

ANNALES  
DE  
CHIMIE.

**H. PERRONNEAU, Imprimeur-Libraire,**  
quai des Augustins, n<sup>o</sup>. 39.

ANNALES  
DE CHIMIE,  
OU  
RECUEIL DE MÉMOIRES  
CONCERNANT LA CHIMIE  
ET LES ARTS QUI EN DÉPENDENT,  
ET SPÉCIALEMENT  
LA PHARMACIE;

*Par MM. GUYTON-MORVEAU, MONGE, BERTHOLLET, SEGUIN, VAUQUELIN, ADET, HASSENFRAZ, C.-A. PRIEUR, CHAPTAL, PARMENTIER, DEYEUX, BOUILLON-LAGRANGE, COLLET-DESCOSTILS, A. LAUGIER, GAY-LUSSAC et THENARD.*

---

31 Janvier 1813.

---

TOME QUATRE-VINGT-CINQ.

A PARIS,

Chez J. KLOSTERMANN fils, acquéreur du fonds de Mad. V<sup>e</sup>. BERNARD, Libraire des Ecoles impériales Polytechnique et des Ponts et Chaussées, rue du Jardinnet, n<sup>o</sup>. 13.





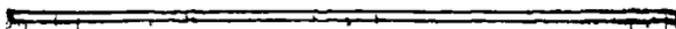
# ANNALES DE CHIMIE,

OU

RECUEIL DE MÉMOIRES

CONCERNANT LA CHIMIE

ET LES ARTS QUI EN DÉPENDENT.



## EXPÉRIENCES

*Sur les Champignons ;*

PAR M. VAUQUELIN.

M. Jaume Saint-Hilaire, connu par les progrès qu'il fait faire tous les jours à la botanique, m'ayant invité à soumettre à quelques essais chimiques trois sortes de champignons vénéneux, savoir : l'agaricus théogalus, le bulbosus, et le muscarius ; j'ai cru devoir, à cette occasion, relire le Mémoire de M. Braconnot sur cet objet, inséré dans le tome LXXIX des Annales de chimie.

Les résultats du travail de ce chimiste,

m'ont paru si intéressans sous tous les rapports, que je résolus sur-le-champ de les vérifier par l'expérience; et pour cela j'ai pensé que pour me servir de base, je devais commencer par faire une analyse exacte du champignon, comestible ordinaire que l'on peut se procurer facilement à Paris, et toujours en bon état de végétation.

C'est donc sur le champignon ordinaire que roulera principalement ce travail. J'y joindrai les résultats obtenus des trois sortes de champignons indiquées plus haut, et lorsque la saison sera plus favorable, j'étendrai mes recherches sur le plus grand nombre possible.

M. Braconnot a trouvé dans les champignons un grand nombre de principes dont je vais rappeler ici les principaux: par exemple, dans l'*agaricus volvaceus*, il y a suivant lui, 1°. de la fungine, partie fibreuse, commune à tous les champignons; 2°. de la gélatine; 3°. de l'albumine; 4°. une espèce particulière de sucre cristallisable; 5°. de l'huile; 6°. de la cire; 7°. de l'adipocire; 8°. de l'acide benzoïque; 9°. un principe délétère très-fugace; 10°. enfin des sels, tels que des phosphates, acétates, et muriates de potasse.

Dans d'autres espèces, il a rencontré quelques acides nouveaux, une matière animale encore inconnue, et du mucus animal.

#### ANALYSE DU CHAMPIGNON COMESTIBLE.

##### *Agaricus campestris.*

Après avoir enlevé la peau à ce champignon, on l'a broyé dans un mortier de marbre, en ajoutant une petite quantité d'eau distillée, et l'on a ensuite fortement exprimé.

Ces manipulations ont été répétées jusqu'à ce que l'eau ajoutée chaque fois en sortît presque sans couleur.

On a filtré le suc qui avait alors une couleur rose légère, et on a mis à part le marc pour le traiter par l'alcool, ainsi qu'il sera dit plus bas.

On a remarqué que le marc prenait très-promptement une couleur noirâtre par le contact de l'air, et que le suc éprouvait le même changement par la même cause.

Le suc filtré et soumis à l'action de quelques réactifs, a éprouvé les effets suivans :

1°. Avec l'acide nitrique, une coagulation à la manière de l'albumine étendue d'eau ;

2°. L'acétate de plomb, un précipité très-abondant ;

3°. L'infusion aqueuse de noix de galles, même effet que dans l'albumine délayée ;

4°. Le nitrate de baryte, précipité très-peu abondant ;

5°. L'acide oxalique, aucun changement ;

6°. L'ammoniaque, point de précipité : seulement la couleur rose changée en brun ;

7°. Papier de tournesol, aucun changement ;

8°. Ce suc exposé à la chaleur est coagulé comme de l'albumine étendue d'eau, et la matière qui s'en sépare, parait d'un noir foncé.

Telles sont les épreuves auxquelles on a soumis le suc de champignon ; elles n'apprennent presque autre chose, sinon qu'elle contient une substance qui se conduit comme l'albumine animale, mais qui, suivant l'apparence, entraîne avec elle, en se coagulant, un corps qui lui communique une couleur noire.

Ce suc a été évaporé à une très-douce chaleur jusqu'en consistance d'un extrait mou, et a ensuite été traité par l'alcool bouillant ; j'abandonne ici pour un instant cette opération, j'y reviendrai plus bas pour lui donner suite.

*Marc du Champignon épuisé par l'eau,  
soumis à l'action de l'alcool.*

On a versé sur ce marc de champignon , privé de ce qu'il contenait de soluble dans l'eau et fortement pressé , 3 fois son poids d'alcool à 38° qu'on fit bouillir avec pendant quelques minutes. On passa la liqueur toute bouillante à travers un linge , et on exprima fortement le marc.

L'alcool qui avait pris une couleur rouge-jaunâtre , a déposé en refroidissant une matière floconneuse , blanche , qu'on a séparée deux jours après par la filtration.

Cette matière prit en séchant une couleur brune légère à sa surface.

*Examen de cette matière.*

Elle a une couleur blanche intérieurement , brunâtre extérieurement ; sa consistance est solide et ferme ; son toucher gras et doux , comme celui du blanc de baleine ; mise sur des charbons ardents , elle se fond , mais incomplètement , en répandant des fumées blanches , qui ont l'odeur de celle de la graisse.

Chauffée de nouveau avec de l'alcool, cette matière s'est dissoute, moins une petite quantité de flocons bruns qui étaient sans doute la cause de sa coloration.

Elle se dépose promptement sous la forme de flocons, si le refroidissement de la dissolution est rapide; mais quand le refroidissement est très-lent, elle prend, en se séparant, la forme de lames cristallines, comme le blanc de baleine: elle est alors très-blanche, brillante, douce et onctueuse au toucher; enfin, elle ne paraît point différer du blanc de baleine ordinaire.

Cette substance qui a été reconnue et décrite sous le nom d'*adipocire*, par M. Bracconot, comme un principe des champignons, offre un fait aussi nouveau qu'intéressant, puisque jusqu'à présent les chimistes ne l'avaient rencontré que dans le règne animal.

*Examen de l'alcool qui a bouilli sur le marc de champignon, et qui a déposé, en refroidissant, le blanc de baleine dont on vient de parler.*

Cet alcool distillé dans une cornue, a laissé un résidu liquide de couleur jaune-brunâtre, où l'on voyait nager des parties graisseuses sous la forme de grumeaux. Ce résidu ne contenait presque plus d'alcool; c'était l'eau contenue dans le marc du champignon, au moment où on l'a traité par l'alcool qui lui donnait la fluidité. Cette liqueur a été filtrée, et après en avoir séparé la matière grasse, on l'a évaporée en consistance sirupeuse.

*Examen de la matière grasse ci-dessus.*

Cette substance a une couleur rouge-brunâtre, une consistance concrète, mais molle; se fond et se réduit par la chaleur en fumées qui ont l'odeur de celles de la graisse ordinaire: sa saveur n'est pas caustique, mais elle a quelque chose d'âcre. Elle est soluble dans l'alcool, sur-tout à l'aide de la chaleur.

Si c'était cette substance que M. Braconnot eût prise pour de la cire, il serait je crois dans l'erreur : c'est plutôt une sorte de graisse, dont elle a le gras, le visqueux et la mollesse ; sa vapeur ressemble aussi beaucoup plus à celle de la graisse qu'à celle de la cire ; mais ce n'est probablement pas ce corps que M. Braconnot a désigné sous le nom de cire.

*Examen de la partie fibreuse du champignon, appelée fungine ; par M. Braconnot.*

Le champignon ayant été épuisé, comme il a été dit plus haut, successivement par l'eau et par l'alcool, de tout ce qu'il contenait de soluble dans ces deux agens, il a été ensuite séché et soumis à la distillation.

Voici les produits qu'il a donnés : 1°. un liquide brunâtre qui rougissait fortement le papier de tournesol, mais qui contenait cependant de l'ammoniaque que la potasse rendait sensible ;

2°. Une huile brune, épaisse, qui avait l'odeur de la fumée de tabac ;

3°. Une substance jaune sous forme de cristaux attachés au col de la cornue, et dont on n'a pu déterminer la nature ;

4°. Un charbon dont les parties ne s'étaient point réunies en une seule masse par la chaleur ;

5°. Ce charbon brûlé dans un creuset de platine a donné une petite quantité de cendre blanchâtre, composée pour la plus grande partie de phosphate de chaux et de chaux.

Ce résultat diffère essentiellement de celui que M. Braconnot dit avoir obtenu de la fungine, soumise à la même opération, puisqu'il annonce que son produit était ammoniacal, sans cependant contenir de carbonate, ce qui paraît impossible.

Jé doute qu'on doive faire un principe particulier de cette substance ; ses nombreuses analogies avec le principe ligneux ordinaire, semblent annoncer qu'elle n'est elle-même que ce principe légèrement modifié par quelque matière qui y reste mêlée ou combinée.

*Examen du jus de champignon, extrait au moyen de l'eau.*

On se rappelle que le suc du champignon ainsi obtenu, a été évaporé en consistance d'extrait mou, et ensuite traité par l'alcool à l'aide de la chaleur.

Celui-ci a dissout une assez grande quantité de matière qui lui a communiqué une couleur rouge-brunâtre, mais il laissa aussi une certaine quantité d'autres matières, dont la plus grande partie était l'albumine coagulée pendant l'évaporation du suc.

La première portion d'alcool ne paraissant plus agir, elle fut décantée et remplacée par une seconde, et ainsi de suite, jusqu'à ce que ce fluide ne se colorât plus.

On réunit toutes les portions d'alcool, et on les soumit à la distillation au bain-marie pour obtenir les principes qui y étaient dissous. Nous reviendrons plus bas sur cette partie de l'opération; occupons nous maintenant de la matière insoluble dans l'alcool.

On commença par laver cette matière avec de l'eau qui en tira une couleur brune assez intense: lorsque de nouvelles quantités d'eau passées sur cette matière ne se colorèrent plus, on la fit sécher à une chaleur douce, et l'on en soumit une portion à la distillation. Les eaux de lavage dont nous venons de parler furent évaporées à part: nous en reparlerons par la suite.

Une fois séchée, cette matière avait une couleur noirâtre, une dureté et une fragilité assez grandes; sa cassure était lisse;

mise sur les charbons elle se ramollissait et répandait une fumée, dont l'odeur ressemblait à celle de la corne brûlée.

Soumise à la distillation, elle a fourni beaucoup de carbonate d'ammoniaque cristallisé dans le col de la cornue; une autre portion à l'état liquide, beaucoup d'huile rougeâtre, épaisse et fétide; enfin un charbon qui s'est réuni en une seule masse, quoique la matière eût été réduite en très-petits fragmens.

D'après ces propriétés, il ne paraît pas douteux que la matière dont il s'agit ne soit de nature animale, et du genre albumineux. C'est ce qui n'a point échappé à la sagacité de M. Braconnot.

La présence de l'albumine dans les champignons explique pourquoi, lorsqu'on fait cuire ces végétaux, ils prennent une consistance et une fermeté qu'ils n'ont point avant la cuisson, puisque, comme on sait, ils sont très-fragiles et très-spongieux dans leur état naturel.

Cela explique encore pourquoi les champignons arrivés à la fin de leur végétation, se pourrissent si facilement et répandent une odeur si fétide; pourquoi ils sont une nourriture substantielle pour les animaux car-

nivores qui en sont très-friands, tandis que les animaux herbivores n'en mangent jamais. Mais l'on verra que l'albumine n'est pas la seule substance animale qui soit dans les champignons.

*Examen des matières dissoutes par l'alcool, appliqué à l'extrait des champignons.*

On a dit plus haut que le suc de champignon évaporé en consistance d'extrait mou avait été traité par l'alcool qui en avait dissout une partie qu'on a obtenue séparée par l'évaporation du dissolvant.

Cette matière de couleur brune-rougeâtre, desséchée à une chaleur douce, fut traitée de nouveau par l'alcool : elle se divisa en deux portions ; une plus abondante fut dissoute par l'alcool, et une autre resta au fond sous forme d'un extrait de couleur brune. L'on verra que cette dernière ressemble à celle qui était restée avec l'albumine, et que nous en avons séparée par le moyen de l'eau.

L'alcool filtré chaud déposa en refroidissant une matière cristalline sous la forme d'aiguilles blanches, soyeuses, et ayant une saveur légèrement sucrée. En réduisant par

l'évaporation la quantité d'alcool, on obtient une nouvelle quantité de cette matière.

*Examen de la matière cristalline sucrée  
ci-dessus.*

Cette substance après avoir été séparée de l'alcool et égouttée sur un papier-joseph, avait une couleur blanche légèrement jaunâtre; elle était sèche et cassante. Dissoute de nouveau dans l'alcool bouillant, elle reparaît sous une couleur parfaitement blanche, et toujours avec sa forme d'aiguilles fines et soyeuses.

Elle est beaucoup moins sucrée que le sucre ordinaire; l'odeur qu'elle répand en brûlant ne ressemble point à celle de ce dernier; elle est plus âcre et plus piquante, elle a plus d'analogie avec l'odeur de la fumée du bois. L'acide sulfurique concentré dissout cette matière et lui fait prendre une couleur rouge, mais il ne la charbonne point, comme il fait le sucre ordinaire. Si l'on met de l'eau sur un mélange de ce sucre et d'acide sulfurique, il se forme un coagulum blanc qui rend par l'agitation la liqueur lacteuse.

Quoique ce principe sucré soit plus soluble

dans l'eau que dans l'alcool, il ne l'est cependant pas autant que le sucre ordinaire, et il cristallise beaucoup plus facilement que celui-ci.

J'ai d'abord été tenté de croire que cette espèce de sucre était semblable à celui que nous avons M. Fourcroy et moi découvert dans les algues, le melon, l'oignon, et la manne; mais M. Braconnot assurant que ce sucre fermente et donne de l'alcool, tandis que l'autre ne fermente point, je suspends mon opinion à cet égard, jusqu'à ce que j'aie pu m'en procurer une quantité suffisante pour vérifier le fait. En attendant, nous le regarderons avec M. Braconnot, comme une espèce de sucre particulière aux champignons.

*Examen de la matière extractive du champignon, insoluble dans l'alcool.*

Nous avons vu plus haut qu'en traitant avec l'alcool l'extrait de champignon, il s'était divisé en deux portions, l'une qui s'est dissoute, et l'autre qui est restée au fond: c'est de cette dernière que nous allons parler.

Elle a une couleur brune assez foncée, une saveur très-marquée et très-agréable de

champignon, et un peu salée. Sa dissolution dans l'eau est abondamment précipitée par l'infusion de noix de galles, ainsi que par le nitrate d'argent; évaporée en consistance sirupeuse, elle a fourni des cristaux d'une saveur piquante, mais embarrassés dans la matière extractive.

Comme il paraissait impossible de séparer assez exactement les cristaux de cette matière végétale pour les avoir purs, on a fait brûler dans un creuset de platine une portion de la matière qui les contenait.

Voici les phénomènes que cette décomposition a présentés : 1°. elle s'est houe-soufflée à cause de l'humidité qui y était encore, et a exhalé une odeur très-agréable de champignon; 2°. il s'en est ensuite dégagé de l'ammoniaque en si grande quantité qu'elle irritait fortement les yeux et les narines; quelle rétablissait sur-le-champ la couleur du papier de tournesol rougi par un acide, et humecté; 3°. elle a fourni un charbon facile à incinérer, et qui a laissé une cendre grisâtre assez abondante, dont la saveur était extrêmement salée et piquante; 4°. cette cendre s'est presque entièrement dissoute dans l'eau, il n'est resté que quelques légères molécules de charbon. Les réactifs

ont indiqué que les sels contenus dans la lessive de cette cendre était le phosphate, le muriate et le carbonate de potasse.

Si l'on demande maintenant de quelle nature est cette substance, si elle appartient à une espèce déjà connue dans les règnes organiques, ou si elle est d'une composition particulière et nouvelle; j'aurai de la peine à répondre d'une manière satisfaisante.

M. Braconnot a trouvé, il est vrai, dans les champignons, de la gélatine, et du mucus animal; mais que je compare cette matière, soit avec l'une, soit avec l'autre de ces substances, je ne trouve point d'identité parfaite. En effet, la gélatine convenablement évaporée se prend en une gelée plus ou moins solide, par le refroidissement, ce que ne fait pas la matière dont il est question; la gélatine ne se dissout pas dans l'alcool même affaibli à 24 degrés, et celle-ci se dissout dans de l'alcool qui a plus de 30 degrés.

D'un autre côté, le mucus animal en s'unissant à l'eau lui communique une consistance et une viscosité dont celle-ci n'est pas capable.

D'ailleurs le mucus animal n'est pas sen-

siblement précipité par l'infusion aqueuse de noix de galles, et la matière qui nous occupe l'est abondamment.

Serait-ce une portion de l'albumine qui par une longue action de l'eau chaude serait devenue soluble dans ce fluide ? Je suis assez porté à le croire, cependant je n'ose l'assurer avant d'avoir fait à cet égard quelques expériences de comparaison.

Je reviendrai sur cette matière dans la suite du travail que je consacrerai aux champignons.

*Examen du principe du champignon,  
soluble dans l'eau et dans l'alcool.*

Cette matière a une couleur rouge-brunc, une saveur et une odeur analogues à celle du bouillon un peu salé.

Desséchée à une chaleur modérée, elle conserve sa transparence et devient cassante: dans cet état elle attire puissamment l'humidité de l'air, et toutes ses parties se collent ensemble en s'humectant.

Mise sur les charbons ardents, elle se fond et se réduit en fumées qui ont l'odeur de la viande grillée, mêlée de graisse. Elle fournit à la distillation de l'huile brune

épaisse et du carbonate d'ammoniaque ; son charbon volumineux se présente d'une seule pièce.

On a trouvé dans le charbon de cette substance du muriate de potasse et du sous-carbonate de potasse, provenant sans doute d'acétate décomposé.

La dissolution de cette substance dans l'eau est entièrement précipitée par l'infusion de noix de galles.

Triturée avec un peu de potasse et d'eau, elle dégage de l'ammoniaque d'une manière très-marquée ; elle contient en effet un peu de muriate d'ammoniaque.

L'on voit par cet exposé que la matière dont il s'agit jouit de toutes les propriétés reconnues jusqu'à présent à l'osmazome, et je crois qu'on peut la considérer comme telle ; elle paraît commune à la plupart des champignons, car je l'ai trouvée dans tous ceux que j'ai jusqu'ici soumis à l'essai.

En résumant les différentes substances trouvées dans le champignon comestible des couches ; on en trouve huit qui paraissent produites par la végétation ; savoir :

- 1°. L'adipocire ;
- 2°. L'huile ou graisse ;

- 3°. L'albumine ;
- 4°. La matière sucrée ;
- 5°. La substance animale soluble dans l'alcool et dans l'eau , l'osmazome ;
- 6°. La substance animale insoluble dans l'alcool ;
- 7°. La fungine de M. Braconnot, ou partie fibreuse du champignon ;
- 8°. L'acétate de potasse.

Il est extrêmement remarquable que les champignons dont la structure est si simple, si homogène, qui vivent si peu de tems, et semblant se dérober à l'influence de la lumière, forment un si grand nombre de principes différens, et en quantité aussi considérable.

*Agaricus bulbosus.*

J'ai trouvé dans l'agaric bulbeux, celui avec lequel le cardinal Caprara a, dit-on, été empoisonné à Fontainebleau :

- 1°. La matière animale insoluble dans l'alcool, tout-à-fait semblable à celle du champignon comestible ;
- 2°. La matière animale soluble dans l'alcool et dans l'eau, celle que je crois semblable à l'osmazome ;

3°. Une substance grasse, molle, d'une couleur jaune et d'une saveur âcre ;

4°. Un sel acide qui n'est point un phosphate, car il ne trouble point l'eau de chaux.

Le squelette de ce champignon a fourni un produit acide à la distillation.

*Agaricus theogalus.*

J'ai reconnu dans l'agaricus théogalus :

1°. La matière sucrée cristalline ;

2°. La matière grasse d'une saveur amère et âcre ;

3°. La matière animale insoluble dans l'alcool ;

4°. L'osmazome ;

5°. Un sel végétal acide.

*Agaricus muscarius.*

L'agaricus muscarius m'a fourni :

1°. Les deux matières animales dont on a parlé plus haut ;

2°. La matière grasse ;

3°. Du muriate, du phosphate et du sulfate de potasse.

Le parenchyme de ces deux derniers a donné aussi un produit acide à la distillation.

Ces trois sortes de champignons contiennent probablement encore d'autres principes, mais la petite quantité qui m'en a été remise par M. Jaumes St.-Hilaire ne m'a pas permis de les reconnaître : aussi n'en présentai-je l'analyse que comme l'ébauche d'un travail plus complet, auquel je compte me livrer aussitôt que la saison le permettra.

Si ces champignons contiennent, ainsi qu'on le croit, quelque principe délétère ; je pense que c'est dans la matière grasse qu'il faudra le chercher.

---

## EXAMEN CHIMIQUE

*De deux variétés de cobalt arsenical ;  
suivi d'expériences sur la nature  
des sulfures d'arsenic , et sur la  
composition de deux arseniates  
alcalins ;*

PAR M. LAUGIER.

Le cobalt et l'arsenic se rencontrent fréquemment combinés dans la nature. On a donné à la combinaison de ces métaux le nom de cobalt arsenical ; mais , parmi les nombreuses variétés de ce minéral , il en est peu dont les propriétés soient semblables. Elles varient par la couleur, le brillant, le tissu , la consistance, et cette différence paraît provenir et des corps étrangers qu'elles peuvent renfermer accidentellement, et de la proportion des élémens essentiels à leur composition. Les minéralogistes, et particulièrement M. Verner, ont cru devoir en distinguer deux variétés principales , savoir : le

cobalt arsenical d'un gris noirâtre (grauer speiskobalt), et le cobalt arsénical d'un blanc argentin (weisser speiskobalt). Le premier, de couleur grise plus ou moins foncée, a un tissu grenu, et l'aspect peu brillant; le second se distingue par sa couleur blanche, son éclat métallique, et son tissu lamelleux.

Des fragmens de deux variétés qui présentaient ces caractères d'une manière plus prononcée que les autres, et qui viennent de Biéber, dans le Hanau, m'ont été remis par M. Haüy, qui m'a invité à rechercher les différences que l'analyse pourrait indiquer.

J'ai soumis des quantités égales de ces variétés à plusieurs procédés d'analyse; c'est la description de ces procédés, et l'indication des résultats qu'ils m'ont fournis, qui feront en partie l'objet de ce mémoire. J'y réunirai le récit de quelques expériences auxquelles j'ai été conduit par ce travail, et qui sont relatives à la nature des sulfures d'arsenic, et à celle de quelques arseniates alcalins.

J'ai d'abord distillé cent parties de chacune des deux variétés de cobalt arsenical, avec une égale quantité d'acide nitrique pur, et plus que suffisante pour en opérer la dissolu-

tion. Toutes deux ont été bien attaquées, et ont donné les phénomènes que présentent ordinairement ces dissolutions; mais les résidus qu'elles ont laissés différaient beaucoup par leur quantité.

Le résidu de la variété blanche ne pesait qu'une partie, celui de la variété grise pesait 25 parties, qui ont refusé de se dissoudre dans une nouvelle portion d'acide. Ces deux résidus étaient de la silice; le plus pesant, fondu avec la potasse caustique, a offert tous les caractères de cette substance.

Les deux dissolutions nitriques, filtrées et étendues d'eau, avaient une couleur rose, mais celle de la variété grise la plus impure, à en juger par la quantité de silice qu'elle contient, avait une couleur plus intense que celle de la variété blanche.

J'ai versé dans chacune de ces dissolutions, goutte à goutte, et à plusieurs reprises, du carbonate de potasse saturé, à chaque fois il s'est formé un précipité floconneux blanc-jaunâtre, que j'ai laissé se déposer, et que j'ai filtré; j'ai cessé d'ajouter du carbonate de potasse, dès que le précipité a pris une couleur rosée.

J'ai ajouté aux dissolutions filtrées un excès d'acide, et j'y ai fait passer un courant de gaz

hydrogène sulfuré, qui a formé un abondant précipité de sulfure jaune d'arsenic. J'ai observé qu'il fallait répéter cette opération jusqu'à trois fois pour décomposer complètement l'arseniate, et précipiter entièrement l'arsenic. Il faut même, pour que la séparation soit complète, laisser l'espace de 24 heures entre chaque introduction de gaz hydrogène sulfuré.

Après avoir fait chauffer les dissolutions filtrées, pour en chasser l'excès de gaz, j'ai versé de la potasse caustique, qui y a formé un précipité bleu; j'ai lavé ce précipité à l'eau bouillante plusieurs fois, et je l'ai traité encore humide avec de l'acide oxalique pur: ce procédé appartient à M. Tupputi; on l'emploie avec succès pour séparer les plus petites portions de fer qui restent encore avec le cobalt. Ce dernier métal forme avec l'acide oxalique un sel blanc rosé insoluble dans un excès de cet acide, même à chaud, tandis que l'oxide de fer constitue, avec le même acide, un sel très-soluble, qui colore en jaune l'eau que l'on ajoute, sur-tout après l'ébullition du mélange.

L'oxalate de cobalt donne ensuite, par la calcination, l'oxide de ce métal; la petite quantité de fer séparée de l'oxalate de ce mé-

tal, réunie à celle qui provient de l'arseniate de fer, précédemment obtenu, décomposé par la potasse caustique, donne exactement la quantité de ce métal contenu dans le minéral.

L'embarras le plus grand que l'on éprouve en suivant ce procédé, est de déterminer exactement la quantité d'arsenic contenu dans cet orpiment, obtenu par la voie humide. Je crois pourtant qu'il ne serait pas impossible d'y arriver, en exposant dans un tube servant de cornue, à une chaleur douce et prolongée, ce sulfure d'abord desséché dans un creuset de platine, et en parvenant ainsi, au moyen d'une fusion très-lente, à en rapprocher les molécules. Pendant cette opération, le sulfure exhale une odeur fétide de gaz hydrogène sulfuré; on obtient un très-léger sublimé jaunâtre, et l'orpiment fondu en une masse d'un rouge-brun. Il perd dans cette opération les  $\frac{1}{100}$  de son poids. La diminution peut aller jusqu'au cinquième du poids du sulfure, si l'on n'a point eu la précaution de le sécher auparavant; dans ce cas, il se dégage de l'eau qui favorise la sublimation d'une plus grande quantité de la substance. La diminution du poids est presque nulle, si l'on substitue au sulfure

très-divisé, qu'on obtient par la voie humide, un sulfure compacte et en morceaux. L'expérience suivante appuie cette assertion. J'ai exposé dans un vase semblable cent parties d'un orpiment natif, en morceaux, à une chaleur très-faible, mais prolongée, pendant 3 heures; la substance s'est fondue peu-à-peu, et a pris la couleur rouge du réalgar, sans qu'elle ait éprouvé d'autre perte qu'un centième, et sans qu'il y ait eu de sublimation de matière, ni de dégagement d'eau appréciable; cependant la substance fondue conserve de l'opacité, et ne devient transparente que dans le cas où une chaleur plus forte en dégage l'excès d'arsenic qu'elle contient. Mais, pour arriver à la détermination de la quantité d'arsenic contenu dans une mine, il fallait connaître d'une manière exacte les proportions des élémens de l'orpiment; c'est ce qui m'a engagé à tenter de nouveau l'analyse des sulfures d'arsenic. Je rendrai compte dans la suite de ce mémoire des expériences que j'ai faites pour y parvenir. Le second procédé, par lequel j'ai cherché à déterminer la proportion de l'arsenic dans les mines de cobalt arsenical, consiste à traiter cent parties de ces mines mêlées à deux cents parties de limaille de fer. En distillant ce mélange dans

une cornue de verre bien luttée à l'extérieur, j'ai obtenu de la variété grise  $\frac{4^{\text{gr}}}{100}$  d'arsenic métallique, et de la variété blanche  $\frac{6^{\text{o}}}{100}$  du même métal.

La fusion de la mine avec la potasse caustique m'a offert un troisième procédé plus expéditif, dont les résultats ont été à-peu-près semblables, et qui m'a paru plus exact, d'après l'examen comparatif que j'ai fait du résidu qu'il m'a donné, avec le résidu que m'avait fourni le second procédé. Ce dernier contenait encore un peu d'arsenic, que le traitement au chalumeau m'a fait reconnaître, tandis que le résidu provenant de la fusion avec la potasse, n'a laissé apercevoir aucune trace de ce métal.

A la vérité, la potasse a cet inconvénient, qu'en même tems qu'elle enlève l'arsenic, elle s'empare d'une portion de la silice et du soufre, qui peuvent se rencontrer accidentellement dans la mine, mais il est facile d'y remédier, en opérant, par un autre mode d'analyse, sur une nouvelle portion de la même mine, et de s'assurer par-là de la présence et de la proportion de ces substances.

Le résidu sur lequel la potasse n'a point d'action, est formé des oxides de fer et de cobalt, mêlés souvent à une portion de silice,

lorsque la mine en contient. Ce mélange, lavé et calciné, est traité par l'acide nitrique, qui dissout les oxides sans toucher à la silice. Le cobalt est ensuite séparé du fer par les moyens ci-dessus indiqués, savoir: la potasse et l'acide oxalique.

En employant successivement ces trois modes d'analyse, et en comparant les divers résultats que j'en ai obtenus, je suis parvenu à déterminer, de la manière suivante, les proportions des élémens qui composent les deux variétés dont il s'agit :

Cent parties de la variété grise de cobalt arsénical, sont composées:

D'arsenic . . . . .	50.
De silice . . . . .	25.
D'oxide de fer . . . . .	18.
D'oxide de cobalt. . . . .	16.
Traces de soufre.	
	—————
	109.

La défalcation de l'oxigène absorbé par les deux métaux, savoir, de 5.5 pour le fer, et de 3.3 pour le cobalt, réduit à 100.2 la somme des produits obtenus.

Cent parties de la variété blanche de cobalt arsenical, sont formées :

D'arsenic. \ . . . . .	68.50.
De soufre. . . . .	7.
D'oxide de fer . . . . .	14.
D'oxide de cobalt. ' . . . .	12.
De silice. . . . .	1.
	<hr/>
	102.50.

mais l'oxigène des oxides de fer et de cobalt étant défalqué, savoir: pour le premier 4.3, et pour le second 2.4, il reste, pour la somme des produits, 96 43.

Il résulte de ces analyses, que la variété blanche qui, en apparence, est plus pure, ne doit son éclat métallique qu'à la présence d'une plus grande quantité d'arsenic, et vraisemblablement à l'absence de la silice, et que la variété grise, malgré les corps étrangers qu'elle renferme, et dont l'interposition nuit à son éclat, renferme réellement un peu plus de cobalt, et est moins chargée d'arsenic.

J'ai dit plus haut que le besoin de connaître exactement la proportion du soufre contenu dans les sulfures d'arsenic, pour parvenir à déterminer celle de l'arsenic dans

les mines de cobalt, m'avait conduit à entreprendre l'analyse de ces composés. Je vais rendre compte des moyens que j'ai employés pour y parvenir.

Les minéralogistes ont constamment reconnu l'existence d'un sulfure jaune et d'un sulfure rouge d'arsenic; ils ont nommé le premier orpiment, et le second réalgar.

L'art, en combinant au moyen de la chaleur les principes constituans de ces sulfures, parvient aussi à obtenir des composés de la même couleur. Ainsi, les chimistes ont dû d'abord rapporter leurs sulfures artificiels à ceux qui sont offerts par la nature, et auxquels ils ressemblent si bien par l'apparence.

Ils se sont ensuite occupés à rechercher pourquoi ces sulfures, soit naturels, soit artificiels, diffèrent tant entre eux par la couleur, quoique formés d'éléments semblables.

A l'époque de l'établissement de la chimie pneumatique, et, longtems après, on en a attribué la différence à la plus ou moins grande quantité de l'oxygène qu'on y supposait; mais il est prouvé aujourd'hui, par les travaux de MM. Proust, Thenard, et de plusieurs autres chimistes, que les sulfures métalliques ne contiennent point d'oxygène,

et que ces composés résultent de l'union immédiate des métaux et du soufre. En effet, aucune expérience n'a pu démontrer dans ces composés la présence de l'oxygène. Il a donc fallu renoncer aux idées des chimistes pneumatiques sur cet objet, et chercher une autre cause de la différence qu'on remarque entre les sulfures jaunes et rouges d'arsenic.

M. Thenard, dans un Mémoire intéressant, inséré dans les Annales de Chimie, a établi, d'après des expériences synthétiques plutôt qu'analytiques, que cette différence était due à la proportion du soufre. Il a conclu, de son travail, que l'orpiment contenait plus de soufre que le réalgar; que 100 parties du premier étaient formées de 43 à 45 de soufre, et conséquemment de 55 à 57 d'arsenic, tandis que le second était composé de 25 de soufre et de 75 d'arsenic.

Cette opinion a été admise jusqu'à ce jour par les chimistes; mais M. Haüy, dont les travaux et les découvertes ont tant contribué aux progrès de la minéralogie, a récemment élevé des doutes sur les différences adoptées relativement à la composition de ces sulfures.

Un hasard heureux lui ayant procuré les deux sulfures d'arsenic dans un état de cris-

gallisation assez prononcée pour le mettre à même de leur appliquer ses procédés cristallographiques, il a reconnu que leur forme est la même, et il en a conclu qu'il devait y avoir peu de différence entre les proportions de leurs élémens, si toutefois, comme il avait lieu de le présumer d'après ses expériences, ces proportions n'étaient point parfaitement semblables.

Avant l'époque où M. Haüy a publié le mémoire qui renferme ses observations, et qui est inséré dans les Annales du Muséum d'Histoire Naturelle, j'avais été conduit par un travail qui exigeait la connaissance exacte de la composition de ces sulfures, à entreprendre quelques expériences, qui avaient pour objet d'en rechercher la nature.

Les résultats que j'en avais obtenus ne m'avaient pas paru assez satisfaisans pour être mis au jour. Le mémoire de M. Haüy a réveillé mon attention, et j'ai de nouveau cherché les moyens de lever toute incertitude à ce sujet.

Je ne me flatte point d'avoir réussi. Toutefois le résultat de mon travail est de nature à changer les idées adoptées jusqu'ici par les chimistes.

J'ai fait un grand nombre d'expériences :

je ne rendrai compte que de celles qui me semblent concluantes.

L'analyse des sulfures en général présente des difficultés; l'analyse des sulfures d'arsenic est certainement celle qui en présente le plus.

Ces difficultés seraient peut-être insurmontables, si l'on exigeait rigoureusement qu'on déterminât les proportions des deux élémens qui composent ces sulfures, c'est-à-dire, celles de l'arsenic aussi bien que celles du soufre.

Mais, comme il est hors de doute que ces sulfures ne contiennent réellement que ces deux principes, il ne faut, pour acquérir une connaissance suffisante de leur nature, qu'apprécier exactement la proportion de l'un des deux. La proportion de l'un bien connue, on peut en conclure avec certitude celle de l'autre.

Il existe un moyen très-simple de déterminer exactement le soufre; les résultats que l'on en obtient sont certains: on en jugera par les expériences qui seront rapportées. Ainsi, il serait mieux sans doute, mais il n'est pas nécessaire de recueillir exactement l'arsenic pour connaître la composition des sulfures de ce métal.

Ce moyen consiste à traiter ces composés par de l'acide nitrique pur, étendu de deux fois son volume d'eau distillée. Une chaleur de 60 degrés convient mieux que celle de l'ébullition, pour en opérer la dissolution, et une cornue est préférable à un vase ouvert, pour la terminer sans perte sensible. Douze heures de digestion sont nécessaires pour la dissolution complète. Peu-à-peu le sulfure disparaît et se change en un liquide incolore, comme l'acide, mais plus dense que lui. La dissolution a lieu d'autant plus facilement, que le sulfure est plus compacte, et que ses molécules, avant la pulvérisation, ont été rapprochées par la fusion et le refroidissement de la matière. Au contraire, si le sulfure est lamelleux, peu dense, comme les sulfures natifs, il résiste davantage à l'action de l'acide, sa dissolution est plus difficile et exige plus de tems.

On a pour résultat de cette action un mélange d'acide sulfurique et d'acide arsenique. Il arrive quelquefois, sur-tout avec un sulfure lamelleux ( et l'on verra que cela a lieu avec les sulfures natifs, parce qu'ils contiennent de l'arsenic en excès ), qu'une partie de ce métal, au lieu de devenir acide, ne se convertit qu'en oxide, qui se dépose au fond du

vase sous la forme de petits cristaux brillans et peu solubles. Dans ce cas, il faut décanter le liquide qui les surnage, et les traiter séparément par une nouvelle quantité d'acide.

La dissolution achevée et étendue d'eau, est mêlée à du nitrate de baryte jusqu'à ce que ce sel n'y forme plus de précipité, on fait bouillir le mélange, on laisse déposer et on filtre. L'arseniate de baryte reste en dissolution à la faveur de l'excès de l'acide nitrique, et le sulfate de baryte insoluble est recueilli. Ce dernier, bien lavé à l'eau bouillante, ne doit retenir aucune portion d'arseniate, et conséquemment ne donner aucune odeur arsenicale lorsqu'on le chauffe sur un charbon au chalumeau.

La quantité de sulfate de baryte représente exactement celle du soufre contenu dans le sulfure. J'ai pris pour base les proportions indiquées par Berzelius, savoir, 34 d'acide sulfurique sur 100 de sulfate de baryte, et 40.58 de soufre sur 100 d'acide sulfurique, et j'ai obtenu des résultats semblables de beaucoup de sulfures préparés avec des proportions très-différentes de soufre et d'arsenic métallique.

L'arsenic que j'ai employé pour la préparation de ces sulfures, avait été réduit de

l'oxide blanc par le savon noir, et sublimé deux fois. Le premier sublimé était altéré et sali par du charbon, le second était brillant, cristallisé et privé de corps étrangers.

Le soufre avait été lavé et desséché avec précaution.

J'ai fait avec ces deux corps les mélanges ci-après :

J'ai mêlé, 1°. 200 parties d'arsenic avec 100 parties de soufre ;

2°. 200 parties d'arsenic avec 150 parties de soufre ;

3°. 200 parties d'arsenic avec 200 parties de soufre ;

4°. 200 parties d'arsenic avec 400 parties de soufre.

Ces mélanges ont été introduits dans un tube recourbé en cornue, et exposés à une douce chaleur. La matière a pris une couleur brune et s'est boursoufflée, bientôt elle s'est fondue, s'est élevée dans le tube, et s'est appliquée sur ses parois en une couche rouge-brunâtre, que l'on a aisément détachée après le refroidissement.

100 parties de ces couches ou lames brillantes, transparentes, de nature homogène, ont été traitées séparément par l'acide nitrique qui les a dissoutes.

Les quatre dissolutions, mêlées à un excès de nitrate de baryte, ont donné :

La première, 502 parties de sulfate de baryte, représentant 41.39 de soufre.

La deuxième, 304 parties de sulfate de baryte, qui représentent 41.80 de soufre.

La troisième, 304 parties de sulfate de baryte, donnant la même quantité de soufre.

La quatrième, enfin, qui différait des trois premières, en ce qu'elle n'était que translucide, et même un peu opaque, n'a donné que 267 parties de sulfate, qui ne représentent que 37 de soufre ; mais, comme 12 parties de soufre, qui vraisemblablement n'étaient qu'interposées entre les molécules du sulfure, ont refusé de se dissoudre ; il en résulte que les 37 de soufre, convertis en sulfate, sont, avec les 88 parties de sulfure, dans le même rapport que 41.80 avec 100 parties du même sulfure.

Ces quatre expériences comparatives ont donc fourni les mêmes résultats, et, quoique les quantités des élémens mélangés fussent différentes, leur combinaison a eu lieu dans des proportions semblables.

Je dois faire remarquer que, dans la distillation du premier mélange, où l'arsenic

était en excès; une portion de ce métal s'élevait sublimée, partie à l'état d'oxide, partie à l'état métallique; mais ils étaient isolés de la couche transparente soumise à l'expérience.

Dans la distillation du quatrième mélange, où le soufre, au contraire, dominait, la matière, au lieu de s'élever dans le tube, comme dans les trois autres expériences, est restée en masse adhérente à son fond, et c'est le motif pour lequel une portion de soufre est restée interposée entre les molécules du sulfure dont il a altéré la pureté et la transparence.

J'ai fait deux autres mélanges, en employant des proportions telles, qu'il ne devait y avoir excès de l'un ni de l'autre des deux élémens.

110 parties d'arsenic et 90 de soufre, ont été chauffées dans un appareil semblable à celui que j'ai décrit ci-dessus.

D'autres quantités de ces deux principes, mais dans des rapports semblables, savoir: 182 d'arsenic et 150 de soufre, ont été traités de la même manière.

Dans ces deux expériences, la combinaison a été complète, les couches obtenues étaient plus rouges, d'une transparence par-

faite ; il n'y a point eu de sublimation d'arsenic ni d'interposition de soufre.

