résultats qu'on obtient en analysant les matières animales par différents procédés, ne laissent aucun doute sur la nature des principes qui constituent l'ammoniaque. Toutes les fois qu'on sépare préalablement l'azote de ces matières, elles ne donnent plus d'ammoniaque, et elles n'en donnent qu'autant qu'elles contiennent de l'azote. Cette composition de l'ammoniaque est d'ailleurs confirmée par des expériences analytiques, que M. Berthollet a détaillées dans les *Mémoires de l'Académie*, année 1785, p. 316; il a donné différents moyens de décomposer cette substance, et d'obtenir séparément les deux principes, l'azote et l'hydrogène, qui entrent dans sa combinaison.

J'ai déjà annoncé plus haut (*voir* Chapitre X) que les corps combustibles étaient presque tous susceptibles de se combiner les uns avec les autres. Le gaz hydrogène a éminemment cette propriété; il dissout le carbone, le soufre et le phosphore, et il résulte de ces combinaisons ce que j'ai appelé plus haut « gaz hydrogène carboné, gaz hydrogène sulfuré, gaz hydrogène phosphoré ». Les deux derniers de ces gaz ont une odeur particulière et très désagréable : celle du gaz hydrogène sulfuré a beaucoup de rapport avec celle des œufs gâtés et corrompus; celle du gaz hydrogène phosphoré est absolument la même que celle du poisson pourri; enfin l'ammoniaque a une odeur qui n'est ni moins pénétrante, ni moins désagréable que les précédentes. C'est de la combinaison de ces différentes odeurs que résulte celle qui

s'exhale des matières animales en putréfaction et qui est si fétide. Tantôt c'est l'odeur de l'ammoniaque qui est prédominante, et on la reconnaît aisément à ce qu'elle pique les yeux; tantôt c'est celle du soufre, comme dans les matières fécales; tantôt enfin, c'est celle du phosphore, comme dans le hareng pourri.

J'ai supposé jusqu'ici que rien ne dérangeait le cours de la fermentation, et n'en troublait les effets. Mais M. de Fourcroy et M. Thouret ont observé, relativement à des cadavres enterrés à une certaine profondeur et garantis jusqu'à un certain point du contact de l'air, des phénomènes particuliers. Ils ont remarqué que souvent la partie musculaire se convertissait en une véritable graisse animale. Ce phénomène tient à ce que, par quelque circonstance particulière, l'azote que contenaient ces matières animales aura été dégagé, et à ce qu'il n'est resté que de l'hydrogène et du carbone, c'est-à-dire les matériaux propres à faire de la graisse. Cette observation sur la possibilité de convertir en graisse les matières animales, peut conduire un jour à des découvertes importantes sur le parti qu'on en peut tirer pour les usages de la société. Les déjections animales, telles que les matières fécales, sont principalement composées de carbone et d'hydrogène; elles se rapprochent donc beaucoup de l'état d'huile, et en effet elles en fournissent beaucoup par la distillation à feu nu. Mais l'odeur insoutenable qui accompagne tous les produits qu'on en retire, ne permet pas d'espérer de longtemps qu'on puisse les employer à autre chose qu'à faire des engrais.

Je n'ai donné dans ce chapitre que des aperçus, parce que la composition des matières animales n'est pas encore très exactement connue. On sait qu'elles sont composées d'hydrogène, de carbone, d'azote, de phosphore, de soufre; le tout porté à l'état d'oxyde par une quantité plus ou moins grande d'oxygène; mais on ignore absolument quelle est la proportion de ces principes. Le temps complètera cette partie de l'analyse chimique, comme il en a complété déjà quelques autres.

CHAPITRE XV.

De la fermentation acéteuse.

La fermentation acéteuse n'est autre chose que l'acidification du vin qui se fait à l'air libre par l'absorption de l'oxygène. L'acide qui en résulte est l'acide acéteux, vulgairement appelé vinaigre; il est composé d'une proportion qui n'a point encore été déterminée, d'hydrogène et de carbone combinés ensemble, et portés à l'état d'acide par l'oxygène.

Le vinaigre étant un acide, l'analogie conduisait seule à conclure qu'il contenait de l'oxygène; mais cette vérité est prouvée de plus par des expériences directes. Premièrement le vin ne peut se convertir en vinaigre qu'autant qu'il a le contact de l'air, et qu'autant que cet air contient du gaz oxygène. Secondement cette opération est accompagnée d'une diminution du volume de l'air dans lequel elle se fait, et cette diminution de volume est occasionnée par l'absorption du gaz oxygène. Troisièmement on peut transformer le vin en vinaigre, en l'oxygénant par quelque autre moyen que ce soit.

Indépendamment de ces faits qui prouvent que l'acide acéteux est un résultat de l'oxygénation du vin, une expérience de M. Chaptal, professeur de Chimie à Montpellier, fait voir clairement ce qui se passe dans cette opération. Il prend du gaz acide carbonique dégagé de la bière en fermentation; il en imprègne de l'eau jusqu'à saturation, c'est-à-dire jusqu'à ce qu'elle en ait absorbé environ une quantité égale à son volume; il met cette eau à la cave dans des vaisseaux qui ont communication avec l'air, et au bout de quelque temps le tout se trouve converti en acide acéteux. Le gaz acide carbonique des cuves de bière en fermentation n'est pas entièrement pur; il est mêlé d'un peu d'alcool qu'il tient en dissolution : il y a donc, dans l'eau imprégnée d'acide carbonique dégagé de la fermentation vineuse, tous les matériaux nécessaires pour former de l'acide acéteux. L'alcool fournit l'hydrogène et une portion de carbone; l'acide carbonique fournit du carbone et de l'oxygène; enfin l'air de l'atmosphère doit fournir ce qui manque d'oxygène pour porter le mélange à l'état d'acide acéteux.

On voit par là qu'il ne faut qu'ajouter de l'hydrogène à l'acide carbonique pour le constituer acide acéteux, ou pour parler plus généralement, pour le transformer en un acide végétal quelconque, suivant le degré d'oxygénation; qu'il ne faut au contraire que retrancher de l'hydrogène aux acides végétaux pour les convertir en acide carbonique.

Je ne m'étendrai pas davantage sur la fermentation acéteuse à l'égard de laquelle nous n'avons pas encore d'expériences exactes; les faits principaux sont connus, mais l'exactitude numérique manque. On voit d'ailleurs que la théorie de l'acétification est étroitement liée à celle de la constitution de tous les acides et oxydes végétaux, et nous ne connaissons point encore la proportion des principes dont ils sont composés. Il est aisé de s'apercevoir cependant que toute cette partie de la Chimie marche rapidement comme toutes les autres, vers sa perfection, et qu'elle est beaucoup plus simple qu'on ne l'avait cru jusqu'ici.

CHAPITRE XVI.

De la formation des sels neutres et de différentes bases qui entrent dans leur composition.

Nous avons vu comment un petit nombre des substances simples, ou au moins qui n'ont point été décomposées jusqu'ici, telles que l'azote, le soufre, le phosphore, le carbone, le radical muriatique et l'hydrogène, formaient en se combinant avec l'oxygène tous les oxydes et les acides du règne végétal et du règne animal; nous avons admiré avec quelle simplicité de moyens la nature multipliait les propriétés et les formes, soit en combinant ensemble jusqu'à trois et quatre bases acidifiables dans différentes proportions, soit en changeantla dose d'oxygène destiné à les acidifier. Nous ne la trouverons ni moins variée, ni moins simple, ni surtout moins féconde dans l'ordre de choses que nous allons parcourir.

Les substances acidifiables en se combinant avec l'oxygène, et en se convertissant en acides, acquièrent une grande tendance à la combinaison; elles deviennent susceptibles de s'unir avec des substances terreuses et métalliques, et c'est de cette réunion que résultent les sels neutres. Les acides peuvent donc être regardés comme de véritables principes salifiants, et les substances auxquelles ils s'unissent pour former des sels neutres, comme des bases salifiables : c'est précisément de la combinaison des principes salifiants avec les bases salifiables que nous allons nous occuper dans cet article.

Cette manière d'envisager les acides ne me permet pas de les regarder comme des sels, quoiqu'ils aient quelques-unes de leurs propriétés principales, telles que la solubilité dans l'eau, etc. Les acides, comme je l'ai déjà fait observer, résultent d'un premier ordre de combinaisons; ils sont formés de la réunion de deux principes simples, ou au moins qui se comportent à la manière des principes simples, et ils sont par conséquent, pour me servir de l'expression de Stahl, dans l'ordre des mixtes. Les sels neutres, au contraire, sont d'un autre ordre de combinaisons, ils sont formés de la réunion de deux mixtes, et ils rentrent dans la classe des composés. Je ne

rangerai pas non plus, par la même cause, les alcalis [1] ni les substances terreuses, telles que la chaux, la magnésie, etc., dans la classe des sels, et je ne désignerai par ce nom que des composés formés de la réunion d'une substance simple oxygénée avec une base quelconque.

Je me suis suffisamment étendu dans les chapitres précédents sur la formation des acides, et je n'ajouterai rien à cet égard; mais je n'ai rien dit encore des bases qui sont susceptibles de se combiner avec eux pour former des sels neutres; ces bases que je nomme *salifiables*, sont :

La potasse,	La chaux,
La soude,	La magnésie,
L'ammoniaque,	La baryte,
	L'alumine.

Et toutes les substances métalliques.

Je vais dire un mot de l'origine et de la nature de chacune de ces bases en particulier.

De la potasse.

Nous avons déjà fait observer que lorsqu'on échauffait une substance végétale dans un appareil distillatoire, les principes qui la composent, l'oxygène, l'hydrogène et le carbone, et qui formaient une combinaison triple dans un état d'équilibre, se réunissaient deux à deux en obéissant aux affinités qui doivent avoir lieu suivant le degré de température. Ainsi à la première impression du feu, et dès que la chaleur excède celle de l'eau bouillante, l'oxygène et l'hydrogène se réunissent pour former de l'eau. Bientôt après une portion de carbone et une d'hydrogène se combinent pour former de l'huile. Lorsque ensuite par le progrès de la distillation on est parvenu à une chaleur rouge, l'huile et l'eau même qui s'étaient formées se décomposent; l'oxygène et le carbone forment l'acide carbonique, une

---

[1] On regardera peut-être comme un défaut de la méthode que j'ai adoptée, de m'avoir contraint à rejeter les alcalis de la classe des sels, et je conviens que c'est un reproche qu'on peut lui faire; mais cet inconvénient se trouve compensé par de si grands avantages, que je n'ai pas cru qu'il dût m'arrêter.

grande quantité de gaz hydrogène devenu libre se dégage et s'échappe; enfin il ne reste plus que du charbon dans la cornue.

La plus grande partie de ces phénomènes se retrouvent dans la combustion des végétaux à l'air libre; mais alors la présence de l'air introduit dans l'opération trois ingrédients nouveaux, dont deux au moins apportent des changements considérables dans les résultats de l'opération. Ces ingrédients sont l'oxygène de l'air, l'azote et le calorique. A mesure que l'hydrogène du végétal ou celui qui résulte de la décomposition de l'eau est chassé par le progrès du feu sous la forme de gaz hydrogène, il s'allume au moment où il a le contact de l'air, il reforme de l'eau, et le calorique des deux gaz qui devient libre, au moins pour la plus grande partie, produit la flamme.

Lorsque ensuite tout le gaz hydrogène a été chassé, brûlé et réduit en eau, le charbon qui reste brûle à son tour, mais sans flamme; il forme de l'acide carbonique qui s'échappe, emportant avec lui une portion de calorique qui le constitue dans l'état de gaz : le surplus du calorique devient libre, s'échappe et produit la chaleur et la lumière qu'on observe dans la combustion du charbon. Tout le végétal se trouve ainsi réduit en eau et en acide carbonique, il ne reste qu'une petite portion d'une matière terreuse grise, connue sous le nom de cendre, et qui contient les sels, principes vraiment fixes qui entrent dans la constitution des végétaux.

Cette terre ou cendre dont le poids n'excède pas communément le vingtième de celui du végétal, contient une substance d'un genre particulier, connue sous le nom d'alcali fixe végétal ou de potasse.

Pour l'obtenir on passe de l'eau sur les cendres; l'eau se charge de la potasse qui est dissoluble, et elle laisse les cendres qui sont insolubles; en évaporant ensuite l'eau, on obtient la potasse qui est fixe, même à un très grand degré de chaleur, et qui reste sous forme blanche et concrète. Mon objet n'est point de décrire ici l'art de préparer la potasse, encore moins les moyens de l'obtenir pure : je n'entre même ici dans ces détails que pour obéir à la loi que je me suis faite de n'admettre aucun mot qui n'ait été défini.

La potasse qu'on obtient par ce procédé est toujours plus ou moins saturée d'acide carbonique, et la raison en est facile à saisir : comme la potasse ne se forme, ou au moins n'est rendue libre qu'à mesure que le charbon du végétal est converti en acide carbonique par l'addition de l'oxygène, soit de l'air, soit de l'eau, il en résulte que

chaque molécule de potasse se trouve au moment de sa formation en contact avec une molécule d'acide carbonique, et comme il y a beaucoup d'affinité entre ces deux substances, il doit y avoir combinaison. Quoique l'acide carbonique soit celui de tous les acides qui tient le moins à la potasse, il est cependant difficile d'en séparer les dernières portions. Le moyen le plus habituellement employé consiste à dissoudre la potasse dans de l'eau, à y ajouter deux ou trois fois son poids de chaux vive, à filtrer et à évaporer dans des vaisseaux fermés; la substance saline qu'on obtient est de la potasse presque entièrement dépouillée d'acide carbonique.

Dans cet état, elle est non seulement dissoluble dans l'eau au moins à partie égale; mais elle attire encore celle de l'air avec une étonnante avidité: elle fournit en conséquence un moyen de sécher l'air ou les gaz auxquels elle est exposée. Elle est également soluble dans l'esprit-de-vin ou alcool, à la différence de celle qui est saturée d'acide carbonique, qui n'est pas soluble dans ce dissolvant. Cette circonstance a fourni à M. Berthollet un moyen d'avoir de la potasse parfaitement pure.

Il n'y a point de végétaux qui ne donnent plus ou moins de potasse par incinération; mais on ne l'obtient pas également pure de tous, elle est ordinairement mêlée avec différents sels qu'il est aisé d'en séparer.

On ne peut guère douter que les cendres, autrement dit la terre que laissent les végétaux lorsqu'on les brûle, ne préexistât dans ces végétaux antérieurement à la combustion; cette terre forme, à ce qu'il paraît, la partie osseuse, la carcasse du végétal. Mais il n'en est pas de même de la potasse; on n'est encore parvenu à séparer cette substance des végétaux, qu'en employant des procédés ou des intermèdes qui peuvent fournir de l'oxygène et de l'azote, tels que la combustion ou la combinaison avec l'acide nitrique; en sorte qu'il n'est point démontré que cette substance ne soit pas un produit de ces opérations. J'ai commencé une suite d'expériences sur cet objet, dont je serai bientôt en état de rendre compte.

De la soude.

La soude est, comme la potasse, un alcali qui se tire de la lixiviation des cendres des plantes, mais de celles seulement qui croissent aux

bords de la mer, et principalement du « kali », d'où est venu le nom d' « alkali » qui lui a été donné par les arabes : elle a quelques propriétés communes avec la potasse, mais elle en a d'autres qui l'en distinguent. En général, ces deux substances portent chacune dans toutes les combinaisons salines des caractères qui leur sont propres. La soude, telle qu'on l'obtient de la lixiviation des plantes marines, est le plus souvent entièrement saturée d'acide carbonique; mais elle n'attire pas, comme la potasse, l'humidité de l'air; au contraire elle s'y dessèche; les cristaux s'effleurissent et se convertissent en une poussière blanche qui a toutes les propriétés de la soude, et qui n'en diffère que parce qu'elle a perdu son eau de cristallisation.

On ne connaît pas mieux jusqu'ici les principes constituants de la soude que ceux de la potasse, et on n'est pas même certain si cette substance est toute formée dans les végétaux, antérieurement à la combustion. L'analogie pourrait porter à croire que l'azote est un des principes constituants des alcalis en général, et on en a la preuve à l'égard de l'ammoniaque, comme je vais l'exposer; mais on n'a, relativement à la potasse et à la soude, que de légères présomptions qu'aucune expérience décisive n'a encore confirmées.

De l'ammoniaque.

Comme nous n'avions aucune connaissance précise à présenter sur la composition de la soude et de la potasse, nous avons été obligés de nous borner dans les deux paragraphes précédents à indiquer les substances dont on les retire, et les moyens qu'on emploie pour les obtenir. Il n'en est pas de même de l'ammoniaque, que les anciens ont nommée alcali volatil. M. Berthollet, dans un Mémoire imprimé dans le Recueil de l'Académie, année 1784, p. 316, est parvenu à prouver par voie de décomposition que 1000 parties de cette substance en poids étaient composées d'environ 807 d'azote et de 193 d'hydrogène.

C'est principalement par la distillation des matières animales qu'on obtient cette substance; l'azote qui est un de leurs principes constituants, s'unit à la proportion d'hydrogène propre à cette combinaison, et il se forme de l'ammoniaque : mais on ne l'obtient point pure dans cette opération; elle est mêlée avec de l'eau, de l'huile, et en grande partie saturée d'acide carbonique. Pour la séparer de toutes ces substances, on la combine d'abord avec un acide tel

par exemple, que l'acide muriatique; on l'en dégage ensuite, soit par une addition de chaux, soit par une addition de potasse.

Lorsque l'ammoniaque a été ainsi amenée à son plus grand degré de pureté, elle ne peut plus exister que sous forme gazeuse, à la température ordinaire dans laquelle nous vivons; elle a une odeur excessivement pénétrante. L'eau en absorbe une très grande quantité, surtout si elle est froide et si l'on ajoute la pression au refroidissement; ainsi saturée d'ammoniaque, elle a été appelée alcali volatil fluor; nous l'appellerons simplement ammoniaque ou ammoniaque en liqueur, et nous désignerons la même substance, quand elle sera dans l'état aériforme, par le nom de gaz ammoniac.

De la chaux, de la magnésie, de la baryte et de l'alumine.

La composition de ces quatre terres est absolument inconnue, et comme on n'est point encore parvenu à déterminer quelles sont leurs parties constituantes et élémentaires, nous sommes autorisés, en attendant de nouvelles découvertes, à les regarder comme des êtres simples; l'art n'a donc aucune part à la formation de ces terres, la nature nous les présente toutes formées. Mais comme elles ont la plupart, surtout les trois premières, une grande tendance à la combinaison, on ne les trouve jamais seules. La chaux est presque toujours saturée d'acide carbonique, et dans cet état elle forme la craie, les spaths calcaires, une partie des marbres, etc. Quelquefois elle est saturée d'acide sulfurique, comme dans le gypse et les pierres à plâtre; d'autres fois avec l'acide fluorique, et elle forme le spath fluor ou vitreux. Enfin les eaux de la mer et des fontaines salées en contiennent de combinée avec l'acide muriatique. C'est de toutes les bases salifiables celle qui est la plus abondamment répandue dans la nature.

On rencontre la magnésie dans un grand nombre d'eaux minérales; elle y est le plus communément combinée avec l'acide sulfurique; on la trouve aussi très abondamment dans l'eau de la mer, où elle est combinée avec l'acide muriatique; enfin elle entre dans la composition d'un grand nombre de pierres.

La baryte est beaucoup moins abondante que les deux terres précédentes; on la trouve dans le règne minéral combinée avec l'acide sulfurique, et elle forme alors le spath pesant; quelquefois, mais plus rarement, elle est combinée avec l'acide carbonique.

L'alumine ou base de l'alun a moins de tendance à la combinaison que les précédentes; aussi la trouve-t-on souvent dans l'état d'alumine, sans être combinée avec aucun acide. C'est principalement dans les argiles qu'on la rencontre; elle en fait, à proprement parler, la base.

Des substances métalliques.

Les métaux, à l'exception de l'or et quelquefois de l'argent, se présentent rarement dans le règne minéral sous leur forme métallique; ils sont communément ou plus ou moins saturés d'oxygène, ou combinés avec du soufre, de l'arsenic, de l'acide sulfurique, de l'acide muriatique, de l'acide carbonique, de l'acide phosphorique. La docimasie et la métallurgie enseignent à les séparer de toutes ces substances étrangères, et nous renvoyons aux ouvrages qui traitent de cette partie de la Chimie.

Il est probable que nous ne connaissons qu'une partie des substances métalliques qui existent dans la nature; toutes celles, par exemple, qui ont plus d'affinité avec l'oxygène qu'avec le carbone, ne sont pas susceptibles d'être réduites ou ramenées à l'état métallique, et elles ne doivent se présenter à nos yeux que sous la forme d'oxydes qui se confondent pour nous avec les terres. Il est très probable que la baryte que nous venons de ranger dans la classe des terres, est dans ce cas; elle présente dans le détail des expériences des caractères qui la rapprochent beaucoup des substances métalliques. Il serait possible à la rigueur que toutes les substances auxquelles nous donnons le nom de terres, ne fussent que des oxydes métalliques, irréductibles par les moyens que nous employons.

Quoi qu'il en soit, les substances métalliques que nous connaissons, celles que nous pouvons obtenir dans l'état métallique, sont au nombre de 17, savoir :

L'arsenic,
Le molybdène,
Le tungstène,
Le manganèse,
Le nickel,
Le cobalt,
Le bismuth,
L'antimoine,
Le zinc,
Le fer,
L'étain,
Le plomb,
Le cuivre,
Le mercure,
L'argent,
Le platine,
L'or.

Je ne considérerai ici ces métaux que comme des bases salifiables, et je n'entrerai dans aucun détail sur leurs propriétés relatives aux arts et aux usages de la Société. Chaque métal, sous ces points de vue, exigerait un Traité complet, et je sortirais absolument des bornes que je me suis prescrites.

CHAPITRE XVII.

Suite des réflexions sur les bases salifiables, et sur la formation des sels neutres.

Telles sont les bases salifiables, c'est-à-dire susceptibles de se combiner avec les acides, et de former des sels neutres. Mais il faut observer que les alcalis et les terres entrent purement et simplement dans la composition des sels neutres, sans aucun intermède qui serve à les unir; tandis qu'au contraire les métaux ne peuvent se combiner avec les acides, qu'autant qu'ils ont été préalablement plus ou moins oxygénés. On peut donc rigoureusement dire que les métaux ne sont point dissolubles dans les acides, mais seulement les oxydes métalliques. Ainsi, lorsqu'on met une substance métallique dans un acide, la première condition pour qu'elle puisse s'y dissoudre, est qu'elle puisse s'y oxyder, et elle ne le peut qu'en enlevant de l'oxygène, ou à l'acide, ou à l'eau, dont cet acide est étendu; c'est-à-dire, en d'autres termes, qu'une substance métallique ne peut se dissoudre dans un acide, qu'autant que l'oxygène qui entre, soit dans la composition de l'eau, soit dans celle de l'acide, a plus d'affinité avec le métal, qu'il n'en a avec l'hydrogène ou la base acidifiable; ou, ce qui revient encore au même, qu'il n'y a de dissolution métallique, qu'autant qu'il y a décomposition de l'eau ou de l'acide.

C'est de cette observation simple, qui a échappé, même à l'illustre Bergman, que dépend l'explication des principaux phénomènes des dissolutions métalliques. Le premier de tous et le plus frappant est l'effervescence, ou, pour parler d'une manière moins équivoque, le dégagement de gaz qui a lieu pendant la dissolution. Ce gaz dans les dissolutions par l'acide nitrique est du gaz nitreux; dans les dissolutions par l'acide sulfurique, il est ou du gaz acide sulfureux, ou du gaz hydrogène, suivant que c'est aux dépens de l'acide sulfurique ou de l'eau que le métal s'est oxydé.