Les deux sulfures qui en ont résulté, dissous par l'acide nitrique, ont donné, le premier, 300 parties de sulfate, représentant 41.39 de soufre, le second, 304 de sulfate, qui représentent 41.79 de soufre.

Un réalgar artificiel très-transparent, d'une belle couleur orangée, et qu'on trouve dans le commerce sous le nom impropre de soufre doré, m'a fourni par le même procédé 320 parties de sulfate, qui équivalent à 43.82 de soufre.

Le sulfure d'arsenic, par la voie humide, a été soumis au même traitement. 100 parties de ce sulfure, desséchées à une douce chaleur de bain de sable dans un creuset de platine, ont été fondues dans un tube recourbé. J'ai observé que, pendant la fusion, il s'est dégagé une odeur très-fétide de gaz hydrogène sulfuré ; j'ai obtenu 90 parties d'un sulfure rouge-brun, qui s'est facilement dissout dans l'acide nitrique, et qui a fourni 266 parties de sulfate, qui représente 36.52 de soufre. Cette quantité, pour 90, équivaut à 40.90 de soufre pour 100 du même sulfure, résultat à très-peu-près le même que ceux des expériences précédentes.

Il restait à comparer avec ces sulfures artificiels, obtenus par les voies sèche et humide, les sulfures jaune et rouge qu'on rencontre dans la nature.

J'ai pris 100 parties d'orpiment natif, en belles lames translucides, très-brillantes, et de couleur d'or, je les ai pulvérisées et soumises à l'action de l'acide nitrique. La dissolution, mêlée à du nitrate de baryte, n'a donné que 276 parties de sulfate, qui ne représentent que 38.14 de soufre. Cette expérience, répétée trois fois sur le même sulfure, m'a constamment fourni le même résultat.

Présumant que cette différence pouvait provenir d'une certaine quantité d'eau, j'en ai fait chauffer 100 parties dans un tube jusqu'à fusion parfaite, mais je n'ai remarqué aucun dégagement d'humidité; il s'est seulement sublimé, à la partie moyenne du tube, une petite quantité de cristaux blancs, brillans reconnaissables pour de l'oxide blanc d'arsenic. La portion rouge, fondue et sublimée à quelques lignes de la partie inférieure du tube, s'est comportée exactement comme le sulfure artificiel; dissoute dans l'acide nitrique, elle a fourni 304 parties de sulfate de baryte, qui représentent 41.80 de

soufre. Ainsi privé de la petite quantité d'arsenic qu'il contient en excès, l'orpiment natif ne diffère plus, par les proportions de ses élémens, du sulfure artificiel.

L'excès d'arsenic est plus remarquable encore dans le sulfure rouge natif ou réalgar.

On sait que le réalgar natif, et qui n'est souillé par aucun corps étranger, est aussi rare, que le réalgar impur est commun. Celui de Kapnick est le seul qu'on rencontre cristallisé régulièrement; M. Haüy, qui possède quelques échantillons de ce minéral précieux par sa rareté, a eu la bonté d'en sacrifier un pour l'analyse. Je n'ai employé, à l'essai que j'ai tenté sur cette substance, que les cristaux isolés de la masse qu'ils recouvrent superficiellement. 100 parties, réduites en poudre fine, ont été traitées par l'acide nitrique; cette poudre, d'une belle couleur jaune-orangé, est remarquable par sa propriété d'adhérer à tous les corps qui la touchent, à tel point, qu'on ne peut l'en détacher qu'avec peine, et jamais en totalité. Elle devient singulièrement électrique par le frottement. Le nitrate de baryte n'a précipité de sa dissolution que 220 parties de sulfate de baryte, qui n'équivalent qu'à 30.43 de soufre.

La quantité que j'en avais ne m'a permis de faire qu'une seule expérience, mais le hasard m'a procuré quelques fragmens d'un autre réalgar, qui m'a mis à même de répéter deux fois la première expérience. Ce réalgar, que quelques personnes assurent être natif, tandis que d'autres lui contestent cette origine, n'est point cristallisé; il est en masse d'un beau rouge, demi-transparente, et paraît aussi pur que celui de Kapnick. Réduit en poudre, il présente absolument les mêmes caractères physiques, la même couleur, la même adhérence à tous les corps. Cette variété vient de la Chine; il en existe un très-beau morceau dans la collection minéralogique de M. le général Dutailis. Deux expériences, pour lesquelles j'ai employé 200 parties, m'ont donné chacune, très-exactement, 228 parties de sulfate de baryte, qui représentent 31.65 de soufre, proportion très-approximative de celle reconnue dans le réalgar de Kapnick.

Le sulfure rouge d'arsenic natif contient donc réellement moins de soufre que le sulfure jaune ou orpiment natif, et conséquemment la proportion de l'arsenic y est plus considérable.

En effet, lorsqu'on expose dans un tube

ce sulfure pulvérisé à une chaleur suffisante, pour opérer sa fusion, il se sublime bientôt, à la partie moyenne du tube, de petits cristaux blancs, très-brillans, d'arsenic oxidé; en quantité plus grande que celle de l'arsenic obtenu de l'orpiment natif.

Quoique l'analyse chimique indique, comme on le voit, des différences de proportions notables entre les deux sulfures natifs, ces différences, consistant d'une part dans un excès d'arsenic, qui parait ne point être en combinaison immédiate, ne sont point d'ailleurs assez considérables pour qu'on les présume susceptibles d'en changer la forme.

Il n'y a donc nullement lieu d'être surpris de ce que les procédés cristallographiques leur assignent une forme identique. On peut même soupçonner que s'il était possible d'obtenir cristallisé le sulfure, constamment le même que fournit la distillation des mélanges variés des deux principes qui le constituent, il présenterait une forme au moins analogue à celle des deux sulfures natifs.

Un grand nombre de composés naturels affectent la même forme, nonobstant l'interposition, entre leurs molécules intégrantes, de corps étrangers à leur nature. Pourquoi,

dans le cas dont il s'agit, une petite quantité d'arsenic métallique, ou même d'oxide d'arsenic, interposée entre les molécules d'un sulfure de ce métal, serait-elle susceptible d'altérer la forme qui lui est particulière?

Au reste, c'est aux cristallographes, aux minéralogistes, à peser la valeur de ces motifs; je dois me borner à exposer les résultats que mon travail m'a fournis, et sur lesquels je ne puis avoir de doutes, parce qu'ils sont fondés sur un grand nombre d'expériences comparatives.

Je ne saurais pourtant me dissimuler que pour ne laisser rien à désirer, il faudrait parvenir à déterminer la proportion de l'arsenic par des moyens aussi satisfaisans que le procédé dont j'ai fait usage pour reconnaître celle du soufre; mais, ce qui d'abord m'avait paru possible, m'a présenté des difficultés que je n'ai pu encore surmonter.

Je sens aussi la nécessité d'ajouter, aux expériences déjà faites, quelques autres que le tems ne m'a pas permis de tenter; elles auront pour objet de constater la présence d'un excès d'arsenic dans les sulfures natifs, et de déterminer l'état dans lequel cet excès

de métal s'y trouve : serait-ce à l'état métallique, ou bien à l'état d'oxide ?

L'espoir que j'avais eu d'apprécier la quantité d'arsenic contenu dans les sulfures au moyen de l'arseniate de baryte, m'avait engagé à rechercher la composition de ce sel, recherche dont, à ma connaissance, aucun chimiste ne s'est encore occupé. J'ai fait en même tems l'analyse de l'arseniate de chaux, que j'avais présumé utile pour le but que je me proposais. Je terminerai ce mémoire par le récit de mes expériences sur ces deux sels.

J'ai préparé l'arseniate de baryte par la voie directe, par le mélange de deux dissolutions pures d'acide arsenique et de baryte. J'ai laissé un léger excès d'acide dans ce mélange, dans la crainte qu'un excès de baryte, en passant à l'état de Carbonate, n'altérât l'arseniate sur lequel je voulais opérer. Après avoir lavé suffisamment l'arseniate de baryte, l'avoir calciné au rouge et pesé, j'en ai dissous 100 parties dans l'acide nitrique étendu d'eau à l'aide d'une douce chaleur.

La dissolution étant complète, j'y ai versé goutte à goutte de l'acide sulfurique faible, jusqu'à ce qu'elle ne fût plus troublée par une nouvelle quantité d'acide. Au lieu de faire chauffer le mélange, je l'ai laissé re-

poser pendant douze heures, après lesquelles j'ai decanté le liquide surnageant le dépôt. Celui-ci recueilli, lavé et calciné au rouge, m'a présenté très-exactement le même poids que l'arseniate de baryte soumis à l'expérience.

J'ai répété trois fois l'analyse de cet arseniate préparé comme il a été dit; la troisième fois j'ai substitué à l'acide sulfurique une dissolution de sulfate de potasse, et j'ai obtenu une quantité de sulfate de baryte parfaitement semblable.

Il ne paraît donc point douteux que dans ce cas l'acide sulfurique ne prenne exactement la place de l'acide arsenique qu'il sépare, et que conséquemment l'arseniate de baryte ne soit composé des mêmes proportions d'acide et de base que le sulfate de baryte.

D'ailleurs ce résultat est d'accord avec les expériences par lesquelles M. Berthollet s'est assuré que les sels d'une égale insolubilité renferment des quantités à-peu-près égales et d'acide et de base.

La proportion de la base de l'arseniate une fois connue, il semblerait fort facile au premier coup-d'œil d'opérer la séparation des

deux acides qui surnagent le dépôt du sulfate de baryte, savoir : de l'acide arsenique qui était combiné à la baryte, et de l'acide sulfurique en excès qui n'a point servi à isoler la baryte. La fixité du premier, la volatilité du second paraît présenter un moyen prompt et facile de les séparer par la chaleur.

L'expérience m'a prouvé que la séparation de ces acides par la chaleur est impossible. Si l'on chauffe doucement leur mélange, l'acide sulfurique ne se vaporise qu'en petite quantité; si l'on chauffe plus fortement, le même acide, en se vaporisant, entraîne une portion de l'acide arsenique. L'affinité entre ces deux acides est telle que les dernières portions qui ont résisté à un feu très-fort, ne sont réellement encore qu'un mélange des deux acides; en sorte que par l'effet de cette affinité, l'un perd en volatilité ce que l'autre perd en fixité.

Il n'est pas plus facile de séparer l'arseniate de baryte de sa dissolution dans les acides par l'emploi des alcalis. L'ammoniaque, la soude, la potasse ne précipitent ce sel que très-incomplètement. Il m'a paru qu'une portion de ce sel, plus ou moins considérable, selon la quantité plus ou moins grande, soit

de l'acide nitrique, soit des nitrates ou des arseniates, reste en dissolution et forme avec ces sels des combinaisons triples ou quadruples.

On obtient un résultat plus exact, dans le cas où l'arseniate de baryte est tenu seul en dissolution par l'acide nitrique pur, et je crois devoir noter ici ce fait, qui peut trouver son application dans quelques circonstances. Si l'on prend 100 parties d'arseniate de baryte pur et calciné au rouge, qu'on les dissolvé dans l'acide nitrique, qu'on évapore le mélange jusqu'à siccité, on a pour résidu de petits cristaux aiguillés et brillans qui retiennent encore de l'acide; mais qui, rougis dans un creuset, perdent leur éclat, leur forme, et se trouvent peser le même poids que l'arseniate de baryte soumis à l'essai. Ainsi ce sel n'éprouve aucune altération par l'acide nitrique aidé de la chaleur, pourvu que sa dissolution dans cet acide ne contienne aucun corps étranger.

J'ai recherché également les proportions de l'arseniate de chaux artificiel, qui ne sont pas plus connues que celles de l'arseniate de baryte. J'ai préparé ce sel de la même manière, en combinant directement ses composants; j'en ai dissous 100 parties calcinées

dans l'acide nitrique, j'ai versé dans la dissolution un excès de potasse; dès que les flocons d'arséniate ont été déposés, j'ai ajouté dans le mélange une dissolution d'oxalate d'ammoniaque, et je l'ai chauffé. Bientôt les flocons ont disparu et ont été remplacés par un précipité pulvérulent qui annonçait la décomposition de l'arséniate de chaux et la formation de l'oxalate de cette base. Ce dernier sel fortement calciné, a laissé 31 parties d'une matière blanche-grisâtre, d'une saveur âcre, verdissant le sirop de violette, et qui avait tous les caractères de la chaux pure; elle se dissolvait sans effervescence dans l'acide nitrique, et sa dissolution ne précipitait point par l'ammoniaque.

La décomposition de l'arséniate de chaux par le carbonate de potasse est plus difficile, plus lente; et quoique les résultats que j'en ai obtenus ne soient pas parfaitement semblables, puisque le carbonate de chaux qui s'est formé ne représentait que 28 parties de la base, ils ne diffèrent pas assez pour donner lieu de penser que celui de la précédente expérience n'a point d'exactitude. Les proportions données par la première expérience ne s'éloignent pas beaucoup de celles qu'a trou-

vées Klaproth dans la pharmacolithe. A la vérité il n'indique que 25 centièmes de chaux; mais comme il admet en même tems 24 parties d'eau dans ce minéral, les 25 de chaux équivalent en effet à 33 centièmes de cet alcali.

La différence énorme entre la composition de ces deux arseniates ( puisque les proportions de leurs composans sont inverses ), m'a engagé à employer un troisième moyen, sur l'exactitude duquel je ne comptais pas beaucoup, mais dont les résultats supposés peu exacts pouvaient m'éclairer sur la nature de ces sels: je veux parler de leur décomposition par l'hydrogène sulfuré.

Pour opérer cette décomposition j'ai dissous 200 parties de chacun de ces sels séparément dans des quantités suffisantes d'acide nitrique, et j'ai fait passer dans leur dissolution un courant de gaz hydrogène sulfuré. Il a fallu à chacune trois introductions de gaz pour la priver entièrement de l'arsenic qu'elle contenait.

J'ai recueilli, lavé et séché les deux portions de sulfure d'arsenic qui se sont déposées.

L'arseniate de chaux m'a donné 155 par-

ties de sulfure; l'arseniate de baryte n'en a fourni que 79. C'était assez pour constater que ces deux sels contiennent des quantités très-différentes d'acide arsenique.

J'étais loin de m'attendre que j'en obtiendrais des résultats à très-peu près exacts, et qui s'accordent avec les expériences précédentes.

La portion de sulfure provenant de l'arseniate de chaux pesait 155 parties; en admettant 58 d'arsenic sur 100 de sulfure, ces 155 parties représentent 89, 90 d'arsenic. D'autre part, les 200 parties d'arseniate de chaux doivent contenir, d'après l'analyse de la pharmacolithe et l'examen que j'ai fait de l'arseniate artificiel, 136 à 138 parties d'acide arsenique, ou 68 à 69 pour 100; or 136 parties d'acide arsenique d'après l'analyse de Berzelius, qui indique dans cet acide 66 centièmes d'arsenic, renferment 89, 76 de ce métal, quantité qui correspond exactement avec les 89,90 présumés dans le sulfure obtenu dans la première expérience.

Le même calcul donne des résultats aussi satisfaisans pour l'arseniate de baryte. Les 79 parties recueillies, doivent contenir, en admettant 58 sur 100 de sulfure, 45.82

d'arsenic. D'un autre côté, en supposant exacte mon analyse de l'arseniate de baryte, qui indique 34 centièmes d'acide arsenique, les 200 parties d'arseniate employées en représentent 68 de cet acide. Or, ces 68 d'acide, d'après l'analyse de Berzelius, doivent renfermer 44.58 d'arsenic, et cette quantité se rapproche beaucoup des 45.82 que représentent les 79 parties de sulfure obtenu par suite de la décomposition de l'arseniate.

L'évaporation à siccité des deux liquides surnageant, ont laissé pour résidu non des nitrates de chaux et de baryte seulement, mais des sulfates de ces bases. Cela prouve qu'une partie du soufre déposé du gaz hydrogène sulfuré a été brûlée par l'acide nitrique. J'ai versé sur le résidu sec, de l'acide sulfurique pour convertir les nitrates en sulfates, et après avoir évaporé de nouveau, j'ai calciné les résidus.

L'arseniate de chaux a donné 78 parties de sulfate de chaux calciné, qui représentent 53 de la base, et l'arseniate de baryte a laissé environ 200 parties de sulfate de la même base.

On voit que ces deux arseniates contiennent réellement l'acide arsenique dans des

proportions inverses, ainsi que les bases qui y saturent l'acide.

On pourrait en conséquence établir les proportions suivantes.

Dans l'arseniate de chaux l'acide est à la base comme 67:33.

Dans l'arseniate de baryte, la base est à l'acide comme 66:34.

De toutes les expériences qui sont rapportées dans ce mémoire, je crois pouvoir tirer les conclusions suivantes :

1°. Les deux variétés de cobalt arsenical ne diffèrent point entr'elles essentiellement par la quantité de cobalt qu'elles renferment.

La variété grise n'a l'aspect terne et comme terreux que parce qu'elle contient une grande quantité de silice qui, disséminée entre ces molécules, paraît s'être opposée à leur rapprochement intime.

La variété blanche ne doit son éclat qu'à la grande quantité d'arsenic qui s'y trouve, et non au cobalt qui y est en moindre proportion que dans la variété grise.

2°. Tout mélange d'arsenic et de soufre exposé dans un vase fermé à une chaleur

suffisante pour en opérer la fusion et la sublimation , est converti en une matière d'un jaune-rouge , ou d'un rouge-brun , ayant la transparence du verre , et qui n'est autre chose qu'un sulfure d'arsenic toujours constant dans ses proportions.

En admettant avec Berzelius 34 d'acide dans le sulfate de baryte , et 40.58 de soufre dans l'acide sulfurique , les proportions de ce sulfure d'arsenic sont de 42 de soufre pour 58 d'arsenic.

5°. Les sulfures jaune et rouge d'arsenic natifs contiennent moins de soufre et conséquemment de l'arsenic en excès à la composition du sulfure identique obtenu par la fusion.

Le sulfure jaune ou orpiment natif, ne contient que 58 centièmes de soufre; le sulfure rouge ou réalgar natif, n'en renferme que de 30 à 31 centièmes.

Ces sulfures natifs sont ramenés par la chaleur, qui en dégage l'excès d'arsenic, aux proportions du sulfure artificiel.

4°. Les arseniates de baryte et de chaux artificiels contiennent leur acide et leur base dans des proportions inverses.

Le premier est formé de 54 centièmes

d'acide ( comme le sulfate de baryte ), et de 66 de baryte.

Le second est composé de 67 à 68 d'acide, et de 52 à 53 de chaux, proportion déjà trouvée par Klaproth dans la pharmacolithe ou arseniate de chaux natif.

Depuis la lecture de ce mémoire à la Société Philomatique, j'ai fait sur le même objet des expériences d'un autre genre qui, je l'espère, me mettront à même de confirmer, par un supplément, les résultats qui y sont annoncés.

---

---

## RÉSULTATS D'EXPÉRIENCES

*Sur le gaz ammoniac ;*

PAR M. THENARD.

1°. Lorsqu'on fait rougir un tube de porcelaine dans un fourneau à réverbère, et qu'on y fait passer du gaz ammoniac peu-à-peu, il s'en décompose à peine. Pour que cette expérience réussisse complètement, il est nécessaire que le tube ne soit point perméable aux gaz extérieurs, et qu'à cet effet, il soit verni intérieurement, ou bien luté extérieurement : il est encore nécessaire que ce tube soit bien net, et qu'il ne contienne point de fragmens des bouchons qu'on y adapte ;

2°. Lorsqu'au lieu de mettre en contact le gaz ammoniac, avec le calorique seul, on l'expose tout à-la-fois à l'action de ce fluide et d'un des cinq métaux suivans : le fer, le cuivre, l'argent, l'or et le platine, ce gaz se décompose et se transforme toujours en gaz hydrogène et en gaz azote.

La décomposition est d'autant plus prompte, que la chaleur est plus forte. Mais tous les métaux ne jouissent pas également de cette propriété ; le fer la possède à un plus haut degré que le cuivre, et celui-ci à un plus haut degré que l'argent, l'or et le platine : aussi faut-il moins de fer que des autres métaux, et moins de chaleur avec le premier qu'avec ceux-ci, pour décomposer l'ammoniaque. 10 grammes de fer en fil, suffisent pour décomposer, à quelques centièmes près, un courant de gaz ammoniac assez rapide, et soutenu pendant huit à dix heures ou plus, à une chaleur un peu plus élevée que le rouge-cerise. Une quantité triple de platine en fil, ne produirait point à beaucoup près le même effet, même à une température plus élevée ;

3°. Aucun de ces métaux, en décomposant le gaz ammoniac, n'augmente de poids ; aucun ne diminue non plus, quand ils sont purs : en effet, on a exposé pendant vingt-quatre heures, 25 grammes de fil de fer, à l'action d'un courant de gaz ammoniac sec : le gaz a été complètement décomposé, depuis le commencement de l'expérience jusqu'à la fin. Au bout de ce tems, on a retiré le fil de fer ; on l'a pesé : son poids

s'est trouvé de 25<sup>e</sup>.05. On a fait la même expérience sur le cuivre, et on a obtenu les mêmes résultats : on l'a faite aussi sur le platine, mais celui-ci, au lieu d'augmenter de poids, a perdu. Cela tient à ce qu'il n'était point pur ; car en en prenant de très-pur, la perte de poids a été nulle : d'ailleurs, il y a eu tantôt décomposition de la moitié du gaz, tantôt seulement du quart, selon que le courant a été plus ou moins rapide, et la température plus ou moins élevée. Quoique ces métaux n'augmentent ni ne diminuent de poids, en décomposant de très-grandes quantités d'ammoniaque, plusieurs changent de propriétés physiques. Le fer devient cassant, comme Bertholet fils, l'a reconnu le premier ; le cuivre le devient tellement, quand on ne l'a point assez chauffé pour le fondre, qu'il est impossible, en quelque sorte, d'y toucher sans le rompre : il change en même tems de couleur ; de rouge qu'il est, il devient jaune, et quelquefois blanchâtre. Ces changemens sont dus à une disposition particulière entre les molécules ;

4°. Les gaz qui proviennent de la décomposition du gaz ammoniac par les métaux précédemment cités, sont toujours de l'hy-

drogène et de l'azote, dans le rapport de 3 à 1 : du moins, c'est ce qu'indique leur analyse dans l'eudiomètre ;

5°. Dans cette décomposition, il ne se forme aucun composé, ni solide ni liquide.

Il suit donc de ce qui vient d'être dit, que le fer, le cuivre, etc. opèrent la décomposition du gaz ammoniac à une haute température, sans rien enlever à ce gaz, ou sans rien lui céder qui soit pondérable. D'après cela, on pourra croire que ces métaux n'agissent sur le gaz ammoniac dans la décomposition qu'ils lui font éprouver que comme conducteurs de la chaleur, et qu'en rendant très-intense la température intérieure du tube ; d'autant plus que la décomposition de ce gaz s'opère moins difficilement dans un tube rempli de fragmens de porcelaine que dans un tube vide. Cependant il restera toujours à expliquer comment il se fait que 10 grammes de fil de fer décomposent complètement un courant rapide de gaz ammoniac à la chaleur rouge-cerise ; tandis qu'une quantité quadruple de platine en décompose tout au plus la moitié, même à une température plus élevée.

---

## LETTRE

*De M. Klaproth à M. Vogel, sur une nouvelle variété de mine d'antimoine ;*

Berlin , le 7 janvier 1813.

Monsieur ,

On trouve dans le cahier des *Annales de chimie* de septembre 1812 , l'analyse de M. Vauquelin d'une nouvelle variété de mine d'antimoine ; il y fait mention de quelques résultats d'expériences préliminaires que j'ai faites sur ce minéral , au lieu de présenter mon analyse complète. Cette analyse a cependant été déjà publiée au printemps de l'an 1812 , dans le *Magasin der Gesellschaft Naturforschender-Freunde* , sixième année. ( Berlin. )

Comme ce cahier n'est peut-être pas encore arrivé à Paris , je vous envoie une copie de cette notice en vous priant de la traduire pour les *Annales de chimie*. Je desire d'autant plus sa publication que M. Vauquelin ,

*Tome LXXXV.* 5

dit, page 239 des Annales, qu'une *analyse rigoureuse de cette mine serait très-difficile, faute de bons moyens pour séparer l'arsenic de l'antimoine, etc.*

L'objet de cette analyse est un nouveau minéral qui a été trouvé tout récemment dans le comté de Sain, au Frédéric Guillaume, à Treusbourg. Les expériences préliminaires m'ont donné pour parties constituantes principales du nickel et de l'antimoine. La nouveauté de ce genre d'union m'a engagé à entreprendre une analyse exacte de ce minéral.

Sa couleur est le gris passant au noir de fer; il est compact, d'un éclat métallique médiocre, d'une cassure lamelleuse, se trouve en fragmens indéterminés; il est aigre et facile à pulvériser. La pesanteur spécifique d'un échantillon débarrassé, par le lavage, d'un ocre brun provenant du fer spathique effleuri, est de 6.580.

*A.a.*) 300 grains du minéral purifié du fer autant que possible ont été mis en contact avec un mélange de 5 parties d'acide muriatique et d'une d'acide nitrique. A froid, la dissolution des métaux avait déjà lieu en grande partie, et le soufre se séparait. Ce

résidu traité de nouveau à froid avec le même acide mêlé et lavé ensuite par l'alcool, a donné 51 grains de soufre sec. Brûlé sur un têt à rôtir, il restait 10 grains d'un résidu noirâtre qui se dissout presque en totalité dans l'acide mixte ci-dessus, à l'aide d'une légère chaleur.

*b.*) La dissolution a été rapprochée dans une cornue, et la liqueur très-concentrée fut délayée avec beaucoup d'eau qui occasionnait un précipité blanc abondant. Le liquide décanté du précipité fut rapproché encore une fois, décomposé ensuite par l'eau, et le nouveau dépôt réuni au premier. Ce précipité, qui en négligeant un examen ultérieur, aurait pu être confondu avec le muriate d'antimoine d'Algaroti, a été reconnu pour un arseniate d'antimoine.

*c.*) Après avoir séparé le précipité de la dissolution, elle fut concentrée de nouveau, et parut alors d'un vert de pré foncé. On y versa de l'ammoniaque en excès qui redissout le précipité, sauf l'oxide brun de fer, dont le poids était trouvé, après le lavage et la calcination, de 13 grains et demi.

*d.*) La dissolution ammoniacale a été évaporée jusqu'à siccité, et la masse saline fut

ensuite légèrement rougie dans un creuset de porcelaine pour décomposer le sel ammoniacal neutre. Le résidu d'oxide de nickel muriaté, qui présentait un amas de lames brillantes micacées, d'un jaune-brunâtre, se dissout en totalité dans l'acide muriatique à l'aide de la chaleur en donnant une dissolution d'un vert de pré. Au moyen de la potasse caustique, on en précipita l'oxide de nickel, qui, en état d'hydrate fut d'un vert de pommes. Ce précipité bien lavé, desséché et fortement rougi dans un creuset de platine, laissa  $93 \frac{1}{4}$  grains d'oxide pur d'un gris schisteux. Pour déterminer le rapport de cet oxide au nickel métal, on fit dissoudre dans l'acide nitrique 100 parties de nickel pur obtenu par réduction de la chrysophrase et de la pimélite, et on précipita la dissolution par la potasse. Le précipité lavé et rougi dans un creuset de platine donnait 132 et demi d'oxide de nickel : d'après cela, les  $93 \frac{1}{4}$  grains d'oxide de nickel ci-dessus, ont présenté  $70 \frac{1}{4}$  grains de nickel métal.

B.) Le précipité *b*) composé d'oxide d'antimoine arseniaté, a été soumis à plusieurs essais dans l'intention de déterminer la proportion d'arsenic; mais les résultats furent

sans succès. On a cependant atteint ce but d'une manière satisfaisante par le procédé qui suit :

a.) 200 grains de minéral porphyrisé et mêlé avec 600 grains de nitrate de potasse, ont été introduits peu-à-peu dans un creuset de porcelaine rouge ; ce mélange n'occasionna qu'une détonation médiocre. La masse pâteuse, d'un brun-clair, fut délayée dans l'eau chaude et suffisamment lavée dans ce menstrue. On ajouta à la liqueur alcaline un léger excès d'acide nitrique dont il ne fallut qu'une petite quantité pour la saturer. La liqueur ne se troubla point par l'addition de l'acide, indice que la potasse n'avait rien dissout de l'antimoine. J'y ai versé de l'eau de chaux qui occasionnait un précipité volumineux. Ce précipité lavé et desséché fut mêlé avec le tiers de charbon en poudre et soumis à la sublimation dans une petite cornue. L'arsenic métal sublimé, présentant une couche cristalline, brillante, pesait  $19 \frac{1}{2}$  grains. Le résidu dans la cornue mêlé avec la moitié d'acide boracique et chauffé de nouveau, laissa sublimer encore 2 grains  $\frac{1}{2}$  d'arsenic métal.

b.) La matière brunâtre bien lavée a été mise en digestion avec un mélange de 7 par-

ties d'acide muriatique et 1 d'acide nitrique : la dissolution s'opérait presque en totalité. L'antimoine fut précipité de la liqueur filtrée par de l'eau. Le précipité bien desséché, pesait 116 grains. Comme dans une expérience comparative, 100 parties d'antimoine métal donnèrent 130 d'oxide blanc, les 116 grains, en négligeant une fraction, représentent 89 grains d'antimoine métal.

C.) Pour déterminer aussi plus exactement la quantité de soufre dans ce minéral, on en fit distiller 100 grains avec de l'acide nitrique, laquelle distillation fut répétée avec de nouvelles quantités d'acide nitrique, jusqu'à ce que, dans le résidu solide, tout le soufre fût disparu. La matière restante étant bien lavée par l'eau, et la liqueur mêlée avec du muriate de baryte, donna 102 grains de sulfate de baryte, dans lequel l'acide sulfurique répond à  $14\frac{1}{4}$  grains de soufre.

Les parties constituantes de ce minéral seraient donc, sauf quelques légères fractions:

Nickel, métal.	A.d.)	. .	23.50.
Antimoine, métal.	B.b.)	. .	44.50.
Arsenic, métal.	B.a.)	. .	11,
Soufre.	C.)	. .	14.25.
Oxide de fer.	A.c.)	. .	4.50.
			<hr/>
			97.75.

Mais comme l'oxide de fer ne paraît être dû qu'à la gangue qui accompagne le minéral, au fer spathique effleuri, on peut adopter, d'après les mêmes résultats, les proportions suivantes :

Nickel. . . . .	25.25.
Antimoine. . . . .	47.75.
Arsenic. . . . .	11.75.
Soufre. . . . .	15.25.
	<hr/>
Total . . . . .	100.

---

## M É M O I R E

*Sur la détermination de la chaleur  
spécifique des différens gaz (1);*

PAR MM. F. DELAROCHE, docteur-médecin,  
et J.-E. BÉRARD.

*... Tectus magis aestueat ignis.*  
OVID.

### I N T R O D U C T I O N .

Le sujet que l'Institut, dans sa séance du 7 janvier 1811, a proposé, pour le prix de physique qui doit être distribué au commencement de 1813, savoir : la recherche de la chaleur spécifique des gaz, a déjà fixé l'attention de plusieurs physiciens, et quelques-uns l'ont même traitée d'une manière spéciale; cependant, on est encore si peu avancé à cet égard, que, quoiqu'il semble que la question proposée soit bien simple, on est néanmoins presque aussi loin d'avoir

---

(1) Ce Mémoire est celui qui a remporté le prix.

(Note des rédacteurs.)

des idées arrêtées relativement à sa solution qu'on pouvait l'être avant qu'on eût fait aucune recherche sur ce sujet.

Crawford est, à notre connaissance, le premier qui s'en soit occupé (1) ; il publia le résultat de ses recherches en 1788 : à cette époque on avait déjà fait un grand nombre de travaux sur la chaleur spécifique des corps en général. MM. Lavoisier et De Laplace avaient déjà publié le résultat de leurs travaux sur ce sujet, et avaient fait connaître leur calorimètre de glace ; cependant, le docteur Crawford préféra de se servir du procédé plus anciennement connu des mélanges avec l'eau ou avec d'autres corps dont la chaleur spécifique était censée connue. Après des essais infructueux qu'il serait trop long de rapporter ici, il crut être parvenu au but qu'il se proposait par le procédé suivant. Il se procura deux vases de cuivre très-minces, parfaitement semblables entr'eux pour la grandeur, le poids et la forme. Il remplissait l'un d'eux du gaz qu'il voulait examiner, et faisait le vide dans l'autre ; il les amenait alors

---

(1) A. Crawford experiments and observations, on animal heat and the inflammation of combustible bodies,

au terme de l'eau bouillante, et les plongeait subitement dans d'autres vases cylindriques ouverts, contenant une petite quantité d'eau froide suffisante pour les recouvrir. Il retranchait le réchauffement de cette eau opéré par le vase vide, de celui que produisait le vase plein, et prenait le reste pour la mesure de l'effet produit par le gaz ou de sa chaleur spécifique. Il avait pris de grandes précautions pour assurer la justesse de ses résultats; mais il n'est pas moins évident que, vu leur petitesse, il ne pouvait nullement compter sur eux. En effet, la présence du gaz n'a jamais élevé de plus de 0.4 degré (*Fahrenheit*) la température de l'eau dans laquelle on plongeait le vase qui le renfermait. Voici la table des résultats qu'il a obtenus :

La chaleur spécifique de l'eau  
étant. . . . . 1.000.

Il a trouvé pour celle des autres gaz les nombres ci-joints :

Air atmosphérique. . . . .	1.790.
Oxigène . . . . .	4.749.
Azote. . . . .	0.793.
Acide carbonique. . . . .	1.045.
Hydrogène. . . . .	21.400.

Avant que l'ouvrage de Crawford parût,

MM. Lavoisier et De Laplace (1) avaient fait sur ce sujet quelques expériences qui ne furent publiées que longtems après. Ils s'étaient servis du calorimètre de glace, dans lequel ils faisaient passer un courant de gaz, contenu par un serpentín qu'enveloppait de toutes parts la glace de la chambre intérieure. Un thermomètre placé à chacune des extrémités du serpentín, permettait d'observer la température du gaz à son entrée et à sa sortie. On réchauffait celui-ci en le faisant passer, avant son entrée dans le calorimètre, à travers un serpentín plongé dans l'eau bouillante. Ces expériences quoique susceptibles d'une beaucoup plus grande précision que celles de Crawford, n'étaient cependant pas exemptes de causes d'erreur assez graves. Le procédé employé par ces savans pour prendre la température du gaz à son entrée dans le calorimètre, était insuffisant; puisque ce gaz, en traversant la couche extérieure de glace, devait perdre une partie de la chaleur que le thermomètre avait indiquée, sans contribuer par là à fondre la glace de la chambre intérieure. D'un autre côté, ils ne disent pas avoir pris de précau-

---

(1) Mémoires de chimie, tom. 1<sup>er</sup>.

tions pour dessécher le gaz sur lequel ils opéraient. Ce gaz chargé d'humidité que son contact avec l'eau dans le gazomètre avait dû lui communiquer, la conservait jusqu'au calorimètre, ou il l'abandonnait en totalité. Or l'on sait combien de chaleur abandonne la vapeur qui se condense. Il est juste cependant de remarquer que la température à laquelle ces expériences ont été faites, étant probablement peu élevée au-dessus du terme de la glace fondante, la quantité de vapeur mêlée avec l'air devait être peu considérable. MM. Lavoisier et De Laplace ne soumirent à ce genre d'expériences que l'oxygène et l'air atmosphérique. Ils trouvèrent pour la chaleur spécifique du premier, celle de l'eau étant prise pour unité, 0.65, et pour celle du second 0.33. Au reste, M. Lavoisier avoue qu'on ne peut entièrement compter sur l'exactitude de ces résultats.

Depuis cette époque, on a fait diverses tentatives pour apprécier par des moyens indirects, et seulement d'une manière comparative, la chaleur spécifique de quelques gaz. M. Leslie (1) s'est servi, pour comparer

---

(1) An experimental inquiry in to the nature of heat.

la chaleur spécifique de l'hydrogène et celle de l'air atmosphérique, d'un procédé fondé sur les considérations suivantes : si après avoir épuisé en partie d'air un grand récipient dans le centre duquel est un thermomètre très-sensible, on laisse rentrer un gaz dans sa cavité, l'air dilaté qu'il renfermait se condensera, et sa température sera élevée d'une quantité constante, quelque soit le gaz qui y rentre ; mais le gaz entrant absorbera une partie de cet excès de chaleur, et le mélange aura une température moyenne entre celle du gaz entrant et celle qu'eût reçu l'air s'il n'avait pas eû à céder une partie de la chaleur. Or il est évident que cette température moyenne sera d'autant plus basse que la capacité de chaleur du gaz entrant sera plus considérable, toutes choses étant d'ailleurs égales. Les expériences que M. Leslie a faites par ce procédé l'ont conduit à croire que des volumes égaux d'hydrogène et d'air atmosphérique ont la même chaleur spécifique.

Le principe sur lequel était fondé cet ingénieux procédé n'est pas parfaitement juste, puisque, d'après les expériences de M. Gay-

Lussac (1), une partie de la chaleur qui se développe dans ce cas provient du gaz entrant. Il paraît aussi que quelque circonstance inconnue a induit en erreur M. Leslie sur les résultats qu'il a obtenus. Des expériences analogues, faites avec le plus grand soin, en ont donné de différens à M. Gay-Lussac, et il n'a point observé cette égalité d'effet, qui, suivant M. Leslie, a lieu lorsqu'on laisse rentrer dans un ballon vide de l'air atmosphérique ou de l'hydrogène. M. Gay-Lussac, s'est servi dans ses expériences, de deux ballons semblables et communiquant entre eux par un ajutage à robinet. Il faisait le vide dans l'un et remplissait successivement l'autre de différens gaz desséchés. Au centre de chacun de ces ballons était un thermomètre à esprit de vin. Il ouvrait la communication, et le gaz du ballon plein se précipitait dans le ballon vide. Il avait pris des précautions pour rendre la vitesse du courant uniforme dans tous les cas. Le thermomètre du premier ballon s'abaissait, et celui du second s'élevait d'une quantité

---

(1) Mémoires de physique et de chimie, de la Société d'Arcueil, tom. I<sup>er</sup>, pag. 180.

égale ; mais cette quantité variait suivant la nature et la densité du gaz employé. M. Gay-Lussac, pensant que la chaleur spécifique du gaz soumis à ces expériences était proportionnelle à l'élévation et à l'abaissement de la température des thermomètres, a cru pouvoir en conclure qu'en ayant égard aux volumes, cette chaleur spécifique était pour des gaz différens en raison inverse de leur pesanteur spécifique, et pour le même gaz en raison directe de sa densité ; mais il n'a donné cette opinion que comme une conjecture probable, sans prétendre affirmer sa justesse. En effet, le phénomène qui a lieu dans ce cas est très-compiqué, et il est presque impossible de distinguer ce qui tient à la différente conductibilité des gaz de ce qui tient à leur chaleur spécifique.

C'est aussi ce que M. Gay-Lussac a reconnu lui-même dans un nouveau Mémoire qu'il a publié il y a très-peu de tems sur le même sujet (1), et dans lequel il était parvenu à des résultats différens. Il a employé dans ce dernier travail, pour déterminer la capacité de chaleur des gaz, un procédé très-simple et très-ingénieux ; il

---

(1) Annales de chimie, tom. LXXXI, pag. 98.

consiste à faire arriver dans un très-petit réservoir, au centre duquel se trouve un thermomètre, un courant de deux gaz différens, l'un chaud et l'autre froid. Connaissant la température des deux courans avant leur mélange et celle du mélange, il en conclut le rapport de la chaleur spécifique de ces gaz. Ce moyen qui, comme on voit, ne pouvait pas faire connaître la capacité des gaz pour le calorique par rapport à l'eau, avait un inconvénient : c'est que lorsqu'on n'opérait que sur de petites quantités de gaz, comme l'avait d'abord fait M. Gay-Lussac, une grande partie de leur chaleur était communiquée aux vases dans lesquels se faisait le mélange; ce qui pouvait conduire à des résultats erronnés : aussi comme il n'avait d'abord opéré que sur les gaz qui se présentent le plus commodément, tels que l'air, l'hydrogène, l'acide carbonique, etc., et qui, comme on le verra, ont des capacités peu différentes pour le calorique, il avait été porté à croire que tous les gaz, sous le même volume, avaient la même capacité. Cependant il a depuis publié une note (1) dans laquelle on peut voir qu'il a

---

(1) Annales de chimie, tom. LXXXIII, pag. 106.

perfectionné son procédé en opérant sur de très-grandes quantités de gaz ; et par ce moyen il a reconnu à l'hydrogène et à l'acide carbonique des chaleurs spécifiques différentes l'une de l'autre et qui s'approchent beaucoup de celles que nous avons trouvées nous mêmes. C'est ce qui nous engage à faire remarquer aux commissaires, qu'un premier Mémoire ayant pour épigraphe : *Tectus magis, aestuat ignis*, dans lequel se trouve nos résultats les plus importants, était déjà déposé au secrétariat de l'Institut, le 3 février 1812, c'est-à-dire, plus de cinq mois avant que cette note de M. Gay-Lussac ait paru dans les Annales de chimie.

Enfin, parmi les tentatives que l'on a faites pour déterminer les chaleurs spécifiques des gaz, il faut compter la table qu'a dressée (1) M. Dalton de ces chaleurs, en partant de considérations purement théoriques, fondées sur cette hypothèse que les quantités de chaleur appartenant aux dernières particules de tous les fluides élastiques doivent être les mêmes sous la même pression et à la même

---

(1) System of chemical philosophy, pag. 74.

température. Voici cette table telle qu'il l'a donnée.