Il est sensible que l'acide nitrique et l'eau étant composés l'un et l'autre de substances qui séparément ne peuvent exister que dans

l'état de gaz, du moins à la température dans laquelle nous vivons, aussitôt qu'on leur enlève l'oxygène, le principe qui lui était uni doit entrer sur le champ en expansion, il doit prendre la forme gazeuse, et c'est ce passage rapide de l'état liquide à l'état gazeux qui constitue l'effervescence. Il en est de même de l'acide sulfurique; les métaux, en général, surtout par la voie humide, n'enlèvent point à cet acide la totalité de l'oxygène; ils ne le réduisent point en soufre, mais en acide sulfureux qui ne peut également exister que dans l'état de gaz au degré de température et de pression dans lequel nous vivons. Cet acide doit donc se dégager sous la forme de gaz, et c'est encore à ce dégagement qu'est due l'effervescence.

Un second phénomène est que toutes les substances métalliques se dissolvent sans effervescence dans les acides quand elles ont été oxydées avant la dissolution; il est clair qu'alors le métal n'ayant plus à s'oxyder, il ne tend plus à décomposer ni l'acide ni l'eau; il ne doit donc plus y avoir d'effervescence, puisque l'effet qui le produisait n'a plus lieu.

Un troisième phénomène est que tous les métaux se dissolvent sans effervescence dans l'acide muriatique oxygéné : ce qui se passe dans cette opération mérite quelques réflexions particulières. Le métal dans ce cas enlève à l'acide muriatique oxygéné son excès d'oxygène; il se forme d'une part un oxyde métallique, et de l'autre de l'acide muriatique ordinaire. S'il n'y a pas d'effervescence dans ces sortes de dissolutions, ce n'est pas qu'il ne soit de l'essence de l'acide muriatique d'exister sous la forme de gaz au degré de température dans lequel nous vivons, mais ce gaz trouve dans l'acide muriatique oxygéné plus d'eau qu'il n'en faut pour être retenu et pour demeurer sous forme liquide; il ne se dégage donc pas comme l'acide sulfureux, et après s'être combiné avec l'eau dans le premier instant, il se combine paisiblement ensuite avec l'oxyde métallique qu'il dissout.

Un quatrième phénomène est que les métaux qui ont peu d'affinité pour l'oxygène, et qui n'exercent pas sur ce principe une action assez forte pour décomposer, soit l'acide, soit l'eau, sont absolument indissolubles; c'est par cette raison que l'argent, le mercure, le plomb, ne sont pas dissolubles dans l'acide muriatique, lorsqu'on les présente à cet acide dans leur état métallique; mais si on les oxyde auparavant, de quelque manière que ce soit, ils deviennent aussitôt très dissolubles, et la dissolution se fait sans effervescence.

L'oxygène est donc le moyen d'union entre les métaux et les acides; et cette circonstance qui a lieu pour tous les métaux comme pour tous les acides, pourrait porter à croire que toutes les substances qui ont une grande affinité avec les acides contiennent de l'oxygène. Il est donc assez probable que les quatre terres salifiables que nous avons désignées ci-dessus contiennent de l'oxygène, et que c'est par ce « latus » qu'elles s'unissent aux acides. Cette considération semblerait appuyer ce que j'ai précédemment avancé à l'article des terres, que ces substances pourraient bien n'être autre chose que des métaux oxydés avec lesquels l'oxygène a plus d'affinité qu'il n'en a avec le charbon, et qui par cette circonstance sont irréductibles. Au reste, ce n'est ici qu'une conjecture que des expériences ultérieures pourront seules ou confirmer ou détruire.

Les acides connus jusqu'ici sont les suivants; nous allons, en les désignant, indiquer le nom du radical ou base acidifiable dont ils sont composés.

Noms des acides.	Nom de la base acidifiable ou radical de chaque acide, avec des observations.
1. Sulfureux	Soufre.
2. Sulfurique	
3. Phosphoreux.....	Phosphore.
4. Phosphorique.....	
5. Muriatique	Radical muriatique.
6. Muriatique oxygéné ...	
7. Nitreux.....	Azote.
8. Nitrique.....	
9. Nitrique oxygéné.....	
10. Carbonique.....	Carbone.
11. Acéteux	Tous ces acides paraissent être formés de la réunion d'une base acidifiable double, le carbone et l'hydrogène, et ne différer entre eux que par la différence de proportion de ces deux bases et de l'oxygène qui les acidifie; on n'a au surplus encore aucune suite d'expériences bien faites à cet égard.
12. Acétique	
13. Oxalique.....	
14. Tartareux.....	
15. Pyro-tartareux	
16. Citrique	
17. Malique.....	
18. Pyro-ligneux	
19. Pyro-muqueux	

UNIVERSIDAD DE

Noms des acides.	Nom de la base acidifiable ou radical de chaque acide, avec des observations.
20. Gallique	On n'a encore que des connaissances très imparfaites sur la nature des radicaux de ces acides; on sait seulement que le carbone et l'hydrogène en sont les principales parties, et que l'acide prussique contient de l'azote.
21. Prussique	
22. Benzoïque	
23. Succinique	
24. Camphorique	
25. Lactique	
26. Saccho-lactique	
27. Bombique	Ces acides et tous ceux qu'on obtient en oxygénant les matières animales, paraissent avoir pour base acidifiable le carbone, l'hydrogène, le phosphore et l'azote.
28. Formique	
29. Sébacique	
30. Boracique	Le radical boracique (*).
31. Fluorique	Le radical florique (*)
32. Antimonique	Antimoine
33. Argentique	Argent.
34. Arsénique	Arsenic.
35. Bismuthique	Bismuth.
36. Cobaltique	Cobalt.
37. Cuprique	Cuivre.
38. Stannique	Étain.
39. Ferrique	Fer.
40. Manganique	Manganèse.
41. Hydrargirique	Mercure.
42. Molybdique	Molybdène.
43. Nickel	Nickel.
44. Aurique	Or.
45. Platinique	Platine
46. Plombique	Plomb.
47. Tungstique	Tungstène.
48. Zincique	Zinc.

Nota. — (*) La nature de ces deux radicaux est entièrement inconnue.

On voit que le nombre des acides est de 48 en y comprenant les 17 acides métalliques qui sont encore peu connus, mais sur lesquels

M. Berthollet va donner incessamment un travail important. On ne peut pas encore se flatter sans doute de les avoir tous découverts; mais il est probable, d'un autre côté, qu'un examen plus approfondi fera connaître que plusieurs des acides végétaux regardés comme différents, rentrent les uns dans les autres. Au reste, on ne peut présenter ici le tableau de la Chimie que dans l'état où elle est, et tout ce qu'on peut faire, c'est de donner des principes pour nommer, en conformité du même système, les corps qui pourront être découverts dans la suite.

Le nombre des bases salifiables, c'est-à-dire susceptibles d'être converties en sels neutres par les acides, est de 24, savoir : 3 alcalis, 4 terres, 17 substances métalliques.

La totalité des sels neutres qu'on peut concevoir dans l'état actuel de nos connaissances est donc de 1152; mais c'est en supposant que les acides métalliques soient susceptibles de dissoudre d'autres métaux; et cette dissolubilité des métaux, oxygénés les uns par les autres, est une science neuve qui n'a point encore été entamée; c'est de cette partie de la science que dépendent toutes les combinaisons vitreuses métalliques. Il est d'ailleurs probable que toutes les combinaisons salines qu'on peut concevoir, ne sont pas possibles, ce qui doit réduire considérablement le nombre des sels que la nature et l'art peuvent former. Mais quand on ne supposerait que 500 à 600 espèces de sels possibles, il est évident que si l'on voulait donner à toutes les dénominations arbitraires à la manière des anciens, si on les désignait, ou par le nom des premiers auteurs qui les ont découverts, ou par le nom des substances dont ils ont été tirés, il en résulterait une confusion que la mémoire la plus heureuse ne pourrait pas débrouiller. Cette méthode pouvait être tolérable dans le premier âge de la Chimie; elle pouvait l'être encore il y a 20 ans, parce qu'alors on ne connaissait pas au delà de 30 espèces de sels; mais aujourd'hui que le nombre en augmente tous les jours, que chaque acide qu'on découvre enrichit souvent la Chimie de 24 sels nouveaux, quelquefois de 48 en raison des deux degrés d'oxygénation de l'acide; il faut nécessairement une méthode, et cette méthode est donnée par l'analogie : c'est celle que nous avons suivie dans la nomenclature des acides; et comme la marche de la nature est une, elle s'appliquera naturellement à la nomenclature des sels neutres.

Lorsque nous avons nommé les différentes espèces d'acides, nous avons distingué dans ces substances la base acidifiable particulière à chacun d'eux, et le principe acidifiant, l'oxygène qui est commun à tous. Nous avons exprimé la propriété commune à tous par le nom générique d'*acide*, et nous avons ensuite différencié les acides par le nom de la base acidifiable particulière à chacun. C'est ainsi que nous avons donné au soufre, au phosphore, au carbone oxygénés le nom d'acide sulfurique, d'acide phosphorique, d'acide carbonique; enfin nous avons cru devoir indiquer les différents degrés de saturation d'oxygène par une terminaison différente du même mot. Ainsi nous avons distingué l'acide sulfureux de l'acide sulfurique, l'acide phosphoreux de l'acide phosphorique.

Ces principes appliqués à la nomenclature des sels neutres, nous ont obligés de donner un nom commun à tous les sels dans la combinaison desquels entre le même acide, et de les différencier ensuite par le nom de la base salifiable. Ainsi nous avons désigné tous les sels qui ont l'acide sulfurique pour acide, par le nom de « sulfates »; tous ceux qui ont l'acide phosphorique pour acide, par le nom de « phosphates », et ainsi des autres. Nous distinguerons donc « sulfate » de potasse, « sulfate » de soude, « sulfate » d'ammoniaque, « sulfate » de chaux, « sulfate » de fer, etc., et comme nous connaissons 24 bases, tant alcalines que terreuses et métalliques, nous aurons 24 espèces de « sulfates », autant de « phosphates », et de même pour tous les autres acides. Mais comme le soufre est susceptible de deux degrés d'oxygénation, qu'une première dose d'oxygène constitue l'acide sulfureux, et une seconde l'acide sulfurique; comme les sels neutres que forment ces deux acides avec les différentes bases ne sont pas les mêmes, et qu'ils ont des propriétés fort différentes, il a fallu les distinguer encore par une terminaison particulière; nous avons en conséquence désigné par le nom de « sulfites », de « phosphites », etc., les sels neutres formés par l'acide le moins oxygéné. Ainsi le soufre oxygéné sera susceptible de former 48 sels neutres, savoir 24 « sulfates » et 24 « sulfites », et ainsi des autres substances susceptibles de deux degrés d'oxygénation.

Il serait excessivement ennuyeux pour les lecteurs de suivre ces dénominations dans tous leurs détails; il suffit d'avoir exposé clairement la méthode de nommer; quand on l'aura saisie on pourra l'appliquer sans effort à toutes les combinaisons possibles; et le

nom de la substance combustible et acidifiable connu, on se rappellera toujours aisément le nom de l'acide qu'elle est susceptible de former, et celui de tous les sels neutres qui doivent en dériver.

Je m'en tiendrai donc à ces notions élémentaires; mais, pour satisfaire en même temps ceux qui pourraient avoir besoin de plus grands détails, j'ajouterai dans une seconde Partie des tableaux qui présenteront une récapitulation générale, non seulement de tous les sels neutres, mais en général de toutes les combinaisons chimiques. J'y joindrai quelques courtes explications sur la manière la plus simple et la plus sûre de se procurer les différentes espèces d'acides, et sur les propriétés générales des sels neutres qui en résultent.

Je ne me dissimule pas qu'il aurait été nécessaire pour compléter cet Ouvrage, d'y joindre des observations particulières sur chaque espèce de sel, sur sa dissolubilité dans l'eau et dans l'esprit-de-vin, sur la proportion d'acide et de base qui entre dans sa composition, sur sa quantité d'eau de cristallisation, sur les différents degrés de saturation dont il est susceptible, enfin sur le degré de force avec laquelle l'acide tient à sa base. Ce travail immense a été commencé par M. Bergman, M. de Morveau, M. Kirwan et quelques autres célèbres chimistes; mais il n'est encore que médiocrement avancé, et les bases sur lesquelles il repose ne sont pas même encore d'une exactitude rigoureuse. Des détails aussi nombreux n'auraient pas pu convenir à un ouvrage élémentaire, et le temps de rassembler les matériaux et de compléter les expériences aurait retardé de plusieurs années la publication de cet ouvrage. C'est un vaste champ ouvert au zèle et à l'activité des jeunes chimistes; mais qu'il me soit permis de recommander, en terminant ici ma tâche, à ceux qui auront le courage de l'entreprendre, de s'attacher plutôt à faire bien qu'à faire beaucoup, à s'assurer d'abord par des expériences précises et multipliées de la composition des acides, avant de s'occuper de celle des sels neutres. Tout édifice destiné à braver les outrages du temps doit être établi sur des fondements solides; et dans l'état où est parvenue la Chimie, c'est en retarder la marche que d'établir ses progrès sur des expériences qui ne sont ni assez exactes, ni assez rigoureuses.

TRAITE ÉLÉMENTAIRE

DE CHIMIE

TOME SECOND

PRÉSENTÉ DANS UN ORDRE NOUVEAU
ET D'APRÈS LES DÉCOUVERTES MODERNES

Nouvelle édition, à laquelle on a joint la Nomenclature ancienne et moderne, pour servir à l'intelligence des Auteurs; différents Mémoires de MM. FOURCROY et MORVEAU, et le Rapport de MM. BAUME, CADET, DARCET et SAGE, sur la nécessité de réformer et de perfectionner la Nomenclature chimique.

Avec figures et tableaux.

TROISIÈME PARTIE.

DESCRIPTION DES APPAREILS ET DES OPÉRATIONS MANUELLES DE LA CHIMIE.

INTRODUCTION.

Ce n'est pas sans dessein que je ne me suis pas étendu davantage dans les deux premières Parties de cet Ouvrage, sur les opérations manuelles de la Chimie. J'ai reconnu, d'après ma propre expérience, que des descriptions minutieuses, des détails de procédés et des explications de planches, figuraient mal dans un ouvrage de raisonnement; qu'elles interrompaient la marche des idées, et qu'elles rendaient la lecture de l'Ouvrage fastidieuse et difficile.

D'un autre côté, si je m'en fusse tenu aux simples descriptions sommaires que j'ai données jusqu'ici, les commençants n'auraient pu prendre dans cet Ouvrage que des idées très vagues de la Chimie pratique. Des opérations qu'il leur aurait été impossible de répéter, ne leur auraient inspiré ni confiance ni intérêt; ils n'auraient pas même eu la ressource de chercher dans d'autres ouvrages de quoi suppléer à ce qui aurait manqué à celui-ci. Indépendamment de ce qu'il n'en existe aucun où les expériences modernes se trouvent décrites avec assez d'étendue, il leur aurait été impossible de recourir à des Traités où les idées n'auraient point été présentées dans le même ordre, où l'on n'aurait pas parlé le même langage; en sorte que le but d'utilité que je me suis proposé n'aurait pas été rempli.

J'ai pris, d'après ces réflexions, la résolution de réserver pour une troisième Partie la description sommaire de tous les appareils, et de toutes les opérations manuelles qui ont rapport à la Chimie

élémentaire. J'ai préféré placer ce Traité particulier à la fin, plutôt qu'au commencement de cet Ouvrage, parce qu'il m'aurait été impossible de n'y pas supposer des connaissances que les commençants ne peuvent avoir, et qu'ils ne peuvent acquérir que par la lecture de l'Ouvrage même. Toute cette troisième Partie doit être en quelque façon considérée comme l'explication des figures qu'on a coutume de relater à la fin des Mémoires, pour ne point en couper le texte par des descriptions trop étendues.

Quelque soin que j'aie pris pour mettre de la clarté et de la méthode dans cette partie de mon travail, et pour n'omettre la description d'aucun appareil essentiel, je suis loin de prétendre que ceux qui veulent prendre des connaissances exactes en Chimie, puissent se dispenser de suivre des cours, de fréquenter les laboratoires, et de se familiariser avec les instruments qu'on y emploie. *Nihil est intellectu quod non prius fuerit in sensu* : grande et importante vérité que ne doivent jamais oublier ceux qui apprennent comme ceux qui enseignent, et que le célèbre Rouelle avait fait tracer en gros caractères dans le lieu le plus apparent de son laboratoire.

Les opérations chimiques se divisent naturellement en plusieurs classes, suivant l'objet qu'elles se proposent de remplir : les unes peuvent être regardées comme purement mécaniques; telle est la détermination du poids de corps, la mesure de leur volume, la trituration, la porphyrisation, le tamisage, le lavage, la filtration; les autres sont des opérations véritablement chimiques, parce qu'elles emploient des forces et des agents chimiques, telles que la dissolution, la fusion, etc. Enfin, les unes ont pour objet de séparer les principes des corps, les autres de les réunir; souvent même elles ont ce double but, et il n'est pas rare que dans une même opération, comme dans la combustion, par exemple, il y ait à la fois décomposition et recomposition.

Sans adopter particulièrement aucune de ces divisions, auxquelles il serait difficile de s'astreindre, du moins d'une manière rigoureuse, je vais présenter le détail des opérations chimiques, dans l'ordre qui m'a paru le plus propre à en faciliter l'intelligence. J'insisterai particulièrement sur les appareils relatifs à la Chimie moderne, parce qu'ils sont encore peu connus, même de ceux qui font une étude particulière de cette science, je pourrais presque dire d'une partie de ceux qui la professent.

CHAPITRE I.

Des instruments propres à déterminer le poids absolu et la pesanteur spécifique des corps solides et liquides.

On ne connaît jusqu'à présent aucun meilleur moyen pour déterminer les quantités de matières qu'on emploie dans les opérations chimiques, et celles qu'on obtient par le résultat des expériences, que de les mettre en équilibre avec d'autres corps qu'on est convenu de prendre pour terme de comparaison. Lors, par exemple, que nous voulons allier ensemble 12 livres de plomb et 6 livres d'étain, nous nous procurons un levier de fer assez fort, pour qu'il ne fléchisse pas; nous le suspendons dans son milieu, et de manière que ses deux bras soient parfaitement égaux; nous attachons à l'une de ses extrémités un poids de 12 livres, nous attachons à l'autre du plomb, et nous en ajoutons jusqu'à ce qu'il y ait équilibre, c'est-à-dire jusqu'à ce que le levier demeure parfaitement horizontal. Après avoir ainsi opéré sur le plomb, on opère sur l'étain, et l'on en use de la même manière pour toutes les autres matières dont on veut déterminer la quantité. Cette opération se nomme « peser »; l'instrument dont on se sert se nomme « balance »; il est principalement composé, comme tout le monde le sait, d'un fléau, de deux bassins et d'une aiguille.

Quant au choix des poids et à la quantité de matière qui doit composer une unité, une livre, par exemple, c'est une chose absolument arbitraire; aussi voyons-nous que la livre diffère d'un royaume à un autre, d'une province, et souvent même d'une ville à une autre. Les sociétés n'ont même d'autre moyen de conserver l'unité qu'elles se sont choisie, et d'empêcher qu'elle ne varie et ne s'altère par la révolution des temps, qu'en formant ce qu'on nomme des étalons, qui sont déposés et soigneusement conservés dans les greffes des juridictions.

Il n'est point indifférent sans doute dans le commerce et pour les usages de la société, de se servir d'une livre ou d'une autre, puisque la quantité absolue de matière n'est pas la même, et que les différences même sont très considérables; mais il n'en est pas de même pour les physiciens et pour les chimistes. Peu importe dans la plupart

des expériences, qu'ils aient employé une quantité A ou une quantité B de matière, pourvu qu'ils expriment clairement les produits qu'ils ont obtenus de l'une ou de l'autre de ces quantités, en fractions d'un usage commode, et qui, réunies toutes ensemble, fassent un produit égal au tout. Ces considérations m'ont fait penser qu'en attendant que les hommes, réunis en société, se soient déterminés à n'adopter qu'un seul poids et qu'une seule mesure, les chimistes, de toutes les parties du monde, pourraient sans inconvénient se servir de la livre de leur pays, quelle qu'elle fût, pourvu qu'au lieu de la diviser, comme on l'a fait jusqu'ici, en fractions arbitraires, on se déterminât par une convention générale à la diviser en dixièmes, en centièmes, en millièmes, en dix-millièmes, etc., c'est-à-dire en fractions décimales de livres. On s'entendrait alors dans tous les pays, comme dans toutes les langues; on ne serait pas sûr, il est vrai, de la quantité absolue de matière qu'on aurait employée dans une expérience; mais on connaîtrait sans difficulté, sans calcul, le rapport des produits entre eux; ces rapports seraient les mêmes pour les savants du monde entier, et l'on aurait véritablement pour cet objet un langage universel.

Frappé de ces considérations, j'ai toujours eu le projet de faire diviser la livre de poids de marc en fractions décimales, et ce n'est que depuis peu que j'y suis parvenu. M. Fourché, balancier, successeur de M. Chemin, rue de la Ferronnerie, a rempli cet objet avec beaucoup d'intelligence et d'exactitude, et j'invite tous ceux qui s'occupent d'expériences à se procurer de semblables divisions de la livre; pour peu qu'ils aient d'usage du calcul des décimales, ils seront étonnés de la simplicité et de la facilité que cette division apportera dans toutes leurs opérations. Je détaillerai dans un Mémoire particulier destiné pour l'Académie, les précautions et les attentions que cette division de la livre exige.

En attendant que cette méthode soit adoptée par les savants de tous les pays, il est un moyen simple, sinon d'atteindre au même but, au moins d'en approcher et de simplifier les calculs. Il consiste à convertir à chaque pesée les onces, gros et grains qu'on a obtenus, en fractions décimales de livre, et pour diminuer la peine que ce calcul pourrait présenter, j'ai formé une table où ces calculs se trouvent tous faits, ou au moins réduits à de simples additions.

. . . . . .

La détermination du poids des matières et des produits, avant et après les expériences, étant la base de tout ce qu'on peut faire d'utile et d'exact en Chimie, on ne saurait y apporter trop d'exactitude. La première chose, pour remplir cet objet, est de se munir de bons instruments. On ne peut se dispenser d'avoir, pour opérer commodément, trois excellentes balances. La première doit peser jusqu'à 15 et 20 livres sans fatiguer le fléau. Il n'est pas rare d'être obligé dans des expériences chimiques de déterminer à un demi-grain près ou 1 grain tout au plus la tare et le poids de très grands vases et d'appareils très pesants. Il faut, pour arriver à ce degré de précision, des balances faites par un artiste habile et avec des précautions particulières; il faut surtout se faire une loi de ne jamais s'en servir dans un laboratoire où elles seraient immanquablement rouillées et gâtées; elles doivent être conservées dans un cabinet séparé, où il n'entre jamais d'acides. Celles dont je me sers ont été construites par M. Fortin; leur fléau a 3 pieds de long, et elles réunissent toutes les sûretés et les commodités qu'on peut désirer. Je ne crois pas que, à l'exception de celles de Ramsden, il en existe qui puissent leur être comparées pour la justesse et pour la précision. Indépendamment de cette forte balance, j'en ai deux autres qui sont bannies, comme la première, du laboratoire; l'une pèse jusqu'à 18 ou 20 onces, à la précision du 10e de grain; la troisième ne pèse que jusqu'à 1 gros, et les 512e de grain y sont très sensibles.

Je donnerai à l'Académie, dans un Mémoire particulier, une description de ces trois balances, avec des détails sur le degré de précision qu'on en obtient.

Ces instruments, au surplus, dont on ne doit se servir que pour les expériences de recherche, ne dispensent pas d'en avoir d'autres moins précieux pour les usages courants du laboratoire. On y a continuellement besoin d'une grosse balance à fléau de fer peint en noir, qui puisse peser des terrines entières pleines de liquide, et des quantités d'eau de 40 à 50 livres, à un demi-gros près; d'une seconde balance susceptible de peser jusqu'à 8 à 10 livres, à 12 ou 15 grains près; enfin, d'une petite balance à la main, pesant environ une livre, à la précision du grain.