Gaz hydrogène. . . . .	9.382.
— nitrogène. . . . .	1.866.
Air atmosphérique. . . . .	1.759.
Gaz ammoniac. . . . .	1.555.
— oléfiant. . . . .	1.555.
— oxygène. . . . .	1.333.
— hydrogène carburé. . . . .	1.333.
Vapeur aqueuse. . . . .	1.166.
— éthérée. . . . .	0.848.
Gaz oxide nitrique. . . . .	0.777.
— oxide de carbone. . . . .	0.777.
Vapeur d'alcool. . . . .	0.586.
Gaz hydrogène sulfuré. . . . .	0.583.
— oxide nitreux. . . . .	0.549.
Vapeur d'acide nitrique. . . . .	0.491.
Gaz acide carbonique. . . . .	0.491.
— acide muriatique. . . . .	0.424.

Tels sont les seuls résultats qu'ayent donné les recherches qui ont été faites sur ce sujet. Il est facile de voir, en les comparant, combien ils s'éloignent les uns des autres. Si nous ne nous faisons pas illusion sur la justesse de ceux que nous avons obtenus nous-mêmes, on verra par ce qui suit combien ils s'écartent tous de la vérité.

## SECTION PREMIÈRE.

*Exposition du procédé suivi dans nos recherches.*

## § I.

*Description du Calorimètre.*

Le but que nous nous sommes proposé dans le travail dont nous allons rendre compte, était la détermination de la *chaleur spécifique* de quelques gaz dans le sens que l'on donne ordinairement à ce mot, c'est-à-dire de déterminer combien de calorique il faut pour les élever d'une température donnée, à une température plus haute également donnée, ou, ce qui revient au même, combien ils en abandonnent en passant de la dernière température à la première. Nous n'avons point cherché à déterminer l'influence qu'exerce sur le phénomène le changement de chaleur spécifique déterminé dans les gaz par l'élévation ou l'abaissement de leur température, changement que la grande dilatabilité des gaz doit rendre plus sensible que dans les autres corps, et dont M. Gay-Lussac a prouvé l'existence (1),

---

(1) Note sur la capacité des gaz pour le calorique; *Annales de chimie*, juillet 1812.

mais qu'il nous aurait été extrêmement difficile d'apprécier avec notre appareil.

La solution de la question, telle que nous venons de la considérer, n'est pas aussi simple qu'on pourrait le croire, et présente, quelque procédé que l'on suive, d'assez grandes difficultés. Nous avons été embarrassés quelque tems pour le choix de celui que nous devons employer comme le plus propre à atteindre notre but. Nous n'avons cependant pas hésité un instant à rejeter celui qu'avait employé Crawford (1); nous avons également renoncé à nous servir du calorimètre de glace, 1°. parce que cet instrument si commode et si sûr quand il s'agit de déterminer des quantités très-considérables de chaleur, ne peut plus être considéré comme susceptible de beaucoup de précision quand il s'agit de quantités aussi peu considérables que celles qu'abandonnent les gaz qui se refroidissent de quelques degrés; 2°. parce qu'en l'employant, il devient extrê-

---

(1) Ce procédé, outre son peu de précision, avait l'inconvénient de ne point donner la *chaleur spécifique* des gaz, dans l'acception que nous venons de donner à ce mot, puisque les gaz, ainsi renfermés, ne pouvaient ni se dilater ni se condenser.

mement difficile de connaître la température des gaz à leur entrée dans la chambre intérieure; 3°. enfin, parce qu'il exige qu'on opère sur des gaz desséchés, ce qui complique beaucoup l'appareil. Nous avons eu l'idée de nous servir d'un calorimètre dans lequel, au lieu de déterminer la chaleur dégagée dans le refroidissement des gaz par la quantité de glace fondue, nous l'aurions déterminée par la quantité d'eau ou d'éther vaporisée; mais nous avons aussi trouvé à ce procédé des difficultés qui nous y ont fait renoncer, et nous nous sommes décidés à en employer un autre fondé sur les considérations suivantes :

Supposons que l'on ait une source constante et uniforme de chaleur, dont l'action se porte en entier sur un corps *A* suspendu dans l'air; ce corps se réchauffera peu-à-peu, jusqu'au point où, en raison de l'élévation de sa température sur celle de l'air ambiant, il perdra autant de chaleur qu'il en recevra. *A* ce point, sa température deviendra stationnaire si celle de l'air ne varie pas.

D'un autre côté, c'est un principe généralement admis et dont la justesse ne peut être contestée lorsqu'il s'agit de petites différences de température, que la quantité de

chaleur perdue à chaque instant par un corps chaud isolé dans l'air, est proportionnelle à l'excès de sa température sur celle de l'air environnant. Il est donc évident, d'après ces deux principes, que si on soumet le corps *A* à l'action de différentes sources de chaleurs uniformes, le rapport de leur intensité sera égal à celui des excès de la température, que le corps *A* aura prise quand la source de chaleur l'aura rendue stationnaire, sur celle de l'air ambiant, puisque parvenu à ce *maximum*, le corps *A* reçoit à chaque instant autant de chaleur qu'il en perd.

Maintenant, qu'on se figure un cylindre de cuivre mince *AB* (*fig. 1*) de 15 centimètres de hauteur sur 8 de diamètre, rempli d'eau distillée et traversé par un serpentín d'environ un mètre et demi de longueur, formant huit tours de spire, et dont les deux extrémités s'ouvrent en dehors du vase l'une dans le haut et l'autre dans le bas. Si on fait traverser ce serpentín par un courant régulier d'un gaz maintenu avant son entrée à une température élevée et constante, ce courant pourra être considéré comme une source de chaleur uniforme, et le cylindre *AB* comme le corps *A*. Par conséquent si on répète la même expérience sur chacun des gaz, chaque

Le courant élèvera la température du cylindre *AB* à un point fixe où elle sera stationnaire, et il s'ensuivra, d'après les principes énoncés plus haut, qu'à partir de ce point, l'excès de la température stationnaire du cylindre *AB*, sur celle de l'air ambiant, sera proportionnel à la quantité de chaleur abandonnée par le courant de gaz qui aura traversé ce cylindre. On obtiendra donc par ce moyen, d'une manière très-exacte, la chaleur spécifique comparative des gaz, qu'on pourra soumettre à ce genre d'expérience. Il y a ensuite deux moyens pour la comparer à celle de l'eau.

Le premier consiste à soumettre le cylindre *AB* que nous désignerons dans la suite par le nom de *calorimètre* à l'action d'un courant d'eau régulier et assez lent pour qu'il ne produise guère plus d'effet que le courant des différens gaz.

Le second consiste à déterminer par le calcul la quantité réelle de chaleur que le calorimètre, parvenu à sa température stationnaire, peut perdre dans un tems donné. Car, puisque, parvenu à ce point, il ne s'échauffe plus, quoique la source de chaleur continue à lui être appliquée, il est évident qu'il perd alors autant de chaleur qu'il en reçoit. Nous emploierons dans la suite successivement ces deux moyens.

L'on concevra qu'il eût été extrêmement lent d'élever la température de ce calorimètre de toute la quantité dont elle était susceptible de s'élever avant de devenir stationnaire, par le seul effet du courant de gaz chaud, et que l'observation de la marche de son réchauffement pendant tout ce tems n'eût été d'aucune utilité. Nous avons préféré en conséquence de l'élever artificiellement à l'aide d'une lampe à esprit de vin que nous placions au-dessous (1), à un terme que des essais préliminaires nous faisaient juger devoir être voisin de celui où cette température deviendrait stationnaire. Nous l'abandonnions alors à lui-même en le faisant traverser par le courant de gaz chaud, et nous observions la marche de son réchauffement de dix minutes en dix minutes. Malgré cette précaution il eût été encore bien long d'attendre que ce réchauffement fût parvenu à son maximum, et il eût été difficile de s'assurer qu'il l'eût véritablement atteint. Nous avons trouvé plus commode d'arrêter l'expérience

---

(1) Nous avons soin d'essuyer exactement le calorimètre après cette opération, afin d'enlever l'humidité que la combustion de l'alcool avait fait déposer sur ses parois.

lorsque par le ralentissement de la marche du réchauffement nous jugions qu'il ne s'en fallait que de 3 ou de 4 dixième de degré au plus qu'il eût atteint son *maximum*, élevant alors la température du calorimètre d'une quantité un peu plus considérable, qui lui faisait dépasser ce *maximum*, le calorimètre se refroidissait, quoique le courant de gaz chaud continuât à le traverser. Nous observions de même la marche de ce refroidissement de dix minutes en dix minutes, et nous arrêtons l'expérience quand le ralentissement de ce refroidissement indiquait que le calorimètre était aussi près du terme où sa température eût été stationnaire, qu'il l'était dans l'expérience précédente. Prenant alors la moyenne entre les observations finales des deux séries, nous obtenions avec exactitude le terme où la température de notre calorimètre serait devenue stationnaire, si l'action réchauffante du gaz chaud eût été assez longtemps continuée.

Nous déterminions la température de notre calorimètre à l'aide d'un thermomètre à réservoir cylindrique, dont la longueur était à-peu-près égale à la hauteur du calorimètre; une ouverture *C* pratiquée au milieu du couvercle, donnait passage au tube du thermo-

mètre dont le calibre intérieur était très-fin. Chaque degré centigrade (1) répondait sur l'échelle de ce thermomètre à un intervalle d'un centimètre qui se trouvait divisé en 10 parties, qu'un peu d'habitude nous permettait de subdiviser à l'œil en 10 autres parties. Nous étions certains de ne pas nous tromper de deux de ces dernières, ou de  $0^{\circ}.02$  de degré. Comme il était très-important de connaître également avec exactitude la température de l'air qui entourait le calorimètre, nous suspendions à côté, à trois pouces de distance et à la même hauteur, un thermomètre très-sensible.

Il nous reste maintenant à parler, avant d'entrer dans le détail de nos expériences, des moyens que nous avons employés pour obtenir un courant de gaz uniforme, pour lui donner une température constante, pour déterminer la température de ce courant à l'entrée du calorimètre et à sa sortie, et pour apprécier les causes qui pouvaient, indépendamment de ce courant, élever la température du calorimètre.

---

(1) Toutes les températures dont il sera question dans le cours de ce Mémoire sont exprimées en degré du thermomètre centigrade.

## § II.

*Appareils employés pour faire traverser le calorimètre par un courant régulier de gaz chaud.*

Nous nous sommes servis, pour obtenir un courant de gaz uniforme, d'un gazomètre que nous croyons inventé par M. Wollaston et qui réunit à beaucoup de simplicité la plus grande précision. Quelques mots vont faire connaître cet ingénieux instrument. Qu'on suppose un ballon de verre *A* (*fig. 2*) ou tout autre vase rempli d'eau, placé au-dessus d'un réservoir de verre ou de métal *B*, rempli d'un gaz quelconque insoluble dans l'eau; que ces deux vases communiquent par un tube vertical *CD* qui peut être fermé par un robinet *E*; supposons aussi que le niveau de l'eau contenue dans le ballon *A* soit en *GH*: il est évident que si l'on ouvre alors le robinet *E*, l'eau tombera dans le réservoir *B* et en chassera le gaz qui s'échappera par l'ouverture *L* (le robinet *M* étant ouvert). Il n'est pas moins évident que la force avec laquelle l'eau du ballon *A* s'écoulera, d'abord égale au poids d'une colonne d'eau *HK*, diminuera à mesure que le niveau *GH* s'abaissera; mais alors, si on ferme exactement l'ouverture *F*,

et que la communication du ballon *A* avec l'air extérieur ne soit établie qu'au moyen du tube *NO* ouvert des deux bouts, il arrivera que l'air, pour s'introduire dans le ballon *A* et remplacer l'eau qui s'écoule, sera obligé de vaincre la pression de la colonne d'eau *HI*, et par conséquent l'eau ne tendra plus à s'écouler dans le vase *B* qu'avec une force mesurée par la colonne *HK* moins la colonne *HI*; c'est-à-dire par la colonne *KI* qui est une quantité constante tant que le niveau de l'eau ne s'est pas abaissé au-dessous de *OI* (1). Maintenant, supposons que le réservoir *B* soit totalement vidé de gaz et rempli par l'eau du ballon *A*; fermons les robinets *E*, *M* et faisons arriver par le tube *QR*, qui plonge au fond de l'eau dans le réservoir *B*, un courant de gaz constant, provenant d'un gazomètre semblable. Dans ces circonstances, si l'on

---

(1) Il est facile de concevoir qu'on augmente, ou qu'on diminue la force du courant, en faisant plonger le tube *NO* plus ou moins profondément; car, par ce moyen, on augmente ou on diminue la colonne *KI*. On peut donc, en faisant varier convenablement la grosseur et la longueur du tube *NO*, obtenir un courant donné, et par conséquent amener deux gazomètres construits d'une manière semblable à fournir deux courans de gaz parfaitement égaux.

ouvre le robinet *P* pour faire sortir l'eau du réservoir *B*, il est clair que si le gaz, pour s'introduire dans le réservoir *B*, est obligé de vaincre une résistance représentée par la colonne d'eau que ce réservoir contient, d'un autre côté il y est attiré par une force égale, c'est-à-dire celle avec laquelle cette eau tend à s'écouler par le robinet *P*, et qui est représentée par la même colonne. Ces deux forces étant donc égales et opposées, il s'ensuivra que la régularité du courant de gaz entrant par le tube *QR* ne sera point troublée, et que le réservoir *B* se remplira du gaz provenant d'un autre gazomètre, sans que ce gaz ait aucun effort à vaincre. Cependant le robinet *E* restant fermé pendant toute cette opération, on aura le tems d'ouvrir l'ouverture *F* et de remplir d'eau par-là le ballon *A* pour recommencer à chasser du réservoir *B* le gaz qui vient de le remplir. On conçoit qu'avec deux gazomètres pareils on peut faire passer une certaine quantité de gaz de l'un dans l'autre tant qu'on voudra sans interruption.

Lorsque le gaz qui remplit le réservoir *B* est autre que l'air atmosphérique du gaz hydrogène, par exemple, si l'on fait souvent passer ce gaz d'un gazomètre dans l'autre, il

arrive qu'il se combine en partie avec l'eau et en dégage l'azote et l'oxigène qui la saturaient, de sorte qu'alors la pureté du gaz hydrogène restant, est très-altérée. Il était même impossible de faire circuler de cette manière l'acide carbonique, le gaz oxide d'azote, le gaz oléfiant, quoiqu'ils soient peu solubles dans l'eau. Cette difficulté nous aurait fait renoncer à ce genre de gazomètre, si nous n'avions trouvé le moyen de la surmonter. Ce moyen consiste à ne mettre que de l'air atmosphérique dans le réservoir *B* et à introduire le gaz que l'on veut faire circuler dans une vessie *V* (*fig. 3*), enfermée dans un ballon *M* communiquant par un tube *C* avec le réservoir *B*. Si dans cet état de choses on suppose qu'un courant régulier d'air atmosphérique sortant de ce réservoir, arrive par le tube *C* dans le ballon *M*; ce ballon étant exactement fermé, l'air pressera uniformément la vessie, et alors il en sortira par le tube *D* un courant régulier du gaz qu'elle renferme.

Si l'on suppose d'un autre côté que le courant constant sortant de la vessie *V* entre dans une autre vessie *V'* (*fig. 4*), vide et placée de la même manière que la première dans un autre ballon *M'*, qui est rempli d'air et

communique avec le réservoir  $B'$  de l'autre gazomètre, par le tube  $C'$  qui plonge jusqu'au fond ; ce réservoir  $B'$  étant plein d'eau et son robinet  $P'$  ouvert, peu-à-peu la vessie  $V'$  se remplira de gaz et chassera l'air du ballon  $M'$  qui se rendra par le tube  $C'$  dans le réservoir  $B'$ , sans que le courant cesse d'être uniforme. Maintenant on pourra facilement se faire une idée de l'appareil que nous avons employé et dont la projection verticale est représentée dans la figure 5.

$B$  et  $B'$  sont les deux réservoirs inférieurs de deux gazomètres ; le réservoir  $B$  est supposé rempli d'air, et  $B'$  rempli d'eau.  $V$  est une vessie remplie du gaz dont on veut déterminer la chaleur spécifique, de l'hydrogène par exemple, la vessie  $V'$  correspondante est vide.  $a, b, c, d, e, f, g, h$ , sont des robinets. Supposons que  $a, c, f, h$ , soient seuls ouverts ; si l'on fait marcher le gazomètre  $B$ , il sortira du réservoir  $B$  un courant régulier d'air, et à cause de la disposition des robinets que nous venons d'indiquer, cet air sera obligé de venir dans le ballon  $M$ , où il comprimera la vessie  $V$ , de laquelle il sortira un courant régulier de gaz hydrogène. Ce gaz passera dans le tube  $CDE$  ; la partie  $DE$  de ce tube, longue de plus d'un mètre, se trouve enve-

loppée dans un tube plus large  $FG$ . Ce dernier est continuellement rempli de vapeur d'eau au moyen d'une petite chaudière  $K$  remplie d'eau, placée sur un fourneau et maintenue dans un état d'ébullition constante. La vapeur sortant continuellement de cette chaudière, se rend par le tube  $KF$  dans le tube large  $FG$ , le traverse dans toute sa longueur et ressort par le tube  $GI$ . La partie  $DE$  du tube de conduite du gaz, est assez longue pour que ce gaz ait le tems, dans son passage, d'acquérir, du moins à très-peu près, la température de l'eau bouillante ou de  $100^{\circ}$  centigrades. Le gaz, en sortant de ce tube, passe dans le calorimètre  $L$ , y dépose sa chaleur, et en sort par le tube  $NO$  qui le conduit dans la vessie  $V$ . Il la remplit en chassant l'air du ballon  $M$  qui vient se rendre de la manière indiquée ci-dessus dans le réservoir  $B'$  de l'autre gazomètre par un tube qui plonge jusqu'au fond de ce réservoir.

Quand tout l'air du réservoir  $B$  a été chassé et remplacé par de l'eau, les choses se trouvant dans l'état suivant : la vessie  $V$  est vide et le ballon  $M$  plein de l'air qui était précédemment dans le réservoir  $B$ ; la vessie  $V'$  est pleine d'hydrogène, et le réservoir  $B'$  plein de l'air qui était précédemment dans le ballon

*M'*. Si alors on ferme à l'instant les robinets *a, e, f, h*, qui étaient ouverts, qu'on ouvre *g, e, d, b*, qui étaient fermés et qu'on fasse marcher le gazomètre *B'*, l'air sortant du gazomètre par le robinet *g*, fixé sur un tube qui s'ouvre à la partie supérieure du réservoir *B'*, viendra remplir le ballon *M'*, pressera la vessie *V'*, en fera sortir un courant uniforme de gaz hydrogène, qui, passant par le robinet *e*, se rendra dans le tube *DE* où il se réchauffera, traversera le calorimètre, et sortant par le tube *NO*, il sera obligé d'entrer par le robinet *d* dans la vessie *V*, la remplira et chassera du ballon *M* un courant d'air, qui, passant par le robinet *b*, viendra remplir le réservoir *B* et en fera sortir l'eau. Les choses se trouveront à la fin de ce gazomètre dans leur état primitif, et on pourra recommencer à faire marcher le gazomètre *B* et ainsi de suite. Avec une vessie remplie de gaz hydrogène, on peut de cette manière faire passer pendant un aussi long tems qu'on voudra un courant uniforme de ce gaz (1) au travers du

---

(1) Comme après chaque gazomètre, il fallait tourner plusieurs robinets, on pourrait croire que cette opération aurait pu interrompre la régularité du cou-

calorimètre, et l'expérience nous a appris que malgré l'agitation (1) continuelle qu'on donne à ce gaz en lui faisant recommencer tant de fois un aussi long trajet, il ne contient pas, après avoir circulé ainsi pendant six heures, trois centièmes d'impureté.

La plus grande partie de l'appareil que nous venons de décrire, est contenue dans une même chambre; mais le calorimètre, l'extrémité des tuyaux *DE*, *FG* et une partie des tuyaux *GI*, *NO*, sont dans une autre chambre séparée en cet endroit de la pre-

---

rant; mais moyennant certaines précautions, dont on peut aisément se faire une idée, ce changement qui était fait dans moins de deux secondes, ne pouvait apporter dans le courant qu'une irrégularité insensible.

(1) Le gaz continuellement agité dans des vessies humides, était toujours saturé d'humidité à la température de ces vessies. Quoique nous n'ayons pris aucune précaution pour le dessécher, nous ne croyons pas que la vapeur ait eu d'influence sensible sur nos résultats: 1°. parce qu'il ne s'en pouvait pas déposer dans le calorimètre qui était toujours beaucoup plus chaud que les vessies; 2°. parce qu'elle ne pouvait agir que comme gaz mélangé; et, que quoique la vapeur d'eau ait, comme nous le verrons, une chaleur spécifique double de celle de l'air à volume égal, nous opérions à une température trop basse (de 9°) pour qu'elle pût avoir quelque influence appréciable.

mière par une porte *PQ*, percée de trous convenables pour laisser passer ces tuyaux. Cette seconde chambre ne s'ouvrant que rarement, l'air qu'elle renferme et qui entoure le calorimètre, n'est presque pas agité, et sa température ne varie presque point (1).

---

(1) L'on conçoit que l'on peut varier à volonté les dimensions et la forme des vases employés dans cet appareil, ainsi que la nature de la substance dont sont formées leurs parois. Dans celui que nous avons fait construire, les réservoirs supérieurs des gazomètres étaient des ballons de verre à deux tubulures opposées; les réservoirs inférieurs étaient cylindriques en cuivre. Nous apercevions le niveau de l'eau qu'ils contenaient au moyen d'un tube de verre placé verticalement à côté d'eux, et communiquant avec leur intérieur par ses deux extrémités. Ce tube était divisé, et chaque division correspondait à une tranche horizontale du réservoir, d'un litre de capacité. La capacité totale de ce réservoir, et celle du ballon placé au-dessus, étaient telles, que l'on pouvait faire courir vingt litres de gaz en une seule opération. Comme une seule vessie n'eut pas contenu une pareille quantité de gaz, nous en mettions deux très-grandes réunies par le même tube, dans chacun des ballons *M*, *M'*, qui avaient eux-mêmes une capacité de près de 40 litres.

## § III.

*Moyens de déterminer la chaleur abandonnée par le gaz en traversant le calorimètre.*

Dans la description que nous venons de donner de nos gazomètres, nous avons indiqué en même-tems le moyen que nous employons pour rechauffer nos gaz; il est évident que ces gaz, soit qu'ils se missent à la température de l'eau bouillante, soit qu'ils restassent un peu au-dessous, acquéraient une température constante. Il fallait dans tous les cas connaître cette température à leur entrée dans le calorimètre. Or, elle devait être moindre que celle de l'eau bouillante; car d'une part, le gaz ne se mettait pas toujours à la température de cette dernière en traversant la partie du tuyau de conduite enveloppé par la vapeur, et de l'autre il avait à faire, avant d'arriver au calorimètre, un trajet très-court à la vérité, dans une partie de tuyau non enveloppée de vapeur, trajet dans lequel il devait nécessairement se refroidir. Il semble, au premier aspect qu'il devait être facile de déterminer

cette température du gaz à son entrée dans le calorimètre , au moyen d'un thermomètre placé en cet endroit dans le milieu du courant ; mais nous nous sommes assurés , par divers essais dont il serait trop long de rendre compte ici , qu'un thermomètre ainsi placé se tenait toujours à une température inférieure à celle du courant ; et il sera facile de comprendre cet effet , si l'on fait attention que les corps placés dans un fluide aériforme, étant influencés quant à leur température par les corps qui les entourent , prennent une température moyenne entre celle de ces corps et celle du fluide aériforme dans lesquels ils sont plongés. Dans le cas dont il s'agit , les parois du tube dans lequel circule le courant et au centre duquel est placé le thermomètre , sont plus froids que le courant de gaz , et agissent par voie de rayonnement sur ce thermomètre dont ils abaissent la température. Nous nous sommes en effet assurés qu'un thermomètre dont la boule était dorée et polie , et qui était par conséquent moins influencé par le rayonnement , se tenait dans les mêmes circonstances plus élevé de près d'un degré qu'un thermomètre ordinaire.

Cette difficulté d'apprécier la température du courant de gaz, à son entrée dans le calorimètre, nous a engagés à donner le moins de longueur possible à la partie du tuyau de conduite intermédiaire entre le tuyau rempli de vapeur et le calorimètre. Par ce moyen, nous avons fait en sorte, que malgré les causes qui pouvaient tendre à abaisser la température du thermomètre placé à l'entrée du calorimètre, elle se maintenait à un terme peu éloigné de celui de l'eau bouillante; et comme nous étions certains que la température réelle du gaz ne pouvait pas être inférieure à celle qu'indiquait le thermomètre, ainsi placé, ni supérieure à celle de l'eau bouillante, nous ne pouvions pas faire d'erreur importante en la regardant comme égale à la moyenne entre ces deux températures (1).

---

(1) Si l'on élevait quelques doutes sur cette manière de déterminer la température du courant à son entrée dans le calorimètre, nous ferions remarquer que cette moyenne a toujours été prise entre des nombres très-rapprochés; en effet, le thermomètre d'entrée a indiqué pour tous les gaz une température constante comprise entre 95.6 et 92.6, et c'est au reste dans cette détermination que réside la plus grande incertitude de notre procédé.

Nous n'avons pas éprouvé la même difficulté pour déterminer la température du gaz à sa sortie du calorimètre. Un thermomètre placé à l'extrémité du serpentin, nous a montré qu'il déposait tout l'excès de sa chaleur, et qu'il sortait exactement à la température de l'eau du calorimètre.

Nous avons donc conclu que la chaleur abandonnée par le gaz, était égale à l'excès de sa température à son entrée dans le calorimètre, telle que nous l'avons déterminée plus haut, sur celle du calorimètre.

## § IV.

*Influence du tuyau qui servait à réchauffer le gaz sur la température du calorimètre.*

Il y avait un inconvénient à raccourcir la partie du tuyau de conduite du gaz, intermédiaire entre le tuyau rempli de vapeur et le calorimètre. Celui-ci se trouvait échauffé par communication directe, indépendamment de la chaleur que lui portait le gaz qui circulait dans son intérieur. Or, comme malgré les précautions que l'on pouvait prendre en mesurant l'échauffement du calorimètre par cette cause, on pouvait faire quelque erreur dans son appréciation, il était important qu'il fût peu considérable, afin que l'on pût sans inconvénient négliger une pareille erreur. Cette considération nous a engagés à employer pour cette partie du canal de conduite, un tube de verre comme étant formé d'une substance peu conductrice du calorique. Ce tube dont la longueur était de deux centimètres, et le diamètre intérieur de huit millimètres, a été fixé à l'appareil de

la manière suivante, un peu compliquée en apparence, mais cependant d'un usage très-commode, et ayant le grand avantage de rendre inutiles les luts qu'il eût fallu employer sans cela.

Les parois de notre calorimètre sont fortifiées dans le bas par une plaque de cuivre assez épaisse, et haute de deux centimètres qui leur est intimement soudée et occupe près de la moitié de leur circonférence, ainsi qu'on peut le voir dans la figure 6, qui représente une coupe horisontale du calorimètre faite dans sa partie inférieure. Cette plaque porte à ses extrémités deux tiges à vis *bb*, *b'b'*, longues d'un décimètre et demi, et taillées dans la moitié de leur longueur en vis, sur lesquelles se fixent les écrous *CC'*. Le milieu de cette plaque est percé d'un trou *dd* qui est situé en face de l'orifice, par lequel la partie inférieure du serpentin s'ouvre en dehors. Autour du trou est une rainure *ff*, destinée à recevoir une rondelle de cuir.

La figure 7 représente l'extrémité du tuyau rempli de vapeur qui sert à réchauffer le gaz. Cette extrémité est en cuivre. La plaque *EE* qui la termine est assez épaisse et percée dans

le milieu d'une ouverture *II* qui ne communique qu'avec le tuyau intérieur, dans lequel passe le gaz. Cette ouverture est entourée extérieurement d'une rainure *LL* qui reçoit une rondelle de cuir. Immédiatement, contre la plaque terminale est un tuyau *RS*, qui, s'ouvrant dans l'intérieur du tuyau de vapeur, donne issue à cette vapeur et à l'eau condensée en les ramenant à quelque distance du calorimètre. C'est le même tube qui est représenté par *GI* dans la coupe générale de l'appareil, *fig. 5.*

*MM, NN* sous deux plaques de forme ovale, percées dans leur milieu d'une ouverture circulaire qui reçoit le tuyau plein de vapeur, auquel elles sont solidement fixées. A chacune de leurs extrémités est un trou suffisamment large pour donner passage aux tiges *bb, b'b'*, fixées au calorimètre et représentées dans la figure 6.

Il est maintenant facile de concevoir qu'en présentant l'extrémité du tuyau rempli de vapeur au calorimètre, et en faisant passer les tiges métalliques dans les ouvertures correspondantes des plaques de bois *M, M, N, N*, l'ouverture *II* du tuyau de conduite du gaz, se trouvera vis-à-vis l'ouverture *dd* du ser-

pentin ; si on interpose maintenant entre ces deux ouvertures , un tube de verre d'une largeur convenable , et tel que ses extrémités usées avec soin , appuient en entier sur les rondelles de cuir , qui remplissent les rainures *ff'*, *LL*, et si l'on rapproche , par le moyen des écrous *C, C'* qui s'appuieront sur la plaque *NN*, l'extrémité du tuyau rempli de vapeur , du calorimètre ; le tube de verre , serré entre les deux rondelles de cuir , établira entre le tuyau dans lequel le gaz s'échauffe , et le serpentín du calorimètre , une communication facile , et telle que le gaz ne pourra s'échapper dans aucune direction (1).

---

(1) La manière dont nous avons établi la communication entre le calorimètre , et la partie du tuyau de conduite du gaz plongée dans la vapeur , ne nous permettait pas de placer un thermomètre à l'entrée du calorimètre , ainsi que nous l'avons supposé dans le paragraphe précédent ; mais comme nous savions que la température du courant était constante , il nous à suffi de la déterminer par une expérience préliminaire , dans laquelle prenant un tube de verre parfaitement semblable à celui dont nous venons de parler , mais plus long , et le fixant à l'extrémité du tuyau rempli de vapeurs , par un procédé analogue à

En décrivant notre appareil, nous avons dit que le calorimètre se trouvait dans une chambre différente de celle où était le reste de l'appareil, et que la communication avait lieu par une ouverture convenable, pratiquée dans une porte (*fig. 5*). Comme une partie du tube rempli de vapeur était dans la même chambre que le calorimètre, on a garanti celui-ci de la chaleur qu'il aurait pu recevoir par rayonnement en entourant le tube chaud, d'une boîte de fer blanc, convenablement disposée pour ne point laisser passer de calorique rayonnant, et pour que l'air qui entourait ce tube n'eût point de

---

celui que nous venons d'indiquer, nous substituons au calorimètre un tuyau coudé, qui ramenait le gaz aux gazomètres, et qui était disposé de telle manière que nous pouvions introduire dans le centre du tube de verre le réservoir sphérique d'un petit thermomètre. Ce réservoir étant placé au centre du tube de verre à une distance du tuyau rempli de vapeur égale à celle qui séparait ce tuyau du calorimètre, dans les expériences où ce dernier était en place, nous donnait la température du courant qu'il fallait modifier ainsi que nous l'avons vu plus haut, pour corriger l'effet du rayonnement du tube de verre dans lequel circulait ce courant.

communication avec celui qui entourait le calorimètre.

Malgré ces précautions nous n'avons pu empêcher que le calorimètre ne fût un peu réchauffé par le tube de vapeur, par communication immédiate. Nous avons cherché à déterminer à combien s'élevait le rechauffement dû à cette cause. Nous avons reconnu que lorsqu'elle agissait seule, il allait à  $3^{\circ}.1$ , et nous croyons pouvoir estimer sans erreur sensible qu'il était de  $2^{\circ}.5$ , dans le cas où le calorimètre s'échauffait, en outre par l'effet du courant de gaz chaud (1).

On trouvera peut-être un peu longs les détails dans lesquels nous sommes entrés dans la description précédente de nos appareils; mais nous n'avons pas cru devoir les omettre, parce qu'ils sont propres à faire apprécier l'exactitude de nos résultats: aussi nous espérons que les expériences que nous avons faites et dont nous allons rendre compte (2), pourront mériter la confiance des physiciens et des chimistes.

---

(1) Voy. la note 1 à la fin du Mémoire.

(2) Les expériences qu'on va décrire, exigeaient

un local assez vaste et des appareils qui, comme on vient de le voir, étaient assez compliqués. Il suffira de dire qu'elles ont été faites dans le laboratoire de M. Berthollet, à Arcueil, pour que l'on comprenne facilement que les auteurs ont eu à cet égard toutes les facilités qu'ils pouvaient désirer.

( *Note ajoutée.* )

*La suite et la planche au numéro prochain.*

---

## DISSERTATION

*Sur les fièvres pernicieuses, intermittentes, épidémiques;*

PAR M. SOBAUX, Docteur en médecine, etc. (1).

La fièvre épidémique qui a régné en 1807 et 1808 à Verneuil, avec un caractère de malignité extraordinaire, a fourni à l'auteur de cette dissertation l'occasion d'en indiquer les caractères, les symptômes, les moyens prophylactiques et curatifs. Il réunit ses observations à celles des meilleurs auteurs, pour prouver que les causes efficientes de cette maladie étaient directement émanées des miasmes marécageux. Il recommande particulièrement cette partie de l'hygiène, si nécessaire dans les épidémies, qui tend à en prévenir l'invasion. « Les procédés les plus salutaires, dit-il, et ceux qui m'ont

---

(1) Paris, de l'imprimerie de Didot jeune, 1812.

« le mieux réussi , sont les fumigations de  
« M. Guyton-Morveau ; il faut les faire tous  
« les jours et avec précaution. » Dans le  
traitement, il indique , comme le seul re-  
mède héroïque, le quinquina ; il pense avec  
Morton , Torti, Verhof et Voullonne , que  
c'est de son administration que dépend la  
vie des malades , et il assure en avoir ob-  
tenu la plus prompte guérison , toutes les  
fois qu'il a été appelé dans les commen-  
cemens de la maladie.

---

# ANNALES DE CHIMIE.

28 Février 1813.

---

## S U I T E

*Du Mémoire sur la détermination de  
la chaleur spécifique des différens  
gaz ;*

PAR MM. F. DELAROCHE, docteur-médecin,  
et J.-E. BÉRARD.

### SECTION II.

*Détermination de la chaleur spéci-  
fique de quelques gaz , celle de l'air  
étant prise pour unité.*

Le procédé que nous avons suivi dans les expériences que nous avons tentées sur différens gaz , étant le même pour tous , et ce procédé ayant été suffisamment développé dans la section précédente, nous croyons

*Tome LXXXV.*

8

inutile d'exposer d'une manière détaillée les expériences particulières que nous avons faites sur chacun d'eux ; nous nous contenterons , en conséquence , d'en présenter les résultats dans le tableau suivant (1).

Les colonnes 1 , 2 , 3 , 5 , 6 , 7 , 8 et 9 , de ce tableau , indiquent les circonstances dans lesquelles les expériences ont été faites , ou les

---

(1) Le gaz hydrogène dont on s'est servi , a été retiré en faisant dissoudre du zinc dans l'acide sulfurique affaibli.

Le gaz acide carbonique a été fourni par la décomposition du marbre blanc par l'acide nitrique.

On a obtenu l'oxygène en distillant le sur-oximuriate de potasse pur.

Le gaz oxide d'azote a été retiré de la décomposition du nitrate d'ammoniaque.

Le gaz oléfiant a été obtenu de l'action de l'acide sulfurique sur l'alcool ; il a été lavé fortement dans du lait de chaux avant d'être introduit dans les vessies.

On a retiré l'oxide de carbone de la décomposition du marbre blanc, très-sec, par le charbon fortement poussé au feu. Ce gaz a été lavé aussi dans du lait de chaux avant d'être introduit dans les vessies. Il exigeait , pour être brûlé complètement , à très-peu près la moitié de son volume de gaz oxygène , preuve qu'il était voisin de l'état de pureté.

NOMS DES GAZ SOUMIS AUX EXPÉRIENCES.	NOMBRE De litres de gaz qui traversaient le calorimètre dans dix minutes.	PRESSION		Le même nombre de litres de gaz ramené à 0° du thermomètre.	TEMPÉRATURE			DEGRÉS de chaleur du thermomètre centigrade, perdus par le gaz qui traversait le calorimètre.	Excès de la température stationnaire du calorimètre sur celle de l'air ambiant, moins 20.5 qui est l'effet du tuyau qui servait à échauffer le gaz.	Le même excès obtenu par le calcul, dans la supposition que le courant eût été le même dans la 1 <sup>re</sup> . expérience sur l'air atmosphérique, et qu'il eût perdu le même nombre de degrés en traversant le calorimètre.	Le même excès ramené par le calcul à ce qu'il aurait été dans les mêmes circonstances que dans la colonne précédente, et si le gaz eût été en outre soumis pendant toute l'expérience à la pression de 0 <sup>m</sup> .7600 de mercure.	MOYENNES.		
		Thermomètre.	Baromètre.		A laquelle le courant de gaz entrant dans le calorimètre.	Du calorimètre, lorsque le courant de gaz l'avait rendu stationnaire, et par conséquent température du gaz qui sortait du calorimètre.	De l'air qui entourait le calorimètre.							
AIR atmosphérique.	1 <sup>re</sup> . EXPÉ.	36 <sup>l</sup> .91	6.8	0.7405	35 <sup>l</sup> .99	97.6	25.185	7.262	72.415	15.423	15.423	15.644	15.734	
	2 <sup>e</sup> . EXPÉ.	30.53	11.2	0.7548	29.30	97.3	25.067	9.776	72.235	12.791	15.755	15.824		
GAZ	Hydrogène.	1 <sup>re</sup> . EXPÉ.	8.9	0.7494	36.62	95.8	24.765	8.040	71.035	14.225	14.254	14.388	14.214	
		2 <sup>e</sup> . EXPÉ.	31.50	12.1	0.7545	30.14	95.7	25.807	12.017	69.893	11.290	13.972		14.010
	Acide carbonique.	1 <sup>re</sup> . EXPÉ.	36.11	7.2	0.7582	35.16	96.8	27.548	6.552	69.278	18.496	19.791	19.798	19.800
		2 <sup>e</sup> . EXPÉ.	30.95	12.2	0.7520	29.60	97.15	29.598	12.016	67.552	15.082	19.662	19.801	
	Oxygène.	1 <sup>re</sup> . EXPÉ.	37.42	9	0.7484	36.20	97.71	25.769	8.158	71.941	15.111	15.124	15.281	15.365
		2 <sup>e</sup> . EXPÉ.	31.30	12.6	0.7503	29.89	96.30	27.764	13.205	68.536	12.059	15.344	15.449	
	Oxide d'azote.	30.31	9	0.7582	29.32	97.00	27.924	8.923	69.076	16.501	21.235	21.246	21.246	
	Oléifiant.	30.85	10	0.7500	29.74	97.35	30.288	9.258	67.062	18.530	24.220	24.435	24.435	
	Oxide de carbone.	30.85	9	0.7535	29.84	97.55	24.505	8.475	73.045	13.530	16.177	16.270	16.270	



résultats directs de ces expériences ; de sorte qu'elles n'ont besoin d'aucune explication.

Les gaz qui traversaient le calorimètre, ayant été mesurés à des températures un peu différentes, pour rendre les résultats plus comparables entr'eux, nous avons ramené dans la quatrième colonne les nombres indiqués dans la deuxième, à ceux qu'on aurait trouvés, si on eût mesuré tous les gaz à la température de la glace fondante.

La sixième colonne indique la température stationnaire à laquelle chaque courant de gaz faisait arriver le calorimètre ; on se souvient qu'on déterminait cette température au moyen de deux séries d'observations ; l'une dans laquelle le calorimètre, étant un peu au-dessous de cette température stationnaire, on observait son échauffement, et l'autre dans laquelle le calorimètre, étant élevé un peu au-dessus de cette température, on observait son refroidissement. Pour se faire une idée de la manière dont on parvenait à cette détermination, on peut jeter les yeux sur la note 2 placée à la fin de ce Mémoire, dans laquelle on donne les détails de cette partie de la première expérience faite sur l'air atmosphérique.

On a calculé les nombres qui composent

la dixième colonne, en supposant que l'effet produit sur le calorimètre était proportionnel à la quantité de gaz qui le traversait, et au nombre de degrés perdus par ce gaz; ce qui ne peut être contesté, quand il s'agit de si petites différences.

On a déterminé les nombres qui composent la onzième colonne, au moyen d'une formule qui sera développée dans la section V, qui renferme les expériences que nous avons faites sur la chaleur spécifique de l'air soumis à différentes pressions.

Cette dernière colonne exprimant la température stationnaire à laquelle chaque courant maintenait le calorimètre, les circonstances étant exactement les mêmes, on doit conclure, des principes que nous avons exposés, que les nombres qu'elle renferme peuvent exprimer la chaleur spécifique des gaz correspondans.

Par conséquent, la chaleur spécifique de l'air atmosphé-

rique étant. . . 1.0000 . . . . . 1.0000.

Celle d'un même volume d'hydro-

gène sera . . . 0.9033 d'un même poids 1 2.3401.

— d'acide car-		
bonique . . . .	1.2583 . . . .	0.8280.
— d'oxigène . .	0.9765 . . . .	0.8848.
— d'azote (1) . .	1.0000 . . . .	1.0318.
— d'oxide d'a-		
zote . . . . .	1.3503 . . . .	0.8878.
— de gaz olé-		
fiant . . . . .	1.5530 . . . .	1.5763.
— d'oxide de		
carbone . . . .	1.0340 . . . .	1.0805 (2).

(1) Ce n'est pas par une expérience directe que nous avons déterminé la chaleur spécifique de l'azote; nous l'avons regardée comme égale à celle de l'air atmosphérique sous le même volume, parce que ce gaz en forme les  $\frac{4}{5}$ , et que la chaleur spécifique de l'oxigène diffère très-peu de celle de l'air.

(2) Pour calculer les chaleurs spécifiques des gaz sous un même poids. On s'est servi pour le gaz oléfiant de la pesanteur spécifique donnée par de Saussure, Annales de chimie, tom. LXXVIII, p. 57, et pour tous les autres, des pesanteurs spécifiques qui se trouvent pag. 253 du 2<sup>e</sup>. volume des Mémoires de la Société d'Arcueil.