Mais ce n'est pas encore assez d'avoir d'excellentes balances, il faut les connaître, les avoir étudiées, savoir s'en servir, et l'on n'y parvient que par un long usage et avec beaucoup d'attention. Il

est surtout important de vérifier souvent les poids dont on se sert : ceux fournis chez les balanciers ayant été ajustés avec des balances qui ne sont pas extrêmement sensibles, ne se trouvent plus rigoureusement exacts quand on les éprouve avec des balances aussi parfaites que celles que je viens d'annoncer.

Ce serait une excellente manière, pour éviter les erreurs dans les pesées, que de les répéter deux fois, en employant pour les unes des fractions vulgaires de livre, et pour les autres des fractions décimales.

Tels sont les moyens qui ont paru jusqu'ici les plus propres à déterminer les quantités de matières employées dans les expériences, c'est-à-dire, pour me servir de l'expression ordinaire, à déterminer le poids absolu des corps. Mais en adoptant cette expression, je ne puis me dispenser d'observer que, prise dans un sens strict, elle n'est pas absolument exacte. Il est certain qu'à la rigueur nous ne connaissons et nous ne pouvons connaître que des pesanteurs relatives; que nous ne pouvons les exprimer qu'en partant d'une unité conventionnelle : il serait donc plus vrai de dire que nous n'avons aucune mesure du poids absolu des corps.

Passons maintenant à ce qui concerne la pesanteur spécifique. On a désigné sous ce nom le poids absolu des corps divisé par leur volume, ou ce qui revient au même, le poids que pèse un volume déterminé d'un corps. C'est la pesanteur de l'eau qu'on a choisie, en général, pour l'unité qui exprime ce genre de pesanteur. Ainsi, quand on parle de la pesanteur spécifique de l'or, on dit qu'il est dix-neuf fois aussi pesant que l'eau; que l'acide sulfurique concentré est deux fois aussi pesant que l'eau, et ainsi des autres corps.

Il est d'autant plus commode de prendre ainsi la pesanteur de l'eau pour unité, que c'est presque toujours dans l'eau que l'on pèse les corps dont on veut déterminer la pesanteur spécifique. Si, par exemple, on se propose de reconnaître la pesanteur spécifique d'un morceau d'or pur écroui à coups de marteau, et si ce morceau d'or pèse dans l'air 8 onces 4 gros 2 grains et demi, comme celui que M. Brisson a éprouvé, page 5 de son *Traité de la Pesanteur spécifique*, on suspend cet or à un fil métallique très fin et assez fort cependant pour pouvoir le supporter sans se rompre; on attache ce fil sous le bassin d'une balance hydrostatique, et l'on pèse l'or entièrement plongé dans un vase rempli d'eau. Le morceau d'or dont il est ici question a perdu dans l'expérience de M. Brisson 3 gros 37 grains. Or, il est évident

que le poids que perd un corps quand on l'a pesé dans l'eau, n'est autre que le poids du volume qu'il déplace, ou, ce qui est la même chose, qu'un poids d'eau égal à son volume; d'où l'on peut conclure qu'à volume égal l'or pèse 4898,5 grains, et l'eau 253 : ce qui donne 193 617 pour la pesanteur spécifique de l'or, celle de l'eau étant supposée 10 000. On peut opérer de la même manière pour toutes les substances solides.

Il est au surplus assez rare qu'on ait besoin en Chimie de déterminer la pesanteur spécifique des corps solides, à moins qu'on ne travaille sur les alliages ou sur les verres métalliques; on a au contraire besoin presque à chaque instant de connaître la pesanteur spécifique des fluides, parce que c'est souvent le seul moyen qu'on ait de juger de leur degré de pureté et de concentration.

On peut également remplir ce dernier objet avec un très grand degré de précision, au moyen de la balance hydrostatique, et en pesant successivement un corps solide, tel, par exemple, qu'une boule de cristal de roche suspendue à un fil d'or très fin, dans l'air et dans le fluide dont on veut déterminer la pesanteur spécifique. Le poids que perd la boule plongée dans le fluide est celui d'un volume égal de ce fluide. En répétant successivement cette opération dans l'eau et dans différents fluides, on peut par un calcul très simple en conclure leur rapport de pesanteur spécifique, soit entre eux, soit avec l'eau; mais ce moyen ne serait pas encore suffisamment exact, ou au moins il serait très embarrassant à l'égard des liqueurs dont la pesanteur spécifique diffère très peu de celle de l'eau, par exemple, à l'égard des eaux minérales et de toutes celles en général qui sont très peu chargées de sels.

Dans quelques travaux que j'ai entrepris sur cet objet, et qui ne sont point encore publics, je me suis servi avec beaucoup d'avantages de pèse-liqueurs très sensibles, et dont je vais donner une idée. Ils consistent dans un cylindre creux A*bcf* (*fig.* 9), de cuivre jaune, ou mieux encore d'argent, et lesté par le bas en *bcf* avec de l'étain. Ce pèse-liqueur est ici représenté nageant dans un bocal *lmno* rempli d'eau. A la partie supérieure du cylindre est adaptée une tige faite d'un fil d'argent de trois quarts de ligne de diamètre tout au plus, et surmontée d'un petit bassin *d* destiné à recevoir des poids. On fait sur cette tige une marque en *g*, dont on va expliquer l'usage. On peut faire cet instrument de différentes dimensions; mais il n'est

suffisamment exact qu'autant qu'il déplace au moins 4 livres d'eau.

Le poids de l'étain dont cet instrument est lesté doit être tel qu'il soit presque en équilibre dans de l'eau distillée et qu'il ne faille plus y ajouter pour le faire entrer jusqu'à la marque *g*, que un demi-gros ou 1 gros tout au plus.

On commence par déterminer une première fois avec beaucoup d'exactitude le poids de cet instrument et le nombre de gros ou de grains dont il faut le charger dans de l'eau distillée, à une température donnée pour le faire entrer jusqu'à la marque *g*. On fait la même opération dans toutes les eaux dont on veut connaître la pesanteur spécifique, et l'on rapporte ensuite par le calcul les diffé-

Fig. 9.

rences au pied cube, à la pinte ou à la livre, ou bien on les réduit en fractions décimales. Cette méthode, jointe à quelques expériences faites avec les réactifs, est une des plus sûres pour déterminer la qualité des eaux, et l'on y perçoit des différences qui auraient échappé aux analyses chimiques les plus exactes. Je donnerai un jour le détail d'un grand travail que j'ai fait sur cet objet.

Les pèse-liqueurs métalliques ne peuvent servir que pour déterminer la pesanteur spécifique des eaux qui ne contiennent que des sels neutres ou des substances alcalines : on peut aussi en faire construire de particuliers lestés pour l'esprit-de-vin et les liqueurs spiritueuses. Mais toutes les fois qu'il est question de déterminer la pesanteur spécifique des acides, on ne peut employer que du verre. On prend alors un cylindre creux de verre *abc* (*fig.* 10), qu'on ferme hermétiquement à la lampe en *bcf*; on y soude dans sa partie supérieure un tube capillaire *ad* surmonté par un petit bassin *d*. On leste cet instrument avec du mercure, et l'on en introduit plus ou moins,

suivant la pesanteur des liqueurs qu'on se propose d'examiner. On peut introduire dans le cube *ad*, qui forme le col de cet instrument, une petite bande de papier qui porte des divisions; et quoique ces divisions ne répondent pas aux mêmes fractions de grains dans des liqueurs dont la pesanteur spécifique est différente, elles sont cependant commodes pour les évaluations.

Je ne m'étendrai pas davantage sur les moyens qui servent pour déterminer, soit le poids absolu, soit la pesanteur spécifique des solides et des liquides; les instruments qu'on emploie à ce genre d'expériences, sont entre les mains de tout le monde, on peut se les

Fig. 10.

procurer aisément, et de plus grands détails seraient inutiles. Il n'en sera pas de même de la mesure des gaz : la plupart des instruments dont je me sers ne se trouvant nulle part, et n'ayant été décrits dans aucun Ouvrage, il m'a paru nécessaire d'en donner une connaissance plus détaillée : c'est l'objet que je me suis proposé dans le Chapitre suivant.

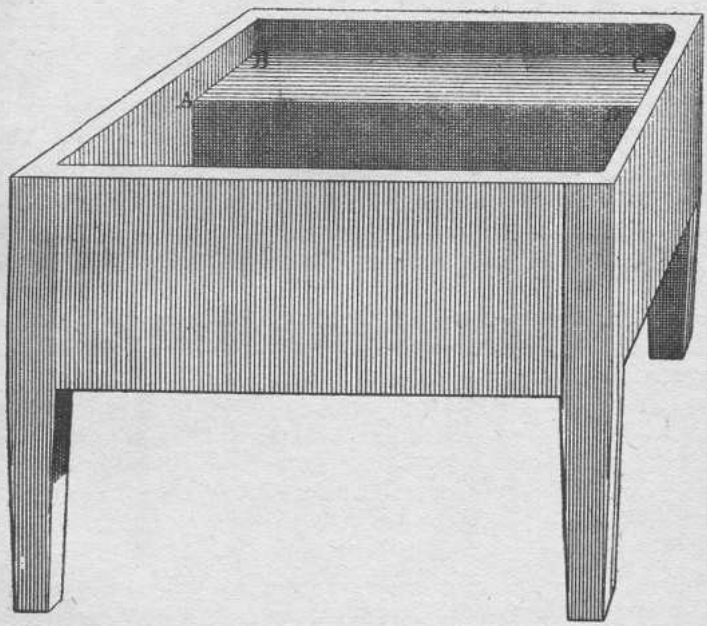
CHAPITRE II.

De la gazométrie ou de la mesure du poids et du volume des substances aériformes.

I. — Description des appareils pneumato-chimiques.

Les chimistes français ont donné dans ces derniers temps le nom de « pneumato-chimique » à un appareil à la fois très ingénieux et

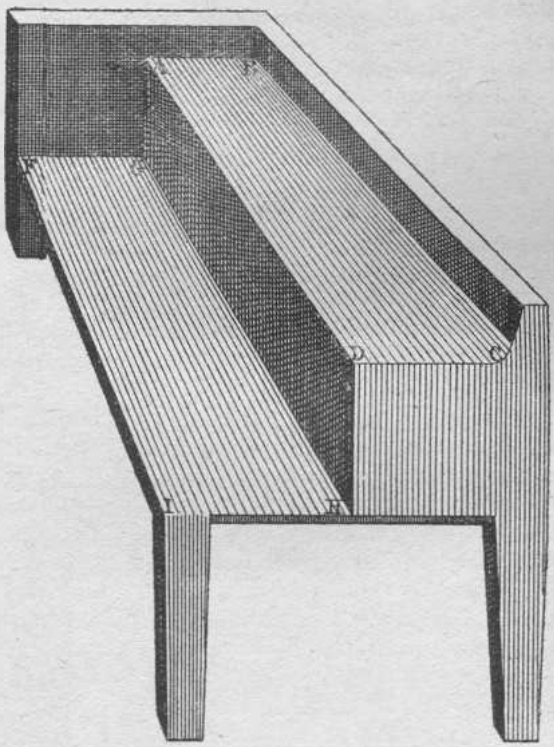
Fig. 11.



très simple, imaginé par M. Priestley, qui est devenu absolument indispensable dans tous les laboratoires. Il consiste en une caisse ou cuve de bois plus ou moins grande (*fig.* 11 et 12), doublée de plomb

laminé ou de feuilles de cuivre étamé. La figure 11 représente cette cuve en perspective; on en a supposé le devant et un des côtés enlevés dans la figure 12, afin de faire mieux sentir la manière dont elle est construite dans son intérieur.

Fig. 12.



On distingue dans tout appareil de cette espèce, la tablette de la cuve ABCD et le fond de la cuve FGHI. L'intervalle qui se trouve entre ces deux plans est la cuve proprement dite, ou la fosse de la cuve. C'est dans cette partie creuse qu'on emplit les cloches; on les retourne ensuite et on les pose sur la tablette ABCD. On peut encore

distinguer les bords de la cuve; et l'on donne ce nom à tout ce qui excède le niveau de la tablette.

La cuve doit être suffisamment remplie, pour que la tablette soit toujours recouverte de 1 pouce ou de 1 pouce et demi d'eau; elle doit avoir assez de largeur et de profondeur, pour qu'il y en ait alors au moins 1 pied en tout sens dans la fosse de la cuve. Cette quantité suffit pour les expériences ordinaires; mais il est un grand nombre de circonstances où il est commode, où il est même indispensable de se donner encore plus d'espace. Je conseille donc à ceux qui veulent s'occuper utilement et habituellement d'expériences de Chimie, de construire très en grand ces appareils, si le local le leur permet. La fosse de ma cuve principale contient 4 pieds cubes d'eau, et la surface de sa tablette est de 14 pieds carrés. Malgré cette grandeur qui me paraissait d'abord démesurée, il m'arrive encore souvent de manquer de place.

Il ne suffit pas encore dans un laboratoire où l'on est livré à un courant habituel d'expériences, d'avoir un seul de ces appareils, quelque grand qu'il soit : il faut, indépendamment du magasin général, en avoir de plus petits et de portatifs même, qu'on place où le besoin l'exige et près du fourneau où l'on opère. Ce n'est qu'ainsi qu'on peut faire marcher plusieurs expériences à la fois. Il y a d'ailleurs des opérations qui salissent l'eau de l'appareil, et qu'il est nécessaire de faire dans une cuve particulière.

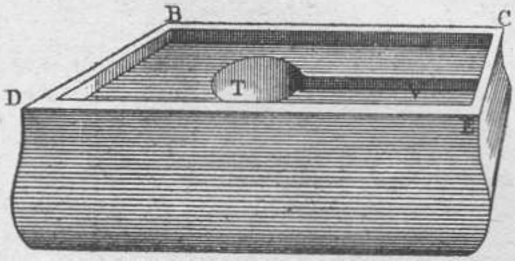
Il est sans doute beaucoup plus économique de se servir de cuves de bois, ou de baquets cerclés de fer et faits tout simplement avec des douves, plutôt que d'employer des caisses de bois doublées de cuivre ou de plomb. Je m'en suis moi-même servi dans mes premières expériences; mais j'ai bientôt reconnu les inconvénients qui y sont attachés. Si l'eau n'y est pas toujours entretenue au même niveau, les douves qui se trouvent à sec prennent de la retraite; elles se disjoignent, et quand on vient ensuite à mettre plus d'eau, elle s'échappe par les jointures, et les planchers sont inondés.

Les vaisseaux dont on se sert pour recevoir et pour contenir les gaz dans cet appareil, sont des cloches de cristal. Pour les transporter d'un appareil à un autre, ou même pour les mettre en réserve quand la cuve est trop embarrassée, on se sert de plateaux garnis d'un rebord et de deux anses, pour les transporter.

A l'égard de l'appareil pneumato-chimique au mercure, après

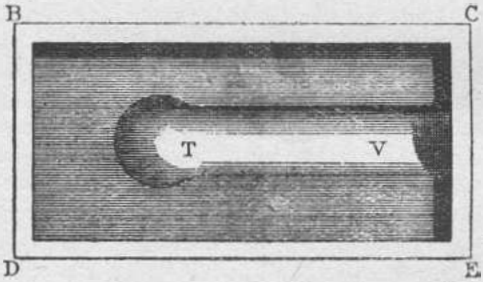
avoir essayé d'en construire de différentes matières, je me suis arrêté définitivement au marbre. Cette substance est absolument imperméable au mercure; on n'a pas à craindre, comme avec le bois, que

Fig. 13.



les assemblages se déjoignent, ou que le mercure s'échappe par des gerçures; on n'a point non plus l'inquiétude de la cassure, comme avec le verre, la faïence et la porcelaine.

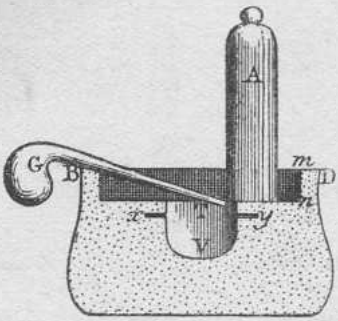
Fig. 14.



On choisit donc un bloc de marbre BCDE (*fig.* 13 et 14) de 2 pieds de long, de 15 à 18 pouces de large, et de 10 pouces d'épaisseur; on le fait creuser jusqu'à une profondeur *mn* (*fig.* 15), d'environ 4 pouces, pour former la fosse qui doit contenir le mercure; et pour qu'on puisse y remplir plus commodément les cloches ou jarres, on y fait creuser en outre une profonde rigole TV, de 4 autres pouces au moins

de profondeur : enfin comme cette rigole pourrait être embarrassante dans quelques expériences, il est bon qu'on puisse la boucher et la condamner à volonté, et l'on remplit cet objet au moyen de

Fig. 15.



petites planches qui entrent dans une rainure *xy* (*fig.* 15). Je me suis déterminé à faire construire deux cuves de marbre, semblables à celle que je viens de décrire, mais de grandeurs différentes; j'en ai toujours par ce moyen une des deux qui me sert de réservoir pour

Fig. 16.

conserver le mercure, et c'est de tous les réservoirs le plus sûr et le moins sujet aux accidents.

On peut opérer dans le mercure avec cet appareil, exactement comme dans l'eau; il faut absolument employer des cloches très fortes et d'un petit diamètre, ou des tubes de cristal qui ont un empâtement par le bas, comme celui représenté (*fig.* 17); les faïenciers

qui les tiennent, les nomment eudiomètres. On voit une de ces cloches en place A (*fig.* 15), et ce qu'on nomme une jarre (*fig.* 16).

L'appareil pneumato-chimique au mercure est nécessaire pour

Fig. 17.

toutes les opérations où il se dégage des gaz susceptibles d'être absorbés par l'eau, et ce cas n'est pas rare, puisqu'il a lieu généralement dans toutes les combustions, à l'exception de celle des métaux.

II. — Du gazomètre.

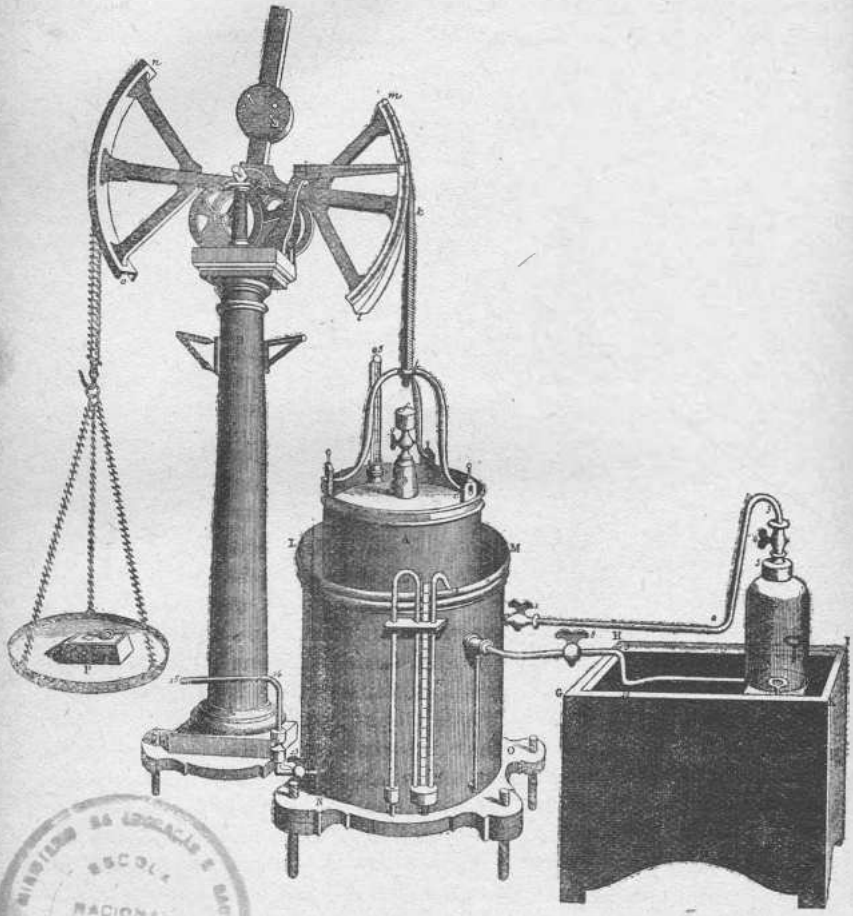
Je donne le nom de gazomètre à un instrument dont j'ai eu la première idée, et que j'avais fait exécuter dans la vue de former un soufflet qui pût fournir continuellement et uniformément un courant de gaz oxygène pour des expériences de fusion. Depuis, nous avons fait, M. Meusnier et moi, des corrections et des additions considérables à ce premier essai, et nous l'avons transformé en un instrument pour ainsi dire universel, dont il sera difficile de se passer toutes les fois qu'on voudra faire des expériences exactes.

Le nom seul de cet instrument indique assez qu'il est destiné à mesurer le volume des gaz. Il consiste en un grand fléau de balance, de 3 pieds de longueur DR (*fig.* 18), construit en fer et très fort. A chacune de ses extrémités DE, est solidement fixée une portion d'arc de cercle également en fer.

Ce fléau ne repose pas, comme dans les balances ordinaires, sur un couteau; on y a substitué un tourillon cylindrique d'acier qui porte sur des rouleaux mobiles; on est parvenu ainsi à diminuer

considérablement la résistance qui pouvait mettre obstacle au libre

Fig. 18.



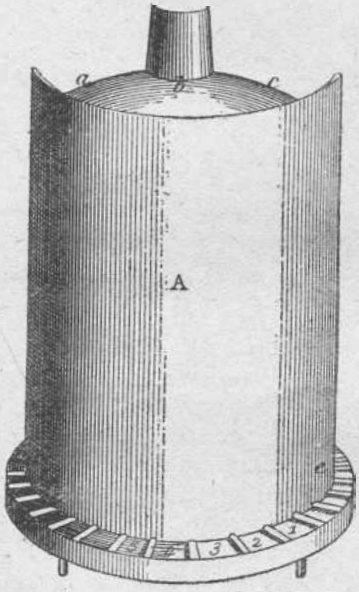
BIBLIOTECA DA ESCOLA NACIONAL DE AGRICULTURA DO BRASIL

mouvement de la machine, puisque le frottement de la première espèce se trouve converti en un de la seconde. Ces rouleaux sont en

cuivre jaune et d'un grand diamètre : on a pris de plus la précaution de garnir les points qui supportent l'axe ou tourillon du fléau, avec des bandes de cristal de roche. Toute cette suspension est établie sur une colonne solide, de bois BC.

A l'extrémité D de l'un des bras du fléau, est suspendu un plateau

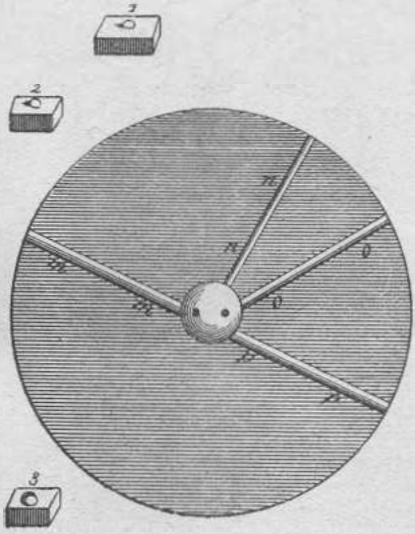
Fig. 19.



de balance P, destiné à recevoir des poids. La chaîne qui est plate s'applique contre la circonférence de l'arc *n*D*o*, dans une rainure pratiquée à cet effet. A l'extrémité E de l'autre bras du levier, est attachée une chaîne également plate *ikm*, qui par sa construction n'est pas susceptible de s'allonger ni de se raccourcir, lorsqu'elle est plus ou moins chargée. A cette chaîne est adapté solidement en *i* un étrier de fer à trois branches *ai*, *ci*, *hi*, qui supporte une grande cloche A de cuivre battu, de 18 pouces de diamètre sur environ 20 pouces de hauteur.

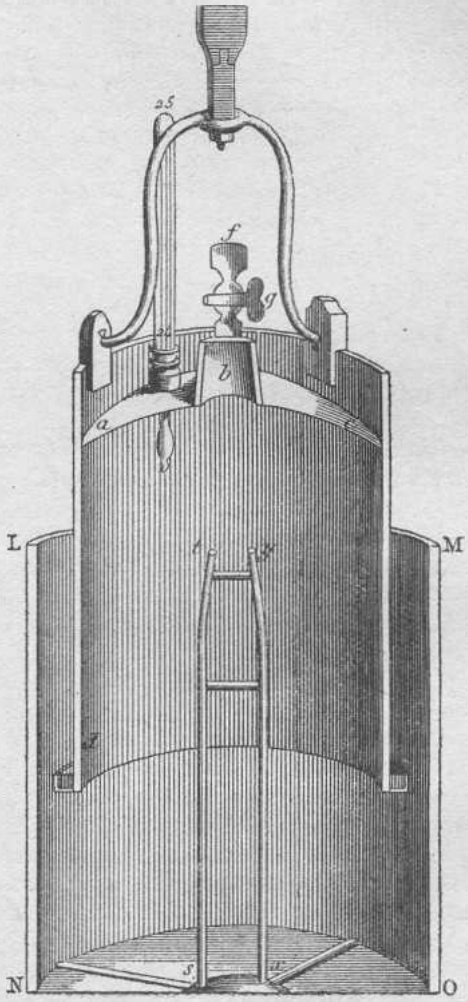
On a représenté toute cette machine en perspective dans la figure 18; on l'a supposée au contraire (*fig.* 19 et 21) partagée en deux par un plan vertical, pour laisser voir l'intérieur. Tout autour de la cloche dans le bas (*fig.* 19) est un rebord relevé en dehors et qui forme une capacité partagée en différentes cases 1, 2, 3, 4, etc. Ces cases sont destinées à recevoir des poids de plomb représentés séparément, 1, 2, 3. Ils servent à augmenter la pesanteur de la cloche

Fig. 20.



dans les cas où l'on a besoin d'une pression considérable, comme on le verra dans la suite; ces cas au surplus sont extrêmement rares. La cloche cylindrique A est entièrement ouverte par son fond *de* (*fig.* 21); elle est fermée par le haut au moyen d'une calotte de cuivre *abc*, ouverte en *bf*, et fermée par le moyen d'un robinet *g*. Cette calotte, comme on le voit par l'inspection des figures, n'est pas placée tout à fait à la partie supérieure du cylindre; elle est rentrée en dedans de quelques pouces, afin que la cloche ne soit jamais plongée en entier sous l'eau, et qu'elle n'en soit pas recou-

Fig. 21.



verte. Si j'étais dans le cas de faire reconstruire un jour cette machine, je désirerais que la calotte fût beaucoup plus surbaissée, de manière qu'elle ne formât presque qu'un plan.

Cette cloche ou réservoir à air est reçue dans un vase cylindrique LMNO (*fig.* 18), également de cuivre, et qui est plein d'eau.

Au milieu de ce vase cylindrique LMNO (*fig.* 21), s'élèvent perpendiculairement deux tuyaux *ft*, *xy*, qui se rapprochent un peu l'un de l'autre par leur extrémité supérieure *ty*. Ces tuyaux se prolongent jusqu'un peu au-dessus du niveau du bord supérieur LM du vase LMNO. Quand la cloche *abcde* touche le fond NO, ils entrent d'un demi-pouce environ dans la capacité conique *b*, qui conduit au robinet *g*.

La figure 20 représente le fond du vase LMNO. On voit au milieu une petite calotte sphérique creuse en dessous, assujettie et soudée par ses bords au fond du vase. On peut la considérer comme le pavillon d'un petit entonnoir renversé, auquel s'adaptent en *s* et en *x* les tuyaux *st*, *xy* (*fig.* 21). Ces tuyaux se trouvent par ce moyen en communication avec ceux *mm*, *nn*, *oo*, *pp*, qui sont placés horizontalement sur le fond de la machine (*fig.* 20) et qui, tous quatre, se réunissent dans la calotte sphérique *sx*.

De ces quatre tuyaux, trois sortent en dehors du vase LMNO, et l'on peut les suivre (*fig.* 18). L'un, désigné par les chiffres arabes 1, 2, 3, s'ajuste en 3 avec la partie supérieure d'une cloche V, et par l'intermède du robinet 4. Cette cloche est posée sur la tablette d'une petite cuve GHIK, doublée de plomb, et dont l'intérieur se voit figure 18.

Le second tuyau est appliqué contre le vase LMNO, de 6 en 7; il se continue ensuite en 7, 8, 9 et 10, et vient s'engager en 11 sous la cloche V. Le premier de ces deux tuyaux est destiné à introduire le gaz dans la machine; le second à en faire passer des essais sous des cloches. On détermine le gaz à entrer ou à sortir, suivant le degré de pression qu'on donne, et l'on parvient à faire varier cette pression en changeant plus ou moins le bassin P. Lors donc qu'on veut introduire de l'air, on donne une pression nulle et quelquefois même négative. Lorsqu'au contraire on veut en faire sortir, on augmente la pression jusqu'au degré où on le juge à propos.

Le troisième tuyau 12, 13, 14, 15 est destiné à conduire l'air ou le gaz à telle distance qu'on le juge à propos pour les combustions, combinaisons ou autres opérations de ce genre.

Pour entendre l'usage du quatrième tuyau, il est nécessaire que j'entre dans quelques explications. Je suppose que le vase LMNO (*fig.* 18), soit rempli d'eau, et que la cloche A soit en partie pleine d'air et en partie pleine d'eau; il est évident qu'on peut proportionner tellement les poids placés dans le bassin P, qu'il y ait un juste équilibre, et que l'air ne tende ni à rentrer dans la cloche A, ni à en sortir; l'eau dans cette supposition sera au même niveau en dedans et au dehors de la cloche. Il n'en sera plus de même, sitôt qu'on aura diminué le poids placé dans le bassin P, et qu'il y aura pression du côté de la cloche : alors le niveau de l'eau sera plus bas dans l'intérieur qu'à l'extérieur de la cloche, et l'air de l'intérieur se trouvera plus chargé que celui du dehors, d'une quantité qui sera mesurée exactement par le poids d'une colonne d'eau d'une hauteur égale à la différence des deux niveaux.

M. Meusnier, en partant de cette observation, a imaginé d'en déduire un moyen de reconnaître dans tous les instants le degré de pression qu'éprouverait l'air contenu dans la capacité de la cloche A (*fig.* 18). Il s'est servi à cet effet d'un siphon de verre à deux branches 19, 20, 21, 22, 23, solidement mastiqué en 19 et en 23. L'extrémité 19 de ce siphon communique librement avec l'eau de la cuve ou vase extérieur. L'extrémité 23, au contraire, communique avec le quatrième tuyau dont je me suis réservé, il n'y a qu'un moment, d'expliquer l'usage, et par conséquent avec l'air de l'intérieur de la cloche, par le tuyau *st* (*fig.* 21). Enfin, M. Meusnier a mastiqué en 16 (*fig.* 18), un autre tube droit de verre, 16, 17, 18, qui communique par son extrémité 16 avec l'eau du vase extérieur : il est ouvert à l'air libre par son extrémité supérieure 18.

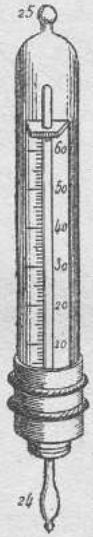
Il est clair, d'après ces dispositions, que l'eau doit se tenir dans le tube 16, 17 et 18, constamment au niveau de celle de la cuve ou vase extérieur; que l'eau, au contraire, dans la branche 19, 20 et 21, doit se tenir plus haut ou plus bas, suivant que l'air de l'intérieur de la cloche est plus ou moins pressé que l'air de l'extérieur, et que la différence de hauteur entre ces deux colonnes, observée dans le tube 16, 17 et 18, et dans celui 19, 20 et 21, doit donner exactement la mesure de la différence de pression. On a fait placer en conséquence entre ces deux tubes une règle de cuivre graduée et divisée en pouces et lignes, pour mesurer ces différences.

On conçoit que l'air et en général tous les fluides élastiques aéri-

formes étant d'autant plus lourds qu'ils sont plus comprimés, il était nécessaire, pour en évaluer les quantités et pour convertir les volumes en poids, d'en connaître l'état de compression : c'est l'objet qu'on s'est proposé de remplir par le mécanisme qu'on vient d'exposer.

Mais ce n'est pas encore assez pour connaître la pesanteur spéci-

Fig. 22.



fique de l'air ou des gaz et pour déterminer leur poids sous un volume connu, que de savoir quel est le degré de compression qu'ils éprouvent; il faut encore en connaître la température, et c'est à quoi nous sommes parvenus à l'aide d'un petit thermomètre dont la boule plonge dans la cloche A, et dont la graduation s'élève en dehors; il est solidement mastiqué dans une virole de cuivre qui se visse à la calotte supérieure de la cloche A (*voir* 24 et 25, *fig.* 18 et 21). Ce même thermomètre est représenté séparément figure 22.

L'usage du gazomètre aurait encore présenté de grands embarras et de grandes difficultés, si nous nous fussions bornés à ces seules

précautions. La cloche, en s'enfonçant dans l'eau du vase extérieur LMNO, perd de son poids et cette perte de poids est égale à celui de l'eau qu'elle déplace. Il en résulte que la pression qu'éprouve l'air ou le gaz contenu dans la cloche diminue continuellement à mesure qu'elle s'enfonce; que le gaz qu'elle a fourni dans le premier instant n'est pas de la même densité que celui qu'elle fournit à la fin; que sa pesanteur spécifique va continuellement en décroissant, et quoique à la rigueur ces différences puissent être déterminées par le calcul, on aurait été obligé à des recherches mathématiques qui auraient rendu l'usage de cet appareil embarrassant et difficile. Pour remédier à cet inconvénient, M. Meusnier a imaginé d'élever perpendiculairement au milieu du fléau une tige carrée de fer 26 et 27 (*fig.* 18) qui traverse une lentille creuse de cuivre 28, qu'on ouvre et qu'on peut remplir de plomb. Cette lentille glisse le long de la tige 26 et 27; elle se meut par le moyen d'un pignon denté qui engrène dans une crémaillère, et elle se fixe à l'endroit qu'on juge à propos.

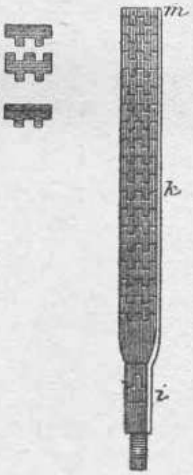
Il est clair que quand le levier DE est horizontal, la lentille 28 ne pèse ni d'un côté, ni d'un autre; elle n'augmente donc ni ne diminue la pression. Il n'en est plus de même quand la cloche A s'enfonce davantage et que le levier s'incline d'un côté, comme on le voit figure 1. Alors le poids 28, qui n'est plus dans la ligne verticale qui passe par le centre de suspension, pèse du côté de la cloche et augmente sa pression. Cet effet est d'autant plus grand que la lentille 28 est plus élevée vers 27, parce que le même poids exerce une action d'autant plus forte qu'il est appliqué à l'extrémité d'un levier plus long. On voit donc qu'en promenant le poids 28 le long de la tige 26 et 27, suivant laquelle il est mobile, on peut augmenter ou diminuer l'effet de la correction qu'il opère; et le calcul comme l'expérience prouvent qu'on peut arriver au point de compenser fort exactement la perte de poids que la cloche éprouve à tous les degrés de pression.

Je n'ai encore rien dit de la manière d'évaluer les quantités d'air ou de gaz fournies par la machine, et cet article est de tous le plus important. Pour déterminer avec une rigoureuse exactitude ce qui s'est dépensé dans le cours d'une expérience, et réciproquement pour savoir ce qui en a été fourni, nous avons établi sur l'arc de cercle qui termine le levier DE (*fig.* 1), un limbe de cuivre *lm* divisé en degrés et demi-degrés; cet arc est fixé au levier DE et il est emporté par un mouvement commun. On mesure les quantités dont

il s'abaisse, au moyen d'un index fixe 29, 30 qui se termine en 30 par un *nonnius* qui donne les centièmes de degré.

Fig. 23.

Fig. 24.



Voici les détails des différentes parties que nous venons de décrire :

1° Figure 23, la chaîne plate qui soutient le bassin de balance P; c'est celle de M. Vaucanson, mais comme elle a l'inconvénient de s'allonger ou de se raccourcir suivant qu'elle est plus ou moins chargée,

il y aurait eu de l'inconvénient à l'employer à la suspension de la cloche A;

Fig. 25.

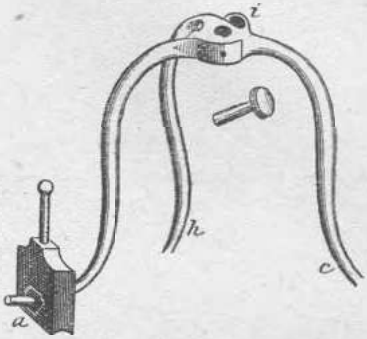
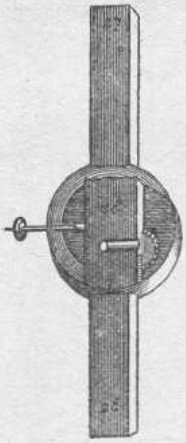


Fig. 26.



2° Figure 24, la chaîne *ikm* qui, dans la figure 1, porte la cloche A; elle est toute formée de plaques de fer limées, enchevêtrées les unes dans les autres et maintenues par des chevilles de fer. Quelque fardeau qu'on fasse supporter à ce genre de chaîne, elle ne s'allonge pas sensiblement;

3° Figure 25, l'étrier à trois branches, par le moyen duquel est suspendue la cloche A avec des vis de rappel, pour la fixer dans une position bien verticale;

Fig. 27.

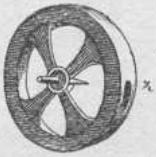


Fig. 28.

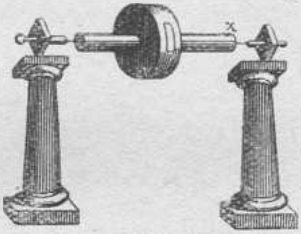


Fig. 29.

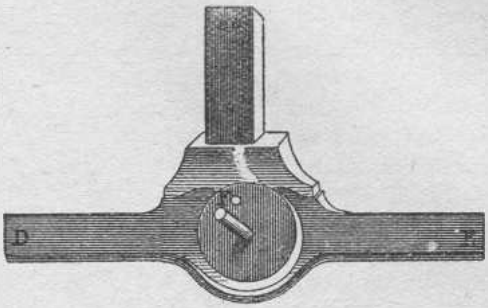
4° Figure 26, la tige 26, 27 qui s'élève perpendiculairement au milieu du fléau et qui porte la lentille 28;

5° Figures 27 et 28, les rouleaux avec la bande *z* de cristal de roche, sur laquelle portent les contacts, pour diminuer encore le frottement;

6° Figure 29, la pièce qui porte l'axe des rouleaux;

7° Figure 30, le milieu du fléau avec le tourillon sur lequel il est mobile;

Fig. 30.



8° Figure 22, le thermomètre qui donne le degré de l'air contenu dans la cloche.

Quand on veut se servir du gazomètre qu'on vient de décrire, il faut commencer par remplir d'eau le vase extérieur LMNO (*fig.* 18), jusqu'à une hauteur déterminée qui doit toujours être la même dans toutes les expériences. Le niveau de l'eau doit être pris quand le fléau de la machine est horizontal. Ce niveau, quand la cloche est à fond, se trouve augmenté de toute la quantité d'eau qu'elle a déplacée; il diminue au contraire à mesure que la cloche approche de son plus haut point d'élévation. On cherche ensuite par tâtonnements quelle est l'élévation à laquelle doit être fixée la lentille 28, pour que la pression soit égale dans toutes les positions du fléau. Je dis à peu près parce que la correction n'est pas rigoureuse et que des différences d'un quart de ligne et même d'une demi-ligne ne sont d'aucune conséquence. Cette hauteur, à laquelle il faut élever la lentille, n'est pas la même pour tous les degrés de pression; elle varie suivant que cette pression est de 1 pouce, 2 pouces, 3 pouces, etc. Toutes ces déterminations doivent être écrites à mesure sur un registre avec beaucoup d'ordre.

Ces premières dispositions faites, on prend une bouteille de 8 à 10 pintes dont on détermine bien la capacité en pesant exactement la quantité d'eau qu'elle peut contenir. On renverse cette bouteille ainsi pleine dans la cuve GHIK. On en pose le goulot sur la tablette

à la place de la cloche V, en engageant l'extrémité 11 du tuyau 7, 8, 9, 10, 11, dans son goulot. On établit la machine à zéro de pression et l'on observe bien exactement le degré marqué par l'index sur le limbe; puis ouvrant le robinet 8 et appuyant un peu sur la cloche A, on fait passer autant d'air qu'il en faut pour remplir entièrement la bouteille. Alors on observe de nouveau le limbe et l'on est en état de calculer le nombre de pouces cubes qui répondent à chaque degré.

Après cette première bouteille on en remplit une seconde, une troisième, etc., on recommence même plusieurs fois cette opération et même avec des bouteilles de différentes capacités; et avec du temps et une scrupuleuse attention, on parvient à jauger la cloche A dans toutes ses parties. Le mieux est de faire en sorte qu'elle soit bien tournée et bien cylindrique, afin d'éviter les évaluations et les calculs.

L'instrument que je viens de décrire et que j'ai nommé gazomètre a été construit par M. Meigné le jeune, ingénieur, constructeur d'instruments de physique, breveté du Roi. Il y a apporté un soin, une exactitude et une intelligence rares. C'est un instrument précieux par le grand nombre des applications qu'on en peut faire et parce qu'il est des expériences à peu près impossibles sans lui. Ce qui le renchérit, c'est qu'un seul ne suffit pas; il le faut double dans un grand nombre de cas, comme dans la formation de l'eau, dans celle de l'acide nitreux, etc. C'est un effet inévitable de l'état de perfection dont la Chimie commence à s'approcher, que d'exiger des instruments et des appareils dispendieux et compliqués; il faut s'attacher sans doute à les simplifier, mais il ne faut pas que ce soit aux dépens de leur commodité, et surtout de leur exactitude.

III. — De quelques autres manières de mesurer le volume des gaz.

Le gazomètre, dont je viens de donner la description dans le paragraphe précédent, est un instrument trop compliqué et trop cher pour qu'on puisse l'employer habituellement à la mesure des gaz dans les laboratoires; il s'en faut même beaucoup qu'il soit applicable à toutes les circonstances. Il faut pour une multitude d'expériences courantes des moyens plus simples et qui soient, si l'on peut

se permettre cette expression, plus à la main. Je vais détailler ici ceux dont je me suis servi jusqu'au moment où j'ai eu un gazomètre à ma disposition et dont je me sers encore aujourd'hui de préférence dans le cours ordinaire de mes expériences.

J'ai décrit dans le premier paragraphe de ce Chapitre les appareils pneumato-chimiques à l'eau et au mercure. Ils consistent, comme on l'a vu, en cuves plus ou moins grandes, sur la tablette desquelles se posent les cloches destinées à recevoir les gaz. Je suppose qu'à la suite d'une expérience quelconque, on ait dans un appareil de cette espèce un résidu de gaz qui n'est absorbable ni par l'alcali, ni par l'eau, qui est contenu dans le haut d'une cloche AEF (*fig.* 5), et dont on veut connaître le volume. On commence par marquer avec une grande exactitude par le moyen de bandes de papier la hauteur EF de l'eau ou du mercure. Il ne faut pas se contenter d'appliquer une seule marque d'un des côtés de la cloche, parce qu'il pourrait rester de l'incertitude sur le niveau du liquide : il en faut au moins trois ou même quatre en opposition les unes aux autres.

On doit ensuite, si c'est sur du mercure qu'on opère, faire passer sous la cloche de l'eau pour déplacer le mercure. Cette opération se fait facilement avec une bouteille qu'on emplit d'eau à ras; on en bouche l'orifice avec le doigt, on la renverse et on engage son col sous la cloche; puis retournant la bouteille, on en fait sortir l'eau qui s'élève au-dessus de la colonne de mercure et qui la déplace. Lorsque tout le mercure est ainsi déplacé, on verse de l'eau sur la cuve ABCD, de manière que le mercure en soit couvert de 1 pouce environ. On passe une assiette ou un vase quelconque très plat sous la cloche et on l'enlève pour la transporter sur une cuve à eau (*fig.* 11 et 12). Alors on transvase l'air dans une cloche qui a été graduée de la manière dont je vais l'expliquer et l'on juge de la quantité du gaz par les graduations de la cloche.

A cette première manière de déterminer le volume du gaz, on peut en substituer une autre qu'il est bon d'employer comme moyen de vérification. L'air ou le gaz une fois transvasé, on retourne la cloche qui le contenait et l'on y verse de l'eau jusqu'aux marques E, F; on pèse cette eau, et de son poids on en conclut le volume, d'après cette donnée que 1 pied cube ou 1728 pouces d'eau pèsent 70 livres. On trouvera à la fin de cette troisième Partie une table où ces réductions se trouvent toutes faites.

La manière de graduer les cloches est extrêmement facile et je vais en donner le procédé, afin que chacun puisse s'en procurer. Il est bon d'en avoir de plusieurs grandeurs et même un certain nombre de chaque grandeur, pour y avoir recours en cas d'accident.

On prend une cloche de cristal un peu forte, longue et étroite; on l'emplit d'eau dans la cuve représentée (*fig.* 11) et on la pose sur la tablette ABCD. On doit avoir une place déterminée qui serve constamment à ce genre d'opération, afin que le niveau de la tablette sur laquelle on pose la cloche soit toujours le même; on évite par là presque la seule erreur dont ce genre d'opération soit susceptible.

D'un autre côté, on choisit une bouteille à goulot étroit qui, pleine à rase, contienne juste 6 onces 3 gros 61 grains d'eau, ce qui répond à un volume de 10 pouces cubiques. Si l'on ne trouvait pas de bouteille qui eût précisément cette capacité, on en prendrait une un peu plus grande et l'on y coulerait un peu de cire fondue avec de la résine, pour en diminuer la capacité; cette bouteille sert d'étalon pour jauger la cloche, et voici comme on y procède. On fait passer l'air contenu dans cette bouteille dans la cloche qu'on se propose de graduer; puis on fait une marque à la hauteur jusqu'à laquelle est descendue l'eau. On ajoute une seconde mesure d'air et l'on fait une nouvelle marque; on continue ainsi jusqu'à ce que toute l'eau de la cloche ait été déplacée. Il est important pendant le cours de cette opération que la bouteille et la cloche soient maintenues constamment à la même température et que cette température diffère peu de celle de l'eau de la cuve. On doit donc éviter d'appliquer les mains sur la cloche, ou au moins de les y tenir longtemps pour ne pas l'échauffer; si même on craignait qu'elle ne l'eût été, il faudrait verser dessus de l'eau de la cuve pour la rafraîchir. La hauteur du baromètre et du thermomètre est indifférente pour cette opération, pourvu qu'elle ne varie pas pendant qu'elle dure.

Lorsque les marques ont été ainsi placées de 10 pouces en 10 pouces sur la cloche, on y trace une graduation avec une pointe de diamant emmanchée dans une petite tige de fer. On trouve des diamants ainsi montés pour un prix modique au Louvre, chez le successeur de Passement. On peut graduer de la même manière des tubes de cristal pour le mercure; on les divise alors de pouce en pouce et même de dixièmes de pouce en dixièmes de pouce. La bouteille

qui sert de jauge doit contenir juste 8 onces 6 gros 25 grains de mercure; c'est le poids équivalent à 1 pouce cubique.