## SECTION III.

*Détermination de la chaleur spécifique des gaz par un autre procédé.*

Nous aurions pu répéter un plus grand nombre de fois les expériences qui nous ont conduits à ces résultats ; mais il nous a paru que cela eût été assez inutile : l'accord qui règne entre ceux du même genre , que nous avons obtenus dans deux expériences consécutives , prouve qu'ils n'étaient pas influencés par des causes d'erreurs accidentelles ; et , s'ils étaient soumis à une cause d'erreur constante , nous n'aurions rien gagné à multiplier davantage les expériences que nous venons de rapporter. Il était donc plus essentiel de tâcher d'arriver au même but , en employant un procédé différent qui fût susceptible d'une précision presque aussi grande , et de comparer les résultats des deux procédés ; or , c'est ce dont le comte de Rumford nous a donné le moyen , en publiant l'ingénieux procédé par lequel il a déterminé la chaleur dégagée dans la combustion de certaines substances , et qu'il avait annoncé lui-même devoir être

propre à la détermination de la chaleur spécifique des gaz.

Nous avons donc entrepris quelques expériences de ce genre, en nous servant pour cela du même appareil, dont nous avons donné la description, et qui était construit longtems avant que nous ayons eu connaissance des recherches du comte de Rumford (1); il se trouvait remplir, quant au calorimètre lui-même, les conditions demandées par ce célèbre physicien. C'était, en effet, comme nous l'avons dit, un vase métallique plein d'eau distillée, traversé par un serpentín aplati, assez long pour que le gaz, en circulant au travers, se mît à la température de l'eau de ce calorimètre; le gaz, en arrivant par la partie inférieure, déposait principalement sa chaleur dans cette partie du calorimètre, de manière qu'elle se répandait assez uniformément dans la totalité de l'eau qui le remplissait; enfin, nous déterminions la température de cette eau à

---

(1) En effet, notre premier Mémoire qui contient déjà le résultat de quelques expériences faites avec notre calorimètre était remis à l'Institut plus d'un mois avant que M. de Rumford eût fait connaître ses expériences à la Classe.

l'aide d'un thermomètre dont le réservoir cylindrique était presque aussi haut que le calorimètre lui-même, et qui nous donnait, par conséquent, la température moyenne des différentes couches superposées comprises entre le fond de l'eau et sa surface : nos gazomètres, et la partie de l'appareil destinée à réchauffer le gaz, étaient également propres à ces expériences.

Laissant donc toutes les choses disposées comme dans les expériences précédentes, nous en avons fait de nouvelles en procédant de la même manière, avec cette différence qu'au lieu d'attendre que la température du calorimètre fût devenue stationnaire, nous avons déterminé la quantité de gaz qui traversait le serpentin pendant que cette température s'élevait d'un certain nombre de degrés donnés, à partir d'un terme donné, ainsi que le tems nécessaire pour ce réchauffement, et nous nous sommes servis des résultats des expériences faites de cette manière pour calculer la chaleur spécifique des gaz employés, en partant de ce principe bien simple, que, toutes choses égales d'ailleurs, cette chaleur spécifique devait être en raison inverse de la quantité de gaz qui traversait le calorimètre, pendant que sa température s'élevait d'une

même quantité ; mais , pour faire sur ce principe des expériences exactes , il a fallu prendre certaines précautions , et faire aux résultats quelques corrections que nous allons indiquer.

Il y a longtems que l'on avait eu l'idée de déterminer de cette manière la quantité de chaleur qui se dégage dans la combustion de différentes substances ; mais on avait à lutter contre une cause d'erreur qui nuisait beaucoup à l'exactitude des résultats. A mesure que le corps servant de calorimètre se réchauffait , l'air et les corps environnans lui enlevaient une partie de sa chaleur ; toute celle que lui cédait la source calorifique, dont on voulait mesurer les effets , n'était donc pas employée à élever sa température : il fallait , en conséquence , tenir compte de la quantité de chaleur perdue , et cela était souvent fort difficile.

C'est pour parer à ces inconvéniens que le comte de Rumford a eu l'heureuse idée de prendre pour point de départ , non la température de l'air environnant , mais une température un peu inférieure , à laquelle il avait soin d'amener son calorimètre , et de ne faire durer l'expérience qu'autant qu'il était nécessaire pour que le calorimètre atteignît , dans

son réchauffement, un terme aussi élevé au-dessus de celui où se trouvait l'air environnant, que celui-ci l'était lui-même au-dessus de la température initiale. Par ce moyen, il rendait l'échauffement du calorimètre à-peu-près indépendant de l'accélération ou du ralentissement qu'aurait pu y apporter la température de l'air environnant; car si, d'une part, pendant la première moitié de l'expérience, cet air, plus chaud que le calorimètre, lui cédait une quantité quelconque de chaleur, de l'autre, dans la seconde moitié, par une raison inverse, il lui en enlevait une quantité à-peu-près égale. Nous disons à-peu-près; car, pour que la compensation eût été complète, il aurait fallu que les tems dans lesquels s'effectuaient les deux parties du réchauffement eussent été égaux, ce qui ne pouvait exactement avoir lieu; mais, plus la source calorifique était grande et l'effet petit, plus la compensation approchait d'être parfaite.

D'après ce principe, après avoir abaissé la température de notre calorimètre de 5 ou 6 degrés au-dessous de la température de l'air environnant (1), nous faisons circuler au

---

(1) Nous y parvenions facilement sans déplacer l'eau,

travers le courant de gaz chaud ; de cette manière , le calorimètre prenait une marche régulière d'échauffement avant d'arriver au commencement de l'expérience. Lorsqu'il était parvenu à un terme plus bas de deux degrés seulement que la température de l'air , on commençait à noter la quantité de litres qui était employée à l'élever de chaque degré , jusqu'à ce qu'il fût parvenu à 4° au-dessus de la température initiale ; par ce moyen , nous faisons deux expériences à-la-fois ; l'une qui donnait la quantité de gaz nécessaire pour élever le calorimètre de 4° ; l'autre , qui donnait celle qui était nécessaire pour lui faire parcourir les deux degrés intermédiaires. Il nous est difficile de dire laquelle de ces deux déterminations nous conduisait à des résultats plus exacts ; car si la dernière avait l'avantage de rendre plus complète la compensation entre la chaleur cédée à l'air par le calorimètre et celle qu'il en recevait , elle avait aussi l'inconvénient de faire porter l'observation sur des quantités plus petites , ce qui augmentait l'influence de quelques-unes des causes d'erreur ; au reste , l'écart

---

en entourant le haut du calorimètre avec quelques morceaux de glace.

entre ces deux différentes déterminations n'a jamais été très-considérable, ainsi qu'on peut en juger par le tableau de nos résultats.

Le principe sur lequel reposaient ces expériences, supposant que toutes choses étaient égales, à part la chaleur spécifique des différens gaz que nous y voulions soumettre, il aurait fallu, pour qu'il pût s'appliquer à nos résultats, que l'abaissement de la température du gaz, dans son passage au travers du serpentin, eût été toujours le même dans toutes les expériences comparatives. Or, comme cela ne pouvait avoir lieu complètement, nous avons toujours ramené par une proportion les résultats obtenus à ce qu'ils eussent été dans cette circonstance; nous prenions pour mesure de cet abaissement la différence entre la température d'entrée du gaz que nous estimions par les moyens indiqués plus haut, et celle de sortie que nous regardions comme égale à celle de l'air environnant. Cette dernière évaluation ne pouvait s'écarter de la vérité; car, puisque le gaz se mettait à la température de l'eau du calorimètre en le traversant, cette température était, pendant une moitié de l'expérience au-dessous, et pendant l'autre moitié au-dessus de l'air environnant, de la même quantité; il s'éta-

blissait donc , à cet égard , une compensation qui permettait de prendre cette dernière pour la température du gaz à sa sortie.

Ce même principe de compensation corrigéait une autre erreur qu'eût pu occasionner la condensation de la vapeur aqueuse ; le gaz saturé de vapeur à la température de l'air environnant , en déposait dans son passage au travers du serpentín pendant la première moitié de l'expérience ; mais , comme il en enlevait ensuite à-peu-près autant dans la seconde partie , cela ne pouvait avoir d'effet sensible sur les résultats : c'est , au reste , ce qu'une expérience directe nous a confirmé.

Nous avons vu plus haut que , quelques précautions que nous ayons prises pour éviter que le tuyau qui échauffait le gaz ne cédât une partie de sa chaleur au calorimètre , nous n'avons pu y réussir entièrement ; il a donc fallu déterminer l'influence de cette cause d'erreur. Or , nous nous sommes assurés , par deux expériences très-soignées et très-semblables pour les résultats , que la quantité de chaleur cédée de cette manière au calorimètre ou 10 minutes était capable d'élever sa température de  $0^{\circ}.190$  ; et comme elle était sensiblement proportionnelle au tems , rien n'a été plus facile que de déduire la correction

nécessaire pour les résultats que nous avons obtenus, en faisant circuler différens gaz au travers du calorimètre.

Nous allons maintenant présenter ces résultats dans le tableau suivant, qui est presque semblable à celui que nous avons déjà mis sous les yeux du lecteur, et qui n'exige, par conséquent, aucune explication.

D'après les principes dont nous sommes partis, les chaleurs spécifiques des différens gaz sont entr'elles en raison inverse des nombres de la dernière colonne qui leur correspondent; il en résulte que la chaleur spécifique de l'air atmosphérique étant

	Chaleur spécifique des gaz sous le même volume trouvées par le premier procédé.	
	1.000 . . .	1.0000.
Celle d'un même volume d'hydrogène		
est. . . . .	0.893 . . .	0.9033.
— acide carbo- nique. . . . .	1.311 . . .	1.2583.
— oxigène. . . . .	0.974 . . .	0.9765.
— azote. . . . .	1.000 . . .	1.0000.
— oxide d'azote. . . . .	1.315 . . .	1.3503.
— gaz oléfiant . . . . .	1.630 . . .	1.5530.
— oxide de car- bone. . . . .	0.983 . . .	1.0340.



NOMS DES GAZ SOUIS AUX EXPÉRIENCES.	NOMBRE De litres de gaz qui ont traversé le calorimètre.	TEMPÉRATURE et pression, auxquelles ces gaz étaient soumis.		Le même nombre de litres ramené à 0° du thermomètre.	TEMPÉRATURE		DEGRÉS De chaleur perdus par le gaz en traversant le calorimètre.	EFFET		NOMBRE De litres de gaz qu'il aurait fallu (à la température de 0°, et à la pression de 0 <sup>m</sup> .76) pour élever le calorimètre de 4° centigrades, si ce gaz, en le traversant, eût perdu 85° cent.	MOYENNES.	
		Thermomètre.	Baromètre.		Du gaz à son entrée dans le calorimètre.	Du gaz à sa sortie du calorimètre, laquelle est égale à celle de l'air ambiant.		Produit par le gaz sur le calorimètre, abstraction faite de la chaleur com- muniée par le tuyau qui servait à l'échauffer.	Que le gaz aurait produit sur le calorimètre, dans les mêmes circonstances que dans la colonne précédente, et de plus s'il eût été sou- mis à la pression de 0 <sup>m</sup> .76.			
AIR atmosphérique.	1 <sup>re</sup> . EXPÉ. {	81.4	11°	0 <sup>m</sup> .7580	78.17	97.3	11.638	85.662	3.705	3.705	85.04	83.20
	2 <sup>e</sup> . EXPÉ. {	40.2	11	0.7580	38.61	97.3	11.638	85.662	1.852	1.852	84.24	
	1 <sup>re</sup> . EXPÉ. {	79.9	11	0.7580	76.73	97.3	11.638	85.662	3.705	3.705	83.48	80.04
	2 <sup>e</sup> . EXPÉ. {	38.2	11	0.7580	36.69	97.3	11.638	85.662	1.852	1.852	80.04	
Hydrogène.	1 <sup>re</sup> . EXPÉ. {	89.6	12.5	0.7580	86.04	95.5	12.443	83.057	3.610	3.610	93.16	93.12
	2 <sup>e</sup> . EXPÉ. {	44.7	12.5	0.7580	42.93	95.5	12.443	83.057	1.805	1.805	92.96	
Acide carbonique.	1 <sup>re</sup> . EXPÉ. {	64.7	10.8	0.7580	62.14	97.15	10.323	86.827	3.970	3.970	63.96	63.42
	2 <sup>e</sup> . EXPÉ. {	32.3	10.8	0.7580	31.02	97.15	10.323	86.827	1.985	1.985	63.88	
Oxigène.	1 <sup>re</sup> . EXPÉ. {	63.7	10.8	0.7580	61.18	97.15	10.323	86.827	3.970	3.970	62.96	62.88
	2 <sup>e</sup> . EXPÉ. {	31.8	10.8	0.7580	30.54	97.15	10.323	86.827	1.985	1.985	62.88	
Oxigène.	1 <sup>re</sup> . EXPÉ. {	82.9	12.6	0.7503	79.16	96.3	12.667	83.633	3.646	3.671	84.88	85.35
	2 <sup>e</sup> . EXPÉ. {	41.3	12.6	0.7503	39.44	96.3	12.667	83.633	1.823	1.835	84.60	
Oxide d'azote.	1 <sup>re</sup> . EXPÉ. {	84.0	12.6	0.7503	80.21	96.3	12.667	83.633	3.646	3.671	86.00	85.92
	2 <sup>e</sup> . EXPÉ. {	41.95	12.6	0.7503	40.06	96.3	12.667	83.633	1.823	1.835	85.92	
Olféant.	1 <sup>re</sup> . EXPÉ. {	59.6	9	0.7582	57.66	97.0	8.865	88.135	3.800	3.800	62.92	63.24
	2 <sup>e</sup> . EXPÉ. {	59.7	9	0.7582	57.75	97.0	8.865	88.135	3.800	3.800	63.04	
Oxide de carbone.	1 <sup>re</sup> . EXPÉ. {	30.2	9	0.7582	29.22	97.0	8.865	88.135	1.900	1.900	65.76	49.52
	2 <sup>e</sup> . EXPÉ. {	49.8	10.0	0.7500	48.00	97.55	9.469	87.881	3.886	3.920	50.64	
	1 <sup>re</sup> . EXPÉ. {	23.8	10.0	0.7500	23.00	97.35	9.469	87.881	1.943	1.960	48.40	48.20
	2 <sup>e</sup> . EXPÉ. {	50.0	10.0	0.7500	48.19	97.35	9.469	87.881	3.886	3.920	50.84	
	1 <sup>re</sup> . EXPÉ. {	23.7	10.0	0.7500	22.84	97.35	9.469	87.881	1.943	1.960	48.20	84.62
	2 <sup>e</sup> . EXPÉ. {	77.6	9	0.7535	75.07	97.55	8.475	89.080	3.705	3.726	84.48	
	1 <sup>re</sup> . EXPÉ. {	38.2	9	0.7535	36.95	97.55	8.475	89.080	1.852	1.863	83.16	84.88
	2 <sup>e</sup> . EXPÉ. {	78.0	9	0.7535	75.45	97.55	8.475	89.080	3.705	3.726	84.88	
	1 <sup>re</sup> . EXPÉ. {	39.5	9	0.7535	38.21	97.55	8.475	89.080	1.852	1.863	85.96	
	2 <sup>e</sup> . EXPÉ. {											

L'accord qui règne entre les résultats obtenus par ces deux procédés est aussi grand qu'on pouvait l'attendre d'expériences fondées sur des principes si différens; cependant, comme nous avons tout lieu de croire que notre premier procédé est plus exact pour déterminer le rapport de la chaleur spécifique des différens gaz, nous ne prendrons pas la moyenne entre les résultats de ces deux genres d'expériences, et nous considérons seulement ceux qui nous ont été fournis par le second procédé comme servant à prouver l'exactitude des principes sur lesquels notre première méthode était fondée.

## SECTION IV.

*Chaleur spécifique de la vapeur d'eau, celle de l'air étant prise pour unité.*

La vapeur aqueuse étant un fluide élastique qui exerce une influence très-marquée sur un grand nombre de phénomènes, il était important d'avoir quelques notions sur sa chaleur spécifique; mais on sent qu'il était presque impossible d'opérer sur ce fluide dans son état de pureté; car il faudrait, pour des expériences de ce genre, que la totalité des

appareils fût maintenue à une température plus élevée que celle de l'eau bouillante. On est donc obligé, quand on veut chercher la chaleur spécifique de la vapeur, d'avoir recours à son mélange avec l'air, et encore rencontre-t-on beaucoup de difficultés : il faut, en effet, opérer à des températures un peu élevées, si l'on veut que la vapeur fasse une partie notable du mélange. Notre appareil et notre procédé se prêtaient assez facilement à cette détermination ; il suffisait pour cela d'examiner comparativement à quel terme la température de notre calorimètre était maintenue stationnaire, d'abord par un courant d'air saturé d'humidité à une température déterminée, et en second lieu par le même courant desséché. Cependant, nous n'avons pu opérer que sur l'air saturé de vapeurs à la température de 40° environ ; il nous aurait été extrêmement pénible et difficile d'opérer sur un air plus chaud et plus humide ; or, à 40°, la tension de la vapeur est telle, qu'elle forme environ le  $\frac{1}{17}$  du volume de l'air avec lequel elle est mélangée. On sent qu'en opérant sur de si petites quantités, il n'était guère possible d'obtenir des résultats parfaitement exacts ; cependant, les soins que nous avons pris d'éviter toute cause d'erreur, et

l'exactitude de notre procédé, nous portent à croire que les résultats des expériences suivantes ne doivent pas être très-éloignés de la vérité.

L'air, à sa sortie des gazomètres, était mêlé à une grande quantité de vapeur d'eau; il traversait ensuite un serpentín placé dans un vase plein d'eau dont la température a été constamment maintenue à 39° pendant tout le tems qu'a duré l'expérience. Là, cet air déposait son excès de vapeur; de sorte qu'on peut le considérer comme en étant parfaitement saturé à cette température; le courant était ensuite échauffé dans le tube rempli de vapeurs, et de-là traversait le calorimètre comme dans toutes les expériences faites suivant notre premier procédé.

Pour que l'air ne déposât point d'eau dans le calorimètre, il fallait que la température de celui-ci fût constamment élevée au-dessus de 39°; pour y parvenir, il a suffi d'échauffer l'air qui l'entourait jusqu'à environ 50° (la chambre dans laquelle se trouvait le calorimètre était assez bien disposée, pour que nous ayons pu maintenir sa température à cet état constant pendant tout le cours de l'expérience). L'air, ainsi saturé de vapeur d'eau, a rendu stationnaire la température

du calorimètre à  $41^{\circ}.3$ , celle de l'air ambiant étant à  $29^{\circ}.8$ ; l'effet produit par cet air était donc de  $41^{\circ}.3 - 29^{\circ}.8 = 11^{\circ}.5$ , d'où il faut retrancher  $2^{\circ}$ , qui est l'effet produit par le tuyau qui servait à réchauffer l'air; il reste  $9^{\circ}.5$  pour l'effet produit par l'air ( saturé de vapeur à la température de  $39^{\circ}$  ). Or, cet air entrainé dans le calorimètre à la température de  $97^{\circ}.3$ , et en sortait à celle de  $41^{\circ}.3$ ; il éprouvait donc un abaissement de  $56^{\circ}$  pour produire l'effet dont nous venons de parler.

Aussitôt que l'expérience qui a conduit à ce résultat a été terminée, on a substitué, au vase dans lequel l'air se saturait de vapeur, un serpentín entouré d'un mélange de glace pilée et de sel, qui s'est maintenu pendant toute la durée de l'expérience au-dessous de  $-15^{\circ}$ , et on a recommencé une nouvelle expérience; il en est résulté que le même courant d'air que dans l'expérience précédente, desséché ainsi en traversant le serpentín froid, a perdu, dans son passage à travers le calorimètre,  $56^{\circ}.9$ , et a maintenu la température de celui-ci stationnaire à  $40^{\circ}.4$ , celle de l'air ambiant étant à  $29^{\circ}.8$ . L'effet produit par cet air sec, abstraction faite de la chaleur communiquée au calorimètre par la tuyau rempli de vapeur, était donc de  $8^{\circ}.6$ ;

et on trouve par une proportion qu'il aurait été de  $8^{\circ}.4$ , si le courant d'air eût perdu  $56^{\circ}$ , en traversant le calorimètre comme le courant d'air humide dans l'expérience précédente.

La différence entre les résultats de ces deux expériences faites exactement dans les mêmes circonstances, est donc  $9^{\circ}.5 - 8^{\circ}.4 = 1^{\circ}.1$  : c'est l'effet produit par la vapeur aqueuse.

Le baromètre était, pendant la durée de cette expérience, à  $0^m.7596$  ; et d'un autre côté, la tension de la vapeur d'eau à  $39^{\circ}$ , est, suivant la table de Dalton,  $= 0^m.0505$  ; par conséquent, dans l'air saturé de vapeur, le volume de l'air était à celui de la vapeur dans le rapport de  $15.0$  à  $1$ . L'effet des fluides élastiques sur le calorimètre étant, dans les mêmes circonstances, proportionnel à la quantité qui le traverse, il résulte des expériences précédentes, qu'un volume d'air sec élevant la température du calorimètre de  $8^{\circ}.4$  au-dessus de celle de l'air ambiant, un volume égal de vapeur l'élèvera de  $16^{\circ}.5$ , toutes choses étant d'ailleurs égales ; par conséquent, la chaleur spécifique de l'air atmosphérique étant . . . . . 1.00

Celle d'un même volume de vapeur sera . . . . .	1.96.
Et d'un même poids . . . .	3.136 (1).

## SECTION V.

*Détermination de la chaleur spécifique de l'air sous différentes pressions.*

Après avoir établi la relation qui existait entre les chaleurs spécifiques de différens gaz, nous avons cherché à déterminer celle qui existait entre les chaleurs spécifiques d'un même gaz soumis à différentes pressions, ou, ce qui revient au même, ayant différentes densités.

---

(1) Cette chaleur spécifique est calculée d'après la supposition, que le poids de la vapeur est à celui de l'air, comme 10:16. Voy. Gay-Lussac, Annales de chimie, tom. LXXX, pag. 218.

(1) Il est ici question de la chaleur spécifique de la vapeur mêlée à l'air; or, si d'après l'hypothèse de Dalton, la vapeur dans cet état n'est soumise qu'à une pression exprimée par sa tension, on peut croire que sa chaleur spécifique est plus grande à poids égal, que si elle était soumise à la pression entière de l'atmosphère. Mais il nous est impossible de décider si cette opinion est fondée,

La chaleur spécifique d'un même gaz augmente-t-elle avec sa densité ; et , s'il en est ainsi , cette augmentation est-elle proportionnelle à celle de la densité ? Les expériences de M. Gay-Lussac , les seules qui , à notre connaissance , soient propres à jeter du jour sur cette importante question , semblent décider pour l'affirmative la première partie , mais ne sont ni assez directes , ni susceptibles d'assez de précision pour répondre à la seconde.

Le premier procédé que nous avons employé pour déterminer la chaleur spécifique comparative des différens gaz , nous a paru également propre à nous fournir des résultats précis , qui nous permissent de répondre à la question que nous venons de rapporter ; il suffisait , en effet , pour cela , de faire circuler dans notre calorimètre un courant d'un même gaz , tantôt comprimé artificiellement , tantôt soumis à la simple pression de l'atmosphère , et de déterminer dans les deux cas le terme où la température du calorimètre deviendrait stationnaire ; or , la disposition de nos gazomètres nous rendait ces expériences assez faciles , moyennant les modifications suivantes.

Nous avons soudé aux robinets  $P$  et  $P'$  (*fig. 8* ) un tube en forme d' $Y$  renversé ;

les deux branches de l'*Y* se réunissaient en un tube commun *III*, qui, s'élevant verticalement, et passant par une ouverture faite au plafond de la chambre, venait s'ouvrir au-dessus d'un baquet *X* placé dans la chambre supérieure; nous avons transporté dans cette même chambre les ballons de verre *A, A'*, et avons établi la communication entr'eux et les réservoirs *B, B'* par de longs tubes qui traversaient également le plafond. Dans cet appareil la hauteur *III* de l'extrémité supérieure du tuyau *H*, au-dessus de l'orifice des robinets *P, P'*, déterminait la pression que le gaz avait à supporter; elle était de 3<sup>m</sup>.44 (1): il est facile de concevoir que les gazomètres, ainsi modifiés, devaient marcher tout comme ils faisaient auparavant.

Il suffisait de faire ces expériences sur un seul gaz pour en tirer des conclusions générales applicables à tous les autres; nous avons choisi pour cela l'air atmosphérique, comme le plus commode à se procurer et le moins susceptible d'altération. Cela nous a permis

---

(1) Pour que les réservoirs inférieurs supportassent cette grande pression sans aucun danger, on a eu soin de les lier fortement avec de grosses cordes.

de supprimer les vessies et les ballons qui les renfermaient, et d'établir une communication immédiate entre les gazomètres et le calorimètre; nous avons acquis, par ce moyen, l'avantage de supprimer des luts très-difficiles à faire avec la solidité nécessaire pour résister à une pareille pression.

Nous nous contenterons de donner les résultats d'une expérience très-soignée, faite avec cet appareil, parce qu'elle a été conduite d'une manière parfaitement analogue à toutes les précédentes.

Les gazomètres étaient disposés de manière à donner dans 10 minutes un courant uniforme de  $31^{l}.10$  (à la température de  $5^{\circ}$ , et sous la pression de  $0^{m}.7527$  du baromètre, plus une colonne d'eau de  $3^{m}.44$ , laquelle répondait à  $0^{m}.2531$  de mercure; ce qui faisait en tout une pression de  $1^{m}.0058$ ); on a conduit l'expérience d'une manière entièrement analogue à toutes celles qui sont présentées dans le premier tableau, et on a obtenu pour résultat que ce courant d'air comprimé maintenait la température du calorimètre à  $16^{\circ}.117$  au-dessus de l'air qui l'environnait, abstraction faite de la chaleur communiquée par le tuyau rempli de vapeurs, qui servait à l'échauffer; or, cet air entrant

dans le calorimètre à  $96^{\circ}.90$ , et en sortait à  $22^{\circ}.832$ ; il subsistait donc un abaissement de  $74^{\circ}.63$  pour produire l'effet que nous avons cité. En ramenant par le calcul les résultats de cette expérience à ce qu'ils eussent été, toutes les circonstances étant supposées les mêmes que dans la première expérience sur l'air, présentée dans le premier tableau, on trouve que sous la pression de  $1^{\text{m}}.0058$  un courant de  $35^{\text{l}}.99$  d'air, en perdant  $72^{\circ}.415$ , élève la température du calorimètre de  $18^{\circ}.703$ , tandis qu'on voit par le tableau que, sous la pression de  $0^{\text{m}}.7405$ , un même courant, dans les mêmes circonstances, ne l'élève que de  $15^{\circ}.423$ ; or, le rapport entre ces deux nombres étant égal à celui des chaleurs spécifiques, il en résulte que si, sous la pression de  $0.7405$ , la chaleur spécifique de l'air est  $1$ , celle d'un même volume d'air sous la pression de  $1.0058$  sera  $1.2127$ .

Nous avons répété avec le plus grand soin ces deux expériences, l'une avec l'air libre, et l'autre avec l'air soumis à la même compression artificielle; elles nous ont donné, après avoir fait tous les calculs, pour le rapport de la chaleur spécifique d'un volume d'air soumis à la pression de  $0^{\text{m}}.7405$  à celle d'un même volume d'air soumis à la pression

de  $1^{\text{m}}.0058$ , celui de  $1:1.2665$ ; en prenant la moyenne entre les résultats de ces deux déterminations, on obtient le rapport de  $1$  à  $1.2396$ .

Il est donc évident que les chaleurs spécifiques de deux volumes égaux d'air soumis à différentes pressions, ne sont point égales, et qu'il y a même une grande différence entre elles; il est aussi facile de s'assurer que le rapport des chaleurs spécifiques n'est pas le même que celui des pressions, ou, ce qui revient au même, que celui des densités; car le rapport des pressions auxquelles l'air était soumis dans nos expériences était celui de  $1:1.3583$ , évidemment plus grand que celui des chaleurs spécifiques  $1:1.2396$ .

Si on a égard aux poids, il résulte de ces mêmes expériences que la chaleur spécifique d'une masse d'air augmente avec son volume sans lui être proportionnelle.

Les expériences que nous avons entreprises sur les différens gaz ayant été faites à des pressions différentes, il était nécessaire, pour les rendre plus comparables, d'amener leurs résultats à ce qu'ils eussent été sous la même pression; les expériences dont nous venons de rendre compte nous ont fourni le moyen

de faire cette correction. En effet, puisque nous savons que pour une augmentation de densité dans le rapport de 1 à 1.3583, la chaleur spécifique de volumes égaux d'air augmente dans le rapport de 1 à 1.2396, nous pouvons déduire de ces rapports celui des chaleurs spécifiques de deux volumes égaux d'air soumis à des pressions qui seraient elles-mêmes dans un rapport différent de celui que nous venons d'indiquer; l'on peut, sans risquer de faire d'erreur de quelque importance, se servir pour cela de la proportion suivante :

$$(1.3583 - 1 = 0.3583) : (1.2396 - 1 = 0.2396)$$

$$:: \left( \frac{D}{P} - 1 \right) : \left( \frac{x}{c} - 1 \right), \text{ dans laquelle}$$

$P$  et  $D$  désignent les deux pressions différentes,  $c$  la chaleur spécifique connue, correspondant à la pression  $P$ , et  $x$  la chaleur spécifique cherchée, correspondant à la pression  $D$ ; cette formule est fondée sur la supposition que les différences entre les chaleurs spécifiques sont proportionnelles aux différences des pressions correspondantes, ce qui peut être considéré comme exact, lorsqu'il s'agit de petites différences. Nous nous sommes servis de la même formule pour tous les gaz, parce que la loi suivant laquelle leur

chaleur spécifique varie sous différentes pressions, si elle n'est pas la même pour tous, doit du moins être très-peu différente.

## SECTION VI.

*Détermination de la chaleur spécifique des gaz, celle de l'eau étant pour unité.*

Nous avons dit que le principe sur lequel était fondé notre premier procédé, pour la détermination de la chaleur spécifique des gaz, nous fournissait deux moyens de rapporter cette chaleur spécifique à celle de l'eau prise pour unité; le second procédé, que nous avons décrit section III, et dont nous devons les bases au comte de Rumford, nous a donné un troisième moyen d'arriver au même but : nous allons exposer successivement les résultats des recherches que nous avons faites en employant ces trois moyens.

§<sup>er</sup>.*Premier moyen.*

Dans la détermination que nous avons faite de la chaleur spécifique des gaz, nous

sommes partis de ce principe : que cette chaleur spécifique était proportionnelle au *maximum* d'élévation de température, auquel un courant chaud de chaque gaz pouvait amener le calorimètre. Pour rapporter ces chaleurs spécifiques à celle de l'eau, il suffisait donc de comparer les effets produits par l'un des gaz à celui que produirait sur le calorimètre un courant d'eau chaude, assez lent pour que cet effet ne fût pas beaucoup plus considérable ; nous y sommes parvenus au moyen de l'appareil suivant :

Pour avoir un courant d'eau régulier et constant, nous nous sommes servis d'un syphon de verre *C* (*fig. 9*), dont une des branches plongeait dans une des tubulures d'un flacon à deux tubulures, presque plein d'eau ; à l'autre tubulure on a placé un ballon renversé et rempli d'eau. Le col de ce ballon était coupé de manière que son extrémité arrivait seulement à la surface de l'eau ; d'après cette disposition, il est évident que quand l'eau s'était assez écoulée par le syphon pour que son niveau s'abaissât au-dessous de l'extrémité du col du ballon, l'eau qui le remplissait tombait dans le flacon, et ramenait le niveau au point primitif, de sorte que l'eau était toujours sollicitée à sortir du syphon,

par le poids d'une colonne à très-peu près égale. Le syphon était fait avec un tube capillaire, afin qu'il donnât un courant très-lent.

On échauffait ce courant d'eau de la même manière que le courant des différens gaz dans les expériences précédentes ; mais, quand un courant d'eau chaude circule lentement dans un tube horizontal, il est impossible de connaître exactement sa température au moyen d'un thermomètre placé au centre du tube, à cause de l'inégalité de température des différentes couches superposées qui forment ce courant. Une expérience directe nous a, en effet, démontré qu'un thermomètre ainsi placé indiquait une température fort inférieure à la température réelle du courant ; pour éviter cette incertitude, nous avons disposé l'appareil de la manière dont il est représenté dans la figure 9.

Le courant d'eau qui coule du syphon *C* est reçu dans un tube *DD*, qui traverse un tube plus large *EE*, continuellement rempli de vapeur d'eau au moyen de la petite chaudière *R* ; le tube *DD* est soudé à un autre tube *FF* d'environ 8 millimètres de diamètre (1) ;

---

(1) On a représenté à côté de la figure ce tube dans des dimensions plus grandes.

dans ce tube , qui est , comme on le voit , dans une position presque verticale , sont disposés trois thermomètres , n<sup>os</sup>. 1 , 2 , 3 , de manière que leurs trois petits réservoirs sphériques se trouvent au centre du tube , et éloignés l'un de l'autre de 0<sup>m</sup>.0275. On verra plus bas comment ces thermomètres ont servi à la détermination de la température du courant d'eau à son entrée dans le calorimètre. Le tube *FF* est soudé au tube de verre horizontal *GG* ; celui-ci est coupé à son extrémité *G* , très-près de la soudure , de manière que la boule du thermomètre n<sup>o</sup>. 1 , qui doit être nécessairement dans le tube vertical , afin qu'elle puisse bien prendre la température du courant d'eau , se trouve néanmoins éloignée du point où l'eau entre dans le calorimètre d'une quantité égale à la distance qui sépare le thermomètre n<sup>o</sup>. 1 et le thermomètre n<sup>o</sup>. 3. Le tube *GG* est fermé par un bouchon *H* pour que l'eau ne puisse point s'échapper , et il est usé à son extrémité *G* , de manière qu'en le serrant au moyen de deux vis contre un cuir placé sur le calorimètre ; il ferme hermétiquement , et ne permet à l'eau de s'échapper dans aucune direction. L'eau sort du calorimètre par un tube *OOO* tiré capillairement à son extrémité *P* , par

laquelle elle s'écoule goutte à goutte dans un tube gradué, qui sert à mesurer la vitesse du courant : du reste, le calorimètre s'est trouvé placé, comme dans les expériences précédentes, dans une chambre séparée pour que la température de l'air ambiant fût moins variable.

On a suivi une marche toujours analogue pour déterminer le maximum de l'effet produit par le courant d'eau chaude; c'est-à-dire, qu'on a d'abord élevé la température du calorimètre un peu au-dessous du terme qu'on supposait être ce maximum; on l'a ensuite abandonné à lui-même pendant que le courant d'eau le traversait, et on l'a observé toutes les 10 minutes. Au moment où son échauffement n'a presque plus été sensible, les thermomètres étaient dans l'état suivant :

Thermomètre indiquant la température de l'air qui entourait le calorimètre.	Thermomètre indiquant la température de l'eau du calorimètre.	THERMOMETRES.		
		N <sup>o</sup> . 1.	N <sup>o</sup> . 2.	N <sup>o</sup> . 3.
7°.772	28°.543	60°.53.	66°.27	65°.19

On a ensuite élevé de nouveau artificiellement la température du calorimètre d'environ  $0^{\circ}.6$ , et on a fait circuler le courant d'eau ; la température du calorimètre a successivement baissé ; et, lorsqu'elle a paru s'arrêter, on a fait les observations suivantes :

Thermomètre indiquant la température de l'air qui entourait le calorimètre.	Thermomètre indiquant la température de l'eau du calorimètre.	THERMOMETRES.		
		N <sup>o</sup> . 1.	N <sup>o</sup> . 2.	N <sup>o</sup> . 3.
$7^{\circ}.759$	$28^{\circ}.613$	$60^{\circ}.42$	$66^{\circ}.30$	$63^{\circ}.11$

Dans ces deux expériences, le courant d'eau était tel, qu'il en passait  $37^{\text{s}}.750$  dans 10 minutes.

Si l'on examine avec attention l'état des thermomètres n<sup>os</sup>. 1, 2 et 3, on verra que, pour des distances aussi rapprochées que celles qui, dans notre appareil, séparaient ces thermomètres les uns des autres, on peut considérer la proposition suivante comme vraie : lorsqu'un courant d'eau chaude régulier parcourt un tube vertical, si on dispose dans ce tube des thermomètres placés à son centre, et à des distances égales les unes des

autres, la différence entre les degrés indiqués par deux thermomètres consécutifs sera proportionnelle à l'excès de la température de l'eau sur celle de l'air ambiant.

De sorte qu'on ne peut pas faire d'erreur appréciable, en supposant que le courant d'eau chaude, pour aller du thermomètre n<sup>o</sup>. 1 au calorimètre, a perdu 2<sup>o</sup>.7, et que, par conséquent, il entrait dans le calorimètre à 57<sup>o</sup>.55.

D'un autre côté, on s'est assuré qu'il sortait à la température de l'eau du calorimètre.

Il résulte donc de cette expérience qu'un courant d'eau de 57<sup>o</sup>.750 par 10 minutes, en perdant 29<sup>o</sup>.072, maintient la température du calorimètre plus élevée de 20<sup>o</sup>.713 que celle de l'air ambiant.

On voit, par le premier tableau, que 35<sup>l</sup>.99 d'air ou 46<sup>g</sup>.860, en traversant le calorimètre toutes les 10 minutes, et en perdant 72<sup>o</sup>.415, maintenaient sa température élevée au-dessus de l'air ambiant de 15<sup>o</sup>.734. En ramenant par le calcul les résultats de l'expérience sur le courant d'eau, à ce qu'ils eussent été sous les mêmes circonstances que dans celle sur le courant d'air, on trouve que le *maximum* de température, auquel il aurait maintenu le calorimètre, aurait été de 64<sup>o</sup>.045

au-dessus de l'air ambiant. Les chaleurs spécifiques étant proportionnelles aux effets des courans, il en résulte que la chaleur spécifique de l'eau étant. . . . . 1

Celle de l'air atmosphérique est . 0.2460.

Une seconde expérience nous a donné. . . . . 0.2536.

Moyenne. . . . . 0.2498.

## § II.

### *Second moyen.*

Le second moyen de connaître le rapport entre la chaleur spécifique de l'air et celle de l'eau, consiste à déterminer par le calcul la quantité de chaleur abandonnée dans un tems donné par le calorimètre, lorsque le courant d'air chaud a rendu sa température stationnaire. Nous avons, en effet, démontré que parvenu à ce point, le calorimètre abandonne à l'air ambiant autant de chaleur qu'il en reçoit du courant d'air chaud. Voici les bases de ce calcul :

Notre calorimètre contenait 556 grammes d'eau distillée; le cuivre jaune qui formait ses parois et son serpentín pesait 328 gramm. : or, comme la chaleur spécifique de ce métal

est 0.112 (1), cette quantité de cuivre répondait à 36<sup>s</sup>.7 d'eau distillée. Il y avait en outre 107 grammes de soudure, dont la chaleur spécifique, étant une moyenne entre celle du plomb et celle de l'étain (2), pouvait être évaluée à 0.038, ce qui correspondait, par conséquent, à 4<sup>s</sup>.06 d'eau; la masse totale du calorimètre et de l'eau qu'il renfermait contenait donc autant de chaleur que 596<sup>s</sup>.8 d'eau distillée.

Rappelons ici le résultat de notre expérience sur l'air atmosphérique, sous la pression de 0<sup>m</sup>.76 et à la température de 0°; un courant d'air de 35<sup>l</sup>.99 dans 10 minutes, en se refroidissant de 72°.<sup>415</sup>, perdait une quantité de chaleur suffisante pour maintenir le calorimètre à une température plus élevée de 15°.<sup>734</sup> que celle où il se serait maintenu sans cela; il lui fournissait donc alors dans un temps donné, une quantité de chaleur égale à celle qu'il perdait dans le même tems. Or, il résulte d'une expérience dont nous ren-

(1) Crauwford, Système de chimie de Thomson, tom. II, pag. 227.

(2) Les chaleurs spécifiques du plomb et de l'étain sont prises dans les Mémoires de Lavoisier, t. I<sup>er</sup>., pag. 130.

drons compte dans un moment, que si la quantité de chaleur qu'il perdait dans 10 minutes, dans cette circonstance, n'eût pas été remplacée, sa température se serait abaissée de  $1^{\circ}.5996$ ; ou, ce qui revient au même, la quantité de chaleur abandonnée par le courant était suffisante pour élever la température du calorimètre de  $1^{\circ}.5996$ .

La quantité de litres d'air, qui traversait le calorimètre dans 10 minutes, pesait  $46^{\text{s}}.860$ , cette quantité en subissant un abaissement de température de  $72^{\circ}.415$  perdait par conséquent assez de chaleur pour élever le calorimètre =  $596^{\text{s}}.8$  d'eau, de  $1^{\circ}.5996$  ou ce qui revient au même pour élever  $13^{\text{s}}.183$  d'eau de  $72^{\circ}.415$ . La chaleur spécifique de l'air est donc à celle de l'eau comme  $13.183$  est à  $46.860$ ; ou, comme  $0.2815$  est à  $1$ , rapport qui diffère peu de celui que nous avons trouvé par l'expérience sur le courant d'eau.

Il nous reste à prouver maintenant que si la quantité de chaleur que le calorimètre perdait en 10 minutes n'eût pas été remplacée par le courant de gaz chaud, sa température se serait abaissée, comme nous l'avons avancé dans le calcul précédent, de  $1^{\circ}.5996$ .

Pour y parvenir, nous avons commencé

par déterminer, au moyen des expériences suivantes, la quantité dont la température du calorimètre, après que le courant d'air chaud l'avait portée à son *maximum*, se serait abaissée dans un tēms donné, si on eût supprimé tout d'un coup ce courant. Dans ce but, le calorimètre a été élevé, au moyen d'une lampe à une température de 40° environ ; puis laissant toutes choses disposées, comme dans l'expérience où nous faisons circuler le courant d'air chaud, même le tube *FG* (*fig. 5*) qui servait à échauffer le gaz, étant maintenu rempli de vapeur d'eau, mais ne faisant passer aucun courant au travers du calorimètre, nous l'avons abandonné à lui-même, et avons noté sa marche de refroidissement. Nous avons obtenu de cette manière dans deux expériences successives les deux séries de nombres suivans.

1 <sup>re</sup> . SÉRIE.			2 <sup>e</sup> . SÉRIE.		
Temps.	TEMPÉRATURE de l'air environnant.	TEMPÉRATURE du calorimètre.	Temps.	TEMPÉRATURE de l'air environnant.	TEMPÉRATURE du calorimètre.
0'	5 <sup>o</sup> .185	30 <sup>o</sup> .252	0'	5 <sup>o</sup> .300	28 <sup>o</sup> .893
5	5.185	29.112	5	5.262	27.820
10	5.185	28.020	10	5.259	26.793
15	5.172	27.011	15	5.172	25.815
25	5.172	26.040	20	5.147	24.905
30	5.159	25.120	25	5.147	24.027
35	5.108	24.251	30	5.147	23.210
40	5.057	23.425	35	5.159	22.449
50	4.954	21.888	40	5.159	21.698
55	4.954	21.169	45	5.152	20.997
60	4.937	20.507	50	5.147	20.539
65	4.886	19.862	55	5.147	19.708
70	4.886	19.246			

Maintenant on voit par notre premier tableau, que le courant d'air atmosphérique qui y est indiqué élevait la température du

calorimètre de  $15^{\circ}.734$  au-dessus du terme où l'influence du tuyau plein de vapeur qui servait à échauffer le courant, l'aurait élevée si elle avait agi seule; ou, ce qui revient au même, au-dessus de la température de l'air ambiant, supposée augmentée de  $2^{\circ}.5$  (effet que le tuyau rempli de vapeur aurait produit sur le calorimètre). Choisissons dans notre première série d'observation sur la marche de refroidissement, un terme dont l'excès sur la température de l'air environnant supposée aussi augmentée de  $2^{\circ}.5$  (pour que les circonstances soient les mêmes) soit à peu-près le même, nous trouvons  $23^{\circ}.425$ . Négligeant les premiers termes suivans comme trop rapprochés, prenons seulement le quatrième observé 20 minutes après, savoir  $20^{\circ}.507$ ; retranchons-le du premier, nous aurons  $2^{\circ}.918$ , quantité qui exprime le refroidissement du calorimètre dans 20 minutes. Nous trouvons par une proportion que si l'excès de la température du calorimètre sur celle de l'air environnant, supposée toujours augmentée de  $2^{\circ}.5$ , eût été dans le cas que nous avons choisi exactement de  $15^{\circ}.734$ , le refroidissement dans 20 minutes n'aurait été que  $2^{\circ}.887$ , et par conséquent cet excès

se serait trouvé au bout de 20 minutes égal à  $12^{\circ}.847$ .

Cet abaissement de température donné par l'expérience, n'est pas le même que celui qu'eût éprouvé le calorimètre dans le même tems, s'il eût conservé la vitesse de refroidissement qu'il avait au premier instant. Ce dernier eût été plus considérable, mais on le peut déterminer, au moyen des données précédentes et en faisant usage de la formule

$$S = A \log \text{hyp.} \frac{A}{B} \text{ (1),}$$

dans laquelle  $S$  désigne la quantité cherchée,  $A$  l'excès de la température du calorimètre sur celle de l'air environnant dans le premier instant de l'expérience, et  $B$  cet excès au bout de 20 minutes.

En faisant l'application de cette formule aux nombres que nous venons de trouver, nous avons  $A=15^{\circ}.734$ , et  $B=12^{\circ}.847$ , ce qui donne  $S=3^{\circ}.1895$ ; on trouverait de même  $S=3^{\circ}.2089$ , en se servant des nombres de la seconde série d'observations du refroidissement du calorimètre. La moyenne

---

(1) Voy. à la note 3, à la fin du Mémoire, l'explication détaillée de cette formule.

de ces deux valeurs est  $S=3^{\circ}.1992$ , et par conséquent on a  $1^{\circ}.5996$  pour la valeur de  $\frac{1}{2} S$  ou pour l'abaissement de température qu'éprouverait le calorimètre dans 10 minutes, s'il conservait pendant tout ce tems sa vitesse initiale de refroidissement. C'est ce nombre dont nous avons fait usage pour calculer ci-dessus la chaleur spécifique de l'air.

### § III.

#### *Troisième moyen.*

Les expériences que nous avons faites en nous servant du procédé imaginé par le comte de Rumford, nous donnent un moyen direct et plus simple que les précédens, d'arriver à la connaissance de la chaleur spécifique des gaz, comparée à celle de l'eau. En effet, on voit par le tableau de ces expériences, que, sous la pression de  $0^{\text{m}}.7600$  et à la température de  $0^{\circ}.83$ , 20 litres, ou 108<sup>s</sup>.320 d'air atmosphérique, en subissant un abaissement de température de  $85^{\circ}$ , ont élevé la température du calorimètre de  $4^{\circ}$ ; or, dans ces expériences, notre calorimètre contenait 580 gram. d'eau distillée. Si on ajoute à ce nombre  $40^{\text{e}}.7$ , quantité qui, ainsi que nous l'avons

dit dans le paragraphe précédent, représente la masse du métal dont est formé notre calorimètre, en la considérant comme ayant une chaleur spécifique égale à celle de l'eau, on aura 620<sup>s</sup>.8 d'eau que nous pouvons considérer comme contenant autant de chaleur que notre calorimètre.

108<sup>s</sup>.320 d'air, en perdant 85°, ont donc suffi pour réchauffer de 4° 620<sup>s</sup>.8 d'eau. Mais on trouve, par une proportion, que 620<sup>s</sup>.8 d'eau, pour s'échauffer de 4°, exigent autant de chaleur que 29<sup>s</sup>.214 pour s'échauffer de 85°. Les chaleurs spécifiques de l'air et de l'eau sont donc dans le rapport de 29.214 à 108.320, ou celui de 0.2697 à 1.

Nous avons trouvé pour la chaleur spécifique de l'air par le premier moyen 0.2498, et par le second 0.2813; on voit que ces trois déterminations ne diffèrent que peu l'une de l'autre. En prenant la moyenne, on trouve 0.2669 pour la chaleur spécifique de l'air, rapportée à celle de l'eau. Maintenant en adoptant pour les rapports de la chaleur spécifique des différens gaz avec celle de l'air, ceux auxquels nous ont conduit nos premières expériences, il nous est facile de former la table suivante de la chaleur spécifique

de ces différens gaz, celle de l'eau étant prise pour unité.

Sous la pression de 0.76 ,

Chaleur spécifique de l'eau .	1.0000.
— de l'air atmosphérique .	0.2669.
— du gaz hydrogène . : .	3.2936.
— acide carbonique. . .	0.2210.
— oxigène . . . . .	0.2361.
— azote . . . . .	0.2754.
— oxide d'azote . . . .	0.2369.
— oléfiant . . . . .	0.4207.
— oxide de carbone. . .	0.2884.
— de la vapeur aqueuse.	0.8470.

## SECTION VII.

*Considérations générales.*

Nous terminerons ce Mémoire en indiquant les résultats généraux des faits qu'il renferme, et en présentant quelques considérations sur les conséquences qu'on en peut tirer.

## § I.

*Chaleur spécifique des gaz comparés les uns aux autres.*

La chaleur spécifique des gaz n'est point la même pour tous, soit que l'on ait égard aux volumes, soit que l'on ait égard aux poids. Les différences, il est vrai, ne sont pas très-considérables sous le premier rapport : aussi lorsqu'on n'emploie pas des moyens très-précis pour mesurer cette chaleur, on doit être facilement porté à croire, comme l'ont fait quelques physiciens, qu'elle est la même pour tous ; mais lorsqu'on met plus de précision dans ses recherches, on voit que cette opinion n'est plus soutenable. Nous n'avons observé aucun rapport entre la chaleur spé-

cifique des gaz et leur pesanteur spécifique. Il suffit de jeter les yeux sur le tableau suivant pour s'en assurer.

	Sous le même volume.	Sous le même poids.	Pesanteur spécifique.
Chaleur spécifique de l'air. .	1.0000	1.0000	1.0000.
Hydrogène. . . . .	0.9033	12.3401	0.0732.
Acide carbonique. . . . .	1.2583	0.8280	1.5196.
Oxigène . . . . .	0.9765	0.8848	1.1036.
Azote . . . . .	1.0000	1.0318	0.9691.
Oxide d'azote. . . . .	1.3503	0.8878	1.5209.
Gaz oléfiant. . . . .	1.5530	1.5763	0.9885.
Oxide de carbone. . . . .	1.0340	1.0805	0.9569.

Les différences dans les chaleurs spécifiques des gaz, considérées sous le rapport des poids, sont bien plus considérables, comme on peut le voir aussi dans ce tableau.

## § II.

*Influence de la densité sur la chaleur spécifique d'un même gaz.*

La chaleur spécifique de l'air atmosphérique considérée sous le rapport des volumes, augmente avec sa densité, mais suivant une progression moins rapide. Par conséquent, considérée sous le rapport des masses, elle diminue à mesure que la densité augmente.

C'est en effet ce qui résulte de nos expériences qui nous donnent pour la chaleur spécifique de l'air soumis à la pression de  $1^m.0058$   $1.2396$ , celle du même volume soumis à la pression de  $0.7405$  étant  $1.00$ . L'augmentation de chaleur spécifique n'a donc été que dans le rapport de  $1 : 1.2396$ , pour une augmentation de pression dans le rapport de  $0.7405$  à  $1.0058$  ou de  $1$  à  $1.3583$ .

Il résulte encore de cette expérience que le rapport des pressions étant le même que le précédent, celui des chaleurs spécifiques d'une même masse d'air soumise à ces différentes pressions sera de  $1 : 0.9126$ .

Tout le monde sait que lorsque l'air est comprimé il se dégage de la chaleur. Ce phénomène a été expliqué depuis longtems

par le changement que l'on supposait s'effectuer dans la chaleur spécifique de l'air. Mais cette explication, reposait sur une simple supposition dont on n'avait aucune preuve directe : il nous semble que les résultats que nous venons de présenter sont propres à lever tous les doutes qu'on pourrait élever contre cette explication.

Le docteur Irvine père, et différens physiiciens depuis lui, ont cherché à déterminer le zéro absolu, ou la quantité dont il faudrait abaisser la température d'un corps pour le priver de toute sa chaleur. On est parti de ce principe, que la quantité de chaleur qui se dégage ou s'absorbe dans le passage d'un corps, d'un état à l'autre, est entièrement due au changement de capacité qui se fait alors dans ce corps, et on a cru pouvoir, connaissant d'une part ce changement de capacité, de l'autre, la quantité de chaleur absorbée ou abandonnée dans le changement d'état du corps, déterminer la quantité de chaleur qu'il contenait. C'est ainsi qu'en supposant la chaleur spécifique de la glace égale à 0.9, celle de l'eau étant 1.00, et en admettant, d'un autre côté, que l'eau, en se gelant, abandonne une quantité de chaleur capable de l'élever de 75°, on en a conclu

que le zéro naturel est à  $750^{\circ},0$  au-dessous du terme de la glace fondante; ou, ce qui revient au même, que la quantité de chaleur contenue dans de l'eau à  $0^{\circ}$  serait suffisante pour élever sa température de  $750^{\circ}$  (1).

Différens motifs qu'il serait trop long d'exposer ici, et sur quelques-uns desquels nous reviendrons plus bas, ont fait élever des doutes relativement à la justesse des principes sur lesquels reposait cette détermination du zéro absolu. Nous sommes très-disposés à les partager; mais nous n'en croyons pas moins devoir présenter un calcul du même genre, dont les bases nous sont fournies en partie par nos expériences.

On sait que la théorie du son, fondée sur la connaissance de l'élasticité de l'air, donne, pour la vitesse de sa propagation, une quantité plus faible que l'expérience; M. De Laplace a pensé que cette différence entre les résultats de la théorie et ceux de l'observation tenait à ce qu'on avait négligé dans le calcul l'ang-

(1) Les déterminations du zéro absolu ont été un peu différentes suivant les différentes valeurs qu'on a prises pour la quantité de chaleur que l'eau abandonne en se gelant: celle que nous avons adoptée a été trouvée par MM. Lavoisier et De Laplace.

mentation d'élasticité de l'air, dépendante de l'échauffement instantané que faisait éprouver successivement à ses différentes molécules la compression à laquelle elles étaient soumises dans chaque vibration ; et M. Poisson a prouvé que , pour faire accorder les résultats de la théorie avec ceux de l'expérience, il fallait supposer qu'un volume quelconque d'air, lorsqu'il est soumis à une compression subite capable de le diminuer de  $\frac{1}{118}$ , abandonne une quantité de chaleur suffisante pour élever sa température de 1 degré (1). Cette supposition est si probable, qu'on peut considérer cette mesure de la quantité de chaleur dégagée dans la compression de l'air, comme plus exacte que celle qu'on obtiendrait par une expérience directe. Nous pouvons donc nous servir de cette donnée pour déterminer la quantité de chaleur que l'air aurait abandonnée en passant subitement de la pression de 74.05 cent., à laquelle il était soumis dans une de nos expériences sur l'air comprimé, à celle de 100.58.cent., à laquelle il était soumis dans l'expérience comparative ; et nous trouvons ainsi qu'elle aurait été suffi-

---

(1) Dans la supposition que le son parcourt 1038 pieds par seconde.

sante pour élever la même quantité d'air de  $30^{\circ}.5$  (1). Or, maintenant représentons par  $b x$  la quantité absolue de chaleur contenue dans la masse d'air comprimée,  $b$  étant sa chaleur spécifique, et  $x$  l'excès de sa température sur le zéro absolu; nommons de même  $a x$  la quantité de chaleur contenue dans la masse non comprimée,  $a$  étant sa chaleur spécifique. L'excès de l'une de ces quantités sur l'autre sera  $(a - b) x$ ; et, puisque, suivant la théorie du docteur Irvine, cet excès est égal à la quantité de chaleur dégagée dans le changement d'état des corps, quantité que dans ce cas nous pouvons représenter par  $b 30^{\circ}.5$ , puisque  $b$  est la chaleur spécifique de l'air comprimé, nous aurons  $(a - b) x = 30^{\circ}.5 b$ , équation d'où nous tirerons  $x = \frac{30^{\circ}.5 b}{ab}$ ; substituant pour  $a$  et  $b$

leurs valeurs telles qu'elles nous sont données par nos expériences, c'est-à-dire 1.000, et 0.9126, nous aurons  $x = 318^{\circ}.4$ . Retrançons de cette quantité  $12^{\circ}$ , température à laquelle ont été faites les expériences sur la vitesse du son, nous aurons  $306^{\circ}.4$  pour la

---

(1) En admettant que le dégagement de chaleur soit proportionnel à la diminution absolue de volume.

température réelle de la glace fondante , ou —  $506^{\circ}.4$  pour le zéro absolu ; résultat bien différent de celui que nous avons trouvé par la comparaison de la chaleur spécifique de l'eau avec celle de la glace , mais assez semblable à celui de —  $375^{\circ}$  que l'on obtiendrait , en estimant à  $0^{\circ}.8$  la chaleur spécifique de la glace , comme l'a fait Irvine. Nous répétons , au reste , ici que nous attachons très-peu d'importance à ce genre de détermination.

La difficulté de ce genre d'expérience nous à empêchés de déterminer si le changement de la capacité pour le calorique dû à un changement de pression est le même pour différens gaz ; cela est infiniment probable , puisque la loi suivant laquelle la densité s'accroît par une augmentation donnée de pression est la même pour tous. On doit donc admettre cette opinion jusqu'à ce que de nouvelles expériences indiquent le contraire ; mais on n'en a point de preuves directes. Les résultats très-curieux des expériences de M. de Saissy (1), s'ils sont exacts , peuvent même faire élever des doutes à cet égard.

---

(1) M. de Saissy , physicien de Lyon , a fait des expériences , desquelles il résulte , que si l'on fait subir une forte compression subite à différens gaz , il n'y a que ceux qui contiennent de l'oxigène qui produisent de la lumière , et l'oxigène pur est celui de tous qui en donne le plus.

## § III.

*Chaleur spécifique des gaz, comparée à celle de l'eau, et de divers solides ou liquides.*

On ne peut chercher à déterminer la chaleur spécifique des gaz, sans remarquer que, pour des volumes égaux, elle est presque nulle relativement à celle des corps liquides ou solides; les expériences les plus grossières suffisent pour faire voir la justesse de cette assertion, que confirment pleinement les résultats de recherches plus exactes; c'est ainsi qu'en comparant la chaleur spécifique du gaz oléfiant, celui cependant de tous les gaz que nous avons examinés, qui, sous le même volume, à la plus grande chaleur spécifique, avec celle d'un volume égal d'eau, on trouve que la première n'est que la deux millième partie de la seconde.

Si l'on a égard au poids, la chaleur spécifique des gaz se rapproche beaucoup plus de celles des corps solides, comme on peut en juger par le résultat de nos expériences, que nous remettons ici sous les yeux du lecteur.

Chaleur spécifique de l'eau. . .	1.0000.
— de l'air atmosphérique. . .	0.2669.
— du gaz hydrogène . . .	3.2956.
— acide carbonique. . .	0.2210.
— oxigène . . . . .	0.2561.
— azote . . . . .	0.2754.
— oxide d'azote . . . . .	0.2569.
— oléfiant . . . . .	0.4207.
— oxide de carbone . . .	0.2884.
— de la vapeur aqueuse. . .	0.8470.

On voit par ce tableau que si l'on excepte l'hydrogène, qui de tous les corps connus est celui dont la chaleur spécifique est la plus considérable, tous les gaz que nous avons examinés en ont une plus faible que l'eau et plus forte que les métaux qui en ont le plus.

Les résultats que nous avons obtenus en comparant la chaleur spécifique des gaz avec celle de l'eau, nous permettent de décider si, comme l'ont pensé quelques personnes, il y aurait, sous le rapport de l'économie du combustible, de l'avantage à faire usage des machines dans lesquelles on emploierait la dilatation de l'air au lieu de celle de l'eau réduite en vapeurs. Nous considérons ici la question sous un point de vue purement théorique, et abstraction faite soit des diffi-

cultés d'exécution des machines, soit des pertes de force que l'on ne peut entièrement éviter. En partant des valeurs du tableau précédent pour les chaleurs spécifiques de l'air et de l'eau, nous avons trouvé qu'avec la même quantité de chaleur employée dans un cas à convertir en vapeur de l'eau à zéro, mais sans élever la température de cette dernière au-delà de  $100^{\circ}$ , et employée dans l'autre cas à amener de l'air de la température de zéro à celle de  $100^{\circ}$ , les effets produits dans le premier cas seraient à ceux produits dans le second dans le rapport de 1 à 1.285; mais l'avantage en faveur de la dilatation de l'air serait bien plus grand, si l'on élevait davantage la température (1). On sent que d'après les connaissances qu'on a déjà sur la quantité de chaleur abandonnée par la vapeur qui se condense, et d'après les données que nous ont fournies nos expériences sur la chaleur

---

(1) C'est ainsi que si au lieu d'appliquer la même quantité de chaleur à élever la masse d'air de  $0^{\circ}$  à  $100^{\circ}$ , on l'appliquait à élever une masse trois fois moindre de zéro à 300 degrés, l'effet produit dans ce dernier cas serait 3.043, par conséquent trois fois aussi grand que celui qu'on produirait en employant la même quantité de chaleur à réduire de l'eau en vapeur.

spécifique des gaz, il était très-possible d'arriver à la solution de cette question; mais les calculs qui y conduisent étant assez compliqués et exigeant, pour être présentés avec clarté, des détails qui pourraient paraître étrangers au sujet proposé par l'Institut, nous ne les rapporterons pas ici.

#### § IV

##### *Chaleur spécifique de la vapeur aqueuse, comparée à celle de l'eau.*

Il eut été extrêmement intéressant de déterminer avec exactitude la chaleur spécifique de diverses vapeurs, et de les rapporter à celles des fluides qu'elles forment par leur condensation. L'énorme quantité de chaleur qui se dégage dans ce changement d'état, porte à croire, si l'on adopte les idées d'Irvine, à cet égard, que la capacité pour le calorique des vapeurs est beaucoup plus grande que celles des liqueurs correspondantes. La solution de cette question serait peut-être le moyen le plus certain de jeter du jour sur ce sujet important. Malheureusement ce que nous avons fait à cet égard se réduit à bien peu de choses à cause de l'extrême difficulté de

ce genre de recherches. Non-seulement nous n'avons pu examiner d'autres vapeurs que celle de l'eau, mais encore nous n'avons pu déterminer la chaleur spécifique de cette dernière avec une entière certitude. Les expériences que nous avons faites portent, comme on le voit dans le tableau précédent, la chaleur spécifique de la vapeur aqueuse à 0.847, celle de l'eau étant 1. Il faudrait en conclure que la chaleur spécifique de l'eau, loin d'augmenter en passant de l'état de liquidité à celui de vapeur, diminue réellement, ce qui suffirait pour renverser entièrement la doctrine qui attribue au changement de chaleur spécifique le dégagement ou l'absorption de chaleur qui ont lieu dans le changement d'état d'un corps. Cette conclusion serait analogue à celle que nous avons tirée avec infiniment plus de certitude dans le paragraphe suivant des faits relatifs à la chaleur dégagée ou absorbée dans les combinaisons. Mais nous avouons que, quoique nous croyions notre détermination de la chaleur spécifique de la vapeur peu écartée de la vérité, nous n'y avons pas une confiance assez entière pour pouvoir en tirer d'une manière affirmative une conséquence aussi importante.

## § V.

*Chaleur spécifique des gaz, comparée à celles des composés dans lesquels ils entrent.*

Lorsque dans la combinaison de deux corps, il y a condensation et dégagement de calorique, le composé a une chaleur spécifique moindre que celle à laquelle on serait conduit par un calcul fondé sur la connaissance de la chaleur spécifique des composans et des proportions dans lesquelles ils sont unis. Lorsqu'au contraire il y a production de froid, le composé a plus de chaleur spécifique que ne l'indique le calcul (1) ; c'est du moins ce qui semble résulter de presque toutes les expériences qu'on a faites jusqu'à présent sur ce sujet. Deux faits connus font seuls exception à cette loi, et ils ne sont pas assez tranchés pour qu'on ne puisse supposer que cette exception apparente tient à quelque erreur dans l'observation. Tous les deux ont été observés par MM. Lavoisier et De Laplace;

---

(1) Ce calcul est fort simple. En effet, soit  $x$  la masse du composé  $a$  celle de l'un des composans  $x - a$ , celle de l'autre ;  $c$  la chaleur spécifique du premier, et  $d$  celle du second : on aura pour la chaleur spécifique du composé  $ac + (x - a)d$ .

l'un dans la combinaison de la chaux avec l'eau, l'autre dans la dissolution du nitre par l'eau.

Le docteur Irvine, de Glasgouw, qui le premier a découvert cette loi, mais qui ignorait les deux faits que nous venons d'indiquer, en a déduit une hypothèse fort ingénieuse, par laquelle il a expliqué le dégagement de chaleur qui a lieu dans ces combinaisons, en supposant que ce dégagement est entièrement dû au changement de chaleur spécifique. Cette hypothèse, qui n'est qu'une extension de celle par laquelle il avait expliqué le dégagement et l'absorption de chaleur qui ont lieu dans le changement d'état d'un même corps, est sujete à des objections très-fortes qui ont détourné la plupart des savans de l'adopter, mais qui n'étaient pas absolument concluantes et n'ont pas suffi pour la faire rejeter entièrement. Elle a beaucoup de partisans parmi lesquels il faut sur-tout compter le docteur Crawford, et elle vient d'être représentée avec détail par le fils de l'auteur dans un ouvrage publié il y a quelques années (1).

---

(1) *Essays chiefly on chemical subjects by the late W. Irvine, and by his son W. Irvine. London 1805.*

Tous les faits qui sont relatifs à la chaleur spécifique des corps étant propres à jeter du jour sur cette question, nous allons examiner, sous ce rapport, quelques-uns de ceux qui sont le résultat de nos expériences.

1°. Gaz oxide d'azote ( composé, suivant Davy, de azote, 0.633 oxigène 0.367 ).

Sa chaleur spécifique est, d'après

le calcul . . . . . 0.2404  
— d'après nos expériences. . . 0.2369

2°. Gaz acide carbonique ( composé d'oxide de carbone 0.634, oxigène 0.366 ; Mémoires de la Société d'Arcueil, tom. II, p. 253 ).

Sa chaleur spécifique est, d'après

le calcul. . . . . 0.2692  
— d'après nos expériences. . . 0.2210

3°. Oxide rouge de plomb ( composé de 0.9 plomb et 0.1 oxigène ; Berzelius, Ann. de Chimie, tom. LXXVIII, pag. 14 ).

Sa chaleur spécifique calculée

( celle du plomb étant 0.0282 ;  
Lavoisier et De Laplace ) . . 0.0490  
D'après l'expérience ( Lavoisier  
et De Laplace ) . . . . . 0.0622

4°. Oxyde rouge de mercure ,  
(composé de 0.85 mercure et 0.15  
oxygène; Chenevix).

Sa chaleur spécifique calculée  
( celle du mercure étant  
0.029; Lavoisier et De La-  
place). . . . . 0.0600  
D'après l'expérience ( Lavoisier  
et De Laplace). . . . 0.001

5°. Enfin l'eau ( composée de  
0.87 oxygène 0.13 hydrogène).

Sa chaleur spécifique cal-  
culée . . . . . 0.6335  
D'après l'expérience. . . . 1.0000

Si nous examinons maintenant jusqu'à quel point ces différences entre les chaleurs spécifiques des composés données par l'observation, et celles données par le calcul, s'accordent avec la loi observée par le docteur Irvine, nous verrons que, pour les trois composés 1, 2, 4, elles rentrent dans la loi générale; car, quoiqu'on n'ait pas observé directement qu'il y eût un dégagement de chaleur dans la formation de ces corps, la condensation que les élémens éprouvent en

formant ces combinaisons, prouve que ce dégagement a réellement lieu. Il n'en est pas de même du troisième, c'est-à-dire de l'oxide de plomb rouge; nous devons croire également qu'il y a dans sa formation dégagement de calorique, et cependant le composé a une chaleur spécifique un peu plus grande que celle déduite par le calcul de la chaleur spécifique des composans. Il est vrai que, comme il n'y a qu'une très-petite différence, et qu'elle porte sur des quantités sujetes à quelques erreurs, on ne pourrait tirer de ce fait d'objection positive contre la généralité de la loi; mais nous en trouvons une qui nous paraît insurmontable dans le cinquième cas, que nous venons d'examiner, c'est-à-dire, dans celui de la formation de l'eau. On voit que la chaleur spécifique, déduite de la connaissance de celle de l'hydrogène et de l'oxigène, ne serait que de 0.6335, tandis qu'elle est réellement de 1; ce fluide servant de mesure commune dans la détermination de la chaleur spécifique de tous les corps, on ne peut élever de doutes sur l'estimation de celle qui lui est propre. On ne pourrait donc en élever que sur la détermination que nous avons faite de la chaleur spécifique des gaz oxigène et hydrogène; or,

il nous semble que la précision des moyens que nous avons employés est telle, que nous n'avons pu commettre d'erreur à beaucoup près comparable à celle qu'il faudrait supposer pour faire disparaître la différence entre les résultats donnés par le calcul et par l'expérience directe, et sur-tout pour qu'on pût en admettre une en sens inverse, ainsi qu'il le faudrait pour faire accorder nos résultats avec la loi établie par Irvine. En supposant que toutes les causes d'erreur qu'ont pu présenter nos procédés eussent agi toutes dans le même sens, et en portant leur influence au-delà des limites qu'il est raisonnable de leur assigner, on ne pourra porter la chaleur spécifique de l'eau telle qu'elle est donnée par le calcul à 0.800 ; il faut donc, si nous ne nous faisons pas illusion à cet égard, abandonner absolument l'hypothèse d'après laquelle le dégagement de chaleur, qui a lieu dans les combinaisons, serait attribué uniquement au changement de capacité des corps pour le calorique, et admettre en conséquence ainsi que l'ont fait Blake, MM. Lavoisier et De Laplace, et un grand nombre de physiciens, l'existence du calorique à l'état de combinaison dans les corps. La connaissance de la chaleur spécifique de l'oxygène suffirait

seule pour faire adopter cette opinion ; car elle est si peu considérable, qu'il est presque impossible d'expliquer la grande quantité de chaleur qui se dégage dans la combustion de la plupart des corps , si l'on ne suppose pas que cette chaleur y existait à l'état de combinaison ; aussi , dans l'hypothèse contraire a-t-on été obligé de supposer que la chaleur spécifique de ce gaz était au moins quinze fois aussi grande qu'elle ne l'est réellement.

• Il ne faut pas croire cependant qu'il n'existe aucune relation entre la chaleur spécifique des composés et celles de leurs élémens ; trop de faits attestent cette relation pour qu'on puisse la nier. L'eau présente, à cet égard , le plus grand écart qui soit bien constaté, et cependant il ne va qu'à  $\frac{1}{3}$  de la chaleur spécifique de ce fluide ; en général, on peut dire que les composans communiquent au composé leur chaleur spécifique. Cela s'observe d'une manière bien marquée dans les combinaisons de l'hydrogène, celui de tous les corps dont la chaleur spécifique est la plus considérable ; les composés qu'il forme ont une chaleur spécifique beaucoup plus grande que celle des autres substances : de là vient la grande chaleur spécifique de

l'eau, du gaz oléfiant et des substances végétales et animales.

---

NOTE 1<sup>re</sup>.

Nous nous sommes servis pour déterminer la quantité de chaleur communiquée au calorimètre, immédiatement par le tuyau rempli de vapeurs qui servait à échauffer le gaz, du même procédé que nous employons pour connaître la température stationnaire à laquelle le courant de gaz chaud fait parvenir le calorimètre. Nous avons fait arriver la vapeur dans le tube *DE* (*fig. 5*) sans faire circuler de gaz, et nous avons observé la marche de réchauffement du calorimètre; nous avons arrêté l'expérience à un terme auquel ce réchauffement n'avait plus lieu que d'une manière presque insensible, puis nous avons élevé artificiellement d'un degré environ la température du calorimètre, lui faisant par là dépasser le terme où elle serait devenue stationnaire, et le mettant ainsi dans le cas de se refroidir au lieu de se réchauffer, comme il le faisait auparavant. Nous avons observé la marche de ce refroidissement, jusqu'au terme où il devenait aussi lent que le réchauffement l'était dans la précédente série. Nous avons pris la moyenne entre ces deux termes pour la mesure de tout l'effet que le tuyau rempli de vapeurs pouvait produire sur le calorimètre. Nous avons fait deux fois cette expérience avec beaucoup de soin; dans la première, la série ascendante nous a conduits jusqu'à  $11^{\circ}.00$  (l'air ambiant étant à  $8^{\circ}.210$ ), et la série descendante jusqu'à  $11^{\circ}.69$  (l'air ambiant étant à  $8.13$ ). En prenant la

moyenne entre ces deux excès, on trouve 3°.1 pour le *maximum* auquel le tuyau rempli de vapeurs pouvait porter la température du calorimètre. En calculant de même les résultats de la seconde expérience, nous avons trouvé pour l'excès moyen exactement le même nombre.

On doit se demander maintenant si dans le cas où le calorimètre était en même tems traversé par le courant d'air chaud, le tuyau rempli de vapeur lui communiquait immédiatement autant de chaleur que dans le cas où il n'était pas traversé par le courant : or, il est facile de voir qu'il faut répondre à cette question par la négative, puisque la température du tuyau *DE* rempli de vapeur restant la même, celle du calorimètre est plus haute dans un cas que dans l'autre ; et que c'est un principe reconnu, que lorsque deux corps, l'un chaud et l'autre froid, sont placés dans des circonstances toujours les mêmes, et telles que le premier cède une partie de sa chaleur au second, si la température de l'un d'eux varie la quantité de chaleur que le plus froid recevra, sera d'autant plus grande que la différence entre sa température et celle du corps chaud sera plus considérable.

Il est assez difficile, dans le cas dont il s'agit, de déterminer exactement de combien la quantité de chaleur cédée au calorimètre par le tuyau *DE* doit être diminuée par l'élevation de température du calorimètre. Heureusement qu'il s'agit de quantités si petites que cela devient peu important. On peut supposer sans risquer de faire d'erreur notable, que les quantités de chaleur cédée, sont comme les différences entre la température du calorimètre et celle du tuyau *DE*.

Ainsi cette différence se trouvant de  $80^{\circ}$  dans les expériences que nous venons de rapporter, et ayant procuré une élévation de  $3^{\circ}.1$  dans la température du calorimètre, cette élévation devrait être de  $2^{\circ}.5$ , dans le cas où la différence entre la température du tuyau *DE*, et celle du calorimètre serait seulement de  $72^{\circ}$ , comme dans les expériences que nous avons faites sur les différens gaz, et dont on donne le détail dans la section suivante.

---

NOTE 2.

Voici comment on a déterminé à quel degré le courant d'air chaud maintenait la température du calorimètre stationnaire.

D'après les données fournies par une expérience préliminaire, on a élevé la température du calorimètre à  $24^{\circ}.644$ ; le thermomètre placé à côté, et qui indiquait la température de l'air de la chambre, était à  $7^{\circ}.128$ .

Alors on a essayé le calorimètre avec soin pour qu'aucune cause n'accélérait son refroidissement, et on a ouvert les robinets pour le faire traverser par le courant d'air provenant successivement de chacun des gazomètres; on a fait durer l'expérience jusqu'à ce que le thermomètre du calorimètre qu'on observait de 10 minutes en 10 minutes, ne se soit plus élevé que d'une très-petite quantité. Voici les observations successives :

Thermomètre indiquant la température de l'air qui entourait le calorimètre.	Thermomètre indiquant la température du calorimètre.
7°.128	24°.644
7.128	24.700
7.134	24.746
7.172	24.792
7.183	24.831
7.196	24.887
7.205	24.915
7.205	24.933
7.205	24.942

On voit par ce tableau que le courant d'air atmosphérique n'a pu élever la température du calorimètre que d'environ 0°.01 dans les dernières 10 minutes (on doit se rappeler que le thermomètre qui servait à déterminer cette température était si sensible qu'il pouvait indiquer une pareille élévation). On a alors élevé, au moyen d'un charbon ardent, le calorimètre à 25°596. On a de nouveau fait circuler le courant d'air, et on a aussi observé le thermomètre de 10 minutes en 10 minutes. Voici les observations.

Thermomètre indiquant la température de l'air qui entourait le calorimètre.	Thermomètre indiquant la température du calorimètre.
7°.333	25°.596
7.320	25.575
7.307	25.522
7.307	25.476
7.307	25.448
7.307	25.439
7.320	25.428

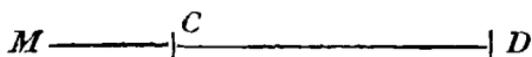
Le calorimètre s'est donc refroidi dans les dernières 10 minutes seulement de  $0^{\circ}01$ , quoique le courant d'air chaud continuât à le traverser. On aura donc le *maximum* de l'effet en prenant la moyenne des résultats fournis par ces deux séries d'observations.

Il en résulte que le courant d'air atmosphérique a rendu la température du calorimètre stationnaire à  $25^{\circ}.185$ , celle de l'air ambiant étant à  $7^{\circ}.262$ .

---

\*                    N O T E 3.

L'on peut comparer le refroidissement d'un corps chaud placé dans un atmosphère, dont la température est constante au trajet que parcourrait un



mobile  $M$  qui se rendrait en ligne droite vers un point fixe  $D$ , avec une vitesse proportionnelle pour chaque instant de sa course à l'espace  $MD$  qui lui reste à parcourir. Le point fixe  $D$  est la température de l'air environnant, et l'espace  $MD$  est l'excès variable de la température du corps chaud, sur celle de l'air environnant. Nous appliquerons par conséquent au mouvement d'un pareil mobile les raisonnemens sur lesquels est basée la formule citée dans notre Mémoire.

Cette formule est une expression de l'espace  $S$ , que le mobile partant d'un point  $C$ , dont la distance à  $D$  serait connue, parcourrait dans un tems donné  $T$ ; en supposant qu'il conservât pendant tout le trajet la vitesse initiale  $V$  qu'il avait en  $C$ . Rien ne serait plus simple que la détermination de cette espace, si  $V$  était connue, car on aurait  $S = VT$ . Mais elle

n'est pas donnée immédiatement par l'expérience ; il faut donc chercher à la déterminer en joignant aux données que nous avons déjà, celle que nous fournit la connaissance de l'espace que le mobile en partant du point *C* parcourt réellement avec une vitesse variable *v*, qui dans le premier instant est égale à *V*. Cet espace nous est donné par l'expérience : nous le désignerons par *A—B*. *A* étant la distance connue *CD* et *B*, l'espace qui reste à parcourir à la fin du tems *T*. Pour plus de commodité, supposons pour un moment que ce soit cet espace *A—B*, qu'il faille déterminer, *B* étant inconnu, et *V*, au contraire, étant connue. Son expression analytique sera  $d(A-x)$  ou  $-dx = vdt$ , *x* étant l'expression générale de l'espace qui reste à parcourir dans un instant quelconque, *v* celle de la vitesse dans le même tems, et *t* celle du tems écoulé : or, puisque dans chaque instant ; la vitesse est proportionnelle à l'espace qui reste à parcourir, on peut faire  $v = kx$ , *k* étant une constante que l'on déterminera en faisant  $kA = V$ . On aura donc  $-dx = kxdt$  et  $-\frac{dx}{x} = kdt$ . Intégrant les deux membres de l'équation, on obtient  $-\log \text{hyp. } x + C = kt$ ; pour déterminer la constante *C*, faisons  $x = A$ , ce qui suppose que le tems *t* est nul. Nous aurons  $-\log . A + C = 0$  et  $C = \log \text{hyp. } A$ . Substituant cette valeur de *C* dans l'équation précédente, nous aurons  $-\log x + \log A$  ou  $\log \frac{A}{x} = kt$ ,  $\frac{A}{x} = e^{kt}$ , *e* étant le nombre dont le logarithme hyperbolique est l'unité  $x = \frac{A}{e^{kt}}$  et  $A-x = A - \frac{A}{e^{kt}}$ ,

en appliquant cette équation au tems donné  $T$ ,  $x$  deviendra  $B$ , et on aura  $B = \frac{A}{e^{kt}}$  et  $A - B = A - \frac{A}{e^{kt}}$ .

Admettons maintenant que  $B$  et  $A - B$  soient donnés par l'expérience, et que  $V$ , ou, ce qui revient au même  $k$  soit l'inconnue. Il suffira pour en trouver la valeur de se servir de l'équation, qui dans la supposition que nous venons de faire donnait la valeur de  $A - B$ , en supposant  $B$  connue, ou plus simplement encore, d'employer l'équation  $\log \frac{A}{x} = kt$ , à laquelle nous étions d'abord parvenus, en y mettant pour  $x$  et  $t$  leurs valeurs  $B$  et  $T$ , on en tirera

$$k = \frac{\log \frac{A}{B}}{T}, \quad V = A \frac{\log \frac{A}{B}}{T} \quad \text{et} \quad S = A \log \frac{A}{B}.$$

Nous avons vu plus haut que  $S$  était l'espace parcouru par le mobile avec la vitesse uniforme  $V$  dans le tems  $T$ .

Pour appliquer cette formule au refroidissement d'un corps chaud, il faut désigner par  $A$  l'excès de la température de ce corps sur celle de l'air environnant dans le premier instant de l'expérience, et par  $B$  ce même excès à la fin du tems  $T$ .

---

## DESCRIPTION

*D'un nouveau pendule compensateur ;*

PAR M. A. REID.

Extrait par M. GUYTON-MORVEAU.

Dans le Mémoire que je communiquai en 1807 à l'Institut, sur la dilatabilité des métaux (1), je rappelai ce que M. Smeaton avait conclu de ses observations de la grande dilatabilité du zinc, qu'à raison de cette propriété et de la consistance qu'il peut acquérir sous le marteau, il serait employé avec avantage pour les verges de compensateur. Je rapportai également ce que M. Jurgensen avait publié dans son ouvrage sur la mesure du tems, imprimé en 1805, à Copenhague, au sujet d'un pendule à compensation, avec verges d'acier et de zinc,

---

(1) Voy. Mémoires de la Classe des sciences physiques et mathématiques de l'Institut, année 1808, 2<sup>e</sup> sem. ; et Annales de chimie, mars 1810, p. 257.

exécuté par M. Arnold, qui était parvenu à rendre la somme des dilatations parfaitement égale, en donnant à la verge de suspension 38 pouces 5 lignes de longueur, aux deux verges de zinc 17 pouces 2 lignes, et aux deux verges d'acier latérales 17 pouces 10 lignes ; dimensions qui comme je le remarquai, ne répondaient point à la dilatabilité dont le zinc pur et convenablement préparé était susceptible.

J'engageai dès-lors quelques-uns de nos artistes à entreprendre l'exécution d'un compensateur fondé sur les rapports de dilatabilité de ces deux métaux. M. Jean Martin, élève de Ferdinand Berthoud, avait déjà soumis à quelques épreuves du zinc que je lui avait remis, purifié par M. Vauquelin, et bien autrement ductile que celui employé par Smeaton ; j'avais enfin, moi-même, mis en expérience un morceau de zinc de la fabrique de M. Dony, tiré en lame de 0<sup>m</sup>.550 de longueur, 0<sup>m</sup>.035 de largeur, de 0<sup>m</sup>.001 seulement d'épaisseur, et dont je ne pus tirer d'autre conclusion que la nécessité de lui donner beaucoup plus de masse ; l'allongement produit par la chaleur même d'un soleil d'été devenant fixe dans ces dimensions.