Cette manière de déterminer les volumes d'air, au moyen d'une cloche graduée, comme on vient de l'exposer, a l'avantage de n'exiger aucune correction pour la différence de hauteur qui existe entre le niveau de l'eau dans l'intérieur de la cloche et celui de l'eau de la cuve; mais il ne dispense pas des corrections relatives à la hauteur du baromètre et du thermomètre. Lorsqu'on détermine au contraire le volume de l'air par le poids de l'eau contenue jusqu'aux marques EF, on a une correction de plus à faire pour la différence des niveaux du fluide en dedans et en dehors de la cloche, comme je l'expliquerai dans le paragraphe V de ce Chapitre.

IV. — De la manière de séparer les unes des autres les différentes espèces de gaz.

On n'a présenté dans le paragraphe précédent qu'un cas des plus simples, celui où l'on se propose de déterminer le volume d'un gaz pur non absorbable par l'eau; les expériences conduisent ordinairement à des résultats plus compliqués, et il n'est pas rare d'obtenir à la fois trois ou quatre espèces de gaz différentes. Je vais essayer de donner une idée de la manière dont on parvient à les séparer.

Je suppose que j'ai sous la cloche (*fig.* 5), une quantité AEF de différents gaz, mêlés ensemble et contenus par du mercure; on doit commencer par marquer exactement avec des bandes de papier, comme je l'ai prescrit dans le paragraphe précédent, la hauteur du mercure; on fait ensuite passer sous la cloche une très petite quantité d'eau, de 1 pouce cubique, par exemple : si le mélange de gaz contient du gaz acide muriatique ou du gaz acide sulfureux, il y aura sur-le-champ une absorption très considérable, parce que c'est une propriété de ces gaz d'être absorbés en grande quantité par l'eau, surtout le gaz acide muriatique. Si le pouce cube d'eau qui a été introduit ne produit qu'une très légère absorption et à peine égale à son volume, on en conclura que le mélange ne contient ni gaz acide muriatique, ni gaz sulfureux, ni même de gaz ammoniaque; mais on commencera dès lors à soupçonner qu'il est mélangé de gaz acide carbonique, parce qu'en effet l'eau n'absorbe de ce gaz qu'un volume à peu près

égal au sien. Pour vérifier ce soupçon, on introduira sous la cloche de l'alcali caustique en liqueur : s'il y a du gaz acide carbonique, on observera une absorption lente et qui durera plusieurs heures; l'acide carbonique se combinera avec l'alcali caustique ou potasse, et ce qui restera ensuite n'en contiendra pas sensiblement.

On n'oubliera pas à la suite de chaque expérience de coller des marques de papier sur la cloche, à l'endroit où répondra la surface du mercure et de les vernir dès qu'elles seront sèches, afin qu'on puisse plonger la cloche dans l'eau sans risquer de les décoller. Il sera également nécessaire de tenir note de la différence de niveau entre le mercure de la cloche et celui de la cuve, ainsi que de la hauteur du baromètre et du degré du thermomètre.

Lorsqu'on aura ainsi absorbé par l'eau et par la potasse tous les gaz qui en sont susceptibles, on fera passer de l'eau sous la cloche pour en déplacer tout le mercure; on couvrira, comme je l'ai prescrit dans le paragraphe précédent, le mercure de la cuve d'environ 2 pouces d'eau; puis passant par-dessous la cloche une assiette plate, on la transportera sur la cuve pneumato-chimique à l'eau : là on déterminera la quantité d'air ou de gaz restant, en la faisant passer dans une cloche graduée. Cela fait, on en prendra différents essais dans de petites jarres, et par des expériences préliminaires on cherchera à reconnaître quels sont à peu près les gaz auxquels on a affaire. On introduira par exemple dans une des petites jarres remplie de ce gaz une bougie allumée. Si la bougie ne s'y éteint pas, on en conclura qu'il contient du gaz oxygène, et même, suivant que la flamme de la bougie sera plus ou moins éclatante, on pourra juger s'il en contient plus ou moins que l'air de l'atmosphère. Dans le cas au contraire où la bougie s'y éteindrait, on aurait une forte raison de présumer que ce résidu est, pour la plus grande partie, du gaz azote. Si à l'approche de la bougie le gaz s'enflamme et brûle paisiblement à la surface avec une flamme de couleur blanche, on en conclura que c'est du gaz hydrogène pur; si elle est bleue, on aura lieu d'en conclure que ce gaz est carboné; enfin, s'il brûle avec bruit et détonation, c'est un mélange de gaz oxygène et de gaz hydrogène.

On peut encore mêler une portion du même gaz oxygène; s'il y a vapeurs rouges et absorption, on en conclura qu'il contient du gaz nitreux.

Ces connaissances préliminaires donnent bien une idée de la qualité

du gaz et de la nature du mélange; mais elles ne suffisent pas pour déterminer les proportions et les quantités. Il faut alors avoir recours à toutes les ressources de l'analyse, et c'est beaucoup que de savoir à peu près dans quel sens il faut diriger ses efforts. Je suppose que l'on ait reconnu que le résidu sur lequel on opère soit un mélange de gaz azote et de gaz oxygène; pour en reconnaître la proportion, on en fait passer une quantité déterminée, 100 parties par exemple, dans un tube gradué de 10 à 12 lignes de diamètre; on y introduit du sulfure de potasse dissous dans l'eau et on laisse le gaz en contact avec cette liqueur; elle absorbe tout le gaz oxygène, et au bout de quelques jours il ne reste que du gaz azote.

Si au contraire on a reconnu qu'on avait affaire à du gaz hydrogène, on en fait passer une quantité déterminée dans un eudiomètre de Volta; on y joint une première portion de gaz oxygène, qu'on fait détoner avec lui par l'étincelle électrique; on ajoute une seconde portion du même gaz oxygène et l'on fait détoner de nouveau, et ainsi jusqu'à ce qu'on ait obtenu la plus grande diminution possible de volume. Il se forme, comme on sait, dans cette détonation, de l'eau qui est absorbée sur-le-champ; mais si le gaz hydrogène contenait du carbone, il se forme en même temps de l'acide carbonique qui ne s'absorbe pas aussi promptement et dont on peut reconnaître la quantité en facilitant son absorption par l'agitation de l'eau.

Enfin, si l'on a du gaz nitreux, on peut encore en déterminer la quantité, du moins à peu près, par une addition de gaz oxygène, et d'après la diminution du volume qui en résulte.

Je m'en tiendrai à ces exemples généraux qui suffisent pour donner une idée de ce genre d'opérations. Un volume entier ne suffirait pas, si l'on voulait prévoir tous les cas. L'analyse des gaz est un art avec lequel il faut se familiariser; mais comme ils ont la plupart de l'affinité les uns avec les autres, il faut avouer qu'on n'est pas toujours sûr de les avoir complètement séparés. C'est alors qu'il faut changer de marche et de route, refaire d'autres expériences sous une autre forme, introduire quelque nouvel agent dans la combinaison, en écarter d'autres, jusqu'à ce qu'on soit sûr d'avoir saisi la vérité.

V. — Des corrections a faire au volume des gaz obtenus dans les expériences, relativement a la pression de l'atmosphère.

C'est une vérité donnée par l'expérience, que les fluides élastiques en général sont compressibles en raison des poids dont ils sont chargés. Il est possible que cette loi souffre quelque altération aux approches

Fig. 31.

du degré de compression qui serait suffisant pour les réduire à l'état liquide, et de même à un degré de dilatation ou de compression extrême: mais nous ne sommes pas près de ces limites pour la plupart des gaz que nous soumettons à des expériences.

Quand je dis que les fluides élastiques sont compressibles en raison des poids dont ils sont chargés, voici comme il faut entendre cette proposition.

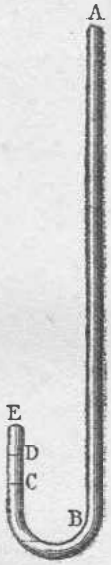
Tout le monde sait ce que c'est qu'un baromètre. C'est, à proprement parler, un siphon ABCD (*fig.* 31), plein de mercure dans la branche BCD. Si l'on suppose mentalement cette branche BCD prolongée indéfiniment jusqu'au haut de notre atmosphère, on verra clairement que le baromètre n'est autre chose qu'une sorte de balance, un instrument dans lequel on met une colonne de mercure en équilibre avec une colonne d'air. Mais il est facile de s'apercevoir que, pour que cet effet ait lieu, il est parfaitement inutile de prolonger la branche BCD à une aussi grande hauteur et que comme le baromètre est plongé dans l'air, la colonne AB de mercure sera également en équilibre avec une colonne de même diamètre d'air de l'atmosphère, quoique la branche du siphon BCD soit coupée en C et qu'on en retranche la partie CD.

La hauteur moyenne d'une colonne de mercure, capable de faire équilibre avec le poids d'une colonne d'air prise depuis le haut de l'atmosphère jusqu'à la surface de la terre, est de 28 pouces de mercure, du moins à Paris et même dans les quartiers bas de la ville; ce qui signifie en d'autres termes que l'air à la surface de la terre à Paris est communément pressé par un poids égal à celui d'une colonne de mercure de 28 pouces de hauteur. C'est ce que j'ai voulu exprimer dans cet Ouvrage, lorsque j'ai dit en parlant des différents gaz, par exemple du gaz oxygène, qu'il pesait 1 once 4 gros le pied cube, sous une pression de 28 pouces. La hauteur de cette colonne de mercure diminue à mesure que l'on s'élève et qu'on s'éloigne de la surface de la terre, ou pour parler plus rigoureusement, de la ligne de niveau formée par la surface de la mer; parce qu'il n'y a que la colonne d'air supérieure au baromètre qui fasse équilibre avec le mercure, et que la pression de toute la quantité d'air qui est au-dessous du niveau où il est placé est nulle par rapport à lui.

Mais, suivant quelle loi le baromètre baisse-t-il à mesure que l'on s'élève; ou, ce qui revient au même, quelle est la loi suivant laquelle les différentes couches de l'atmosphère décroissent de densité ? C'est ce qui a beaucoup exercé la sagacité des physiciens du dernier siècle. L'expérience suivante a d'abord jeté beaucoup de lumière sur cet objet.

Si l'on prend un siphon de verre ABCDE (*fig.* 32), fermé en E et ouvert en A, et qu'on y introduise quelques gouttes de mercure pour intercepter la communication entre la branche AB et la branche BE, il est clair que l'air contenu dans la branche BCDE sera pressé comme tout l'air environnant par une colonne égale au poids de 28 pouces de mercure. Mais si l'on verse du mercure dans

Fig. 32.



la branche AB, jusqu'à 28 pouces de hauteur, il est clair que l'air de la branche BCDE sera pressé par un poids égal à deux fois 28 pouces de mercure; or, l'expérience a démontré qu'alors au lieu d'occuper le volume total BE, il n'occupera plus que celui CE qui en est précisément la moitié. Si à cette première colonne de 28 pouces de mercure, on en ajoute deux autres également de 28 pouces dans la branche AC, l'air de la branche BCDE sera comprimé par quatre colonnes, chacune égale au poids de 28 pouces de mercure, et il n'occupera plus que l'espace DE, c'est-à-dire le quart du volume qu'il occupait au commen-

cement de l'expérience. De ces résultats qu'on peut varier d'une infinité de manières, on en a déduit cette loi générale, qui paraît applicable à tous les fluides élastiques, que leur volume décroît proportionnellement aux poids dont ils sont chargés; ce qui peut aussi s'énoncer en ces termes, que « le volume de tout fluide élastique est en raison inverse des poids dont il est comprimé ». Les expériences faites pour la mesure des hautes montagnes ont pleinement confirmé l'exactitude de ces résultats; et en supposant qu'ils s'écartent de la vérité, les différences sont si excessivement petites qu'elles peuvent être regardées comme rigoureusement nulles dans les expériences chimiques.

Cette loi de la compression des fluides élastiques une fois bien entendue, il est aisé d'en faire application aux corrections qu'il est indispensable de faire au volume des airs ou gaz dans les expériences pneumato-chimiques. Ces corrections sont de deux genres; les unes relatives à la variation du baromètre, les autres relatives à la colonne d'eau ou de mercure contenus dans les cloches. Je vais faire en sorte de me rendre intelligible par des exemples : je commencerai par le cas le plus simple.

Je suppose qu'on ait obtenu 100 pouces de gaz oxygène à 10° de température, le baromètre marquant 28 pouces 6 lignes. On peut demander deux choses : la première, quel est le volume que les 100 pouces occuperaient sous une pression de 28 pouces, au lieu de 28 pouces 6 lignes; la seconde, quel est le poids des 100 pouces de gaz obtenus ?

. . . . . .

On a le choix dans ces sortes de calculs, ou de réduire en lignes la hauteur du baromètre, ainsi que la différence du niveau du mercure en dedans et en dehors de la cloche, ou de l'exprimer en fractions décimales de pouces. Je préfère ce dernier parti, qui rend le calcul plus court et plus facile. On ne doit point négliger les méthodes d'abréviations pour les opérations qui se répètent souvent : j'ai joint en conséquence à la suite de cette troisième Partie, sous le n° IV, une table qui exprime les fractions décimales de pouces correspondant aux lignes et fractions de lignes. Rien ne sera plus aisé, d'après cette table, que de réduire en fractions décimales de pouces les hauteurs du mercure qu'on aura observées en lignes.

On a des corrections semblables à faire lorsqu'on opère dans

l'appareil pneumato-chimique à l'eau. Il faut également, pour obtenir des résultats rigoureux, tenir compte de la différence de hauteur de l'eau en dehors et en dedans de la cloche. Mais comme c'est en pouces et lignes du baromètre, et par conséquent en pouces et lignes de mercure, que s'exprime la pression de l'atmosphère et qu'on ne peut additionner ensemble que des quantités homogènes, on est obligé de réduire les différences de niveau exprimées en pouces et lignes d'eau, en une hauteur équivalente de mercure. On part, pour cette conversion, de cette donnée que le mercure est 13,5681 fois aussi pesant que l'eau. On trouve à la fin de cet Ouvrage, sous le n° V, une table à l'aide de laquelle on peut faire promptement et facilement cette réduction.

VI. — Des corrections relatives aux différents degrés du thermomètre.

De même que pour avoir le poids de l'air et des gaz, il est nécessaire de les réduire à une pression constante, telle que celle de 28 pouces de mercure; de même aussi il est nécessaire de les réduire à une température déterminée : car puisque les fluides élastiques sont susceptibles de se dilater par la chaleur et de se condenser par le froid, il en résulte nécessairement qu'ils changent de densité, et que leur pesanteur n'est plus la même sous un volume donné. La température de 10° étant moyenne entre les chaleurs de l'été et les froids de l'hiver, cette température étant celle des souterrains et celle en même temps dont il est le plus facile de se rapprocher dans presque toutes les saisons de l'année, c'est celle que j'ai choisie pour y ramener les airs ou gaz.

M. de Luc a trouvé que l'air de l'atmosphère augmentait de 1/215e de son volume par chaque degré du thermomètre à mercure divisé en 81° de la glace à l'eau bouillante; ce qui donne pour un degré du thermomètre à mercure divisé en 80 parties, 1/211e. Les expériences de M. Monge sembleraient annoncer que le gaz hydrogène est susceptible d'une dilatation un peu plus forte; il l'a trouvée de 1/180e. A l'égard de la dilatation des autres gaz nous n'avons pas encore d'expériences très exactes; celles du moins qui existent n'ont pas été publiées. Il paraît cependant, à en juger par les tentatives

que l'on connaît, que leur dilatabilité s'éloigne peu de celle de l'air commun. Je crois donc pouvoir supposer que l'air de l'atmosphère se dilate de 1/210e par chaque degré du thermomètre et le gaz hydrogène de 1/190e; mais comme il reste quelque incertitude sur ces déterminations, il faut, autant qu'il est possible, n'opérer qu'à une température peu éloignée de 10°. Les erreurs qu'on peut alors commettre dans des corrections relatives au degré du thermomètre, ne sont d'aucune conséquence.

Le calcul à faire pour ces corrections est extrêmement facile; il consiste à diviser le volume de l'air obtenu par 210 et à multiplier le nombre trouvé par celui des degrés du thermomètre supérieur ou inférieur à 10°. Cette correction est négative au-dessus de 10° et additive au-dessous. Le résultat qu'on obtient est le volume réel de l'air à la température de 10°.

On abrège et l'on facilite beaucoup tous ces calculs, en employant des tables de logarithmes.

VII. — De la manière de déterminer le poids absolu des différents gaz.

Dans tout ce que je viens d'exposer sur la manière de mesurer le volume des gaz et d'y faire les corrections relatives au degré de pression et de température, j'ai supposé qu'on en connaissait la pesanteur spécifique et qu'on pouvait en conclure leur poids absolu : il me reste à donner une idée des moyens par lesquels on peut parvenir à cette connaissance.

On a un grand ballon A (*fig.* 33), dont la capacité doit être de 0,5 pied cube, c'est-à-dire de 17 à 18 pintes au moins; on y mastique une virole de cuivre *abcde*, à laquelle s'adapte à vis en *de* une platine à laquelle tient un robinet *fg*. Enfin le tout se visse, au moyen d'un double écrou représenté figure 35, sur une cloche BCD, dont la capacité doit être de quelques pintes plus grande que celle du ballon. Cette cloche est ouverte par le haut et sa tubulure est garnie d'une virole de cuivre *hi* et d'un robinet *lm*; un de ces robinets est représenté séparément figure 34.

La première opération à faire est de déterminer la capacité de ce ballon; on y parvient en l'emplissant d'eau et en le pesant pour en

Fig. 33.

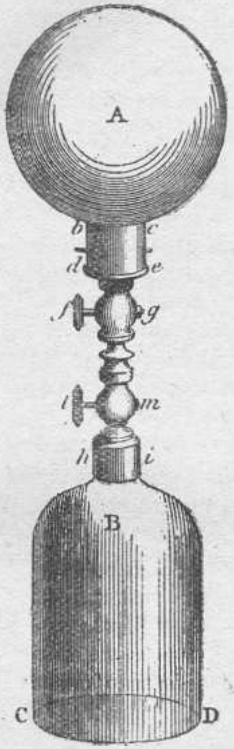


Fig. 34.

Fig. 35.

connaître la quantité. Ensuite on vide l'eau, et l'on sèche le ballon en y introduisant un linge par l'ouverture *de*; les derniers vestiges d'humidité disparaissent d'ailleurs, lorsqu'on a fait une ou deux fois le vide dans le ballon.

Quand on veut déterminer la pesanteur d'un gaz, on visse le ballon A sur la platine de la machine pneumatique, au-dessous du robinet *fg*. On ouvre ce même robinet et l'on fait le vide du mieux qu'il est possible, ayant grand soin d'observer la hauteur à laquelle descend le baromètre d'épreuve. Le vide fait, on referme le robinet, on pèse le ballon avec une scrupuleuse exactitude, après quoi on le revisse sur la cloche BCD, qu'on suppose placée sur la tablette de la cuve ABCD (*fig.* 11). On fait passer dans cette cloche le gaz qu'on veut peser; puis ouvrant le robinet *fg* et le robinet *lm*, le gaz contenu dans la cloche passe dans le ballon A, en même temps l'eau remonte dans la cloche BCD. Il est nécessaire, si l'on veut éviter une correction embarrassante, d'enfoncer la cloche dans la cuve jusqu'à ce que le niveau de l'eau extérieure concoure avec celui de l'eau contenue dans l'intérieur de la cloche. Alors on ferme les robinets, on dévisse le ballon et on le repèse. Le poids, déduction faite de celui du ballon vide, donne la pesanteur du volume d'air ou de gaz qu'il contient. En multipliant ce poids par 1728 pouces et divisant le produit par un nombre de pouces cubes égal à la capacité du ballon, on a le poids du pied cube du gaz mis en expérience.

Il est nécessaire de tenir compte dans ces déterminations de la hauteur du baromètre et du degré du thermomètre; après quoi rien n'est plus aisé que de ramener le poids du pied cube qu'on a trouvé à celui qu'aurait eu le même gaz à 28 pouces de pression et à 10° du thermomètre. J'ai donné dans le paragraphe précédent le détail des calculs qu'exige cette opération.

Il ne faut pas négliger non plus de tenir compte de la petite portion d'air restée dans le ballon, quand on a fait le vide; portion qu'il est facile d'évaluer, d'après la hauteur à laquelle s'est soutenu le baromètre d'épreuve. Si cette hauteur était, par exemple, de 1/100e de la hauteur totale du baromètre, il en faudrait conclure qu'il est resté 1/100e d'air dans le ballon, et le volume du gaz qui y avait été introduit ne serait plus que des 99/100e du volume total du ballon.

. . . . . .

CHAPITRE III.

Des appareils relatifs à la mesure du calorique.

Description du calorimètre.

L'appareil dont je vais essayer de donner une idée a été décrit dans un Mémoire que nous avons publié, M. de La Place et moi, dans le *Recueil de l'Académie*, année 1780, p. 355. C'est de ce Mémoire que sera extrait tout ce que contient cet article.

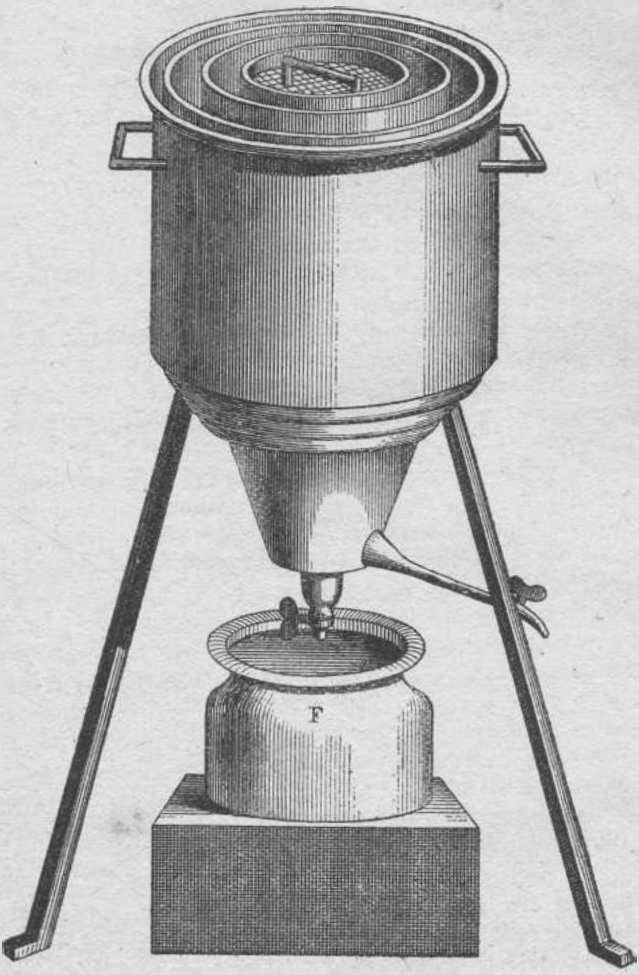
Si après avoir refroidi un corps quelconque à zéro du thermomètre, on l'expose dans une atmosphère dont la température soit de 25° au-dessus du terme de la congélation, il s'échauffera insensiblement depuis sa surface jusqu'à son centre et se rapprochera peu à peu de la température de 25°, qui est celle du fluide environnant.

Il n'en sera pas de même d'une masse de glace qu'on aurait placée dans la même atmosphère; elle ne se rapprochera nullement de la température de l'air ambiant, mais elle restera constamment à zéro de température, c'est-à-dire à la glace fondante, et ce jusqu'à ce que le dernier atome de glace soit fondu.

La raison de ce phénomène est facile à concevoir : il faut pour fondre de la glace et pour la convertir en eau, qu'il s'y combine une certaine proportion de calorique. En conséquence, tout le calorique des corps environnants s'arrête à la surface de la glace où il est employé à la fondre : cette première couche fondue, la nouvelle quantité de calorique qui survient en fond une seconde et elle se combine également avec elle pour la convertir en eau, et ainsi successivement de surfaces en surfaces, jusqu'au dernier atome de glace qui sera encore à zéro du thermomètre, parce que le calorique n'aura pas encore pu y pénétrer.