On verra sans doute avec intérêt le parti que M. A. Reid , de Woolwich , a su tirer de l'emploi de ces deux métaux , et les moyens par lesquels il est parvenu à en former un compensateur pour lequel la Société des Arts lui a accordé un prix de 15 guinées (1).

*Description du pendule compensateur , à demi-seconde , inventé par M. Reid.*

*AB*, fig 1 et 2, représente la verge d'acier; *C* la lentille supportée par le cylindre compensateur de zinc *D*, qui est traversé par la verge *AB*, et repose sur l'écrou *E* de la vis qui est à l'extrémité de la verge d'acier, pour le porter au point convenable; lorsqu'elle s'allonge par la chaleur, le zinc remonte en prenant de l'expansion en sens contraire, de sorte que la lentille reste tou-

(1) Extrait des Transactions de la Société des arts, tom. XXVIII, inséré dans le journal de Nicholson, mars 1812.

On trouve dans le cahier suivant du même journal une lettre qui attribue à M. Henry Kater la première invention d'un pendule construit sur les mêmes principes; mais on convient en même tems que la verge de ce pendule était en bois, et sans moyens pour en régler la compensation.

jours à la même distance du point de suspension.

La figure 2 est une coupe qui indique l'épaisseur du tube de zinc  $D$ , et la forme de la verge d'acier en  $a$ , où elle passe à travers la lentille, et qui est telle que la verge ne tourne pas lorsqu'on fait marcher l'écrou  $E$ , pour régler la pendule.

Pour exécuter le compensateur, on prend une verge d'acier fondu (*blister steel*) forgé de 52.7 pouces de longueur, de 0.27 de diamètre (1); on le chauffe à blanc pour ouvrir les pores de l'acier et rendre ainsi sa faculté expansive la plus petite possible. Quand il est refroidi, on le dresse sur un billot de bois avec un maillet de bois, pour qu'il n'y ait pas condensation inégale; ce qui arriverait si l'on se servait de marteau et d'enclume. On fait fondre à la plus faible chaleur de fusion de ce métal, une verge solide de zinc, de 12.5 pouces de longueur et de 0.68 de diamètre (2), et on le coule dans un moule de métal. On obtient ainsi la

(1) 52.7 pouces anglais = 1<sup>m</sup>.3385,  
et 0.27 = 6<sup>mm</sup>.8579.

(2) 314<sup>mm</sup>.496 de longueur, et 77<sup>mm</sup>.571 de diamètre.

plus grande densité, et par conséquent la plus grande expansibilité dont le zinc soit susceptible; on le perce alors sur sa longueur, de manière qu'il puisse glisser facilement sur la verge d'acier, qui porte à son extrémité une vis et un écrou pour régler le pendule. La lentille, comme on le voit dans la figure, repose sur le bout supérieur du cylindre de zinc, et reste dans la même situation, soit qu'il y ait dilatation, soit qu'il y ait condensation, lorsqu'elle a été exactement fixée.

Un pendule composé de platine au lieu d'acier, et où l'on emploierait l'acier au lieu de zinc, serait également bon, mais il deviendrait très-cher.

Les longueurs et diamètres précédemment indiqués donnent les dimensions convenables pour un pendule à seconde.

M. Reid a construit un pendule sur ces principes; il l'a observé pendant quelques mois, et il assure qu'il a surpassé ses espérances. La température de l'appartement était de 58 à 34° F. (1); il n'y a point eu de variations dans sa marche comparée avec

---

(1) De 14°.44 du thermomètre centigrade à 1°.11.

celle d'une autre pendule éprouvée depuis plusieurs années, et qu'il a reconnue être très-bonne dans une chambre où la température ne change pas de plus de 4 degrés.

La difficulté, dit M. Reid, ou plutôt l'impossibilité d'exécuter un pendule parfait avec des compositions métalliques, telles que le laiton dont on fait usage, vient de ce que tous ces alliages ne peuvent être de même nature, pas même sur la longueur d'un pied; et lorsqu'on les tire à la filière, ils acquièrent un grain longitudinal qui en modifie la puissance expansive. La substitution du zinc n'a pas donné plus de certitude de succès pour prévenir cet inconvénient; car, lorsque le pendule est établi en été, et que la verge d'acier remplit bien la cavité, si on l'expose à un grand froid, il s'y forme en peu d'années des fissures qui en détruisent absolument l'effet.

*P. S.* Je ne puis terminer cet article sans rappeler les vues proposées sur ce sujet par M. Burckhardt, dans la *Connaissance de Temps, pour l'an 1811*. Après avoir fait connaître les avantages du châssis de compensation de M. Arnold, composé d'acier et de zinc, réduit à moitié de la lon-

gueur et moitié des barres du châssis ordinaire , il paraît craindre l'influence possible du magnétisme sur le fer , qui a fait desirer plusieurs fois à un savant illustre qu'on pût l'exclure de nos châssis ; il croit que l'on pourrait les composer de cuivre rouge et de zinc , en argentant à froid les trois verges de cuivre , si l'on le jugeait nécessaire pour les mettre à l'abri de l'oxidation. « Le zinc , dit-il , ayant moins de force que le cuivre et le fer , les barres doivent être plus épaisses qu'on ne les fait ordinairement. Dans le châssis décrit par Jurgensen , Arnold avait fait les verges de zinc presque deux fois plus épaisses que celles de fer ; mais dans le pendule de Gotha , cette différence n'était pas à beaucoup près aussi considérable ,... le zinc est si cassant qu'une verge se cassa dans le transport , et qu'on essaya sans succès d'y substituer une verge de zinc faite à Freyberg , la dilatation de ce zinc n'étant pas la même que de celui de Londres. »

Cette dernière circonstance est de peu d'importance pour une construction nouvelle , ainsi que le remarque M. Burckhardt ; mais il est bien évident que le zinc de Freyberg n'était pas pur ; il est même probable que celui employé par Arnold n'avait

pas été amené au degré de pureté, dont il est susceptible, et qui lui donne constamment les mêmes propriétés; ou que sa rupture a été produite dans le transport par un choc violent contre lequel ses dimensions n'ont pu le mettre en état de résister. Il est bien connu maintenant que le zinc pur souffre le marteau, même à froid, à un certain point, et j'ai fait voir que sa ténacité était à celle de l'étain dans le rapport de 49 à 15 (1).

Il est donc inutile de chercher à lui donner plus de solidité par des alliages, dont on ne peut jamais se flatter d'obtenir une composition homogène, comme le dit M. Reid. Je suis fâché seulement qu'après avoir reconnu l'avantage d'un *compensateur à verge de platine*, il y ait renoncé par la considération qu'il deviendrait très-cher; il n'aurait pas hésité de lui donner la préférence, s'il eût essayé d'en établir le prix en faisant état de la grande ténacité de ce métal, presque égale à celle du cuivre, et de la réduction des dimensions à raison de la grande disproportion de sa dilatabilité avec celle du zinc qui n'est que : 862 : 3180.

---

(1) Annales de chimie, tom. LXXI, pag. 194.

Lors même que l'on préférerait d'établir le compensateur avec *platine et cuivre*, il est aisé de faire voir que la facilité d'exécution compenserait et au-delà l'augmentation de prix de la matière. En effet, le rapport de dilatabilité est, suivant Borda, de 862 à 1794; différence bien suffisante pour donner l'avantage d'un grand raccourcissement. Une verge de platine de la grosseur ordinaire de 10 millimètres de diamètre ( 4 à 5 lignes ), de 49 centimètres de longueur ( environ 18 pouces ), ne pesera guère que 13 déca-grammes, qui à 10 fr. ne feront qu'une somme de 130 fr.; et les dimensions d'après lesquelles est établi ce calcul, sont bien certainement plutôt trop fortes que trop faibles.

---

*De la manière de juger la cuite des  
sucres ;*

PAR M. GUYTON-MORVEAU (1).

On n'a connu longtems d'autre moyen de juger la cuite des sucres que ce que l'on appellait la *preuve par filets*, et qui consistait à mettre sur le ponce une goutte de la liqueur, et en éloignant la spatule, observer si le filet se relevait après sa rupture. Cette pratique ayant été indiquée dans quelques instructions relatives à l'art de raffiner le sucre de beteraves, M Guyton-Morveau pensa qu'il pourrait être utile de rappeler l'instrument qu'il avait proposé, il y a plus de 55 ans, pour en assurer le jugement et dont l'expérience avait constaté les avantages.

---

(1) Cet article est extrait des notes rédigées par l'auteur, et publiées par ordre de S. Exc. le Ministre des manufactures et du commerce *Voy. Moniteur* des 2 août et 1<sup>er</sup> novembre 1812 ; *Bulletin du commerce*, 8 août et 5 novembre, et de la *Société d'encouragement*, etc., juillet et octobre.

Un extrait des notes qu'il a rédigées à ce sujet nous paraît devoir trouver place dans nos annales.

Le degré de cuisson, dit l'auteur, pour obtenir le sucre concret influe tellement, tant sur la quantité des produits que sur leur qualité, que suivant les belles expériences de M. Proust, le même sirop réduit par l'ébullition à 0.40, cristallise très-promptement; qu'il cristallise encore, mais plus difficilement à 0.35; enfin que réduit à 0.32, il ne donne plus de cristaux (1). On ne peut donc apporter trop d'attention à la détermination de ce degré, sur-tout lorsqu'il s'agit de former la pratique d'un art nouveau, puisque sans l'observation de cette condition, on court risque de porter un jugement faux et décourageant sur le peu de valeur de la matière, ou sur l'imperfection des procédés.

En 1774, le propriétaire d'une grande raffinerie établie à Dijon, fatigué des pertes que lui causait fréquemment l'inégalité de ses cuites, et ne pouvant guère espérer une amélioration par le changement de l'ouvrier

---

(1) Chimie appliquée aux Arts, etc. de M. Chaptal, tom. II, pag. 479.

chargé de ce service, demanda à l'auteur s'il ne serait pas possible d'en déterminer plus sûrement le degré, et lui fit ouvrir ses ateliers pour prendre une exacte connaissance de cette opération. Il ne tarda pas à se convaincre que la preuve par le filet était nécessairement sujette à toutes les vicissitudes de l'atmosphère, telles que la pesanteur, l'agitation; la direction des courans, la constitution hygrométrique, etc., sans compter les écarts de manipulation, par rapport au volume de la goutte, à la vitesse du mouvement imprimé, dont l'habitude la plus suivie ne pouvait garantir l'uniformité. Il comprit dès-lors qu'il n'y avait que le pèse-liqueur qui en indiquant un degré fixe de concentration, pût assurer constamment des produits de même qualité; et après plusieurs expériences faites dans les chaudières même de la raffinerie, il donna à ce fabricant un pèse-liqueur approprié à cet objet, dont il n'a cessé de faire usage, tant qu'il a continué ce commerce. Plusieurs raffineries de France en firent bientôt construire de semblables. Envoyé en 1782, à St.-Domingue, avec un Mémoire de l'auteur (1), par

---

(1) Ce Mémoire a été imprimé dans le Recueil de

M. Louis Drouhin, de Nantes, il y était presque généralement adopté dès 1787. Il fut porté en 1792 à la Jamaïque, par M. Bingham, qui en fit exécuter à Paris plusieurs en argent, par l'orfèvre Auguste, d'après l'étalon que l'auteur lui communiqua, à l'invitation du célèbre Kirwan.

Dans la première note publiée par l'auteur au sujet de cet instrument, dont la description accompagnée de figure se trouve dans le Bulletin de la société d'encouragement de juillet dernier, il lui avait donné la même forme et les mêmes dimensions que celles qu'il avait jugées le plus convenables, relativement à la capacité des chaudières, alors en usage, mais on n'a pas tardé à lui faire observer qu'il ne pouvait servir dans des vaisseaux où le liquide devait le plus souvent être réduit à moins de 14 centimètres de hauteur (environ 5 pouces), il l'a approprié à cette nouvelle destination sans porter aucun changement dans le système de sa graduation ; ce qui était d'autant

---

l'académie de Dijon, de 1783. Les principes en ont été présentés avec de nouveaux développemens dans le tom. I<sup>er</sup>. du Dictionnaire de chimie de l'encyclopédie méthodique, pag. 266 et suiv.

plus facile que ce n'est jamais que sur les degrés inférieurs de l'échelle que l'observation devient importante : le reste de la tige ne servant réellement qu'à manier avec plus de commodité l'instrument , ou, si l'on veut , à faire juger de plus loin les progrès de l'évaporation.

Nous nous bornerons donc à décrire ici sa nouvelle forme , après avoir exposé sommairement les principes de sa construction.

L'échelle du pèse-liqueur étalon a été portée à 25 degrés pour représenter l'état ordinaire de dissolution , dans lequel le vin de cannes , les sucres bruts et les sirops sont portés à la chaudière.

L'expérience a fait connaître que le point de concentration par ébullition , le plus favorable à une bonne cristallisation , se trouvait communément entre le 3<sup>e</sup>. et le 4<sup>e</sup>. degré , qui détermine à-la-fois et la quantité d'eau que la liqueur doit retenir , et le terme d'élévation de température que l'on ne peut outrepasser sans décomposer par le feu une partie du produit.

Si l'on veut avoir la correspondance de cette échelle prototype avec celle de l'aéromètre de Baumé , le calcul en donne les

valeurs , comme il suit :

*Pèse-liqueur des sucres. Aréomètre des sels.*

Le 25<sup>e</sup>. degré répond. . . . au 33<sup>e</sup>.

Le 12<sup>e</sup>. . . . . au 57<sup>e</sup>.

Le zéro. . . . . à 48,333.

Cette comparaison offre un moyen facile de vérifier si le premier est fidèlement exécuté ; mais il ne faudrait pas en conclure que le dernier puisse lui être substitué avec le même avantage : ce serait réduire dans le rapport de 25 à 8 des divisions, qui n'ont déjà pas plus d'étendue qu'il est nécessaire pour qu'on en juge avec assez de précision la coïncidence au niveau d'un liquide agité par une forte ébullition.

La nouvelle forme adoptée pour le pèse-liqueur des sucres , est aisée à saisir à la vue de la figure 3 qui le représente sur une échelle des trois quarts de sa grandeur naturelle. Pour lui donner la stabilité convenable , le centre de gravité est abaissé jusques dans la direction de la ligne ponctuée *ab* , au moyen du lest placé dans la partie inférieure de la boule. Il doit être exactement fermé à la partie supérieure pour qu'il ne puisse rien

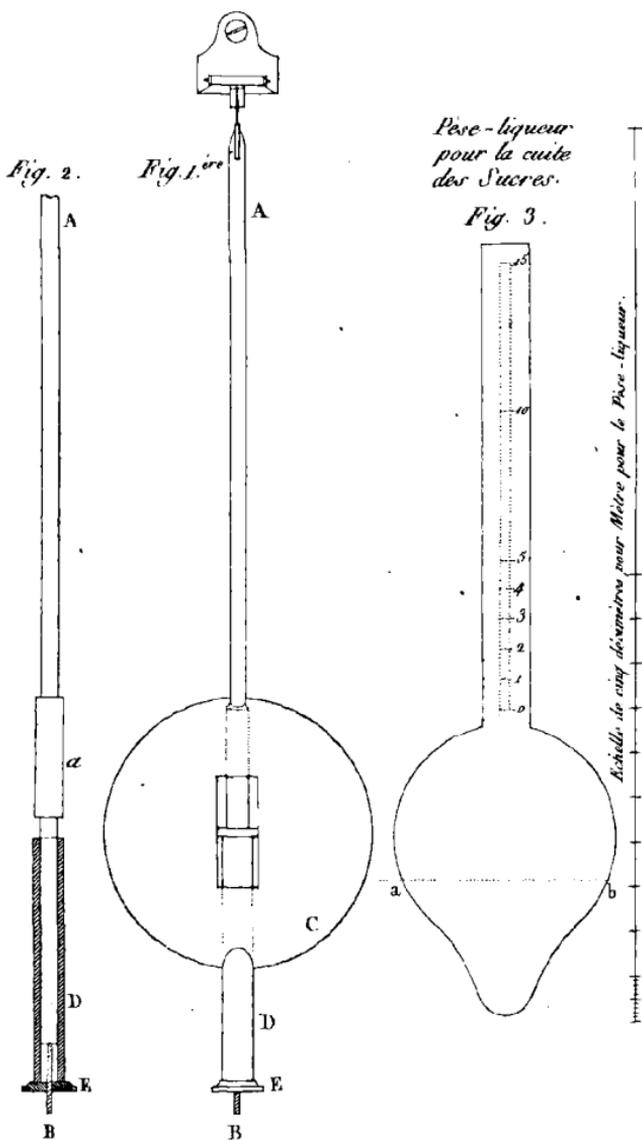
s'y introduire lorsqu'il est entièrement plongé dans la liqueur , ce qui arrive nécessairement dans les premiers instans (1).

---

(1) C'est d'après ces principes que sont exécutés en cuivre les pese-liqueurs pour les sucres, que l'on trouve à Paris, chez M. Dumotiez, fabricant d'instrumens de physique, rue du Jardinot, n<sup>o</sup>. 2; on peut d'autant plus compter sur l'exactitude de leur graduation qu'il lui est facile d'en faire la vérification avec l'étalon que l'auteur a mis à sa disposition.



Pendule compensateur  
de M. Reul.



Gerard del.

28. Février 1813,

Adam sculp.

## NOTE

*Sur les sulfites sulfurés, les muriates de mercure et les phosphures alcalins ;*

PAR M. GAY-LUSSAC.

Si l'on expose à l'air la dissolution aqueuse du sulfure de strontiane, elle se décolore complètement en quelques jours, et il s'y forme ordinairement un précipité de soufre et de carbonate qu'on sépare aisément par le filtre. La liqueur soumise à l'évaporation donne de beaux cristaux rhomboïdaux, légèrement aplatis et bien transparents, qui sont du sulfite sulfuré de strontiane.

Ce sel qu'on n'avait pas encore observé est très-remarquable : ses cristaux se divisent avec la plus grande netteté parallèlement aux bases ; il est parfaitement neutre ; sa saveur est d'abord fade, puis sulfureuse. A l'air, à une température de 25°, il n'éprouve aucune espèce d'altération ; mais à 50° ou 60°, il

s'effleurit et perd de l'eau à la manière des lames du sulfate de chaux que l'on calcine : il n'éprouve point d'ailleurs d'autre altération, car l'eau le dissout complètement. Une chaleur beaucoup plus forte le décompose ; il se dégage du soufre, et il reste du sulfate et du sulfure. L'eau à 9° en dissout environ le sixième de son poids.

La dissolution de sulfure de chaux, exposée à l'air, donne des produits analogues. Le sulfite sulfuré de chaux m'a paru plus soluble que celui de strontiane : je l'ai obtenu cristallisé en prismes, à-peu-près comme le muriate de chaux dont on aurait pressé la cristallisation : conservé longtems à l'air, il n'a subi aucune altération.

N'ayant encore pu me livrer à des expériences exactes sur les proportions et les propriétés de ces deux sels, je me contenterai de présenter quelques résultats qui peuvent intéresser la théorie générale de la chimie.

On a cherché à établir que les acides ont une propriété saturante indépendante de la quantité d'oxygène qu'ils renferment ; qu'ainsi un sulfite se change en sulfate sans devenir acide ou alcalin. Cette proposition n'est point cependant généralement vraie ; car si elle l'était, il faudrait qu'un sulfite sulfuré renfer-

mât précisément la quantité de soufre nécessaire pour former avec sa base un sulfite ou un sulfate neutre; et l'expérience donne un résultat contraire.

J'ai traité du sulfite sulfuré de strontiane parfaitement neutre par l'acide nitrique, et après avoir séparé le précipité de sulfate de strontiane qui s'était formé, j'ai versé dans la liqueur du muriate de strontiane, et j'ai obtenu un nouveau précipité très-abondant.

Les sulfites sulfurés de chaux et de baryte m'ont donné le même résultat.

Il est donc hors de doute que la même quantité de base ne sature pas la même quantité de soufre dans les sulfites sulfurés et dans les sulfates.

On est conduit au même résultat en faisant passer un courant de gaz hydrogène sulfuré dans du sulfite neutre de potasse; car dans le commencement il ne se précipite point de soufre, et la liqueur devient fortement alcaline.

J'avais annoncé, d'après une expérience faite dans mon laboratoire, qu'un sulfite pouvait dissoudre beaucoup de soufre en conservant toujours la même neutralité. Ce fait est exact relativement à la permanence de neutralité; mais ayant répété moi-même

L'expérience, j'ai reconnu que pendant que l'on faisait bouillir du sulfite de potasse sur du soufre très-divisé, il se dégageait une grande quantité d'acide sulfureux, et que cependant le sulfite sulfuré qui se forme avait la même neutralité que le sulfite employé.

Il résulte de ces faits que le soufre fait réellement disparaître les propriétés alcalines, mais qu'il en faut une bien plus grande quantité que s'il était combiné avec l'oxygène à l'état d'acide sulfureux ou d'acide sulfurique.

Je ne crois pas que pour éluder cette difficulté on puisse alléguer qu'un sulfite sulfuré n'est pas une combinaison analogue à un sulfite ou un sulfate. Je viens de faire voir que le soufre peut dégager une partie de l'acide sulfureux des sulfites, et qu'il sature lui-même les bases à la manière d'un acide. D'ailleurs la distinction qu'on a faite entre la force qui produit les combinaisons dans lesquelles il y a saturation, et la force qui produit les dissolutions me paraît tout-à-fait imaginaire.

L'exception dont je viens de parler est analogue à celle que présente l'oxidation des bases relativement à l'oxidation des acides; car j'ai remarqué (Mémoires d'Arcueil, t. II,

p. 166), que les oxides prennent d'autant plus d'acide qu'ils contiennent plus d'oxygène, mais que la quantité de base que les acides saturent, n'est pas proportionnelle à la quantité d'oxygène qu'ils renferment. Il est vrai qu'un savant Allemand qui a médité profondément sur la théorie générale de la chimie, a fait quelques objections portant sur la nature des sels qui m'avaient servi à établir qu'un métal neutralise d'autant plus d'acide qu'il est plus oxidé; mais je vais chercher à y répondre.

La principale objection qui m'a été faite, est que le muriate de mercure (mercure doux) est probablement un sel avec excès de base; ce qui expliquerait parfaitement pourquoi le muriate oxidé de mercure contient plus d'acide que le muriate, et serait en même tems plus d'accord avec la supposition qu'on fait que les oxides neutralisent toujours la même quantité d'acide, quel que soit leur degré d'oxidation.

J'ai pris deux mesures égales de nitrate de mercure aussi neutre que possible: j'ai versé dans l'une une mesure de dissolution de muriate de soude bien neutre, et dans l'autre une mesure d'eau. Si le muriate de mercure

était avec excès de base, il est évident que la liqueur où il s'est produit aurait dû être beaucoup plus acide que l'autre; mais en examinant le degré d'acidité des deux liqueurs, je n'y ai aperçu aucune différence sensible, même après les avoir étendues d'eau. Le muriate de mercure peut donc être obtenu parfaitement neutre, et comme il y a un grand nombre d'analyses qui confirment que les deux muriates de mercure contiennent des quantités d'acide proportionnelles aux quantités d'oxigène combinées avec le métal, l'objection qui m'a été faite n'est point fondée (1).

---

(1) Le nitrate de mercure obtenu en laissant agir lentement le métal sur l'acide, est souvent en très-beaux cristaux réguliers qu'on serait tenté de regarder comme étant acides, puisqu'ils se forment au milieu d'un liquide qui l'est constamment; mais on peut démontrer qu'ils sont avec excès de base. En effet; si après les avoir essuyés et lavés avec de l'eau froide, on les broie avec du muriate de soude, le mélange prendra bientôt une couleur verdâtre, et si on le met dans l'eau, celle-ci deviendra fortement alcaline. Ce fait est une preuve nouvelle que la cohésion détermine des proportions qui n'auraient pas lieu sans elle, puisqu'elle a déterminé la séparation et la cristallisation régulière d'un sel avec excès de base au milieu d'un liquide très acide.

Il n'est pas facile d'accumuler ce genre d'expériences, parce qu'il y a peu de métaux formant des sels à divers degrés d'oxidation, qui soient à-peu-près au même degré de neutralité; cependant en prenant les muriates de fer, je puis donner une nouvelle preuve que les métaux saturent d'autant plus d'acide qu'ils sont plus oxidés.

J'ai pris du muriate de fer qui était jaune-orangé, mais qui est devenu rouge-brun en y ajoutant peu-à-peu de l'ammoniaque jusqu'à ce que l'oxide précipité refusât de se dissoudre entièrement. En ajoutant à ce sel un peu d'acide, on lui rendait sa couleur primitive : j'en ai gardé une portion, et j'ai fait passer dans l'autre un courant de gaz hydrogène sulfuré : bientôt la dissolution est devenue jaune-orange, comme si à la dissolution primitive on eût ajouté de l'acide; et effectivement en en saturant une portion avec de l'ammoniaque, je l'ai de nouveau rendue rouge-brune. J'ai continué à y faire passer du gaz hydrogène sulfuré, et lorsque tout le fer a été ramené au minimum d'oxidation, j'ai trouvé qu'elle était sensiblement plus acide que celle qui n'avait pas été traitée par l'hydrogène sulfuré. Pour mieux apprécier la différence, il faut étendre également

d'eau les deux dissolutions, et l'on verra que l'une rougira le papier de tournesol d'une manière sensible, tandis que l'autre l'altérera à peine.

Je ne doute pas qu'en traitant de même les sels oxidés des métaux qui peuvent être ramenés à un degré d'oxidation inférieur par l'hydrogène sulfuré, on n'obtienne des résultats semblables. Néanmoins, il est bien probable que l'oxygène n'augmente la capacité de saturation des oxides qu'entre certaines limites.

Je remarquerai en terminant cette note, que lorsqu'on jette un phosphore dans l'eau il ne se forme pas un phosphate, comme on le croit généralement, mais bien un phosphite. Je m'en suis assuré en mettant le phosphore de baryte dans l'eau, et en ajoutant ensuite un peu d'acide sulfurique. Le liquide que j'ai obtenu par la filtration a décoloré le sulfate rouge de manganèse en très-peu de tems à froid, ou dans l'instant, si la température du liquide est de 30 à 40°. Je me suis convaincu que ce sel est le meilleur réactif que l'on puisse employer pour reconnaître quand un corps est susceptible de s'oxider. On le prépare aisément en faisant digérer de l'acide sulfurique concentré sur de l'oxide noir de manganèse réduit en pous-

sière impalpable : la masse qu'on obtient n'est pas ordinairement colorée, mais elle prend une teinte rouge foncée en la dissolvant dans l'eau. Il ne faut ajouter ce liquide que par petites parties pour éviter une trop grande chaleur qui dégagerait l'oxygène et ne donnerait que du sulfate blanc. Il faut aussi éviter d'en mettre une trop grande quantité, parce que l'oxide serait précipité : on pourrait employer ce dernier moyen pour obtenir de l'oxide de manganèse bien pur.

---

## OBSERVATIONS

*Sur l'attraction de surface du phosphore pour le mercure ;*

PAR M. CARRADORI.

Traduit de l'italien par M. Vogel (1).

M. Accum, ayant observé qu'en projetant de petits fragmens de phosphore sur du mercure, contenu dans une soucoupe ou dans une assiette, ils faisaient des mouvemens analogues à ceux du camphre projeté sur une surface d'eau : j'étais curieux de vérifier le fait et d'en chercher la cause.

Je plaçai de petits morceaux de phosphore sur du mercure renfermé dans une capsule de porcelaine, ils firent d'abord des mouvemens semblables à ceux du camphre et s'arrêtèrent ensuite. Je pris un seul des fragmens et

---

(1) *Voy. Giornale di fisica, chimica e storia naturale*, tom. III, quarto bimestre, pag. 261.

le projetai sur le mercure; il y fit encore plus de mouvement.

Ces mouvemens de rotation étaient en tout semblables à ceux que produit un petit morceau de camphre sur l'eau. Au bout de quelque tems, ce mouvement cessa, après que le morceau de phosphore eût parcouru toute la surface du mercure.

La ressemblance des effets m'en fit supposer la cause dans l'attraction des surfaces. En effet, j'avais observé que la surface du mercure était ternie par-tout où le morceau de phosphore avait passé, ce qui indiquait que le phosphore avait couvert le mercure d'une couche fine, et partout où le phosphore se porta, on vit une trace de vapeur de phosphore le long de la surface du mercure. Pour éclaircir ces faits, je fis les expériences suivantes :

Je répandis sur la surface du mercure du soufre en poudre fine, et j'y projetai ensuite un fragment de phosphore; il fit les mêmes mouvemens, glissa et écarta les atômes de soufre qu'il rencontra dans son passage en laissant une trace après lui.

Je projetai un fragment de phosphore sur du mercure contenu dans un petit tube de

verre, mais les mêmes mouvemens n'eurent pas lieu ; en jetant du phosphore sur du mercure dans un gobelet de verre, les mouvemens se manifestèrent, mais sur du mercure, dans une capsule de porcelaine, ils étaient bien plus rapides et durèrent plus long-tems.

Les mouvemens du phosphore sont donc produits, comme ceux du camphre, par une force résidant à la surface du liquide et qui attire le phosphore en le faisant s'étendre sur cette même surface, comme l'eau, ou plutôt une force qui réside à la surface de l'eau et fait répandre sur elle l'huile concrète constituant le camphre. Ces mouvemens sont en raison de l'extension de la surface du mercure comme ceux du camphre sur l'eau.

Je me proposai ensuite de faire quelques expériences à l'obscurité, espérant que la lumière du phosphore, visible alors, devait porter quelque éclaircissement sur le phénomène.

Je projetai un morceau de phosphore sur du mercure dans une capsule de porcelaine. A peine avait il touché le métal, qu'on aperçut un nuage de lumière, qui se répandit en un petit trait sur la surface du mercure, pendant que le phosphore glissait dessus en tour-

noyant. Le morceau continua à suivre les mouvemens pendant quelque tems et s'arrêta ensuite tout-à-fait ; alors la lumière diminua. Si maintenant avec un brin de paille on pousse le phosphore plus loin sur le mercure , où il n'avait pas encore passé, il recommence les mouvemens , et dégage de la lumière ; enfin il cesse tout mouvement , continue à luire , mais la lumière se borne seulement à la masse du phosphore.

Je projetai alors un autre morceau de phosphore sur le même mercure, mais il n'y fit plus de mouvement. En observant avec attention la surface du mercure, je la trouvai couverte d'une couche mince, semblable à un vernis.

Persuadé que cette couche provenait du résidu de phosphore brûlé ; et que ce résidu, parce qu'il occupe & sature l'attraction de la surface du mercure , avait empêché les mouvemens des morceaux de phosphore que j'avais projetés successivement, je pris le parti d'en débarrasser le métal par la filtration. Après avoir ainsi séparé la substance du mercure par la filtration , le métal recouvrit la propriété de faire reparaître les mouvemens , toutes les fois qu'on projetâ de petits morceaux de phosphore.

Il paraît donc que lorsque la superficie du mercure est nette et polie , les mouvemens du phosphore dépendent de l'attraction du mercure pour le phosphore ; alors une partie du phosphore s'étend sur le mercure de la même manière que l'huile volatile du camphre s'étend à la surface de l'eau.

Je mis sur la surface du mercure une goutte de suc laiteux d'euphorbe , pendant que des fragmens de phosphore y firent leurs mouvemens : ce suc ne s'y répandait pas comme il a l'habitude de faire, quand le mercure est pur ; j'y versai une goutte d'huile, alors le suc s'y étendit. C'est une preuve que le phosphore s'était répandu sur la surface du mercure et l'avait saturée, puisque le suc d'euphorbe se répandit sur le mercure en vertu de l'attraction de surface (1), ce qu'il ne fait pas quand elle est saturée; mais l'huile peut s'y repandre , parce qu'elle a plus d'attraction de surface pour le mercure que n'en a le suc d'euphorbe. En y ajoutant une goutte d'huile, après avoir mis le suc laiteux d'euphorbe, l'huile gagne la surface du mercure et en chasse le suc d'euphorbe.

---

(1) Voy. Mem. della societa Italiana delle Scienze , t. IX, p. 12.

Je répandis du carbone en poudre fine sur la surface du mercure et y plaçai ensuite dans l'obscurité un fragment de phosphore ; celui-ci donna la lueur ordinaire , fit ses révolutions et s'arrêta ensuite. Je m'aperçus alors que partout où le phosphore avait passé en répandant cette lumière , il décapait la surface du mercure ; les atômes de charbon en poudre étant écartés, il s'était fait un chemin ; ce passage était couvert d'une couche de phosphore qui obscurcissait le brillant du mercure.

Je pris un fragment de phosphore , et après l'avoir bien frotté entre les doigts, je le projetai sur le mercure dans l'obscurité. La lumière ordinaire parut , il fit les mêmes mouvemens et s'arrêta ensuite. Après une demi-heure il avait formé autour de lui une auréole ; le trait de son passage était couvert d'une membrane fine ; j'essayai de rompre la membrane avec la pointe d'un couteau et à l'agiter ; elle donna de la lumière en différens points.

Il paraît donc que la surface du mercure a une attraction telle pour le phosphore qu'elle le fait étendre en forme de membrane , à-peu-près comme s'y étendent les substances huileuses. Ce fait confirmerait l'opinion de Davy que le phosphore se rapproche des huiles.

Cette membrane, ne luit pas, ne se déchire et ne s'agite pas, parce que la surface qui reste exposée à l'air, n'est que du phosphore brûlé ou de l'oxide de phosphore, laquelle membrane manifeste sa lumière toutes les fois qu'elle donne lieu à la combustion par le contact de l'air.

Mais on sait que le phosphore au contact de l'air se transforme en vapeur; alors je me fis cette question: quelle substance s'étend sur la surface du mercure, est-ce le phosphore ou bien la vapeur?

Pour la décider, j'eus recours à l'expérience suivante. Je versai du mercure dans une capsule de verre jusqu'à ce que le fond en fût couvert, et j'ajoutai ensuite assez d'eau sur le mercure pour qu'elle s'élevât à peu-près à un pouce au-dessus de sa surface. J'y projetai alors un peu de râclure de phosphore; en observant à travers les parois du vase quand le phosphore toucherait la surface du mercure. Le morceau de phosphore, au moment de le jeter, se divisa, diminua par en bas; deux fragmens se portèrent sur l'eau, l'un très-petit et l'autre plus grand. Le plus petit morceau fit des mouvemens rapides, tandis que l'autre resta immobile.

Avec un brin de paille je suçai l'eau qui était à la surface du mercure, et je mis les deux morceaux de phosphore à découvert, pour voir si l'accès de l'air et la suppression de la vapeur pouvaient faire renaître les mouvemens du phosphore; mais les morceaux de phosphore commencèrent à luire, et à fumer sans faire le moindre mouvement.

Ce n'est donc pas la vapeur, mais le phosphore concret, qui s'étend sur la surface du mercure.

En effet, la surface de mercure, touchée par le phosphore en mouvement, était couverte d'un léger vernis.

Le phosphore se meut aussi sur la surface de l'eau, mais ses mouvemens sont inférieurs à ceux qu'il fait sur le mercure. Prenez de l'eau tiède, si c'est en hiver, et jetez dessus quelques morceaux de phosphore, après l'avoir frotté entre les doigts; les plus gros gagneront le fond du vase, mais quelques-uns des plus petits feront un mouvement de rotation et s'arrêteront ensuite; on y remarquera une fumée et une aureole qui traversera l'eau: preuve que la surface de l'eau exerce une attraction sur le phosphore.

M. Accum indique en outre une particu-

larité sur les mouvemens du camphre , savoir : qu'ils n'ont pas lieu à une basse température, en entourant , par exemple , l'eau d'un mélange frigorifique.

Cette observation confirme l'explication des mouvemens déduite de l'attraction des surfaces. Le froid rend l'huile volatile concrète du camphre encore plus solide , ne permettant pas qu'elle se fonde et qu'elle se répande sur la surface de l'eau ; il empêche la cause des mouvemens.

Plusieurs savans célèbres attribuent ces sortes d'effets à des lois mécaniques. Quant à moi , je soutiendrai toujours qu'ils sont dus à une *force physique qui réside à la surface des corps* , celle que produit l'*adhésion*. On ne peut pas bien expliquer ces phénomènes en les faisant dériver d'une autre cause. L'huile , par exemple , s'étend sur l'eau et sur le mercure en forme d'une pellicule fine et avec une rapidité qui n'est pas l'effet de sa légèreté , ou de sa viscosité , ni de l'extrême mobilité de la surface des liquides sur lesquels elle a été placée ; et cette étendue est proportionnelle à l'extension de la surface des liquides.

Le phénomène du suc laiteux d'euphorbe est encore plus surprenant , ainsi que ceux

de la farine des graines céréales et légumineuses ; ces substances ont une pesanteur spécifique plus forte que celle de l'eau : cependant elles la surnagent et s'y répandent avec une vitesse incroyable.

Lorsque l'on met sur l'eau une goutte de suc laiteux d'euphorbe, elle s'y étend en forme d'une couche mince avec une grande rapidité ; en posant également sur un grand vase rempli d'eau un peu de farine de froment, elle se répand à la surface avec une force telle qu'elle semble animée d'un mouvement intérieur. Pour découvrir ceci, il ne faut pas avoir recours à la légèreté, à la volatilité ni à la position de la substance qui glisse sur l'eau, car elle devrait se précipiter au fond du vase du moment où elle touche l'eau.

Au reste, si ces phénomènes dériveraient des lois mécaniques, pourquoi la même chose ne devrait-elle pas arriver à l'eau sur le mercure ? Si l'on met de l'eau sur du mercure, quoique sa pesanteur spécifique soit bien moindre, et malgré sa faculté de glisser, elle ne s'y étend pas, elle semble plutôt être repoussée par lui. De même, si l'on met du charbon en poudre ou bien la poussière très-fine d'une terre sur l'eau, ces substances ne s'y étendent pas, comme la farine, mais elles

paraissent être repoussées ; si au contraire on frotte la terre entre les mains huilées , elle s'étend ensuite sur l'eau , comme la farine.

L'on ne doit pas avoir recours dans cette explication à l'électricité. Si cela était ainsi, qui mieux que le soufre devrait donner lieu à des mouvemens ? Mais le soufre et le cristal pulvérisés restent immobiles sur l'eau , comme les terres et autres substances non électriques.

Qui ne reconnaîtra , pour la cause de ces phénomènes , la *force d'adhésion* ou l'*attraction de surface* ?

---

*Le Maïs, ou blé de Turquie, apprécié sous tous ses rapports ; Mémoire couronné le 25 août 1784, par l'Académie royale des sciences ; belles-lettres et arts de Bordeaux ; par M. A.-A. Parmentier, officier de la légion d'honneur et membre de l'Institut impérial de France (1) ;*

Extrait par M. VIREY.

Lorsque cet important travail fut publié pour la première fois, on en tira un si petit nombre d'exemplaires, et il fut, par cette raison, si peu répandu, que l'académie de Montauban, peu d'années après, proposa un sujet de prix presque semblable pour répandre plus de lumières sur la culture du

---

(1) Nouvelle édition, imprimée par ordre du Gouvernement. — Paris, imprimerie impériale. — In-8°. de 273 pag. — Se trouve chez Méquignon père, et A.-J. Marchant, libraires.

maïs. Aujourd'hui que le gouvernement prend l'intérêt le plus vif à propager les connaissances utiles, celles sur-tout qui assurent la subsistance des hommes, il a fait réimprimer à ses frais le savant Mémoire de M. Parmentier. On sera bien étonné, en effet, d'y retrouver plusieurs observations données de notre tems comme des découvertes modernes, notamment *le sirop et le sucre des tiges de maïs*, et qui avaient été faites dès l'année 1780. Comme l'art pharmaceutique n'est point étranger aux arts de l'économie domestique et rurale sur lesquels repose la richesse la plus utile des Etats; comme ce sont même des pharmaciens qui ont le plus avancé ce genre de connaissances, nous devons nous empresser de les accueillir.

Le savant auteur commence par rechercher l'origine du maïs, lequel vient d'Amérique; il le décrit, dans son espèce et ses variétés de couleur, de grosseur, de précocité, celles qui sont les plus riches en produits, les plus convenables à chaque terrain et aux différens climats. Il examine les phénomènes de sa végétation, les accidens qui peuvent lui nuire, les maladies qui l'attaquent, les causes qui les développent, les moyens propres à les combattre.

Ensuite il traite des terres et de genres de culture les plus appropriés à ce végétal, les semailles, les labours, la récolte, les produits en grains, en fourrages et regains, la richesse et l'abondance des divers produits, etc. Dans le second chapitre, l'auteur entre dans le détail des analyses du maïs, son sucre, son amidon, sa substance muqueuse, etc. Les procédés de conservation, l'égrenage, la mouture, selon les différentes méthodes; les meilleurs moyens d'employer le maïs à la nourriture de l'homme et des animaux, soit qu'on en fasse une sorte de bière, comme en Amérique, soit qu'on le fasse griller, ou bouillir, qu'il serve confit au vinaigre, ou préparé en gruau, en semoule, en vermicelle pour les potages, ou qu'on en forme des bouillies, de la *polenta*, de la millasse, du pouding, des gaudes, des galettes, du pain, du biscuit pour la marine, etc. Toutes ces recherches sont poursuivies avec un détail et un soin particuliers qui ne laissent presque rien à désirer. D'ailleurs les fourrages que le maïs peut fournir abondamment aux bestiaux, rendent sa culture la plus précieuse, sans contredit, après celle du froment, et cette sorte de graminée réussit presque partout où croît la vigne dans nos climats.

---

## T A B L E A U

### *Méthodique des espèces Minérales. Seconde partie ;*

PAR M. LUCAS, fils.

Extrait par M. DEYEUX.

En 1806, M. Lucas fils, adjoint à son père, garde des galeries du Muséum d'histoire naturelle établi à Paris, publia la première partie d'un Tableau méthodique des espèces minérales déposées dans ce muséum. Cet ouvrage revêtu de l'approbation des administrateurs et professeurs du muséum, fut bientôt recherché par tous les amateurs d'histoire naturelle. Il méritait, en effet, de fixer d'autant plus leur attention, qu'indépendamment de ce qu'il était écrit avec précision et clarté, il offrait encore une foule de détails intéressans, qu'on ne trouvait pas dans les autres ouvrages de ce genre qui avaient été imprimés.

C'est la seconde partie de ce tableau que M. Lucas présente aujourd'hui. Pour en faire sentir le mérite, il suffira de donner l'extrait d'un rapport verbal fait à la Classe des sciences physiques et mathématiques, par M. le Lièvre.

Cette seconde partie renferme :

1<sup>o</sup>. La disposition de la collection du muséum d'histoire naturelle ;

2<sup>o</sup>. La distribution méthodique des espèces minérales, extraites du tableau cristallographique publié par M. Haüy, en 1809 ;

3°. La traduction en allemand , italien , espagnol , anglais et latin , des noms français donnés par ce savant aux substances minérales ;

4°. Les synonymies française , allemande , italienne , espagnole et anglaise. L'auteur a choisi pour point de départ, dans les minéralogies anciennes , la cristallographie de Romé-de-Lisle , publiée en 1783 , comme étant le tableau le plus complet des connaissances acquises sur les minéraux à cette époque ; il a également rapporté les noms français donnés aux substances qu'il décrit par Daubanton , Mongez , de Born , Sage , Delamétherie , Brochant et Brongniart ;

5°. Les caractères nouveaux offerts par les espèces minérales , déjà décrites dans la première partie de ce travail , et les résultats des analyses de ces substances faites par les plus savans chimistes ;

6°. L'indication des gissemens des espèces , d'après les ouvrages de MM. Haüy , Brochant et Brongniart ; la minéralogie topographique et le répertoire annuel de minéralogie de M. Léonhard ,

7°. La description abrégée des minéraux , et celles des espèces et variétés observées depuis la publication de la première partie de ce tableau , jusqu'à la fin de 1812 ;

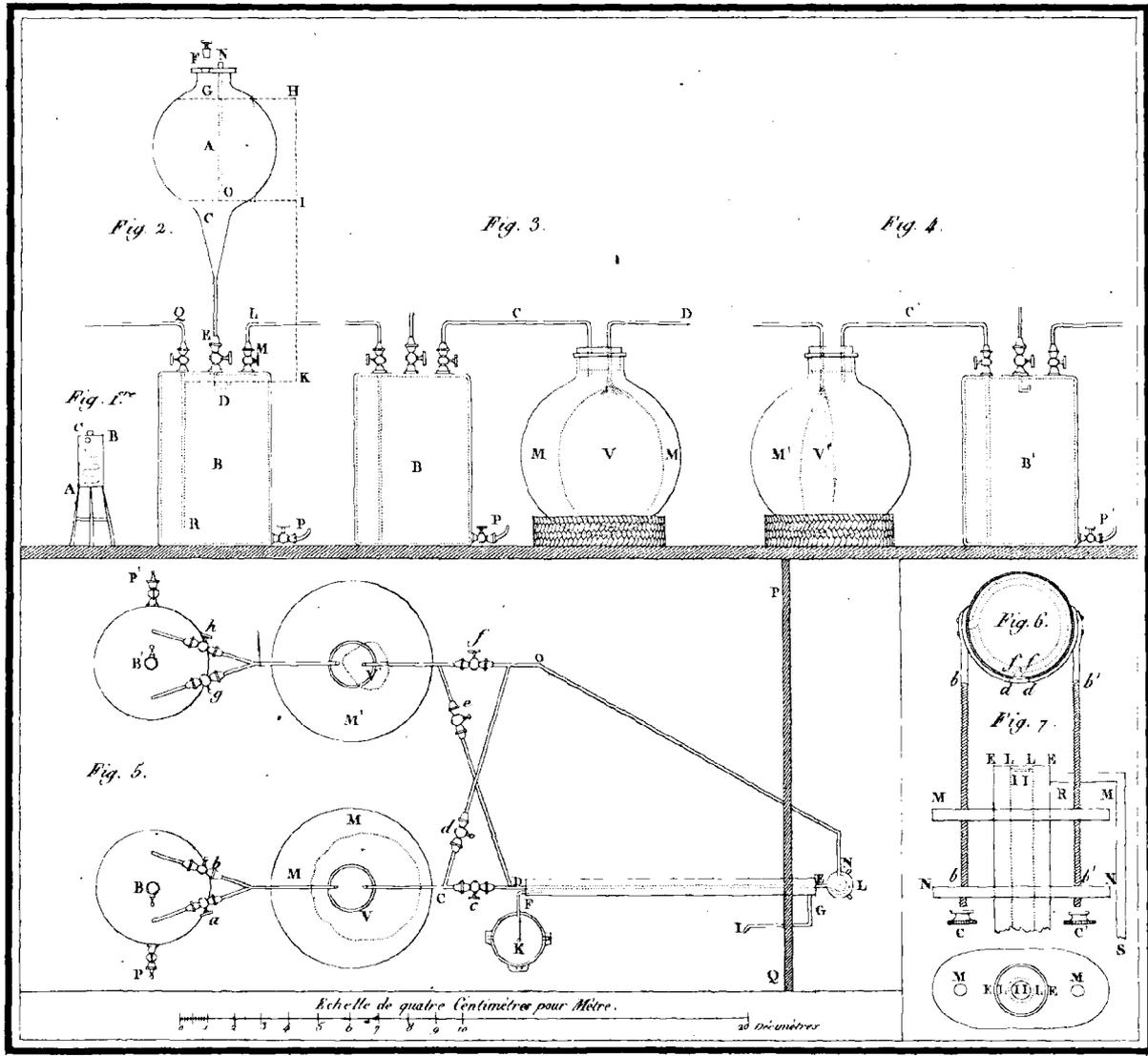
8°. La distribution des roches donnée par M. Tondy , dans ses dernier cours particulier , en 1811 ;

9°. Enfin , trois tables alphabétiques. Les deux premières présentent le nom de la substance , et indiquent la page du volume ; la

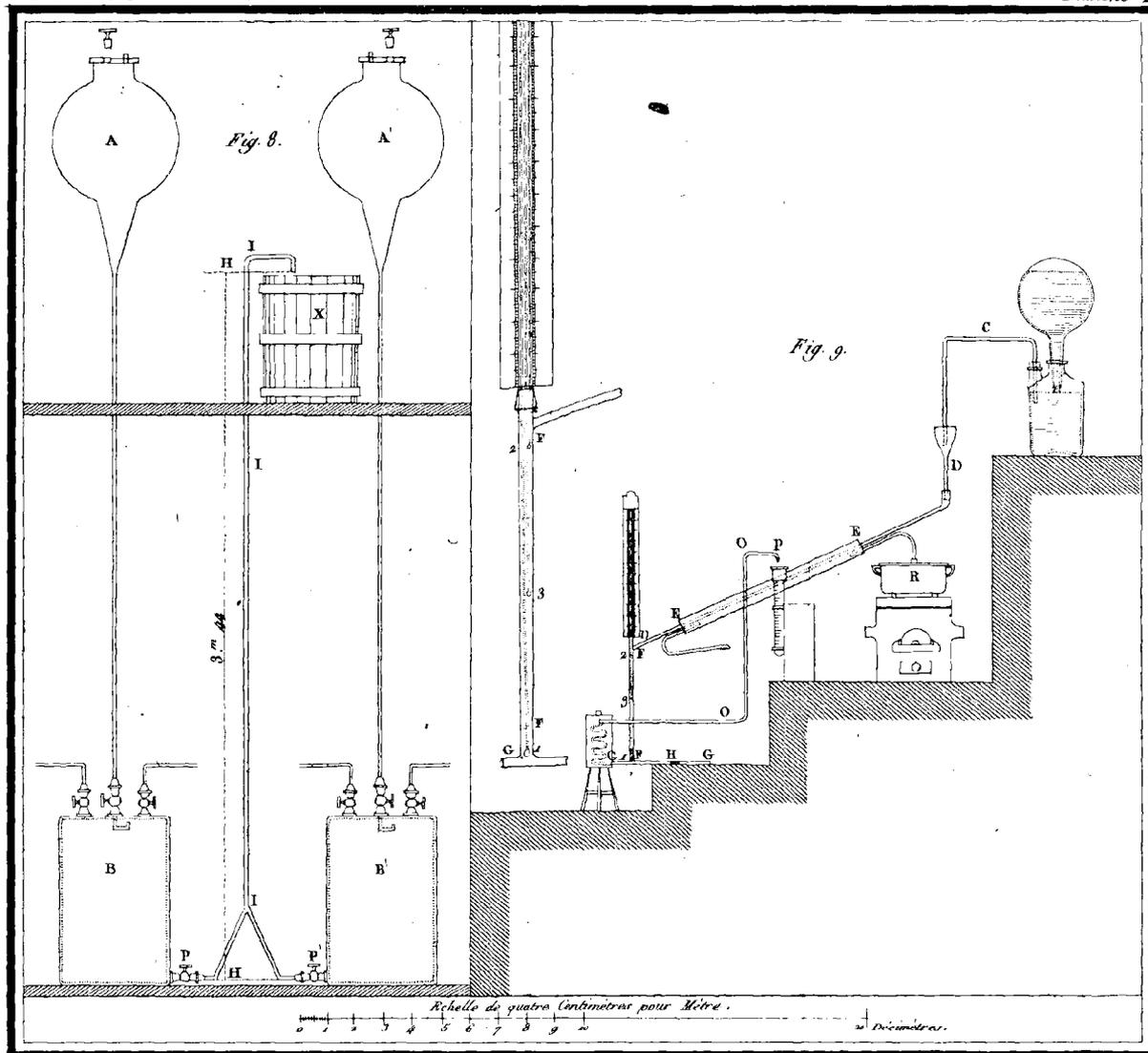
troisième fournit le moyen de trouver sur-le-champ, à l'aide de numéros correspondans, l'armoire du muséum où est déposé le minéral que l'on veut connaître.

Je ne dois pas oublier de dire que l'auteur a placé, à la suite des articles généraux, quantité de notes extraites des collections académiques, et de différens journaux scientifiques. Ces notes seront lues avec intérêt et éviteront la peine qu'on serait obligé de prendre, si, pour se les procurer, il fallait consulter les nombreux écrits dans lesquels elles sont souvent perdues.

D'après ce court exposé, on peut juger facilement de quel utilité peut être l'ouvrage de M. Lucas, non seulement aux minéralogistes, mais sur-tout aux jeunes élèves qui, pour leur instruction, visitent souvent les galeries du muséum. J'ajouterai même, comme l'a très-bien observé M. le Lièvre, que cet ouvrage peut dédommager, jusqu'à un certain point, les amateurs d'histoire naturelle du retard qu'éprouve la seconde édition de la minéralogie de M. Haüy, minéralogie qui est attendue avec une grande impatience, et qui ne manquera pas d'ajouter de nouveaux titres à la réputation dont jouit ce savant, ainsi qu'à la reconnaissance que lui doivent tous ceux qui sont en état d'apprécier le mérite de ses écrits, et qui connaissent le zèle et le talent avec lesquels il cultive une science qui, depuis tant d'années, fait le sujet de ses plus profondes méditations.







Girard del.

Fevrier 1813.

Adam sculp.



---

# ANNALES DE CHIMIE.

31 Mars 1813.

---

*De l'action de la lumière solaire sur  
le phosphore ;*

PAR M. VOGEL.

LES effets que produisent les rayons solaires sur les corps plus ou moins composés, comme sur les oxides métalliques, quelques acides minéraux, et sur les substances organiques, ont été décrits par un grand nombre de chimistes; les travaux de Scheèle, Berthollet, Link, Boeckmann, Seebeck, Gay-Lussac et Thenard, Brugnatelli, et beaucoup d'autres, sont trop bien connus, et quelques-uns d'entr'eux sont même trop récents pour qu'il soit nécessaire d'en rappeler le souvenir.

Les corps réputés simples, exposés au contact de la lumière, n'ont pas beaucoup occupé les chimistes; je dois excepter M. Heinrich; mais ce physicien les a exa-

*Tome LXXXV.*

15

minés uniquement, comme les différens diamans, sous le point de vue de la phosphorescence, objet qui est très-éloigné du but que je me suis proposé (1).

Les expériences qui se rapportent le plus à celles dont il va être question, sont de MM. Boeckmann et Brugnatelli; et, comme je suis parti du point où Boeckmann s'est arrêté, je crois devoir dire en abrégé ce qu'il a fait sur cet objet. L'ouvrage de ce chimiste, qui paraît être inconnu en France, consiste en un volume intitulé : *de l'action du Phosphore sur différens gaz*. J'ai étudié cet ouvrage avec soin; en m'attachant sur-tout à cette partie de son travail, où il ajoute à l'action du gaz l'action de la lumière solaire.

M. Boeckmann, en exposant du phosphore dans du gaz azote aux rayons solaires, remarqua qu'il se formât aux parois du flacon une poudre jaune-orangée qui devint d'un rouge-brun, en formant de petites étoiles infusibles dans l'eau bouillante, et qui ne lui-sait pas, tandis qu'il ne se passa rien de semblable avec le phosphore plongé dans du gaz azote, qui était conservé à l'ombre. Un

---

(1) Voy. Heinrich phosphorescenz der Koerper, 1811.

phénomène à-peu-près semblable eut lieu, d'après Boeckmann, avec le gaz oxigène, le gaz acide carbonique, le gaz hydrogène, le gaz hydrogène sulfuré, phosphoré et carboné, le gaz nitreux, le gaz acide fluorique, le gaz acide sulfureux, dans lesquels gaz l'auteur exposa du phosphore aux rayons solaires.

Dans le gaz ammoniac, la poudre, au lieu d'être rouge, devint d'un brun foncé presque noirâtre.

D'autres chimistes, avant M. Boeckmann, avaient conclu que le phosphore dissout dans ces différens gaz, par l'action du soleil, se déposait par le refroidissement, en état divisé, sur la parois du flacon : plus tard je parlerai de l'opinion adoptée par M. Boeckmann (1).

Pour mettre de l'ordre dans mes expériences, j'examine l'action de la lumière sur le phosphore sous trois points de vue : 1°. phosphore plongé dans les liquides ; 2°. phosphore dans le vide ; 3°. phosphore qui séjourne dans différens fluides élastiques.

---

(1) *Voy.* Boeckmann, *Versuche, uber das Verhalten des phosphorus in Gasarten*, 1 vol. in-8°. Erlangen, 1800.

## PREMIÈRE PARTIE.

*Milieux liquides, exposés aux rayons solaires.**Eau distillée.*

J'ai mis un cylindre de phosphore très-blanc et décapé dans l'eau distillée refroidie, qui avait auparavant subi une longue ébullition; le flacon étant entièrement rempli d'eau, et bien bouché, fut ensuite exposé au soleil. Au bout de quelques minutes, la couleur blanche du phosphore devint foncée sensiblement, et après une heure, toute la surface était entièrement rouge; l'eau décantée ne contient pas d'acide phosphoreux; elle ne rougit aucunement la teinture de tournesol; elle est légèrement brunie par une dissolution de nitrate d'argent, ce qui paraît indiquer que l'eau contient un peu de gaz hydrogène phosphoré en dissolution.

Le phosphore blanc, fondu dans l'eau tiède et agité dans un flacon au contact du soleil jusqu'à un parfait refroidissement, se fige en une poudre rouge, tandis qu'une autre partie de phosphore fondu, agitée à la lumière

diffuse, laissa après le refroidissement une poudre blanche.

Voulant m'assurer si la lumière, diversement colorée des corps incandescens, produit un effet analogue à celui du soleil, j'ai fait bouillir le phosphore dans un matras presque rempli d'eau, posé immédiatement sur des charbons ardents; mais le phosphore n'est point devenu rouge par cette lumière; il est resté aussi blanc que celui que j'avais fait bouillir dans du sable noir et mêlé de charbon en poudre.

La flamme bleue du soufre en combustion, au moyen de laquelle j'ai fait bouillir l'eau qui renfermait du phosphore, n'a pas non plus rougi ce corps combustible.

J'attendais quelque effet de la part de la flamme blanche, et cela d'autant plus que M. Seebek a annoncé, il y a peu de tems, que la flamme du soi-disant FEU BLANC DES INDIENS (1) était capable de faire détonner, à

---

(1) Cette poudre est composée de 24 parties de nitre et de 7 parties de fleurs de soufre, et 2 parties d'arsenic rouge, ou réalgar.

Les Anglais la vendaient autrefois aux astronomes français, comme un composé secret. Le feu d'une boîte de 10 pouces de diamètre remplie de cette

une certaine distance, un mélange de gaz hydrogène et de gaz oximuriatique, effet qui n'était produit, jusqu'à présent, que par les rayons solaires ou bien à l'aide d'une haute température.

J'ai éclairé en conséquence le phosphore renfermé dans de l'eau pendant quelque tems par cette flamme blanche éclatante, dont la chaleur n'était pas suffisante pour faire fondre le phosphore; il n'a aucunement changé de couleur: il est cependant possible que Seebek ait concentré encore les rayons par des lentilles pour leur donner plus d'énergie.

### *Phosphore et alcool.*

Un cylindre de phosphore blanc introduit dans un flacon contenant de l'alcool à 40°, et exposé au soleil, le phosphore est devenu

---

poudre, que le général Roy avait enflammées près Oré, sur les côtes anglaises, fut aperçue par Méchain à Montlarbers, sur les côtes de France, à une distance de 40 milles de mer. Une boîte semblable allumée à Dunkerque par Legendre, fut aperçue par le comte de Cassini sur le cap Blanc-Nez, à une distance de 20,000 toises. *Voy. Journal de chimie, Schweigger, tom., II, pag. 238.*

rouge, l'alcool se troubla par une foule de petits flocons jaunâtres.

En débouchant le flacon, qui était entièrement rempli d'alcool, j'en ai versé rapidement dans la teinture bleue de tournesol, qui ne fut aucunement rougie; le papier bleu de tournesol, plongé dans cet alcool, n'y rougit pas; en le laissant pendant quelque tems, il rougit à la surface près de la couche de la liqueur qui est au contact de l'air, parce qu'il se forme alors de l'acide phosphoreux. L'eau de chaux sépare le phosphore de cet alcool phosphoré comme le fait l'eau distillée; mais il ne s'est pas précipité du phosphite de chaux, car on peut redissoudre le dépôt dans l'alcool chaud. Les vapeurs blanches qui se dégagent de l'alcool phosphoré par l'eau, ne sont pas acides; elles ne noircissent pas le papier humecté de nitrate d'argent. Au reste, le cylindre de phosphore, qui ne pouvait plus se dissoudre dans l'alcool, est devenu rouge au soleil de la même manière comme s'il était plongé dans l'eau.

### *Phosphore et éther.*

Un cylindre blanc, de phosphore conservé dans l'éther, et exposé aux rayons solaires,

devient bientôt rouge ; l'éther lui-même se trouble , étant parsemé d'une infinité de flocons rouges.

L'éther décanté ne rougit pas la teinture de tournesol ; le morceau de phosphore était devenu entièrement rouge.

Les huiles d'olive et de térébenthine et le pétrole rectifié, donnent à-peu-près les mêmes résultats ; il n'y a pas d'acide de formé dans des vaisseaux clos, mais du phosphore en dissolution ; dans tous ces liquides, il prend une couleur très-rouge, et les parois du flacon se couvrent d'une couche également rouge.

*Phosphore et soufre liquide de Lampadius.*

Lorsque l'on projette des morceaux de phosphore dans cette liqueur, ils disparaissent très-promptement ; on ne voit pas de dissolution plus rapide (1).

Cette liqueur fait exception à toutes celles examinées précédemment ; étant chargée de

---

(1) D'après Trommsdorff, une partie de cette liqueur peut dissoudre 8 parties de phosphore et rester encore liquide. *Voy. Annales de chimie, t. LXVII, pag. 214.*

phosphore et exposée au soleil, elle n'acquiert aucune couleur rouge.

J'avais d'abord supposé que le défaut d'oxygène dans ce liquide, pouvait être la cause de cette inaltération; mais je me suis assuré que la présence du soufre empêchait le phosphore de devenir rouge au soleil.

A cet effet, j'ai combiné du phosphore avec du soufre dans une proportion telle, que le phosphore y dominait de beaucoup.

Ce composé, tantôt mou, tantôt coulant, d'après les proportions respectives, exposé dans l'eau distillée aux rayons du soleil, resta jaune, et ne devint même pas rouge, lorsqu'on l'expose au soleil, à l'air libre sur une lame de platine.

Ce phosphore de soufre est une source constante de dégagement de gaz hydrogène sulfuré (1); tant que le composé reste mou, le dégagement du gaz a lieu, quoiqu'il soit

---

(1) M. Thenard a remarqué que l'union de parties égales de phosphore et de soufre, mise en contact avec l'eau bouillante produisait une violente détonation qui est précédée d'un grand dégagement de gaz hydrogène sulfuré. *Voy. Annales de chimie, tom. LXXXI, pag. 110.*

frappé par les rayons solaires pendant plusieurs semaines.

Lorsque le terme de ce dégagement arrive, le phosphore se durcit, devient cassant; et, dans cet état, il acquiert une couleur rouge au soleil.

J'ai examiné le résidu du phosphore de soufre, qui était devenu cassant à la longue, et j'ai trouvé qu'il ne contenait que très-peu de soufre.

Il semble qu'on pourrait conclure de là que le soufre s'oppose à l'action de la lumière, qu'il empêche le phosphore de rougir, et que le même soufre une fois disparu sous la forme de gaz hydrogène sulfuré, le phosphore qui reste peut recouvrer alors ses propriétés ordinaires, et rougir par les rayons solaires.

#### *Phosphore et ammoniacque liquide.*

Le phosphore, exposé au soleil dans l'ammoniacque liquidé, se comporte tout autrement que nous l'avons vu pour la plupart des liquides précédens.

Au lieu de devenir rouge, il se couvre d'une poudre grise-noirâtre; ce changement arrive aussi au phosphore plongé dans l'am-

moniaque dans l'obscurité ; mais d'une manière moins sensible , et il demande un espace de tems beaucoup plus considérable.

J'avais d'abord supposé que le phosphore décomposait une partie d'ammoniaque , et que , par conséquent , il devrait s'en dégager , ou du gaz hydrogène , ou du gaz azote ( en admettant que l'ammoniaque ne contienne pas d'oxygène ).

J'ai donc introduit du phosphore blanc en poudre dans un flacon qui était presque entièrement rempli d'ammoniaque liquide ; le flacon muni d'un tube recourbé plongeant sous des cloches remplies d'eau , je l'ai exposé aux rayons du soleil ; au bout de quelques heures , la surface de la poudre était devenue noirâtre sans qu'il se fût dégagé une seule bulle de gaz. Il sera question du changement qu'éprouve le phosphore par ce moyen , à l'article de l'action du gaz ammoniac.

## DEUXIÈME PARTIE.

*Phosphore dans le vide.**Vide de Boyle.*

J'ai introduit un cylindre de phosphore blanc dans un petit récipient à robinet, propre à être vissé sur le plateau de la machine pneumatique; après avoir retiré l'air au moyen d'un nombre de coups de piston, j'exposai l'appareil au soleil ardent. Au bout d'une heure, le phosphore était devenu sensiblement rouge, aussi bien que celui qui était placé dans un récipient semblable rempli d'air.

Dans un tube de verre de 4 pouces de longueur, hermétiquement fermé à une de ses extrémités, j'ai introduit un cylindre de phosphore bien décapé; j'ai fait fondre ensuite le phosphore en plongeant le tube dans l'eau tiède, pour que s'il y eût eu quelques bulles d'air interposées entre les parois du tube et le phosphore, elles pussent s'échapper en traversant le phosphore liquéfié. En plongeant le tube qui renferme le phosphore fondu, dans la neige, le phos-

phore se solidifie brusquement , en diminuant sensiblement de volume , et la surface convexe du liquide se convertit, accompagnée d'une légère secousse, en surface plane un peu concave. Le phosphore ainsi refroidi , j'ai fermé le tube par une couche de mercure , de sorte que tout contact de l'air fut intercepté. J'ai enveloppé le tube qui contient le phosphore parfaitement blanc et transparent avec quelques bandes de papier noir , et je l'ai exposé au soleil pendant plusieurs heures ; la partie couverte par du papier noir est restée blanche , tandis que celle frappée par les rayons solaires est devenue très-rouge.

Dans une cloche entièrement remplie de mercure et posée sur un bain de même métal , j'ai introduit un cylindre de phosphore qui arriva à la partie supérieure du cylindre , où il fut enveloppé en grande partie par le mercure ; mais un des côtés touchait les parois du vase , et fut , par conséquent , frappé par les rayons solaires ; cette partie seulement est devenue rougée , tandis que le reste du phosphore , couvert par le mercure , a conservé sa blancheur et sa transparence.

*Vide de Torricelli.*

J'ai fait bouillir du mercure pur pour en chasser l'eau et les bulles d'air qui pouvaient y être interposées ; je l'ai introduit ensuite après le refroidissement dans un tube de 30 pouces de longueur, au milieu duquel j'avais fait descendre un fil de fer mince ; le tube étant rempli, je l'ai renversé dans une cuvette, et j'y ai fait passer un cylindre de phosphore blanc que j'avais eu la précaution de mouvoir dans le mercure auparavant pour lui enlever les couches minces d'air qui pourraient y adhérer.

Au bout de quelques minutes d'exposition au soleil, le phosphore est devenu extraordinairement jaune et presque rouge ; le vide était néanmoins resté parfait ; car, en inclinant le tube, le mercure montait jusqu'à l'extrémité, et enveloppait le phosphore.

Quand le tube est bien sec ; il se forme autour du phosphore dans le vide, sur les parois du verre, de petites lames brillantes, jaunes, semblables à l'aventurine, qui deviennent jaunes au bout de quelques jours d'exposition au soleil ; il arrive un moment où tout le vide du tube est rempli, vers les

parois , de ces lames brunes , brillantes , cristallisées en forme d'étoile. Je laissai le phosphore séjourner quatre jours dans ce vide de Torricelli ; et pendant ce tems la colonne de mercure n'avait éprouvé d'autre changement que celui provenant de la pression de l'atmosphère , comme je m'en suis assuré par un baromètre comparatif que j'avais placé à côté de l'appareil. Je fis passer ensuite dans le tube de la teinture bleue de tournesol , qui ne fut point rougie.

Les cristaux bruns volatilisés et déposés contre les parois du tube , étaient moins fusibles que le phosphore ; ils exigèrent une chaleur plus considérable par l'inflammation ; ils brûlerent avec une légère flamme jaunâtre qui s'éteignit aussitôt que la température diminua ; le cylindre de phosphore qui restait dans le vide était enveloppé d'une couche rouge sensiblement épaisse , ce qui l'a probablement empêché de devenir rouge jusqu'au fond.

## TROISIÈME PARTIE.

*Phosphore et différens fluides élastiques.*

M. Boeckmann a déjà examiné l'action des rayons solaires sur le phosphore plongé dans différens gaz, comme je l'ai dit au commencement de ce mémoire; il ne partage cependant pas l'opinion de M. Goettling, que le phosphore en dissolution se dépose, par le refroidissement, très-divisé sur les parois des vases; il est plutôt de l'avis d'attribuer ces faits à l'affinité de la lumière pour le phosphore. Quoi qu'il en soit, il est bien certain que le phosphore, aidé par les rayons solaires, peut se dissoudre dans un grand nombre de gaz; si les mêmes phénomènes observés dans les fluides élastiques n'eussent pas eu également lieu dans le vide de Torricelli le plus parfait, l'opinion de Goettling aurait dû être adoptée sans aucune réserve.

J'ai répété la plupart des expériences de M. Boeckmann; mais, comme je suis parvenu à-peu-près aux mêmes résultats, je ne décrirai que les phénomènes dont M. Boeckmann ne fait pas mention.

*Phosphore dans le gaz azote , et dans le  
gaz hydrogène.*

Je plongeai dans deux flacons de même diamètre , l'un rempli de gaz azote , et l'autre de gaz hydrogène , un tube de verre tiré en capillaire , à l'extrémité duquel était attaché un morceau de phosphore d'un poids égal pour ces deux flacons ; les deux vases furent exposés aux rayons solaires du mois d'août , où la température variait de 26 à 30 degrés de Réaumur ; pendant quelques minutes , le phosphore , qui avait pour milieu le gaz azote , se fondit en totalité , et coula tout le long du tube , tandis que le phosphore , plongé dans le gaz hydrogène resta solide.

J'ai répété cette expérience un grand nombre de fois , avec une quantité égale de gaz et de phosphore ; j'ai même substitué au gaz azote un flacon rempli d'air atmosphérique , et toujours j'ai observé que le phosphore fondait dans le gaz azote et dans l'air , tandis qu'il conservait son état concret dans le gaz hydrogène.

Ces deux gaz contenaient l'un et l'autre un peu de phosphore en dissolution ; car ils devenaient très-lumineux , en y faisant passer

dans l'obscurité du gaz oxigène : quant au gaz hydrogène, on peut déjà s'en apercevoir par la combustion qui est bien plus rapide.

Je ne sais si l'on doit attribuer la fusion prompte du phosphore à l'action solutive de l'azote : j'en doute ; car celle du gaz hydrogène est pour le moins aussi forte.

Dans ces deux flacons une poudre rouge se dépose au bout de quelque tems sur les parois ; un phénomène absolument semblable a lieu avec le gaz hydrogène carboné et avec le gaz acide carbonique.

*Gaz hydrogène arseniqué, et gaz hydrogène sulfuré.*

Dans ces deux gaz, le phosphore se convertit en poudre rouge très-foncée beaucoup plus promptement que dans tous les gaz précédens.

La matière rouge, dans le premier cas, est composée de phosphore et d'arsenic, et dans le second, de soufre et de phosphore.

*Gaz hydrogène phosphoré.*

Le gaz hydrogène phosphoré, nouvellement préparé et exposé au soleil, laisse

déposer sur les parois du vase une poudre rouge (i).

Par cette exposition au soleil , le gaz arrive à l'état de *minimum* de phosphore ; alors il ne s'enflamme plus par le contact de l'air , mais bien par celui du gaz oximuriatique ; à l'aide du contact continu du soleil , la décomposition ne va pas plus loin.

La formation de la poudre rouge par l'exposition du gaz hydrogène phosphoré au soleil , doit faire naître deux conjectures qui se contraient mutuellement.

Si l'on se rappelle que M. Thenard a annoncé que la matière rouge du phosphore n'était autre chose qu'un phosphure de carbone et non un oxide au *maximum* , comme on l'avait cru jusqu'à présent , il faudrait supposer , dis-je , que le gaz hydrogène phosphoré contient du carbone en combinaison , ou bien que la matière rouge n'est point un phosphure de carbone.

J'ai pensé que je ne pourrais m'assurer de la présence du carbone dans le gaz hydrogène phosphoré qu'en le faisant brûler.

---

(i) Cette matière rouge se forme en plus grande quantité encore , si l'on y ajoute , comme Boeckmann l'a fait , un morceau de phosphore.

A cet effet, j'ai recueilli le gaz sous une grande cloche remplie d'air, qui était posée sur un support contenant de l'eau de baryte ; le gaz arrivé dans la cloche y brûla, et l'acide phosphorique formé se combina avec la baryte. Tout fut converti en phosphate de baryte, et il ne s'y trouva pas un atôme de carbonate de formé ; la matière se dissout tranquillement et en totalité dans l'acide muriatique, sans laisser pour résidu ni carbone, ni matière rouge.

Il me semble que l'on doit conclure de ceci, que le gaz hydrogène phosphoré ne contient pas de carbone en combinaison.

Quant à la poudre rouge qui se dépose dans le gaz par les rayons solaires, il en sera question à l'article *combustion du phosphore*.

#### *Gaz ammoniac.*

Un cylindre de phosphore plongé dans du gaz ammoniac acquiert bientôt une couleur d'un brun de foie, et les parois du flacon se couvrent d'une couche semblable ; le phosphore qui séjourne dans ce gaz, conservé dans l'obscurité, devient brun très-lentement.

Ignorant si le phosphore se combine avec l'ammoniaque, ou bien si cette dernière se

décompose, j'ai cru éclaircir mes doutes en faisant l'expérience suivante : un tube de porcelaine qui traversait un fourneau de réverbère fut chauffé au rouge cerise ; à l'une de ses extrémités était adapté un tube recourbé qui plongeait dans l'eau ; à l'autre extrémité ( que j'ai eu soin d'entretenir froide ) j'ai introduit quelques morceaux de phosphore, et j'y ai adapté une cornue de grès contenant un mélange de chaux vive et de muriate d'ammoniaque. Aussitôt que le tube de porcelaine fut rouge, je chauffai le mélange, ainsi que l'extrémité du tube, pour faire fondre le phosphore de manière qu'il fût coulant, et je fis arriver le gaz ammoniac à-peu-près en même tems dans la partie la plus chaude du tube :

J'ai obtenu à l'autre extrémité du tube du phosphore brun comme s'il avait été exposé au soleil dans le gaz ammoniac ; mais comme le contact total de l'air, qui est presque inévitable, est cause qu'une partie de phosphore brûle, j'ai varié l'expérience de la manière suivante :

Dans un cylindre de verre j'ai introduit du phosphore blanc avec un peu d'eau, et j'ai tenu le phosphore en fusion, en plongeant le cylindre dans l'eau bouillante ; j'y ai

fait passer un courant de gaz ammoniac, au moyen d'un tube qui plongeait jusqu'au fond du cylindre ; de ce cylindre partait un tube recourbé qui communiquait à des cloches remplies de mercure.

A mesure que le gaz ammoniac arriva dans le phosphore fondu, celui-ci changea un peu de couleur, et il passa dans la cloche une petite quantité de gaz hydrogène phosphoré qui s'enflamma au contact de l'air ; il passa aussi quelques bulles de gaz azote, que je ne crois cependant pas devoir attribuer à la décomposition de l'ammoniaque, mais qui provient sans doute de la petite quantité d'air resté dans les vaisseaux, et dont l'oxygène avait été absorbé par le phosphore ; car ce dernier vient souvent à la surface, entraîné par la violence du dégagement du gaz ammoniac.

En mettant sous une cloche remplie de gaz ammoniac des lames très-minces de phosphore (pour augmenter les surfaces), le phosphore devient bientôt noir ; par de nouvelles quantités de phosphore je suis parvenu à absorber entièrement le gaz ammoniac.

*Phosphore dans le spectre solaire du prisme  
et sous des verres colorés.*

J'ai exposé un cylindre de phosphore dans le spectre solaire d'un prisme sous le rayon violet, et un autre morceau sous le rayon rouge; celui frappé par le premier rayon devint rouge plus promptement que celui frappé par le second. On sait cependant depuis longtems que le rayon rouge fait élever davantage le thermomètre que le violet, et il semblerait que ces rayons n'agissent pas du tout en raison de la chaleur qu'ils sont capables de produire.

J'ai mis au soleil comparativement du phosphore sous une plaque de verre bleu-violet, de verre rouge et de verre jaune; le phosphore qui avait séjourné sous le verre bleu était devenu très-rougé au bout d'un quart d'heure, tandis que le phosphore, couvert d'une plaque rouge pendant le même espace de tems, n'avait pas sensiblement perdu de sa blancheur.

Le verre jaune s'est comporté à-peu-près de la même manière que le verre blanc.

*Le phosphore contient-il du carbone ?*

Proust a déjà entrevu la possibilité d'une combinaison de phosphore avec le carbone, et il regarde comme tel le résidu rouge que l'on recueille dans la peau de chamois pendant la purification du phosphore fondu.

M. Berthollet semble croire que le phosphore renferme du charbon ; il dit avoir éprouvé qu'en distillant deux fois successivement du phosphore transparent, il a laissé une poudre noire dans la cornue, mais en plus grande quantité dans la première opération que dans la seconde (1).

Heller, Pelletier, Brugnatelli, et quelques autres chimistes, regardent le carbone comme partie constituante du phosphore, en disant que le phosphore, brûlé dans une cuiller d'argent, laisse une poudre noire charbonneuse : ce résidu noir n'est cependant que du phosphore d'argent, mêlé d'oxide rouge et d'acide phosphorique.

Juch dit avoir fait un grand nombre d'expériences qui prouvent que le phosphore jaunâtre contient du carbone ; en traitant ce phosphore par l'acide oximuriatique, on lui

---

{ (1) Voy. Statique chimique, tom. II, pag. 107.

enlève le carbone, selon Juch, et le phosphore devient blanc et transparent comme du verre (1).

Tout récemment M. Thénard a publié des résultats d'expériences, où il dit que le phosphore le plus pur possible, et distillé un grand nombre de fois, retient toujours du carbone, et que le soi-disant oxide rouge de phosphore n'est autre chose qu'une combinaison de phosphore avec du carbone (2).

Il dit de plus, que par la combustion rapide du phosphore dans l'air ou dans le gaz oxigène, il ne se forme pas de gaz acide carbonique, que le résidu rouge est du phosphure de carbone, mais que par la combustion lente il se forme, outre l'acide phosphoreux, du gaz acide carbonique.

J'ai introduit du phosphore blanc dans une petite cornue de verre remplie de gaz azote, et j'ai distillé à feu nu; le col de la cornue touchait la surface d'eau chaude contenue dans un vase; le produit distillé a été soumis à la même opération, encore trois fois de suite, dans de nouvelles cornues. Après chaque distillation, on

---

(1) *Voy. Annales de chimie, t. XXIX, p. 221.*

(2) *Idem, tom. LXXXI, pag. 109.*

trouva tapissées les parois du vase d'une très-petite quantité de matière blanchâtre, et qui ne devint rouge qu'au moment où l'air rentrait dans la cornue; il n'y avait que le résidu de la première distillation qui était d'un brun foncé et qui retint un peu de carbone. J'ai réuni les résidus des trois dernières distillations, et je les ai traités dans un appareil convenable par l'acide nitrique; la matière rouge a disparu sur-le-champ, tout s'est converti en acide phosphorique, et pas un atôme d'acide carbonique de formé.

Le résidu rouge n'était donc pas un phosphore de carbone, mais bien de l'oxide rouge de phosphore.

Ce phosphore ainsi quatre fois distillé, mis en lames très-minces, et renfermé entre deux plaques de verre, devint rouge, exposé au soleil, même dans l'hiver, où la température était à deux degrés au-dessous de zéro.

Pour me procurer cette matière rouge en quantité un peu considérable, j'ai brûlé de très-petits morceaux de phosphore répandu sur une assiette blanche, et j'ai lavé ensuite le résidu rouge (1).

---

(1) Si les morceaux de phosphore sont trop gros, l'acide phosphorique qui se forme enveloppe le phos-

La matière, bien lavée et desséchée, présente une poudre d'un rouge foncé; cette poudre ne se fond plus comme le phosphore à  $32^{\circ}$ ; elle exige pour sa fusion une température bien au-dessus de l'eau bouillante.

Elle ne luit pas au contact de l'air ni dans l'obscurité, ne s'enflamme pas au-dessous de la température de l'eau bouillante.

Chauffée dans une capsule de platine, elle brûle lentement avec une belle flamme jaunâtre; mais elle cesse de brûler aussitôt qu'on retire la capsule du feu.

Sa pesanteur spécifique est inférieure à celle du phosphore. Lorsque l'on tient du phosphore rouge en fusion pendant quelque tems dans un tube, la poudre vient nager à la surface, et la couche inférieure est du phosphore blanc.

Elle ne se dissout pas du tout dans le soufre liquide de Lampadius, comme le fait le phosphore avec une extrême facilité.

J'ai introduit cette poudre rouge dans une

---

phore en partie et empêche sa combustion totale; dans ce cas, la matière rouge retient toujours un peu de phosphore non brûlé. Un phosphore impur laisse après la combustion, outre la matière rouge, un peu de carbone.

cornue de verre tubulée; j'y ai adapté un matras tubulé contenant de l'eau de chaux : de ce matras partait un tube recourbé qui plongeait dans un flacon également rempli d'eau de chaux.

L'appareil ainsi disposé, j'ai versé dans la tubulure de la cornue, au moyen d'un tube en S, de l'acide nitrique faible, et j'ai chauffé la liqueur jusqu'au degré d'ébullition; au bout de quelque tems la poudre rouge avait entièrement disparu, et le dégagement de gaz cessait.

L'eau de chaux, dans laquelle le gaz avait passé, était restée entièrement diaphane; elle était cependant encore très-alkaline et susceptible d'être troublée par la plus légère bulle d'acide carbonique.

J'ai répété l'expérience à plusieurs reprises en faisant passer le gaz dans un mélange d'eau de chaux et d'ammoniaque, ou bien dans l'eau de baryte, jamais il ne s'est formé la plus légère trace de carbonate de chaux ou de baryte.

Tout ce que je viens de dire sur la poudre rouge provenant de la combustion rapide du phosphore, s'applique exactement à tous les dépôts rouges qui se forment par le phosphore dans les différens gaz exposés aux

rayons solaires. La matière rouge qui provient du gaz azote, du gaz hydrogène, du vide, du gaz hydrogène phosphoré, etc., se comporte de la même manière, c'est-à-dire elle ne contient pas de carbone, et paraît être un oxide rouge de phosphore.

Si l'on veut admettre que cet oxide se forme dans les gaz, en supposant que l'eau en vapeurs se décompose par les rayons solaires, et que son oxigène se porte sur le phosphore, cela ne présente pas de grandes difficultés, du moins je n'ai pas encore assez multiplié mes expériences pour pouvoir opposer des argumens fondés à cette opinion.

Le même raisonnement n'est cependant pas applicable au phosphore qui est exposé au soleil, renfermé dans le vide de Toricelli, ou dans des tubes remplis de mercure.

Quand on a fait bouillir le mercure et dessécher un tube neuf au feu et par un courant d'air, il n'est plus permis d'y supposer de l'humidité. Je devrais peut-être me contenter d'exposer les faits observés: je serais cependant tenté de croire que le soleil semble agir ici comme oxigénant; et il ne serait pas étonnant de trouver la cause de ce changement dans l'effet que produisent quelques

rayons du soleil, appelés par Wollaston *rayons chimiques*.