Que l'on imagine d'après cela une sphère de glace creuse, à la température de zéro degré du thermomètre; que l'on place cette sphère de glace dans une atmosphère, dont la température soit, par exemple, de 10° au-dessus de la congélation, et qu'on place dans son

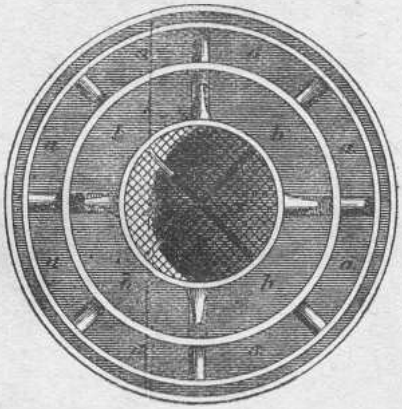
Fig. 36.



intérieur un corps échauffé d'un nombre de degrés quelconque, il suit de ce qu'on vient d'exposer deux conséquences; 1° que la chaleur extérieure ne pénétrera pas dans l'intérieur de la sphère; 2° que la chaleur d'un corps placé dans son intérieur ne se perdra pas non plus au dehors, mais qu'elle s'arrêtera à la surface intérieure de la cavité, où elle sera continuellement employée à fondre de nouvelles couches de glace, jusqu'à ce que la température du corps soit parvenue à zéro du thermomètre.

Si l'on recueille avec soin l'eau qui sera formée dans l'intérieur de

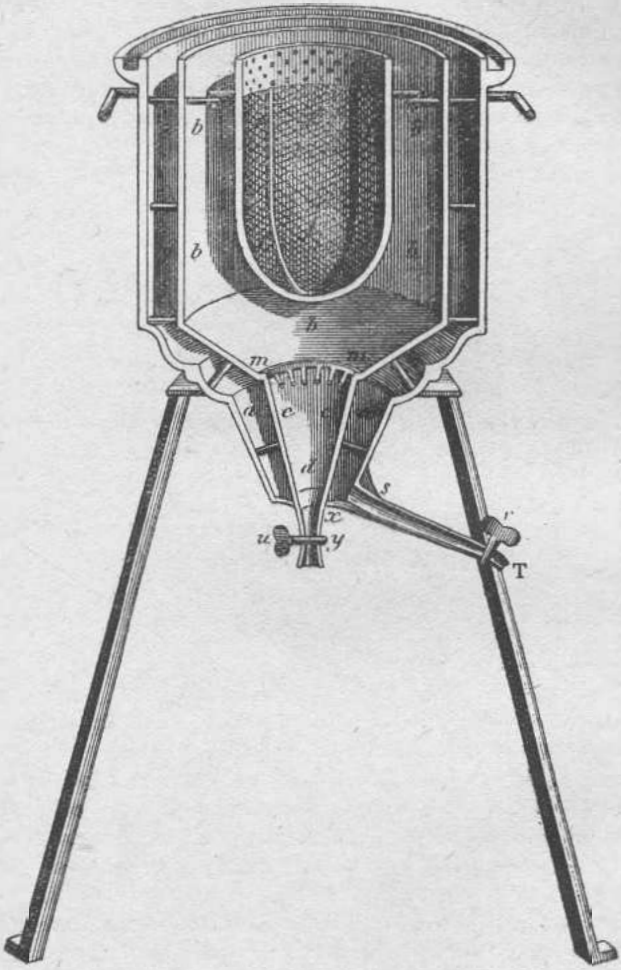
Fig. 37.



la sphère de glace, lorsque la température du corps placé dans son intérieur sera parvenu à zéro du thermomètre, son poids sera exactement proportionnel à la quantité de calorique que ce corps aura perdu, en passant de sa température primitive à celle de la glace fondante; car il est clair qu'une quantité double de calorique doit fondre une quantité double de glace; en sorte que la quantité de glace fondue est une mesure très précise de la quantité de calorique employée à produire cet effet.

On n'a considéré ce qui se passait dans une sphère de glace, que pour mieux faire entendre la méthode que nous avons employée dans ce genre d'expériences, dont la première idée appartient à M. de La Place. Il serait difficile de se procurer de semblables sphères

Fig. 38.



et elles auraient beaucoup d'inconvénients dans la pratique; mais nous y avons suppléé au moyen de l'appareil suivant, auquel je donnerai le nom de *calorimètre*. Je conviens que c'est s'exposer à une critique, jusqu'à un certain point fondée, que de réunir ainsi deux dénominations, l'une dérivée du latin, l'autre dérivée du grec; mais j'ai cru qu'en matière de science on pouvait se permettre moins de pureté dans le langage, pour obtenir plus de clarté dans les idées; et, en effet, je n'aurais pu employer un mot composé entièrement tiré

Fig. 39.

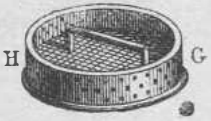


Fig. 39 *bis*.

du grec, sans trop me rapprocher du nom d'autres instruments connus, et qui ont un usage et un but tout différents.

La figure 36 représente le calorimètre vu en perspective. La figure 37 sa coupe horizontale; et la figure 38 une coupe verticale qui laisse voir tout son intérieur. Sa capacité est divisée en trois parties; pour mieux me faire entendre, je les distinguerai par les noms de « capacité intérieure, capacité moyenne et capacité extérieure ». La capacité intérieure *ffff* (*fig.* 38) est formée d'un grillage de fil de fer, soutenu par quelques montants du même métal; c'est dans cette capacité que l'on place les corps soumis à l'expérience : sa partie supérieure LM se ferme au moyen d'un couvercle GH représenté séparément (*fig.* 39).

Il est entièrement ouvert par dessus, et le dessous est formé d'un grillage de fil de fer.

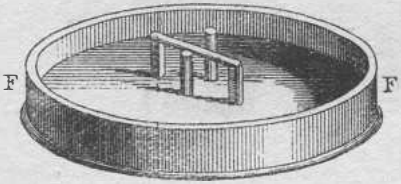
La capacité moyenne *bbbb* (*fig.* 37 et 38) est destinée à contenir la glace qui doit environner la capacité intérieure, et que doit fondre le calorique du corps mis en expériences : cette glace est supportée et retenue par une grille *mm*, sous laquelle est un tamis *nn* ; l'un et l'autre

Fig. 40.

Fig. 41.

sont représentés séparément, figures 40 et 41. A mesure que la glace est fondue par le calorique qui se dégage du corps placé dans la capacité intérieure, l'eau coule à travers la grille et le tamis; elle tombe ensuite

Fig. 42.

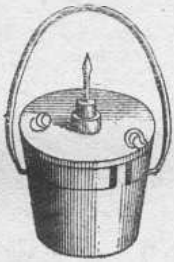


le long du cône *ccd* (*fig.* 38) et du tuyau *xy*, et se rassemble dans le vase F (*fig.* 36) placé au-dessous de la machine; *u* est un robinet, au moyen duquel on peut arrêter à volonté l'écoulement de l'eau intérieure. Enfin la capacité extérieure *aaaaa* (*fig.* 37 et 38) est destinée à recevoir la glace qui doit arrêter l'effet de la chaleur de l'air extérieur et des corps environnants; l'eau, que produit la fonte de cette glace, coule le long du tuyau *s* T que l'on peut ouvrir ou fermer au moyen du robinet *r*. Toute la machine est recouverte par le couvercle FF (*fig.* 42) entièrement ouvert dans sa partie supérieure et fermé

dans sa partie inférieure; elle est composée de fer-blanc peint à l'huile pour le garantir de la rouille.

Pour mettre le calorimètre en expérience, on remplit de glace pilée la capacité moyenne *bbbbb*, et le couvercle GH de la capacité intérieure, la capacité extérieure *aaaa*, et le couvercle FF (*fig.* 42) de toute la machine. On la presse fortement pour qu'il ne reste point de parties vides, puis on laisse égoutter la glace intérieure; après quoi on ouvre la machine pour y placer le corps que l'on veut mettre en expérience, et on la referme sur-le-champ. On attend que le corps soit entièrement refroidi et que la glace qui a fondu soit suffisamment égouttée; ensuite on pèse l'eau qui s'est rassemblée dans le vase F (*fig.* 36), son

Fig. 43.



poids est une mesure exacte de la quantité de calorique dégagée du corps, pendant qu'il s'est refroidi; car il est visible que ce corps est dans la même position qu'au centre de la sphère dont nous venons de parler, puisque tout le calorique qui s'en dégage est arrêté par la glace intérieure, et que cette glace est garantie de l'impression de toute autre chaleur, par la glace renfermée dans le couvercle et dans la capacité extérieure.

Les expériences de ce genre durent 15, 18 et 20 heures; quelquefois, pour les accélérer, on place de la glace bien égouttée dans la capacité intérieure, et l'on en couvre les corps que l'on veut refroidir.

La figure 43 représente un seau de tôle destiné à recevoir les corps sur lesquels on veut opérer; il est garni d'un couvercle percé dans son milieu, et fermé avec un bouchon de liège, traversé par le tube d'un petit thermomètre.

La figure 44 de la même planche représente un matras de verre, dont le bouchon est également traversé par le tube d'un petit thermomètre, dont la boule et une partie du tube plonge dans la liqueur; il faut se servir de semblables matras toutes les fois que l'on opère sur

Fig. 44.

les acides, et en général sur les substances qui peuvent avoir quelque action sur les métaux.

RS (*fig.* 45) est un petit cylindre creux, que l'on place au fond de la capacité intérieure pour soutenir les matras.

Il est essentiel que dans cette machine il n'y ait aucune communication entre la capacité moyenne et la capacité extérieure; ce que

Fig. 45.

l'on éprouvera facilement, en remplissant d'eau la capacité extérieure. S'il existait une communication entre ces capacités, la glace fondue par l'atmosphère, dont la chaleur agit sur l'enveloppe de la capacité extérieure, pourrait passer dans la capacité moyenne, et alors l'eau qui s'écoulerait de cette dernière capacité ne serait plus la mesure du calorique perdu par le corps mis en expérience.

Lorsque la température de l'atmosphère n'est que de quelques degrés au-dessus de zéro, sa chaleur ne peut parvenir que très difficilement jusque dans la capacité moyenne, puisqu'elle est arrêtée par la glace du couvercle et de la capacité extérieure; mais si la température extérieure était au-dessous de zéro, l'atmosphère pourrait

refroidir la glace intérieure; il est donc essentiel d'opérer dans une atmosphère dont la température ne soit pas au-dessous de zéro; ainsi dans un temps de gelée, il faudra renfermer la machine dans un appartement dont on aura soin d'échauffer l'intérieur. Il est encore nécessaire que la glace dont on fait usage ne soit pas au-dessous de zéro; si elle était dans ce cas, il faudrait la piler, l'étendre par couches fort minces, et la tenir ainsi pendant quelque temps dans un lieu dont la température fût au-dessus de zéro.

La glace intérieure retient toujours une petite quantité d'eau qu adhère à sa surface, et l'on pourrait croire que cette eau doit entrer dans le résultat des expériences; mais il faut observer qu'au commencement de chaque expérience, la glace est déjà imbibée de toute la quantité d'eau qu'elle peut ainsi retenir; en sorte que si une petite partie de la glace fondue par le corps reste adhérente à la glace intérieure, la même quantité, à très peu près, d'eau primitivement adhérente à la surface de la glace doit s'en détacher et couler dans le vase; car la surface de la glace intérieure change extrêmement peu dans l'expérience.

Quelques précautions que nous ayons prises, il nous a été impossible d'empêcher l'air extérieur de pénétrer dans la capacité intérieure, lorsque la température était à 9 ou 10° au-dessus de la congélation. L'air renfermé dans cette capacité étant alors spécifiquement plus pesant que l'air extérieur, il s'écoule par le tuyau *xy* (*fig.* 38), et il est remplacé par l'air extérieur qui entre dans le calorimètre, et qui dépose une partie de son calorique sur la glace intérieure; il s'établit ainsi dans la machine un courant d'air d'autant plus rapide que la température extérieure est plus élevée, ce qui fond continuellement une portion de la glace intérieure; on peut arrêter en grande partie l'effet de ce courant, en fermant le robinet; mais il vaut beaucoup mieux n'opérer que lorsque la température extérieure ne surpasse pas 3 ou 4°; car nous avons observé qu'alors la fonte de la glace intérieure, occasionnée par l'atmosphère, est insensible, en sorte que nous pouvons, à cette température, répondre de l'exactitude de nos expériences sur les chaleurs spécifiques des corps, à 1/40e près.

Nous avons fait construire deux machines pareilles à celle que je viens de décrire; l'une d'elles est destinée aux expériences dans lesquelles il n'est pas nécessaire de renouveler l'air intérieur; l'autre machine sert aux expériences dans lesquelles le renouvellement de

l'air est indispensable, telles que celles de la combustion et de la respiration : cette seconde machine ne diffère de la première, qu'en ce que les deux couvercles sont percés de deux trous à travers lesquels passent deux petits tuyaux qui servent de communication entre l'air intérieur et l'air extérieur; on peut par leur moyen souffler de l'air atmosphérique dans l'intérieur du calorimètre, pour y entretenir des combustions.

Rien n'est plus simple avec cet instrument que de déterminer les phénomènes qui ont lieu dans les opérations où il y a dégagement, ou même absorption de calorique. Veut-on, par exemple, connaître ce qui se dégage de calorique d'un corps solide, lorsqu'il se refroidit d'un certain nombre de degrés ? On élève sa température à 80°, par exemple, puis on le place dans la capacité intérieure *ffff* du calorimètre (*fig.* 37 et 38), et on l'y laisse assez longtemps pour être assuré que sa température est revenue à zéro du thermomètre : on recueille l'eau qui a été produite par la fonte de la glace, pendant son refroidissement; cette quantité d'eau, divisée par le produit de la masse du corps et du nombre de degrés dont sa température primitive était au-dessus de zéro, sera proportionnelle à ce que les physiciens anglais ont nommé « chaleur spécifique ».

Quant aux fluides, on les renferme dans des vases de matière quelconque, dont on a préalablement déterminé la chaleur spécifique : on opère ensuite de la même manière que pour les solides, en observant seulement de déduire de la quantité totale d'eau qui a coulé, celle due au refroidissement du vase qui contenait le fluide.

Veut-on connaître la quantité de calorique qui se dégage de la combinaison de plusieurs substances ? On les amènera toutes à la température zéro, en les tenant un temps suffisant dans de la glace pilée; ensuite on en fera le mélange dans l'intérieur du calorimètre, dans un vase également à zéro, et l'on aura soin de les y conserver jusqu'à ce qu'elles soient revenues à la température zéro; la quantité d'eau recueillie sera la mesure du calorique qui se sera dégagé par l'effet de la combinaison.

La détermination des quantités de calorique qui se dégagent dans les combustions et dans la respiration des animaux n'offre pas plus de difficulté : on brûle les corps combustibles dans la capacité intérieure du calorimètre; on y laisse respirer des animaux, tels que des cochons d'Inde qui résistent assez bien au froid, et l'on recueille l'eau

qui coule; mais comme le renouvellement de l'air est indispensable dans ce genre d'opérations, il est nécessaire de faire arriver continuellement du nouvel air dans l'intérieur du calorimètre par un petit tuyau destiné à cet objet, et de le faire ressortir par un autre tuyau : mais pour que l'introduction de cet air ne cause aucune erreur dans les résultats, on fait passer le tuyau qui doit l'amener à travers de la glace pilée, afin qu'il arrive dans le calorimètre, à la température zéro. Le tuyau de sortie de l'air doit également traverser de la glace pilée, mais cette dernière portion de glace doit être comprise dans l'intérieur de la capacité *ffff* du calorimètre, et l'eau qui en découle doit faire partie de celle que l'on recueille, parce que le calorique que contenait l'air avant de sortir fait partie du produit de l'expérience.

La recherche de la quantité de calorique spécifique contenue dans les différents gaz est un peu plus difficile à cause de leur peu de densité; car si l'on se contentait de les renfermer dans des vases comme les autres fluides, la quantité de glace fondue serait si peu considérable, que le résultat de l'expérience serait au moins très incertain. Nous avons employé pour ce genre d'expériences deux espèces de serpentins ou tuyaux métalliques roulés en spirales. Le premier contenu dans un vase rempli d'eau bouillante servait à échauffer l'air avant qu'il parvint au calorimètre; le second était renfermé dans la capacité intérieure *ffff* de cet instrument. Un thermomètre adapté à une des extrémités de ce dernier serpentin indiquait la chaleur de l'air ou du gaz qui entrait dans la machine; un thermomètre adapté à l'autre extrémité du même serpentin indiquait la chaleur du gaz ou de l'air à sa sortie. Nous avons été ainsi à portée de déterminer ce qu'une masse quelconque de différents airs ou gaz fondait de glace en se refroidissant d'un certain nombre de degrés, et d'en déterminer le calorique spécifique. Le même procédé, avec quelques précautions particulières, peut être employé pour connaître la quantité de calorique qui se dégage dans la condensation des vapeurs de différents liquides.

Les différentes expériences que l'on peut faire avec le calorimètre ne conduisent point à des résultats absolus; elles ne donnent que des quantités relatives : il était donc question de choisir une unité qui pût former le premier degré d'une échelle avec laquelle on pût exprimer tous les autres résultats. La quantité de calorique nécessaire pour fondre une livre de glace nous a fourni cette unité : or, pour fondre 1 livre de glace, il faut 1 livre d'eau élevée à 60° de thermomètre à

mercure divisé en 80 parties, de la glace à l'eau bouillante : la quantité de calorique qu'exprime notre unité est donc celle nécessaire pour élever l'eau de zéro à 60°.

Cette unité déterminée, il n'est plus question que d'exprimer en valeurs analogues les quantités de calorique qui se dégagent des différents corps, en se refroidissant, d'un certain nombre de degrés; et voici le calcul simple, par le moyen duquel on y parvient : je l'applique à une de nos premières expériences.

Nous avons pris des morceaux de tôle coupés par bandes et roulés, qui pesaient ensemble 7 livres 11 onces 2 gros 36 grains, c'est-à-dire en fractions décimales de livres, 7,7070319 livres. Nous avons échauffé cette masse dans un bain d'eau bouillante, dans laquelle elle a pris environ 78° de chaleur; et l'ayant tirée de l'eau prestement, nous l'avons introduite dans la capacité intérieure du calorimètre. Au bout de 11 heures, lorsque l'eau produite par la fonte de la glace intérieure a été suffisamment égouttée, la quantité s'en est trouvée de

1 livre 1 once 5 gros 4 grains = 1,109795 livre.

Maintenant je puis dire si le calorique dégagé de la tôle par un refroidissement de 78° a fondu 1,109795 livre de glace, combien un refroidissement de 60° aurait-il produit : ce qui donne

$$78 : 1{,}109795 :: 60 : x = 0{,}85369 \text{ livre.}$$

Enfin, divisant cette quantité par le nombre de livres de tôle employée, c'est-à-dire par 7,7070319 livres, on aura pour la quantité de glace que pourra faire fondre 1 livre de tôle en se refroidissant de 60° à zéro, 0,110770 livre. Le même calcul s'applique à tous les corps solides.

A l'égard des fluides, tels que l'acide sulfurique, l'acide nitrique, etc. on les renferme dans un matras représenté figure 44 : il est bouché avec un bouchon de liège, traversé par un thermomètre, dont la boule plonge dans la liqueur. On place ce vaisseau dans un bain d'eau bouillante; et lorsque d'après le thermomètre on juge que la liqueur est élevée à un degré de chaleur convenable, on retire le matras, et on le place dans le calorimètre. On fait le calcul comme ci-dessus, en ayant soin cependant de déduire de la quantité d'eau obtenue, celle que le vase de verre aurait seul produite, et qu'il est en consé-

quence nécessaire d'avoir déterminée par une expérience préalable. Je ne donne point ici le tableau des résultats que nous avons obtenus parce qu'il n'est pas encore assez complet, et que différentes circonstances ont suspendu la suite de ce travail. Nous ne le perdons cependant pas de vue, et il n'y a point d'hiver que nous ne nous en soyions plus ou moins occupés.

. . . . . .

CHAPITRE VI.

Des distillations pneumato-chimiques, des dissolutions métalliques et de quelques autres opérations qui exigent des appareils très compliqués.

I. — Des distillations composées et des distillations pneumato-chimiques.

Je n'ai présenté, dans le paragraphe 5 du Chapitre V, la distillation que comme une opération simple, dont l'objet est de séparer l'une de l'autre deux substances de volatilité différente; mais le plus souvent la distillation fait plus; elle opère une véritable décomposition du corps qui y est soumis : elle sort alors de la classe des opérations simples, et elle rentre dans l'ordre de celles qu'on peut regarder comme des plus compliquées de la Chimie. Il est sans doute de l'essence de toute distillation que la substance que l'on distille soit réduite à l'état de gaz dans la cucurbite, par sa combinaison avec le calorique; mais dans la distillation simple, ce même calorique se dépose dans le réfrigérant ou dans le serpentin, et la même substance reprend son état de liquidité. Il n'en est pas ainsi dans la distillation composée; il y a dans cette opération décomposition absolue de la substance soumise à la distillation : une portion, telle que le charbon, demeure fixe dans la cornue, tout le reste se réduit en gaz d'un grand nombre d'espèces. Les uns sont susceptibles de se condenser par le refroidissement, et de reparaître sous forme concrète et liquide; les autres demeurent constamment dans l'état aériforme; ceux-ci sont absorbables par l'eau, ceux-là le sont par les alcalis; enfin, quelques-uns ne sont absorbables par aucune substance. Un appareil distillatoire ordinaire, et tel que ceux que j'ai décrits dans le Chapitre précédent, ne suffirait pas pour retenir et pour séparer des produits aussi variés : on est donc obligé d'avoir recours à des moyens beaucoup plus compliqués.

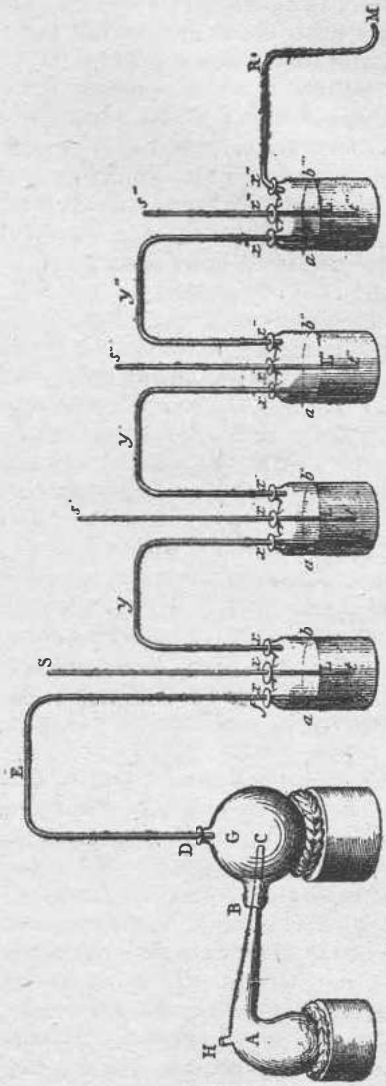
Je pourrais placer ici un historique des tentatives qui ont été successivement faites pour retenir les produits aériformes qui se dégagent des distillations; ce serait une occasion de citer Hales, Rouelle,

Woulfe, et plusieurs autres chimistes célèbres; mais comme je me suis fait une loi d'être aussi concis qu'il serait possible, j'ai pensé qu'il valait mieux décrire tout d'un coup l'appareil le plus parfait, plutôt que de fatiguer le lecteur par le détail de tentatives infructueuses, faites dans un temps où l'on n'avait encore que des idées très imparfaites sur la nature des gaz en général. L'appareil dont je vais donner la description est destiné à la plus compliquée de toutes les distillations : on pourra le simplifier ensuite suivant la nature des opérations.

A (*fig.* 46) représente une cornue de verre tubulée en H, dont le col B s'ajuste avec un ballon GC à deux pointes. A la tubulure supérieure D de ce ballon s'ajuste un tube de verre DE *fg*, qui vient plonger par son extrémité *g* dans la liqueur contenue dans la bouteille L. A la suite de la bouteille L qui est tubulée en *xxx*, sont trois autres bouteilles L′, L″, L‴, qui ont de même trois tubulures ou goulots x', x', x'; x'', x'', x''; x''', x''', x'''. Chaque bouteille est liée par un tube de verre xyz', $x'y'z''$, $x''y''z'''$; enfin à la dernière tubulure de la bouteille L‴ est adapté un tube x''' RM qui aboutit sous une cloche de verre, laquelle est placée sur la tablette de l'appareil pneumato-chimique. Communément on met dans la première bouteille un poids bien connu d'eau distillée, et dans les trois autres de la potasse caustique étendue d'eau : la tare de ces bouteilles et le poids de la liqueur alcaline qu'elles contiennent doivent être déterminés avec un très grand soin. Tout étant ainsi disposé, on lute toutes les jointures; savoir celle B de la cornue au ballon et celle D de la tubulure supérieure du ballon avec du lut gras recouvert de toile imbibée de chaux et de blanc d'œuf, et toutes les autres avec un lut de térébenthine cuite et de cire fondues ensemble.

On voit, d'après ces dispositions, que lorsqu'on a mis le feu sous la cornue A, et que la substance qu'elle contient a commencé à se décomposer, les produits les moins volatils doivent se condenser et se sublimer dans le col même de la cornue, et que c'est principalement là que doivent se rassembler les substances concrètes : que les matières plus volatiles, telles que les huiles légères, l'ammoniaque et beaucoup d'autres substances, doivent se condenser dans le matras GC; que les gaz, au contraire, qui ne peuvent être condensés par le froid, doivent bouillonner à travers les liqueurs contenues dans les bouteilles L, L′, L″, L‴; que tout ce qui est absorbable par l'eau doit rester dans la bouteille L; que tout ce qui est susceptible d'être absorbé par l'alcali

Fig. 46.



doit rester dans les bouteilles L′, L″, L‴; enfin, que les gaz qui ne sont absorbables ni par l'eau, ni par les alcalis, doivent s'échapper par le tube RM, à la sortie duquel ils peuvent être reçus dans des cloches de verre. Enfin, ce qu'on appelait autrefois le *caput mortuum*, le charbon et la terre comme absolument fixes, doivent rester dans la cornue.

On a toujours dans cette manière d'opérer une preuve matérielle de l'exactitude du résultat; car le poids des matières en total doit être le même avant et après l'opération : si donc on a opéré, par exemple, sur 8 onces de gomme arabique ou d'amidon, le poids du résidu charbonneux qui restera dans la cornue A après l'opération, plus celui des produits rassemblés dans son col et dans le matras GC, plus celui du gaz rassemblé dans la cloche M, plus enfin l'augmentation de poids acquise par les bouteilles L, L′, L″, L‴ : tous ces poids, dis-je, réunis, doivent former un total de 8 onces. S'il y a plus ou moins, il y a erreur, et il faut recommencer l'expérience, jusqu'à ce qu'on ait un résultat dont on soit satisfait, et qui diffère à peine de 6 ou 8 grains par livre de matière mise en expérience.

J'ai rencontré longtemps dans ce genre d'expériences des difficultés presque insurmontables, et qui m'auraient obligé d'y renoncer, si je ne fusse parvenu enfin à les lever par un moyen très simple, et dont M. Hassenfrats m'a fourni l'idée. Le moindre ralentissement dans le degré de feu du fourneau et beaucoup d'autres circonstances, inséparables de ce genre d'expériences, occasionnent souvent des réabsorptions de gaz : l'eau de la cuve rentre rapidement dans la bouteille L‴ par le tube x''' RM : la même chose arrive d'une bouteille à l'autre, et souvent la liqueur remonte jusque dans le ballon C. On prévient ces accidents en employant des bouteilles à trois tubulures, et en adaptant à l'une d'elles un tube capillaire *st*, *s′t′*, *s″t″*, *s‴t‴*, dont le bout doit plonger dans la liqueur des bouteilles. S'il y a absorption, soit dans la cornue, soit dans quelques-unes des bouteilles, il rentre par ces tubes de l'air extérieur qui remplace le vide qui s'est formé, et l'on en est quitte pour avoir un petit mélange d'air commun dans les produits; mais au moins l'expérience n'est pas entièrement manquée. Ces tubes peuvent bien admettre de l'air extérieur, mais ils peuvent en laisser échapper, parce qu'ils sont toujours bouchés dans leur partie inférieure *tt′t″t‴* par le fluide des bouteilles.

On conçoit que pendant le cours de l'expérience, la liqueur des

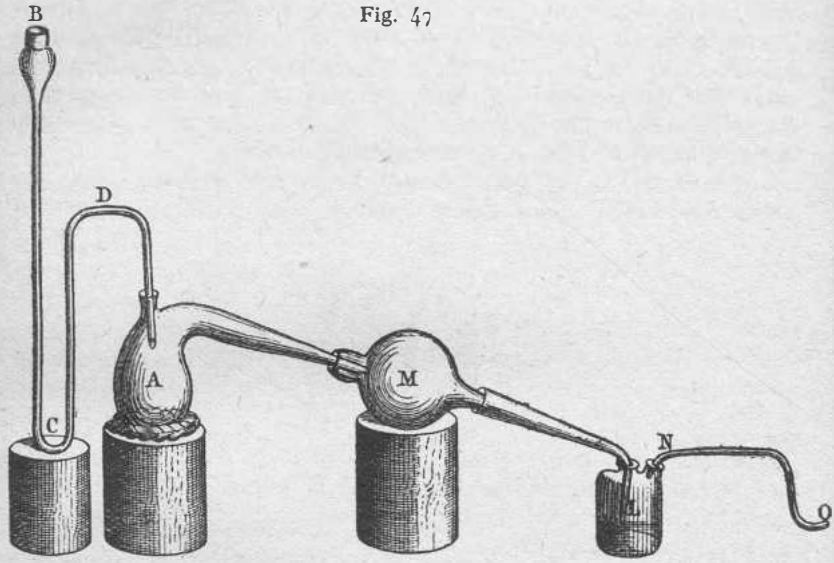
bouteilles doit remonter dans chacun de ces tubes à une hauteur relative à la pression qu'éprouve l'air ou le gaz contenu dans la bouteille; or, cette pression est déterminée par la hauteur et par le poids de la colonne de liquide contenu dans toutes les bouteilles subséquentes. En supposant donc qu'il y ait trois pouces de liqueur dans chaque bouteille, que la hauteur de l'eau de la cuve soit également de trois pouces au-dessus de l'orifice du tuyau RM, enfin que la pesanteur spécifique des liqueurs contenues dans les bouteilles ne diffère pas sensiblement de celle de l'eau, l'air de la bouteille L sera comprimé par un poids égal à celui d'une colonne d'eau de 12 pouces. L'eau s'élèvera donc de 12 pouces dans le tube *st*, d'où il résulte qu'il faut donner à ce tube plus de 12 pouces de longueur au-dessus du niveau du liquide *ab*. Le tube *s't'* doit par la même raison avoir plus de 9 pouces, le tube *s''t''* plus de 10, et le tube *s'''t'''* plus de 3. On doit au surplus donner à ces tubes, plus que moins de longueur, à cause des oscillations qui ont souvent lieu. On est obligé dans quelques cas d'introduire un semblable tube entre la cornue et le ballon; mais comme ce tube ne plonge point dans l'eau, comme il n'est point bouché par un liquide, au moins jusqu'à ce qu'il en ait passé par le progrès de la distillation, il faut en boucher l'ouverture supérieure avec un peu de lut, et ne l'ouvrir qu'au besoin, ou lorsqu'il y a assez de liquide dans le matras C, pour fermer l'extrémité du tube.

L'appareil dont je viens de donner la description ne peut pas être employé dans des expériences exactes, toutes les fois que les matières qu'on se propose de traiter ont une action trop rapide l'une sur l'autre, ou lorsque l'une des deux ne doit être introduite que successivement et par petites parties, comme il arrive dans les mélanges qui font une violente effervescence. On se sert alors d'une cornue tubulée A (*fig.* 47). On y introduit l'une des deux substances, et de préférence celle qui est concrète, puis on adapte et on lute à la tubulure un tube recourbé BCDA, terminé dans sa partie supérieure B en entonnoir, et par son extrémité A, en un tube capillaire : c'est par l'entonnoir B de ce tube qu'on verse la liqueur. Il faut que la hauteur BC soit assez grande, pour que la liqueur qu'on doit introduire puisse faire équilibre avec la résistance occasionnée par celle contenue dans les bouteilles L, L', L'', L''' (*fig.* 46).

Ceux qui n'ont pas l'habitude de se servir de l'appareil distillatoire que je viens de décrire ne manqueront pas de s'effrayer de la grande

quantité d'ouvertures qu'on est obligé de luter, et du temps qu'exigent les préliminaires de semblables expériences; et, en effet, si l'on fait entrer en ligne de compte les pesées qu'il est nécessaire de faire avant l'expérience et de répéter après, les préparatifs sont beaucoup plus longs que l'expérience elle-même. Mais aussi on est bien dédommagé de ses peines, quand l'expérience réussit; et l'on acquiert en une seule

Fig. 47



fois plus de connaissances sur la nature de la substance animale ou végétale qu'on a soumise à la distillation, que par plusieurs semaines du travail le plus assidu.

A défaut de bouteilles triplement tubulées, on se sert de bouteilles à deux goulots : il est même possible de mettre les trois tubes dans la même ouverture, et de se servir de bouteilles ordinaires à goulots renversés, pourvu que l'ouverture soit suffisamment grande. Il faut avoir soin d'ajuster sur les bouteilles des bouchons qu'on use avec une lime très douce, et qu'on fait bouillir dans un mélange d'huile, de cire et de térébenthine. On perce à travers ces bouchons avec une

lime nommée queue-de-rat, autant de trous qu'il est nécessaire pour le passage des tubes.

II. — Des dissolutions métalliques.

J'ai déjà fait sentir lorsque j'ai parlé de la solution des sels dans l'eau, combien il existait de différence entre cette opération et la dissolution métallique. On a vu que la solution des sels n'exigeait aucun appareil particulier, et que tout vase y était propre. Il n'en est pas de même de la dissolution des métaux; pour ne rien perdre dans cette dernière, et pour obtenir des résultats vraiment concluants, il faut employer des appareils très compliqués, et dont l'invention appartient absolument aux chimistes de notre âge.

Les métaux en général se dissolvent avec effervescence dans les acides; or, l'effet auquel on a donné le nom d'effervescence n'est

Fig. 48.

autre chose qu'un mouvement excité dans la liqueur dissolvante, par le dégagement d'un grand nombre de bulles d'air ou de fluide aériforme, qui partent de la surface du métal, et qui crèvent en sortant de la liqueur dissolvante.

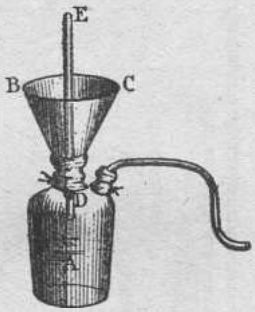
M. Cavendish et M. Priestley sont les premiers qui aient imaginé des appareils simples, pour recueillir ces fluides élastiques. Celui de M. Priestley consiste en une bouteille A (*fig.* 48), bouchée en B, avec un bouchon de liège, troué dans son milieu, et qui laisse passer un tube de verre recourbé en BC, qui s'engage sous des cloches remplies d'eau et renversées dans un bassin plein d'eau : on commence par introduire le métal dans la bouteille A, on verse l'acide par-dessus, puis on bouche avec le bouchon garni de son tube BC.

Mais cet appareil n'est pas sans inconvénient, du moins pour des expériences très exactes. Premièrement, lorsque l'acide est très concentré, et que le métal est très divisé, l'effervescence commence

souvent avant qu'on ait eu le temps de boucher la bouteille; il y a perte de gaz, et l'on ne peut plus déterminer les quantités avec exactitude. Secondement, dans toutes les opérations où l'on est obligé de faire chauffer, il y a une partie de l'acide qui se distille, et qui se mêle avec l'eau de la cuve; en sorte qu'on se trompe dans le calcul des quantités d'acides décomposées. Troisièmement, enfin, l'eau de la cuve absorbe tous les gaz susceptibles de se combiner avec l'eau, et il est impossible de les recueillir sans perte.

Pour remédier à ces inconvénients, j'avais d'abord imaginé d'adapter à une bouteille à deux goulots A (*fig.* 49), un entonnoir de verre BC,

Fig. 49.



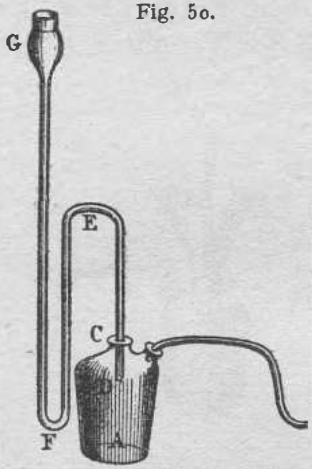
qu'on y lute de manière à ne laisser aucune issue à l'air. Dans cet entonnoir entre une tige de cristal DE, usée en D à l'émeri avec l'entonnoir, de manière à le fermer comme le bouchon d'un flacon.

Lorsqu'on veut opérer, on commence par introduire dans la bouteille A la matière à dissoudre : on lute l'entonnoir, on le bouche avec la tige DE, puis on y verse de l'acide, qu'on fait passer dans la bouteille, en aussi petite quantité que l'on veut, en soulevant doucement la tige : on répète successivement cette opération, jusqu'à ce qu'on soit arrivé au point de saturation.

On a employé depuis un autre moyen qui remplit le même objet, et qui, dans certains cas, est préférable : j'en ai déjà donné une idée dans le paragraphe précédent. Il consiste à adapter à l'une des tubulures de la bouteille A (*fig.* 50), un tube recourbé DEFG, terminé en D par une couverture capillaire, et en G par un entonnoir soudé

au tube; on le lute soigneusement et solidement dans la tubulure C. Lorsqu'on verse une petite goutte de liqueur dans le tube par l'entonnoir G, elle tombe dans la partie F; si l'on en ajoute davantage, elle parvient à dépasser la courbure E, et à s'introduire dans la bouteille A : l'écoulement dure tant qu'on fournit de nouvelle liqueur par l'entonnoir G. On conçoit qu'elle ne peut jamais être chassée en dehors du tube EFG, et qu'il ne peut jamais sortir d'air ou de gaz de la bouteille,

Fig. 50.



parce que le poids de la liqueur l'en empêche et fait l'effet d'un véritable bouchon.

Pour remédier au second inconvénient, à celui de la distillation de l'acide, qui s'opère surtout dans les dissolutions qui sont accompagnées de chaleur, on adapte à la cornue A (*fig.* 47) un petit matras tubulé M qui reçoit la liqueur qui se condense.

Enfin, pour séparer les gaz absorbables par l'eau, tel que le gaz acide carbonique, on ajoute une bouteille L à deux goulots dans laquelle on met de l'alcali pur étendu d'eau : l'alcali absorbe tout le gaz acide carbonique et il ne passe plus, communément, sous la cloche par le tube NO, qu'une ou deux espèces de gaz tout au plus : on a vu, dans le premier Chapitre de cette troisième Partie, comment on par-

venait à les séparer. Si une bouteille d'alcali ne suffit pas, on en ajoute jusqu'à trois et quatre.

III. — Des appareils relatifs aux fermentations vineuse et putride.

La fermentation vineuse et la fermentation putride exigent des appareils particuliers et destinés uniquement à ce genre d'expériences. Je vais décrire celui que j'ai cru devoir définitivement adopter, après y avoir fait successivement un grand nombre de corrections.

On prend un grand matras A (*fig.* 51) d'environ 12 pintes de capacité : on y adapte une virole de cuivre *ab* solidement mastiquée et dans laquelle se visse un tuyau coudé *cd*, garni d'un robinet *e*. A ce tuyau s'adapte une espèce de récipient de verre à trois pointes B, au-dessous duquel est placée une bouteille C avec laquelle il communique. A la suite du récipient B est un tube de verre *ghi*, mastiqué en *g* et en *i* avec des viroles de cuivre : il est destiné à recevoir un sel concret très déliquescent, tel que du nitrate ou du muriate de chaux, de l'acétite de potasse, etc.

Enfin ce tube est suivi de deux bouteilles D, E, remplies jusqu'en *xy* d'alcali dissous dans l'eau et bien dépouillé d'acide carbonique.

Toutes les parties de cet appareil sont réunies les unes avec les autres, par le moyen de vis et d'écrous qui se serrent; les points de contact sont garnis de cuir gras, qui empêche tout passage de l'air; enfin chaque pièce est garnie de deux robinets, de manière qu'on peut la fermer par ses deux extrémités et peser ainsi chacune séparément à toutes les époques de l'expérience qu'on le juge à propos.

C'est dans le ballon A qu'on met la matière fermentescible, du sucre par exemple et de la levure de bière étendue d'une suffisante quantité d'eau et dont le poids est bien déterminé. Quelquefois lorsque la fermentation est trop rapide, il se forme une quantité considérable d'écume, qui non seulement remplit le col du ballon, mais qui passe dans le récipient B et coule dans la bouteille C. C'est pour recueillir cette mousse et empêcher qu'elle ne passe dans le tube déliquescent, qu'on a donné une capacité considérable au récipient B et à la bouteille C.

Il ne se dégage dans la fermentation du sucre, c'est-à-dire dans la

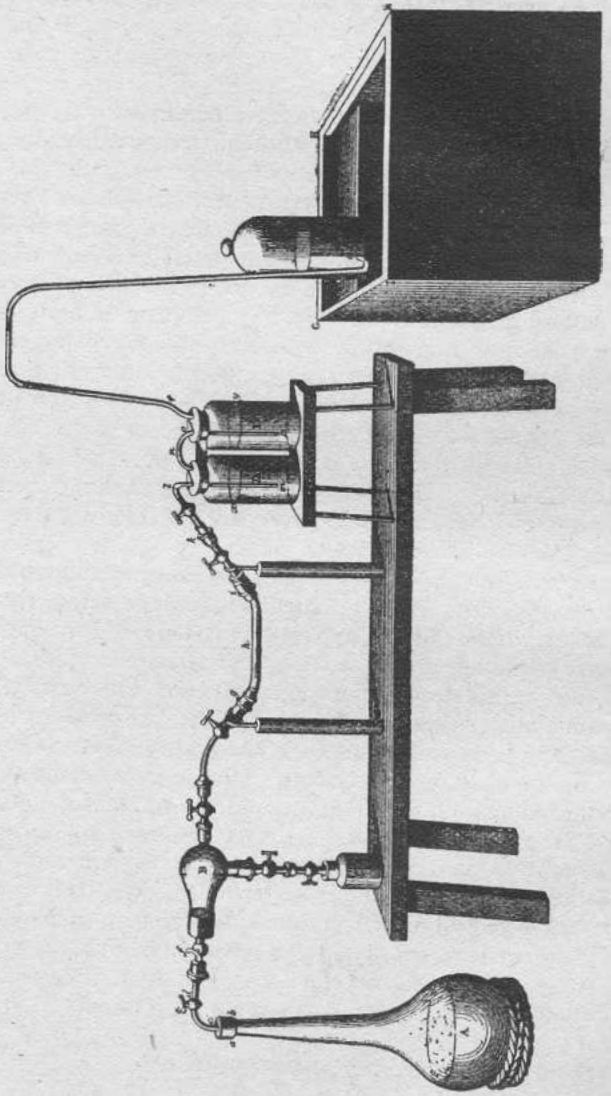


Fig. 51.

fermentation vineuse, que de l'acide carbonique qui emporte avec lui un peu d'eau qu'il tient en dissolution. Il en dépose une grande partie en passant par le tube *ghi*, qui contient un sel déliquescent en poudre grossière, et l'on en connaît la quantité par l'augmentation de poids acquise par le sel. Ce même acide carbonique bouillonne ensuite à travers la liqueur alcaline de la bouteille D, dans laquelle il est conduit par le tube *klm*. La petite portion qui n'a point été absorbée par l'alcali contenu dans cette première bouteille n'échappe point à la seconde E, et ordinairement il ne passe absolument rien sous la cloche F, si ce n'est l'air commun qui était contenu au commencement de l'expérience dans le vide des vaisseaux.

Le même appareil peut servir pour les fermentations putrides; mais alors il passe une quantité considérable de gaz hydrogène par le tube *qrstu*, lequel est reçu dans la cloche F; et comme le dégagement est rapide, surtout en été, il faut la changer fréquemment. Ces fermentations exigent en conséquence une surveillance continuelle, tandis que la fermentation vineuse n'en exige aucune.

On voit qu'au moyen de cet appareil on peut connaître avec une grande précision le poids des matériaux mis à fermenter et celui de tous les produits liquides ou aériformes qui s'en sont dégagés. On peut voir les détails dans lesquels je suis entré sur le résultat de la fermentation vineuse, dans le Chapitre XIII de la première Partie de cet Ouvrage, page 81.

. . . . . .

CHAPITRE VIII.

. . . . . .

III. — Des moyens d'augmenter considérablement l'action du feu, en substituant le gaz oxygène a l'air de l'atmosphère.

On a obtenu avec les grands verres ardents, qui ont été construits jusqu'à ce jour, tels que ceux de Tchirnausen et celui de M. de Trudaine, une intensité de chaleur un peu plus grande que celle qui a lieu dans les fourneaux chimiques, et même dans les fours où l'on cuit la porcelaine dure. Mais ces instruments sont extrêmement chers, et ils ne vont pas même jusqu'à fondre le platine brut; en sorte que leur avantage, relativement à l'effet qu'ils produisent, n'est presque d'aucune considération, et qu'il est plus que compensé par la difficulté de se les procurer et même d'en faire usage.

Les miroirs concaves à diamètre égal font un peu plus d'effet que les verres ardents; on en a la preuve par les expériences faites par MM. Macquer et Baumé, avec le miroir de M. l'abbé Bouriot; mais comme la direction des rayons réfléchis est de bas en haut, il faut opérer en l'air et sans support; ce qui rend absolument impossible le plus grand nombre des expériences chimiques.

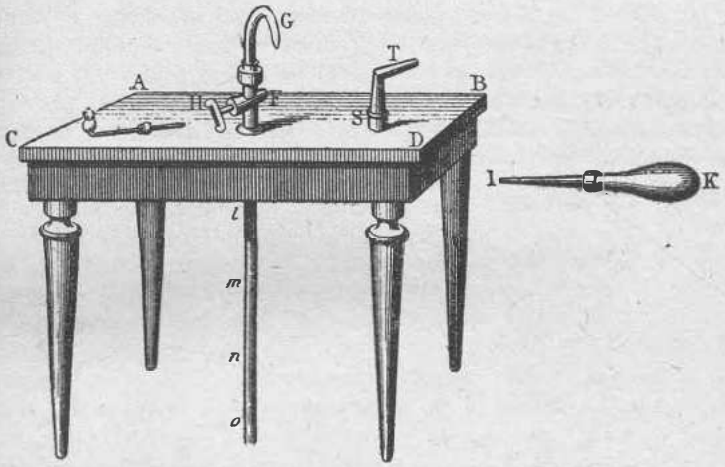
Ces considérations m'avaient déterminé d'abord à essayer de remplir de grandes vessies de gaz oxygène, à y adapter un tube susceptible d'être fermé par un robinet et à m'en servir pour animer avec ce gaz le feu des charbons allumés. L'intensité de chaleur fut telle, même dans mes premières tentatives, que je parvins à fondre une petite quantité de platine brut avec assez de facilité.

C'est à ce premier succès que je dois l'idée du gazomètre dont j'ai donné la description, pages 125 et suivantes. Je l'ai substitué aux vessies : et comme on peut donner au gaz oxygène le degré de pression qu'on juge à propos, on peut non seulement s'en procurer un écoulement continu, mais lui donner même un grand degré de vitesse.

Le seul appareil dont on ait besoin pour ce genre d'expériences

consiste en une petite table ABCD (*fig.* 52) percée d'un trou en F, à travers lequel on fait passer un tube de cuivre ou d'argent FG, terminé en G par une très petite ouverture qu'on peut ouvrir ou fermer par le moyen du robinet H. Ce tube se continue par-dessous la table en *lmno* et va s'adapter au gazomètre avec l'intérieur duquel il communique. Lorsqu'on veut opérer, on commence à faire avec le tournevis KI un creux de quelques lignes de profondeur dans un gros charbon noir. On place dans ce creux le corps que l'on veut fondre:

Fig. 52.



on allume ensuite le charbon avec un chalumeau de verre, à la flamme d'une chandelle ou d'une bougie; après quoi on l'expose au courant de gaz oxygène, qui sort avec rapidité par le bec ou extrémité G du tube FG.

Cette manière d'opérer ne peut être employée que pour les corps qui peuvent être mis sans inconvénient en contact avec les charbons, tels que les métaux, les terres simples, etc. A l'égard des corps dont les principes ont de l'affinité avec le charbon, et que cette substance décompose, comme les sulfates, les phosphates et en général presque tous les sels neutres, les verres métalliques, les émaux, etc., on se sert de la lampe d'émailleur, à travers de laquelle on fait passer un courant

de gaz oxygène. Alors, au lieu de l'ajutage recourbé EG, on se sert de celui coudé ST, qu'on visse à la place et qui dirige le courant de gaz oxygène à travers la flamme de la lampe. L'intensité de chaleur que donne ce second moyen n'est pas aussi forte que celle qu'on obtient par le premier, et ce n'est qu'avec beaucoup de peine qu'on parvient à fondre le platine.

Les supports dont on se sert dans cette seconde manière d'opérer sont ou des coupelles d'os calcinés, ou de petites capsules de porcelaine, ou même des capsules ou cuillers métalliques. Pourvu que ces dernières ne soient pas trop petites, elles ne fondent pas, attendu que les métaux sont bons conducteurs de chaleur, que le calorique se répartit en conséquence promptement et facilement dans toute la masse, et n'en échauffe que médiocrement chacune des parties.

On peut voir dans les volumes de l'Académie, année 1782, page 476 et 1783, page 573, la suite d'expériences que j'ai faites avec ces appareils. Il en résulte :

1° Que le cristal de roche, c'est-à-dire la terre siliceuse pure, est infusible; mais qu'elle devient susceptible de ramollissement et de fusion dès qu'elle est mélangée;

2° Que la chaux, la magnésie et la baryte ne sont fusibles ni seules, ni combinées ensemble; mais qu'elles facilitent, surtout la chaux, la fusion de toutes les autres substances;

3° Que l'alumine est complètement fusible seule, et qu'il résulte de sa fusion une substance vitreuse opaque très dure, qui raie le verre comme les pierres précieuses;

4° Que toutes les terres et pierres composées se fondent avec beaucoup de facilité, et forment un verre brun;

5° Que toutes les substances salines, même l'alcali fixe, se volatilisent en peu d'instants;

6° Que l'or, l'argent, etc., et probablement le platine, se volatilisent lentement à ce degré de feu et se dissipent sans aucune circonstance particulière;

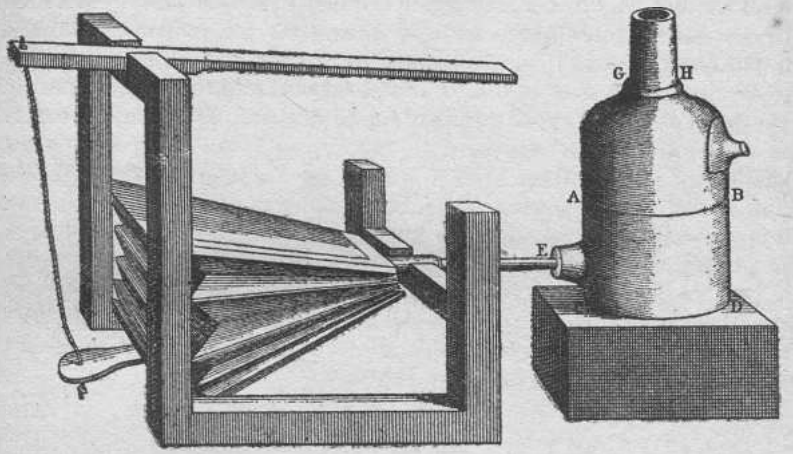
7° Que toutes les autres substances métalliques, à l'exception du mercure, s'oxydent quoique placées sur un charbon; qu'elles y brûlent avec une flamme plus ou moins grande et diversement colorée, et finissent par se dissiper entièrement;

8° Que les oxydes métalliques brûlent également tous avec flamme;

ce qui semble établir un caractère distinctif de ces substances, et ce qui me porte à croire, comme Bergman l'avait soupçonné, que la baryte est un oxyde métallique, quoiqu'on ne soit pas encore parvenu à en obtenir le métal dans son état de pureté;

9° Que parmi les pierres précieuses, les unes, comme le rubis, sont suceptibles de se ramollir et de se souder, sans que leur couleur et même que leurs poids soient altérés; que d'autres, comme l'hyacinthe dont la fixité est presque égale à celle du rubis, perdent facilement

Fig. 53.



leur couleur; que la topaze de Saxe, la topaze et le rubis du Brésil, non seulement se décolorent promptement à ce degré de feu, mais qu'ils perdent même un cinquième de leur poids, et qu'il reste lorsqu'ils ont subi cette altération, une terre blanche semblable en apparence à du quartz blanc ou à du biscuit de porcelaine; enfin, que l'émeraude, la cryolithe et le grenat fondent presque sur-le-champ en un verre opaque et coloré;

10° Qu'à l'égard du diamant, il présente une propriété qui lui est toute particulière, celle de se brûler à la manière des corps combustibles et de se dissiper entièrement.

Il est un autre moyen dont je n'ai point encore fait usage, pour

augmenter encore davantage l'activité du feu par le moyen du gaz oxygène; c'est de l'employer à souffler un feu de forge. M. Achard en a eu la première idée : mais les procédés qu'il a employés, et au moyen desquels il croyait déphlogistiquer l'air de l'atmosphère, ne l'ont conduit à rien de satisfaisant. L'appareil que je me propose de faire construire sera très simple : il consistera dans un fourneau ou espèce de forge d'une terre extrêmement réfractaire; sa figure sera à peu près semblable à celle du fourneau représenté figure 53; il sera seulement moins élevé et en général construit sur de plus petites dimensions. Il aura deux ouvertures, l'une en E, à laquelle s'adaptera le bout d'un soufflet, et une seconde toute semblable, à laquelle s'ajustera un tuyau qui communiquera avec le gazomètre. Je pousserai d'abord le feu aussi loin qu'il sera possible par le vent du soufflet; et quand je serai parvenu à ce point, je remplirai entièrement le fourneau de charbons embrasés; puis interceptant tout à coup le vent du soufflet, je donnerai par l'ouverture d'un robinet accès au gaz oxygène du gazomètre et je le ferai arriver avec 4 ou 5 pouces de pression. Je puis réunir ainsi le gaz oxygène de plusieurs gazomètres, de manière à en faire passer jusqu'à 8 à 9 pieds cubes à travers le fourneau, et je produirai une intensité de chaleur, certainement très supérieure à tout ce que nous connaissons. J'aurai soin de tenir l'ouverture supérieure du fourneau très grande, afin que le calorique ait une libre issue, et qu'une expansion trop rapide de ce fluide si éminemment élastique ne produise point une explosion.

FIN.

TABLE DES MATIÈRES [1].

Pages.

AVANT-PROPOS de M. Henry Le Chatelier..... V

DISCOURS PRÉLIMINAIRE..... XXV

PREMIÈRE PARTIE.

De la formation des fluides aériformes et de leur décomposition; de la combustion des corps simples et de la formation des acides.

CHAPITRE I. — Des combinaisons du calorique et de la formation des fluides élastiques aériformes..... 1

CHAPITRE II. — Vues générales sur la formation et la constitution de l'atmosphère de la terre..... 17

CHAPITRE III. — Analyse de l'air de l'atmosphère; sa résolution en deux fluides élastiques, l'un respirable, l'autre non respirable..... 20

CHAPITRE IV. — Nomenclature des différentes parties constitutives de l'air de l'atmosphère..... 30

CHAPITRE V. — De la décomposition du gaz oxygène par le soufre, le phosphore et le charbon, et de la formation des acides en général..... 34

CHAPITRE VI. — De la nomenclature des acides en général, et particulièrement de ceux tirés du salpêtre et du sel marin..... 41

[1] Les Chapitres pour lesquels la pagination n'est pas indiquée n'ont pas été reproduits dans cette réimpression parce qu'ils ont perdu aujourd'hui beaucoup de leur intérêt.

Pages.

CHAPITRE VII. — De la décomposition du gaz oxygène par les métaux, et de la formation des oxydes métalliques 47

CHAPITRE VIII. — Du principe radical de l'eau, et de sa décomposition par le charbon et par le fer 50

CHAPITRE IX. — De la quantité de calorique qui se dégage des différentes espèces de combustion 60

Combustion du phosphore 62
Combustion du charbon 62
Combustion du gaz hydrogène 63
Formation de l'acide nitrique 64
Combustion de la bougie 65
Combustion de l'huile d'olives 66

CHAPITRE X. — De la combinaison des substances combustibles les unes avec les autres 68

CHAPITRE XI. — Considérations sur les oxydes et les acides à plusieurs bases, et sur la composition des matières végétales et animales 72

CHAPITRE XII. — De la décomposition des matières végétales et animales par l'action du feu 77

CHAPITRE XIII. — De la décomposition des oxydes végétaux par la fermentation vineuse 81

CHAPITRE XIV. — De la fermentation putride 89

CHAPITRE XV. — De la fermentation acéteuse 92

CHAPITRE XVI. — De la formation des sels neutres, et des différentes bases qui entrent dans leur composition 94

De la potasse 95
De la soude 97
De l'ammoniaque 98
De la chaux, de la magnésie, de la baryte et de l'alumine 99
Des substances métalliques 100

CHAPITRE XVII. — Suite des réflexions sur les bases salifiables, et sur la formation des sels neutres 102

DEUXIÈME PARTIE.

De la combinaison des acides avec les bases salifiables, et de la formation des sels neutres.

AVERTISSEMENT.

Tableau des substances simples.

Observations.

Tableau des radicaux ou bases oxydables et acidifiables, composés qui entrent dans les combinaisons à la manière des substances simples.

Observations.

Observations sur les combinaisons de la lumière et du calorique avec différentes substances.

Tableau des combinaisons binaires de l'oxygène avec les substances métalliques et non métalliques oxydables et acidifiables.

Observations.

Tableau des combinaïsons de l'oxygène avec les radicaux composés.

Observations.

Tableau des combinaisons binaires de l'azote avec les substances simples.

Observations.

Tableau des combinaisons binaires de l'hydrogène avec les substances simples.

Observations.

Tableau des combinaisons binaires du soufre non oxygéné avec les substances simples.

Observations.

Tableau des combinaisons binaires du phosphore non oxygéné avec les substances simples.

Observations.

Tableau des combinaisons binaires du charbon non oxygéné avec les substances simples.

Observations.

Observations sur les radicaux muratique, fluorique et boracique et sur leurs combinaisons.

Observations sur la combinaison des métaux les uns avec les autres.

Tableau des combinaisons de l'azote ou radical nitrique, porté à l'état d'acide nitreux par la combinaison d'une suffisante quantité d'oxygène, avec les bases salifiables, dans l'ordre de leur affinité avec cet acide.

Tableau des combinaisons de l'azote complètement saturé d'oxygène, et porté à l'état d'acide nitrique, avec les bases salifiables, dans l'ordre de leur affinité avec cet acide.

Observations.

Tableau des combinaisons de l'acide sulfurique, ou soufre oxygéné, avec les bases salifiables dans l'ordre de leur affinité avec cet acide, par la voie humide.

Observations.

Tableau des combinaisons de l'acide sulfureux avec les bases salifiables dans l'ordre de leur affinité avec cet acide.

Observations.

Tableau des combinaisons du phosphore qui a reçu un premier degré d'oxygénation, et qui a été porté à l'état d'acide phosphoreux, avec les bases salifiables dans l'ordre de leur affinité avec cet acide.

Tableau des combinaisons du phosphore saturé d'oxygène, ou acide phosphorique, avec les substances salifiables dans l'ordre de leur affinité avec cet acide.

Observations.

Tableau des combinaisons du radical carbonique oxygéné, ou acide carbonique, avec les bases salifiables dans l'ordre de leur affinité avec cet acide.

Observations.

Tableau des combinaisons du radical muriatique oxygéné, ou acide muriatique, avec les bases salifiables, dans l'ordre de leur affinité avec cet acide.

Tableau des combinaisons de l'acide muriatique oxygéné avec les différentes bases salifiables avec lesquelles il est susceptible de s'unir.

Observations.

Tableau des combinaisons de l'acide nitromuriatique avec les bases salifiables, rangées par ordre alphabétique, attendu que les affinités de cet acide ne sont point assez connues.

Observations.

Tableau des combinaisons du radical fluorique oxygéné, ou acide fluorique, avec les bases salifiables, dans l'ordre de leur affinité avec cet acide.

Observations.

Tableau des combinaisons du radical boracique oxygéné avec les différentes bases salifiables auxquelles il est susceptible de s'unir dans l'ordre de leur affinité avec cet acide.

Observations.

Tableau des combinaisons de l'arsenic oxygéné, ou acide arsénique, avec les bases salifiables dans l'ordre de leur affinité avec cet acide.

Observations.

Tableau des combinaisons du molybdène oxygéné, ou acide molybdique, avec les bases salifiables, par ordre alphabétique.

Observations.

Tableau des combinaisons du tungstène oxygéné, ou acide tungstique, avec les bases salifiables.

Observations.

Tableau des combinaisons du radical tartareux oxygéné, ou acide tartareux, avec les bases salifiables, dans l'ordre de leur affinité avec cet acide.

Observations.

Tableau des combinaisons du radical malique oxygéné, ou acide malique, avec les bases salifiables par ordre alphabétique.

Observations.

Tableau des combinaisons du radical citrique oxygéné, ou acide citrique, avec les bases salifiables, dans l'ordre de leur affinité avec cet acide.

Observations.

Tableau des combinaisons du radical pyro-ligneux oxygéné, ou acide pyro-ligneux, avec les bases salifiables dans l'ordre de leur affinité avec cet acide.

Observations.

Tableau des combinaisons du radical pyro-tartareux oxygéné, ou acide pyro-tartareux, avec les différentes bases salifiables dans l'ordre de leur affinité avec cet acide.

Observations.

Tableau des combinaisons du radical pyro-muqueux oxygéné, ou acide pyro-muqueux, avec les bases salifiables, dans l'ordre de leur affinité avec cet acide.

Observations.

Tableau des combinaisons du radical oxalique oxygéné, ou acide oxalique, avec les bases salifiables dans l'ordre de leur affinité avec cet acide.

Observations.

Tableau des combinaisons du radical acéteux oxygéné par un premier degré d'oxygénation avec les bases salifiables, suivant l'ordre de leur affinité avec cet acide.

Observations.

Tableau des combinaisons du radical acéteux oxygéné par un second degré d'oxygénation, ou acide acétique, avec les bases salifiables, dans l'ordre de leur affinité avec cet acide.

Observations.

Tableau des combinaisons du radical succinique oxygéné, ou acide succinique, avec les bases salifiables, dans l'ordre de leur affinité avec cet acide.

Observations.

Tableau des combinaisons du radical benzoïque oxygéné, ou acide benzoïque, avec les différentes bases salifiables rangées par ordre alphabétique.

Observations.

Tableau des combinaisons du radical camphorique oxygéné, ou acide camphorique, avec les bases salifiables, par ordre alphabétique.

Observations.

Tableau des combinaisons du radical gallique oxygéné, ou acide gallique, avec les bases salifiables rangées par ordre alphabétique.

Observations.

Tableau du radical lactique oxygéné, ou acide lactique, avec les bases salifiables, par ordre alphabétique.

Observations.

Tableau des combinaisons du radical saccholactique oxygéné, ou acide saccholactique, avec les bases salifiables, dans l'ordre de leur affinité avec cet acide.

Observations.

Tableau des combinaisons du radical formique oxygéné, ou acide formique, avec les bases salifiables, dans l'ordre de leur affinité avec cet acide.

Observations.

Tableau des combinaisons du radical bombique oxygéné, ou acide bombique, avec les substances salifiables, par ordre alphabétique.

Observations.

Tableau des combinaisons du radical sébacique oxygéné, ou acide sébacique, avec les bases salifiables, dans l'ordre de leur affinité avec cet acide.

Observations.

Tableau des combinaisons du radical lithique oxygéné, ou acide lithique, avec les bases salifiables, rangées par ordre alphabétique.

Observations.

Tableau des combinaisons du radical prussique oxygéné, ou acide prussique, avec les bases salifiables, dans l'ordre de leur affinité avec cet acide.

Observations.

TROISIÈME PARTIE.

Description des appareils et des opérations manuelles de la Chimie.

Pages.

INTRODUCTION 111

CHAPITRE I. — Des instruments propres à déterminer le poids absolu et la pesanteur spécifique des corps solides et liquides 113

CHAPITRE II. — De la gazométrie, ou de la mesure du poids et du volume des substances aériformes 120

Pages.

I. Description des appareils pneumato-chimiques..... 120
II. Du gazomètre..... 125
III. De quelques autres manières de mesurer le volume des gaz.... 138
IV. De la manière de séparer les unes des autres les différentes espèces de gaz..... 141
V. Des corrections à faire au volume des gaz obtenus dans les expériences, relativement à la pression de l'atmosphère..... 144
VI. Des corrections relatives aux différents degrés du thermomètre..... 148
VII. De la manière de déterminer le poids absolu des différents gaz 149
VIII. Modèle de calcul pour les corrections relatives au degré de pression et de température.

CHAPITRE III. — Des appareils relatifs à la mesure du calorique..... 152

Description du calorimètre..... 152

CHAPITRE IV. — Des opérations purement mécaniques qui ont pour objet de diviser les corps.

I. De la trituration, de la porphyrisation, et de la pulvérisation.
II. Du tamisage et du lavage.
III. De la filtration.
IV. De la décantation.

CHAPITRE V. — Des moyens que la chimie emploie pour écarter les unes des autres les molécules des corps sans les décomposer, et réciproquement pour les réunir.

I. De la solution des sels.
II. De la lixiviation.
III. De l'évaporation.
IV. De la cristallisation.
V. De la distillation simple.
VI. De la sublimation.

CHAPITRE VI. — Des distillations pneumato-chimiques, des dissolutions métalliques, et de quelques autres opérations qui exigent des appareils très compliqués..... 165

I. Des distillations composées, et des distillations pneumato-chimiques 165
II. Des dissolutions métalliques..... 171
III. Des appareils relatifs aux fermentations vineuse et putride..... 174

Pages.

IV. Appareil particulier pour la décomposition de l'eau.
V. De la préparation et de l'emploi des luts.

CHAPITRE VII. — Des opérations relatives à la combustion proprement dite et à la détonation.

I. De la combustion du phosphore et du charbon.
II. De la combustion des huiles.
III. De la combustion de l'esprit-de-vin ou alcool.
IV. De la combustion de l'éther.
V. De la combustion du gaz hydrogène, et de la formation de l'eau.
VI. De l'oxydation des métaux.
VII. De la détonation.

CHAPITRE VIII. — Des instruments nécessaires pour opérer sur les corps à de très hautes températures.

I. De la fusion.
II. Des fourneaux.
III. Des moyens d'augmenter considérablement l'action du feu, en substituant le gaz oxygène à l'air de l'atmosphère..... 177

TABLES A L'USAGE DE CHIMISTES.

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES.

ESCOLA NACIONAL DE QUIMICA
DIRETORIO ACADEMICO

LIBRAIRIE-IMPRIMERIE

GAUTHIER-VILLARS

55, Quai des Grands-Augustins, PARIS (6e)

Tél. DANTON 05-11 et 05-12. R. C. Seine 99506.

Envoi dans toute la France et l'Union postale contre mandat-poste ou valeur sur Paris.
(Chèques postaux : Paris 29323.)
Frais de port en sus : France et France d'Outre-Mer, 5 °/₀; Étranger, 10 °/₀.

LAVOISIER
(1743-1794)

Mémoire sur la respiration et la transpiration des animaux

COLLECTION DES MAITRES DE LA PENSÉE SCIENTIFIQUE

Un volume in-16 demi-couronne (180-115) de VIII-68 pages ; 1920... 5 fr.

LAVOISIER & LAPLACE
(1743-1794) (1749-1827)

Mémoire sur la chaleur

COLLECTION DES MAITRES DE LA PENSÉE SCIENTIFIQUE

Un volume in-16 demi-couronne (180-115) de 78 pages, avec 2 planches ; 1920 ..... 5 fr.

LAVOISIER. — *Traité élémentaire de Chimie.*

LIBRAIRIE-IMPRIMERIE

GAUTHIER-VILLARS

55, Quai des Grands-Augustins, PARIS (6e)

Tél. DANTON 05-11 et 05-12. R. C. Seine 99506.

Envoi dans toute la France et l'Union postale contre mandat-poste ou valeur sur Paris.
(Chèques postaux : Paris 29323.)
Frais de port en sus : France et France d'Outre-Mer, 5 %; Étranger, 10 %.

LE CHATELIER

Ingénieur en chef du Corps des Mines
Professeur à l'École des Mines

Le Grisou

Un volume in-8 (19-12) avec 11 figures ; 1892..... 7 fr.

Essais des matériaux hydrauliques

Un volume in-8 (19-12) de 160 pages, avec 2 figures ; 1904..... 7 fr.

LE CHATELIER ET BOUDOUARD

Ingénieur en chef du Corps des Mines
Professeur de Chimie minérale
au Collège de France

Préparateur au Collège de France

Mesures des températures élevées

(BIBLIOTHÈQUE DES SCIENCES)

Un volume in-8 (23-14) de 220 pages, avec 52 figures ; cartonné... 15 fr.

LIBRAIRIE-IMPRIMERIE
GAUTHIER-VILLARS
55, Quai des Grands-Augustins, PARIS (6e)
Tél. DANTON 05-11 et 05-12. R. C. Seine 99506.

Envoi dans toute la France et l'Union postale contre mandat-poste ou valeur sur Paris.
(Chèques postaux : Paris 29323).
Frais de port en sus : France et France d'Outre-Mer, 5 %; Étranger, 10 %.

A. BADOUREAU
Ingénieur en chef des Mines

Causeries philosophiques

Un volume in-8 carré (225-140) de xx-226 pages ; 1920..... 17 fr.

André LAMOUCHE
Ingénieur principal de la Marine

La Méthode générale des Sciences pures et appliquées

Un volume in-8 (25-16) de 298 pages ; 1924..... 40 fr.

LIBRAIRIE-IMPRIMERIE
GAUTHIER-VILLARS
55, Quai des Grands-Augustins, PARIS (6e)
Tél. DANTON 05-11 et 05-12. R. C. Seine 99505.

Envoi dans toute la France et l'Union postale contre mandat-poste ou valeur sur Paris.
(Chèques postaux : Paris 29323.)
Frais de port en sus : France et France d'Outre-Mer, 5 %; Étranger, 10 %.

Charles MOUREU
de l'Académie des Sciences et de l'Académie de Médecine
Professeur au Collège de France

Discours et Conférences sur la Science et ses applications

MINISTERIO DA EDUCAÇÃO E SAÚDE
ESCOLA NACIONAL DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO BRASIL

Un volume in-8 (21-13,5) de 369 pages, avec 22 figures ; 1927 ..... 25 fr.

106140-37 Paris. — Imprimerie GAUTHIER-VILLARS, 55, quai des Grands-Augustins.