Au reste, je me propose de continuer ce genre de recherches avec les rayons solaires, aussitôt que les beaux jours d'été me le permettront.

### *Combustion lente du phosphore.*

M. Thenard dit que dans la combustion lente du phosphore il se forme toujours une quantité d'acide carbonique, et que par cette raison le phosphore n'absorbe que 18 à 19 centièmes d'air. (1)

J'ai laissé un morceau de phosphore très-blanc sur la pointe d'un tube de verre, dans un cylindre gradué renfermant 100 parties

---

(1) Lorsque le phosphore a cessé de luire dans l'obscurité, Parrot et Boeckmann l'ont rendu lumineux de nouveau, en faisant dissoudre les vapeurs de l'acide phosphoreux par la potasse liquide, ou par l'acide sulfurique étendu d'eau. Parrot rapporte à ce sujet dans le 1<sup>er</sup>. volume du Journal de physique de Gilbert, le passage suivant : le phosphore plongé dans un air sec brûle très-lentement, et n'absorbe que 0.20 ; il se forme une vapeur phosphorée qu'il faut enlever par les alcalis : on obtient alors une absorption de 0.02 à 0.03 de plus.

d'air ; au bout de quatre jours , le phosphore avait absorbé 0.21 parties de gaz.

J'ai mis un morceau de phosphore dans un flacon de trois litres de capacité et rempli d'air , que j'avais lavé d'avance par l'eau de chaux. La combustion lente , à une température de 15 à 20 degrés , a duré au moins six jours ; alors je n'aperçus plus de vapeurs blanches ni de lueur dans l'obscurité.

J'ai disposé de la même manière un grand nombre de flacons , et lorsque la combustion lente était achevée , je fis absorber l'acide formé en introduisant dans chacun des flacons un excès d'eau de chaux. Les différens précipités rassemblés , je les ai introduits dans une cornue de verre tubulée , à laquelle j'ai adapté un tube recourbé plongeant dans un flacon rempli d'eau de chaux. Par la tubulure munie d'un tube à entonnoir , j'ai versé de l'acide nitrique ; le précipité s'est dissout , sans qu'il se soit produit une effervescence et sans que l'eau de chaux se soit troublée. J'ai chauffé ensuite le liquide dans la cornue , jusqu'à le porter à l'ébullition ; mais il ne se dégagaa aucun gaz capable de troubler l'eau de chaux ou de baryte.

J'avais cependant craint que peut-être l'acide carbonique ne se formât que dans

l'instant où le morceau de phosphore est près d'être entièrement consumé.

J'ai donc eu soin d'opérer la combustion lente avec des restes de phosphore qui avaient déjà séjourné dans d'autres flacons remplis d'air, et j'ai achevé ainsi sa combustion lente et totale. Il ne s'est point formé d'acide carbonique dans aucune de ces expériences. Au lieu d'eau de chaux ou de baryte, je me suis servi aussi, pour plus de commodité, de l'ammoniaque, dans l'intention de saturer l'acide formé, et j'ai décomposé ensuite la liqueur par du muriate de chaux; mais le précipité qui en résultait était uniquement du phosphate de chaux, sans contenir une trace de carbonate. Au reste, ces deux précipités sont déjà très-faciles à distinguer, même à la simple inspection. Le carbonate de chaux se dépose promptement, tandis que le phosphate de chaux reste divisé et en suspension pendant plusieurs jours.

J'ai répété ces expériences à plusieurs reprises et avec des flacons d'une grande capacité; et j'ai toujours eu le même résultat.

Il paraît donc que le phosphore, du moins celui qui a servi à mes expériences, ne contenait pas de carbone.

Si le phosphore contient réellement du carbone, cette substance pourrait être préjudiciable à la décomposition de l'acide carbonique, dans les carbonates par le moyen du phosphore; on serait tenté de supposer que la matière noire charbonneuse provient en partie du phosphore.

Il serait au reste très-étonnant que le phosphore, s'il contient du carbone, ne donnât pas, étant traité par l'acide nitrique, un peu de gaz acide carbonique, ou bien qu'il ne laissât déposer du carbone.

Dans une cornue tubulée à l'émeril, contenant de l'acide nitrique, posée sur des charbons ardents, j'ai projeté du phosphore; j'y ai ajouté un ballon et ensuite un flacon rempli d'eau de chaux. Cette liqueur s'est légèrement troublée vers la fin de l'opération, mais le précipité n'était qu'un peu de phosphite de chaux; car par la violence de l'acide, le gaz avait entraîné un peu de phosphore, et celui-ci avait probablement absorbé l'oxygène de l'air contenu dans les vaisseaux.

Pour m'en convaincre, j'ai recommencé la même expérience et j'ai mis un flacon intermédiaire, contenant une dissolution aqueuse de nitrate d'argent; celle-ci s'est

noircie et le flacon suivant , rempli d'eau de chaux , ne s'est plus troublé ;

J'aurais bien désiré pouvoir me procurer un peu de phosphore sans intermède du carbone. A cet effet j'introduisis de l'acide phosphorique vitrifié, pur, dans un tuyau de porcelaine qui traversait un fourneau de réverbère chauffé au rouge ; à l'une de ses extrémités était adapté un tube recourbé plongeant sous une cloche pleine d'eau , à l'autre un appareil pour dégager du gaz hydrogène. Aussitôt que le gaz hydrogène arriva dans le tube rouge , une explosion violente eut lieu ; l'appareil se brisa , et plusieurs personnes furent blessées par des morceaux du fourneau , lancés au loin ;

Quoique j'aie presque la certitude que cet accident ne provient pas d'un peu d'air mêlé au gaz hydrogène , et que ce dernier gaz seul étant pur, puisse donner lieu à une détonation en contact avec l'acide phosphorique rouge , en formant de l'eau , je répéterai incessamment cette expérience avec quelques autres précautions.

*Résumé.*

De toutes les expériences mentionnées dans le Mémoire ci-dessus, on peut déduire ce qui suit :

1°. Le phosphore blanc et transparent, exposé au soleil dans de l'eau privée d'air et dans quelques autres liquides diaphanes, devient rouge sans qu'il s'y forme d'acide phosphoreux. La flamme bleue du soufre brûlant, ainsi que la flamme blanche du feu blanc des Indiens, ne produisent rien de semblable sur lui ;

2°. Il ne devient pas rouge dans le soufre liquide de Lampadius dont la cause doit être attribuée à la présence du soufre. Un phosphore de soufre exposé au soleil, sous l'eau, ne devient rouge qu'à l'époque où la plus grande partie du soufre s'est dégagée avec l'hydrogène de l'eau ;

3°. Le phosphore devient noir dans l'ammoniaque liquide, ce changement de couleur est beaucoup plus rapide, quand la liqueur est exposée au soleil ;

4°. Il devient rouge au soleil dans le vide de Boyle et de Torricelli ; dans ce dernier il

se dépose en paillettes brillantes contre les parois du tube ;

5°. Dans le gaz hydrogène et le gaz azote, il devient rouge très-rapidement, et les parois des flacons le tapissent de cristaux rouges étoilés. A une température égale, le phosphore fond dans le gaz azote, tandis qu'il conserve son état concret dans le gaz hydrogène. Le phosphore devient également rouge dans le gaz hydrogène carboné, dans le gaz acide carbonique, dans le gaz hydrogène arseniqué et sulfuré ;

6°. Le gaz hydrogène phosphoré devient rouge au soleil ; le précipité rouge qui se dépose ne contient pas de carbone ;

7°. Le gaz ammoniac que l'on fait passer à travers du phosphore fondu, lui communique une couleur foncée, et il se dégage un peu de gaz hydrogène phosphoré ;

Le phosphore mis sous une cloche remplie de gaz ammoniac exposée aux rayons solaires, devient noir ; le phosphore en se combinant avec l'ammoniac, est capable d'absorber le gaz en totalité ;

8°. Le phosphore devient rouge beaucoup plus promptement par le rayon violet du spectre prismatique, que par le rayon rouge ;

plus rapidement dans les verres violets que dans des verres rouges ;

9°. Le phosphore blanc transparent, distillé plusieurs fois, ne contient pas de carbone. La poudre rouge qui se forme dans les différens gaz exposés au soleil, ou qui reste après la combustion rapide, n'est pas un phosphure de carbone, mais un oxide rouge de phosphore ;

10°. Par la combustion lente du phosphore purifié, il ne se forme pas d'acide carbonique.

## OBSERVATIONS

*Sur la chute des Pierres, ou sur les  
Aérolithes;*

PAR M. MARCEL DE SÈRRES.

Le phénomène de la chute des pierres est par lui-même si singulier, qu'on ne doit pas être étonné que, quoiqu'observé par un grand nombre d'hommes éclairés (1), on ait longtems douté qu'il eût réellement lieu. Les anciens, beaucoup plus crédules que les peuples modernes, ont presque tous admis la chute des aérolithes; mais lorsqu'on a commencé à vouloir se rendre compte des divers phénomènes terrestres, on en a nié complètement l'existence, par cela même qu'il n'était guère possible d'en expliquer la formation.

---

(1) Pline parle des pierres tombées du ciel, comme en ayant vu lui-même. *Ego vidi ipse in Vocontionum agro, paulò ante delatum. Lib. 11, caput. 60.*

Le premier physicien qui, dans les tems modernes, a discuté l'origine des aérolithes et prouvé leur existence, est Albert Groot, ou Albert le Grand dont les nombreux écrits composent près de vingt-deux volumes in-folio (1). Mais depuis lui jusqu'à Chladni, c'est-à-dire, depuis le XIII<sup>e</sup>. siècle jusqu'à nos jours, à peine les naturalistes ou les physiciens ont-ils donné quelque attention à ce phénomène. Cependant il a bien fallu, en admettre la réalité, et depuis qu'elle a été constatée, de nombreux écrits ont démontré le grand nombre de preuves que les anciens nous en avaient laissées (2). Si les écrivains occupés de ce genre de recherches, ont épuisé cette matière sous le rapport de l'érudition; il paraît du moins

---

(1) Albert Groot, né à Lawingen en Souabe, dans l'année 1205, fut évêque de Ratisbonne, et cultiva avec quelque succès les sciences. Son histoire des animaux est remarquable pour le tems où elle a paru, quoique le fond de cet ouvrage soit emprunté d'Aristote et de ses comentateurs, sur-tout d'Avicenne.

(2) Mémoire sur les aérolithes, par Chladni.—Journal des mines, tom. XV, XXV et XXVI. — Lithologie atmosphérique, par M. Izarn. — Mémoire historique et physique sur la chute des pierres, par M. Bigot de Morogues.

qu'ils n'ont point connu les diverses opinions émises depuis peu, pour expliquer la formation des aérolithes. Plusieurs écrivains allemands ont, en effet adopté une hypothèse au sujet de ces météores dont les physiciens français n'ont point rendu compte, soit parce que la langue allemande est peu cultivée parmi nous, soit enfin parce que les écrits où cette opinion est consignée (1), ne sont pas parvenus à leur connaissance. Ces observations sont donc uniquement consacrées à rétablir cette légère omission ; et tout en parlant de l'hypothèse admise par certains écrivains allemands, nous ne pourrions nous empêcher de dire quelques mots de l'ouvrage que M. Bigot de Morogues vient tout récemment de publier sur le même objet.

On peut rapporter à trois hypothèses principales, toutes celles qui ont été émises pour expliquer les aérolithes. Les uns leur donnent une origine extra-atmosphérique, et les autres les considèrent au contraire comme formées dans notre atmosphère. Enfin il en est qui ont pensé que les aérolithes avaient une origine terrestre. Mais toutes ces expli-

---

(1) Journal de physique de Schweiger, tom. V.

cations doivent encore être sous-divisées , suivant que l'on rapporte la formation des aérolithes à telle ou telle cause. Ainsi , parmi les physiciens qui ont donné à ces pierres une origine extra-atmosphérique , on voit :

1°. Que les uns, avec Pline, les font venir du soleil , ce qui devait être selon ce grand écrivain , puisque ces pierres avaient une couleur noire , ou pour ainsi dire brûlée ( *colore adusto* ) ;

2°. Que les autres , avec Chladni , les regardent comme de petites planètes isolées , ou bien avec M. de Lagrange , comme des fragmens de petites planètes ;

3°. Enfin , que les derniers , avec l'illustre auteur de la Mécanique céleste, les considèrent comme des corps lancés de la lune , opinion qui a été adoptée par la plupart des physiciens anglais.

Les observateurs qui ont , au contraire , donné aux aérolithes une origine atmosphérique , ont pensé :

1°. Qu'elles ont été produites dans notre atmosphère par la combustion de gaz inflammables ; qui contiennent en suspension ou en dissolution des parties métalliques et terreuses ;

2°. Ou qu'elles ont été produites de la même manière que les métaux et les terres se forment dans les plantes, ainsi que semblent l'avoir prouvé les expériences de Schrader et Crell. Ces physiciens ont en effet observé qu'en faisant végéter des plantes dans le soufre et le charbon, les métaux, ou les terres qui s'y trouvent ordinairement s'y forment de même par l'acte de la végétation.

Quant aux physiciens qui ont attribué aux aérolithes une origine terrestre, les uns ont admis (1) que ces substances préexistaient dans les lieux où on les rencontrait, et avaient été seulement altérées par la foudre; les autres, qu'elles provenaient des volcans, et qu'elles étaient des espèces de laves.

L'opinion qui tend à faire regarder les aérolithes comme formées par les nouvelles combinaisons opérées dans l'atmosphère par le contact de tous les corps qu'y entraîne sans cesse l'évaporation, est encore si peu connue, que c'est aussi la seule dont nous nous occuperons.

---

(1) C'était l'opinion des membres de l'Académie royale des sciences, pendant le milieu et même la fin du siècle dernier.

Les auteurs de cette hypothèse ont d'abord fait observer que la chute des aérolithes ne paraît pas avoir eu lieu également dans toutes les saisons ; car sur soixante - cinq ou soixante-dix de ces chutes dont l'époque est bien connue, il y en a eu près des deux tiers qui sont arrivées pendant les mois de juin, de juillet et d'août. Enfin, ils prouvent encore que dans tous les mois d'hiver, les chutes de pierres ont été moins fréquentes que dans un seul mois d'été.

La même observation qui démontre l'influence des saisons sur les aérolithes, s'applique également aux différentes parties du jour ; ainsi, d'après un catalogue fait avec soin de toutes les chutes connues des pierres météoriques, sept seulement sont tombées entre minuit et midi, et encore ces pierres n'ont-elles été précipitées que dans les heures les plus avancées de la matinée, c'est-à-dire, entre huit et onze heures du matin. Dans une seule circonstance, ce phénomène a été observé entre onze heures du soir et six du matin, tandis qu'on a des preuves de trente-six chutes opérées entre midi et minuit, et encore la plus grande partie a eu lieu entre trois heures du soir et le coucher du soleil.

La situation géographique des lieux où les pierres sont tombées jusqu'à présent, ne paraît pas non plus être indifférente à ces observateurs. Il semble, en effet, que le nombre de ces météores décroît avec la distance d'un lieu à l'équateur; ainsi on n'en a point encore vu en Suède, en Danemarck, et ce n'est que dans la Russie méridionale qu'on en a trouvé quatre, et enfin on n'en compte que six qui aient été jusqu'à présent aperçus en Angleterre. Le nombre des aérolithes a été au contraire extrêmement grand en Italie, en France et en Allemagne.

Le tems semble même avoir une certaine influence sur la chute des pierres; car on n'en connaît aucune qui ait eu lieu pendant un tems couvert, ou pendant une grande pluie ou une neige abondante, ou enfin avec un vent fort soutenu, sur-tout avec le vent nord, nord-est ou est. Sur quarante-trois chutes où l'on a tenu compte du tems, vingt-neuf sont arrivées pendant un tems chaud et serein, la trente et la trente et unième se sont manifestées pendant que le ciel présentait quelques nuages épars et isolés. Les douze autres ont été accompagnées d'orages assez violens et de grêles,

comme les chutes arrivées en 1103, 1249 et 1552 en fournissent la preuve. La pression de l'air semble aussi diminuer avant ou après la chute. C'est ce qu'on a observé en 1806 à Alais (1) et à Stannern en Moravie, en 1808 (2) et à Maurkirchen en Bavière dans l'année 1811 (3) où le ciel se couvrit un peu après et avant le météore.

Après avoir fait voir les circonstances qui accompagnent la chute des aérolithes, les auteurs de la théorie dont nous parlons, passent à leur origine. Sur vingt-neuf chutes de pierres qui ont eu lieu par un tems serein, vingt de ces aérolithes ont paru sortir d'une nuée peu étendue, mais arrondie, d'une couleur noire ou variable, suivant la couleur des pierres elles-mêmes; ainsi cette couleur était blanche dans la chute qu'on observa à Burgos, et les pierres qui sortirent de la nuée étaient également blanches.

---

(1) Analyse de l'aérolithe tombée à Alais, par M. Thenard; *Annales de chimie*, ann. 1806, p. 108.

(2) *Journal de physique* de Gilbert, tom. XXIX. — Analyse par M. Vauquelin; *Annales de chimie*, ann. 1809, pag. 321.

(3) *Journal de physique* de Gilbert, tom. XXIX.

Toujours le nuage ou la nuée paraît essentiel à ces météores, car c'est de lui que part le bruit qui accompagne ou qui précède la chute des aérolithes, et enfin que proviennent les pierres. L'étendue de ces météores n'est pas moindre ordinairement d'une demi à une lieue de diamètre, grandeur bien différente de celle des pierres elles-mêmes dont la masse a le plus souvent de fort petites dimensions. On ne peut expliquer cette différence, en admettant que les vapeurs donnent une pareille étendue au météore, car alors le météore devrait être composé du globe métallique et des vapeurs qu'il traîne après lui, tandis que la forme de ce globe métallique est toujours plus ou moins ronde et circonscrite. Il faut donc supposer que la plus grande partie de ces globes n'est pas composée de parties métalliques seulement, pendant qu'ils parcourent l'air, mais de parties inflammables qui se consomment pendant la course rapide de ces globes.

Cela paraît encore prouvé par les phénomènes lumineux qui accompagnent ces météores, car ils ne sont point les mêmes que ceux produits par des corps métalliques incandescens. La couleur de la flamme est

en effet blanche comme celle du camphre ou du phosphore en ignition. Dans les aérolithes de Connecticut ou de Veston qui tombèrent en 1807 (1), la lumière a exactement suivi la marche des éruptions; elle s'est éteinte avec chaque éruption pour reparaître avec la suivante. Si, comme quelques observateurs l'ont prétendu, la lumière était la conséquence de l'état incandescent de l'aérolithe occasionné par la rapidité de sa chute, il faudrait alors que cet état d'incandescence augmentât avec le tems de la chute; mais il en est presque toujours le contraire, et plusieurs pierres observées dans l'air se sont éteintes avant d'atteindre la terre. La forme de ces météores s'accorde d'ailleurs assez bien avec cette opinion (2), car elle n'est pas toujours la même; ainsi la pierre tombée en Angleterre le 18 août 1783, affecta tantôt une forme arrondie et tantôt une forme alongée. L'effervescence assez remarquable qu'on a même observée dans plusieurs de ces aérolithes semble encore prouver qu'il ne s'agit point ici ni d'une

---

(1) Journal de physique de M. Lamétherie, mai 1808.

(2) Voy. l'ouvrage de Chladni, sur les masses de fer tombées du ciel,

consistance métallique , ni de simples vapeurs qui entourent le noyau , d'autant que les bords sont toujours bien distincts et ne se perdent pas insensiblement. Enfin , si , contre toutes les apparences , on voulait attribuer la plus grande partie de ce météore à des vapeurs , on n'en serait pas moins embarrassé d'expliquer leur origine , puisque les aérolithes sont presque uniquement composées de parties terreuses et métalliques qui ne peuvent guère se vaporiser à la température de notre atmosphère.

On donne généralement aux aérolithes une orbite parabolique , mais l'angle que forme la parabole avec l'horison , n'est pas toujours le même. En effet , il est tombé en France dans l'année 1783 , une pierre qui a formé un trou presque horizontal , et celle de Stannern (1) creusa une cavité de deux pieds sur une profondeur de deux pouces seulement. D'autres pierres , comme celle tombée en 1810 à Orléans , ou celle qu'on observa en Calabre dans l'année 1755 , conservèrent constamment dans leur chute une direction presque perpendiculaire. Ces faits semblent indiquer

---

(1) Journal de Gilbert , volume déjà cité.

qu'outre la gravité, il doit y avoir une autre force qui, opposée à la direction de la pesanteur, peut modifier leur orbite. On en a une nouvelle preuve dans l'aérolithe de Connecticut, qui, avant de s'éteindre, et après avoir fait explosion pendant trois fois, rebondit autant de fois en haut, et prit par conséquent une direction tout-à-fait opposée à celle de la pesanteur.

Quant à la vitesse des aérolithes, elle paraît en général fort grande : souvent elle égale ou surpasse même celle de la terre, mais dans tous les cas elle est bien plus accélérée que celle que pourrait lui imprimer la simple chute. Aussi, d'après un grand nombre d'observations, est-elle tout-à-fait uniforme, sans augmenter avec le tems de la marche de ces pierres par l'air.

La durée de ce phénomène semble également présenter de grandes différences ; ainsi elle varie d'un quart de seconde à quelques minutes ; une chose même bien singulière, c'est que le bruit sourd semblable à des coups de canon, qui accompagne presque toujours la chute des aérolithes, a duré dans l'explosion qui eut lieu en Russie

en 1787 (1), pendant quatre heures entières. c'est-à-dire, depuis une heure jusqu'à cinq, avant que les pierres tombassent. On a également observé en 1200, avant la chute de pierres qui arriva auprès d'Abdona, en Italie (2), que le nuage dont les pierres sortaient comme toutes enflammées, était resté visible pendant environ deux heures.

On peut encore considérer comme une nouvelle preuve, qu'outre la pesanteur, il y a une force qui influe sur la direction des aérolithes, en voyant le peu de profondeur à laquelle ces pierres s'enfoncent dans la terre. Depuis longtems on a fait observer qu'abandonnées à leur propre poids, ces pierres devraient entrer très-avant dans la terre, si la lune était leur point de départ et que leur vitesse devrait être en rapport avec leur volume ou leur masse. Cependant il est loin d'en être ainsi, dans la chute des pierres qui a eu lieu en 1768 dans le Maine, et en Gascogne en 1790 : il y en eut plusieurs qui sont tombées avec peu de célérité, d'autres très-lentement, d'autres plus vite, d'autres enfin avec une

---

(1) Journal de physique de Gilbert, tom. XXXI.

(2) Izarn, lithologie atmosphérique.

telle rapidité qu'elles sifflaient avec force en parcourant l'air, et sans que ces différences de vitesse eussent été dans le moindre rapport avec leur poids. Dernièrement on a vu qu'une des pierres tombées à Toulouse en 1812, et dont la densité était toujours la même, avait touché la terre d'une manière si légère, qu'elle avait laissée à peine quelques traces de sa chute. D'autres pierres tombées également à Agen n'avaient pas eu la force de percer les toits sur lesquels elles avaient roulé, ce qu'on observa encore dans les pierres tombées en 1753 auprès de Tabor (1).

Il n'est pas moins remarquable de voir que les grandes et les petites pierres ne tombent pas ensemble, mais qu'à la fin de l'orbite, les plus petites se précipitent et celles-ci deviennent plus grandes à mesure qu'elles s'approchent de l'autre extrémité de l'orbite. C'est ce qu'on a observé dans le météore de Stannern qui, en se dirigeant de l'est à l'ouest, laissa précipiter les pierres les plus grosses à mesure qu'il avançait. Le

---

(1) Histoire des aérolithes tombées en Bohême, par Mayer. Dresde 1805.

météore de l'Aigle (1) et de plusieurs autres lieux a présenté également le même phénomène.

Lorsqu'on examine la cohésion des pierres atmosphériques, on voit qu'elle n'est point la même avant et après leur chute. Un grand nombre de ces pierres est dans un état tellement mou qu'elles s'aplatissent souvent en touchant la terre, et celles tombées pendant les années 1768, 1753, 1808, etc., en fournissent la preuve. Il en est même d'autres qui ont été observées dans un état tel de fusion et de fluidité, comme celles tombées en 1751 à Lessay près Coutances (2), et enfin celles qu'on ramassa en Pologne dans l'année 1796 (3). Du reste, toutes ces pierres deviennent solides et même compactes quelque tems après leur chute. Cet état de mollesse que présentent souvent les aérolithes s'accorde assez bien avec leur forme qui est presque toujours celle d'un triangle arrondi ou d'un ovale aplati par

(1) Mémoire sur les pierres tombées auprès de l'Aigle, par Fourcroy; Annales du muséum d'hist. natur., tom. III, pag. 101.

(2) Mémoires de Lausitz, 1796.

(3) Journal de physique de Gilbert, tom. XXXI.

en bas , forme que chaque corps doit offrir lorsque tombant d'une hauteur un peu considérable , il ne jouit pas d'une grande solidité.

Quant à la température des aérolithes, elle est rarement égale à celle de l'air ; le plus souvent elle est , à peu de chose près , celle de l'eau bouillante qui est la plus ordinaire , puisque lorsqu'elles tombent avec un certain état de mollesse , elles adhèrent à des brins de paille , ou à d'autres matières combustibles , sans les avoir enflammés.

On a prétendu, depuis qu'on a analysé un certain nombre d'aérolithes , que leurs éléments étaient toujours à-peu-près les mêmes ; mais a-t-on bien examiné toutes les parties qui les composent ? Par exemple , a-t-on rendu compte de la matière brune , gluante , semblable à un vernis qui enduisait les pierres de Bénarez , ainsi que celles tombées en 1775 , et enfin qu'on a retrouvé dans les aérolithes , dont la chute a eu lieu à Valence en 1806. Cette matière gluante était encore en plus grande quantité dans les pierres de Stannern : d'après la description qu'on en a donnée , il paraît qu'elle était assez semblable à du cambouis. Cette matière visqueuse est probablement un ré-

sidu de celle qui, dans la combustion précédente, ne s'est point consumée entièrement, et à laquelle il faut attribuer la fumée que ces pierres répandent souvent après leur chute.

Il est même de certaines acrolithes qui paraissent très-différentes de celles qu'on a analysées jusqu'à présent; on doit mettre dans cette classe ces petites pierres blanches qui, enduites de glaces, tombèrent en Russie (1). Les cailloux blancs qui en 1552 firent un si grand ravage auprès de Schleusingen, en Bavière et aux portes de Munich (2), et dont on a gardé pendant longtems plusieurs échantillons. Enfin, la pierre tombée en Irlande en 1771 (3), et qui ressemblait à un caillou siliceux grisâtre, comme celles précipitées à Burgos en 1438 (4), et qui étoient si légères, que les plus grandes ne pesaient pas tout-à-fait une demi-livre, quoiqu'elles eussent la grandeur de petits oreillers. Ce dernier fait, quelque singulier

---

(1) Journal de physique de Gilbert, tom. XXXI.

(2) *Id.*, tom. XXIX.

(3) Nouveau magasin d'histoire naturelle, par Voigt, tom. I<sup>er</sup>.

(4) Journal de physique, tom. LX.

qu'il paraisse , peut être considéré comme exact , d'après la notice qu'en a donnée M. Proust.

Les aérolithes semblent donc , d'après tout ce que nous avons observé , dans un rapport si intime avec les globes de feu , qu'on peut être presque sûr que dans les années où il y a beaucoup de météores ignés , il y aura également une ou plusieurs chutes de pierres. De même , comme les météores ignés précèdent ou accompagnent les tremblemens de terre , les aérolithes se rencontrent également avec ces grands phénomènes. En effet , les années tourmentées par un grand nombre d'ouragans , de tremblemens de terre et d'autres phénomènes analogues , n'ont pas manqué d'avoir aussi des chutes de pierres. On peut en citer pour preuve , les années 1618 , 1650 , 1654 , 1668 , 1674 , 1723 , 1743 , 1753 , 1755 , 1768 , 1812 , etc. Souvent même l'époque d'un tremblement de terre a coïncidé parfaitement avec la chute des aérolithes , comme en 1654 , où l'on éprouva à l'île de Funen au nord de l'Allemagne , dans la même semaine , de fortes secousses de tremblement de terre , et où l'on vit se précipiter une grêle de météorolithes. On a ressenti les mêmes effets en

Allemagne et même en Suisse (1) ; ainsi le 7 novembre 1742, jour où la ville de Bâle éprouva tant de dommages par une suite d'un tremblement de terre, il tomba un aérolithe à Énsisheim qui est à peu de distance de cette ville (2).

Nous avons déjà fait observer que les principales hypothèses proposées pour expliquer tous ces phénomènes, se réduisaient à deux fondamentales ; l'une qu'on pourrait appeler *cosmique* et l'autre *tellurique*. La première a été la plus adoptée, sur-tout celle qui considère les aérolithes comme des corps lancés de la lune, et qui dépassent le point où les attractions de la terre et de la lune sont en équilibre. L'on peut dire à ce sujet qu'en adoptant cette hypothèse, on ne paraît pas avoir donné la moindre attention à la différence du tems, ni à la marche du baromètre et du thermomètre, ni à la saison et à la partie du jour où ces aérolithes tombent le plus souvent. Cepen-

---

(1) Voy. l'ouvrage de M. Bertrand sur les tremblemens de terre en Suisse. •

(2) Voy. pour l'analyse de cette aérolithe, le Mémoire de Fourcroy ; Annales du muséum d'histoire naturelle, tom. III, pag. 108.

dant il existe à cet égard des différences assez sensibles, et qui ne peuvent guère être expliquées, en adoptant la théorie qui fait venir les aérolithes de la lune. Cette théorie ne montre pas non plus le rapport qui existe entre la chute de ces pierres et le nuage qui accompagne toujours leur chute. Ce nuage précède même dans quelques circonstances la chute des météorolithes, ce qui prouve qu'il n'est point formé par les vapeurs exhalées par les pierres, ainsi que certains observateurs l'avaient prétendu. Cette explication ne serait pas d'ailleurs admissible, à cause de la quantité de vapeurs qui devrait être en rapport avec celle de la pierre; enfin, ces corps sortis de la lune, se consumeraient certainement jusqu'au dernier atôme, à cause de la longueur du chemin qu'elles ont à parcourir, et cependant leur explosion ne se fait jamais qu'auprès de la terre. Les physiciens, qui adoptent cette théorie, regardent les pierres atmosphériques comme des laves, ce qui s'accorde peu avec l'oxidation toujours très-légère et fort superficielle de ces corps. Cette théorie ne rend pas plus raison des explosions qui accompagnent toujours la chute des aérolithes, tandis que dans les éruptions de nos volcans

on ne les aperçoit que très-rarement et d'une manière purement accidentelle. L'inégalité souvent très-considérable de leur orbite, l'obliquité de leur direction, et leur marche souvent presque parallèle à la terre, et plus encore les soubresauts multipliés d'une de ces pierres, qui prouvent une direction directement contraire à celle de la pesanteur, sont autant de preuves qui ne permettent point de regarder la théorie lunaire comme la plus probable.

Ajoutons enfin qu'en adoptant cette théorie, on ne peut nullement expliquer la lenteur de la chute des aéroolithes. Des corps tombant de la lune ne se précipiteraient pas sur les toits des maisons, sans les enfoncer ou les endommager considérablement, et cependant c'est ce qu'on n'a jamais observé. La durée de ce phénomène devrait être à-peu-près la même, avec la légère différence que doit aussi produire leur volume ou leur poids; mais tantôt leur durée se prolonge pendant quelques minutes et dans quelques circonstances, à la vérité assez rares, pendant des heures entières.

Outre ces difficultés, qui sont d'une certaine importance, il est encore d'autres phénomènes qu'on aurait bien de la peine à expli-

quer par la même théorie; et quoique ces phénomènes ne soient pas absolument du même genre que les météorolithes, ils y tiennent de si près, qu'on ne peut guère les en séparer.

On doit placer ce semble à côté des aéroolithes, les globes ignés qui n'en sont distingués que parce que leur corps n'est point métallique. Du reste ils tombent comme les pierres atmosphériques dans les mois les plus chauds, et par un tems serein; ils brûlent de la même manière et parcourent leur orbite avec la même vitesse, tandis que la direction avec laquelle ils s'approchent de la terre n'est pas moins variable que celle des aéroolithes. Aussi leurs explosions sont elles à-peu-près semblables; et de même qu'on a observé aux météorolithes, sur-tout à celui de 1772, une rotation autour de leur centre, de même, on l'a remarquée pour les globes de feu.

Ce qui mérite le plus d'attention, c'est que ces globes ignés ont, comme les aéroolithes, un corps arrondi et d'une consistance gélatineuse. En effet, un globe de feu qui tomba aux Indes en 1218 (1), laissa après une explosion terrible un gros amas rond de géla-

---

(1) Voy. le tom. II du Voyage aux Indes Orientales, par Barchewitz, publié en 1751 à Erfurt.

tine d'une assez grande consistance. Une masse semblable, mais grise et spongieuse, a été trouvée à Coblentz après l'explosion d'un globe de feu (1). Ces observations ne sont pas les seules de ce genre; on a vu dans ces derniers tems de pareilles masses de la grosseur de la tête d'un homme (2); Silbershlag rapporte même avoir observé un résidu d'un globe igné qui présentait un aspect gélatineux avec une couleur blanchâtre (3).

Les météores ignés nommés improprement *étoiles tombantes*, ne paraissent pas différer des globes dont nous venons de parler. Aussi ces météores laissent-ils après eux des masses gélatineuses faussement attribuées aux oiseaux de proie, puisqu'elles ne renferment rien qui annonce une origine animale. Du reste si les globes ignés comme les étoiles tombantes ne laissent pas toujours de semblables résidus, cela dépend de ce que, composées de parties entièrement combustibles, elles se consomment en brûlant avant d'atteindre la terre. On peut

(1) *Comment. de rebus in scientiâ naturali et medicina gestis*, tom. XXVI, part. 1, pag. 179.

(2) *Journal de physique de Gilbert*, tom. VI.

(3) *Théorie der 1762, beobachteten Feuerkugel*; Leipzig, 1764.

rapporter à ce genre de phénomène le globe de feu qui, au rapport de Geoffroy, creva dans la place du Quesnoy le 4 janvier 1717, celui qui fut observé en Amérique en 1800, et dans le comté de Suffolk en 1802.

Il faut certainement réunir aux globes de feu, les pluies de feu qu'on ne peut en distinguer que par leur plus grande division, tandis que dans les globes la même matière est concentrée dans un seul corps. Une pluie semblable fit de très-grands ravages en Allemagne dans l'année 823 (1), et y brûla des villages entiers. Une autre pluie de la même nature tomba en 1571 dans le grand duché de Hesse (2); après avoir fait une terrible explosion, elle coulait dans les rues encore toute brûlante sans causer une véritable incendie. Une troisième pluie de feu eut lieu en 1678 à Sachsen-Haufen (3), et la matière enflammée brûla une demie-heure dans les rues avant de s'éteindre. Enfin celle qui en 1721 se répandit sur la ville de Brunswick (Braunschweig), était si ardente que dans les pre-

---

(1) Donnernder Wetterknall. Nurnberg.

(2) Journal de Gilbert, tom. XXX.

(3) *Ib.* tom. XXIX.

miers tems de sa chute, on fit des efforts inutiles pour l'éteindre avec de l'eau (1).

Il paraît du reste que la différence qu'on observe entre les pluies de feu, et celles d'une matière huileuse qui ont été vues un grand nombre de fois, n'est fondée que sur ce que dans les premières, cette matière est dans un état de phosphorescence, ce qui n'a point lieu dans les autres. Après ces singulières pluies viennent celles dont la nature est mucilagineuse, et qui, au rapport de Muschenbroeck, tombèrent en Irlande en 1695. Comme la chimie nous démontre que le mucilage se rapproche de la nature du sucre et du miel, on doit y rapporter les *rosées mielleuses* qu'il est bien difficile de regarder comme une excretion des plantes, ainsi que l'ont prétendu quelques physiiciens. Silbershlag ramassa la matière qu'avait laissée une de ces rosées, et il vit que le papier sur lequel il l'avait recueillie se trouvait enduit d'un liquide épais et visqueux (2). Une de ces rosées est tombée tout nouvellement à Ulm en 1812 (3), et son abondance fut si grande que tous les corps qui

(1) Journal de Gilbert, tom. XXIX.

(2) Silbershlag, ouvrage déjà cité.

(3) Ce fait a été rapporté dans tous les journaux.

avaient été exposés à son action se trouvèrent enduits, d'une matière aussi visqueuse qu'épaisse, et cette même matière fut trouvée recouvrant la superficie des eaux stagnantes et des fontaines.

On pourrait peut-être présumer que la matière qui produit les globes de feu tombe sous la forme de pluie dans quelques circonstances, et de la même manière que les aérolithes elles-mêmes se précipitent très-divisées dans les pluies de soufre, de sable, et celles faussement nommées pluies de sang (1).

Quant aux pluies de soufre (2), on a voulu leur donner une origine végétale, quoique les faits ne s'accordent guère avec cette explication. Ainsi la pluie sulfureuse qui se répandit sur la ville de Copenhague en 1646, tomba avec une forte pluie, tandis que l'air était infecté d'une odeur de soufre, et le soufre recueilli par Wormius et quelques autres physiciens

---

(1) Voy. le liv. 11, chap. 56 de l'histoire du monde, de Pline. — Mémoires de l'académie des inscriptions pour l'année 1717. — Lemaire, antiquités d'Orléans.

(2) Moïse, Spangenberg, Olaus-Wormius, Siegesbeck, et d'après eux Muschenbroek ont parlé de ces pluies de soufre. Voy. le tom. II des élémens de physique de Muschenbroeck.

avaient absolument les mêmes propriétés de celui qu'on retire ordinairement des minéraux. Une pluie du même genre eut encore lieu à Copenhague en 1665 (1), et cela après un orage assez violent. La matière qu'elle avait entraînée, recueillie et jetée au feu, répandait une odeur de soufre très-marquée; et avec de l'esprit de thérébenthine, elle forma une espèce de baume de soufre. Enfin tout nouvellement, en 1801, la pluie qui tomba à Radstadt était tellement sulfureuse, qu'on en fit usage pour en préparer des allumettes (2). Cependant, en général, la matière que ces pluies entraînent, ressemble plus au baume de soufre qu'au soufre lui-même : c'est ce que l'on a observé à Chatillon-sur-Seine où la pluie laissa un résidu très-fétide, fort épais et comme visqueux (3), et enfin en Irlande en 1695, où la matière déposée présentait une couleur d'un jaune foncé, avec une odeur fort désagréable, et une consistance gluante (4). Cette matière avait de plus la propriété d'être déliquescente à l'air et de se dessécher par

---

(1) Ouvrage de Muschenbroeck, déjà cité.

(2) Esprit des journaux, juillet 1801.

(3) Histoire naturelle de l'air, par Richard, tom. V.

(4) Mussenbroeck et Izarn.

l'action du calorique. On a encore observé de semblables pluies dans le duché de Mansfeld en 1658; et à Brunswich en 1721.

Il est également absurde de considérer les pluies minérales, comme des pluies d'origine animale, parce que dans quelques-unes on a cru reconnaître des excrétiens de papillons. Ainsi l'on ne peut guère révoquer en doute les pluies rouges minérales qui sont tombées dans la Westphalie en 1543 (1), à Lowen en 1560, et à Embd en 1571. Celle-ci a été si étendue que tous les corps exposés à l'air furent teints en rouge à une circonférence de dix à douze lieues. On rapporte encore que dans l'année 1653, en Zélande, une pluie semblable teignit tous les corps en rouge, et enfin qu'à Bruxelles en 1646, une pluie assez violente survint tout-à-coup, et toute l'eau qu'on en recueillit avait une teinte rougeâtre très-prononcée (2). On observa même qu'au

(1) *Uber Wunderregen.* Ulm 1755. Cet ouvrage contient une histoire détaillée de toutes les pluies semblables connues jusqu'à présent. On y trouve également des analyses de ces pluies.

(2) Cette eau recueillie présentait une saveur aigrelette, à-peu-près comme celle de l'eau de Spaa. On versa sur cette eau un peu de vinaigre, et il se forma

bout de huit heures toutes les rivières qui coulent près de cette ville avaient pris la même couleur. Cette pluie avait d'abord une couleur pourpre qui se changea peu à peu en jaune ; sa saveur était aigrelette, à-peu-près comme celle de l'eau de Spaa , ce qui semble y indiquer la présence du carbonate de fer, matière qui en forme sans doute la partie essentielle. Cette pluie, ainsi que celle tombée à Ulm en 1755, ont été examinées chimiquement (1).

---

un précipité rouge et épais. Gardée pendant quelque tems dans des vases bien bouchés, l'eau se troubla d'elle-même, et il se précipita une matière visqueuse d'une couleur purpurine avec quelques reflets blanchâtres. En distillant cette eau, on obtint une liqueur d'une saveur aigre et amère. La saveur et l'odeur du résidu parurent semblables à celui que donne la tourbe. Ce qui parut à ceux qui l'examinèrent indiquer l'existence des matières organiques. La durée de cette pluie fut d'environ huit heures ; sa couleur rouge fut très-foncée, lorsque cette pluie commença à tomber ; mais elle devint plus claire, lorsque ce singulier phénomène fut près de sa fin. Voy. l'ouvrage que nous venons de citer.

(1) Cette pluie donna des résultats analogues à ceux de la pluie tombée à Bruxelles, le 6 octobre 1646. La saveur de l'eau parut toujours aigrelette. Le résidu rouge foncé tirant même sur le noir était en partie

Dans la même époque, vers la fin de l'année 1755, on éprouva de pareilles pluies en Russie, en Souabe, auprès du lac de Constance, et à Lucarne dans l'Italie supérieure. Le ciel s'obscurcit à Lucarne pendant cette pluie; l'atmosphère devint toute rouge avant qu'elle se manifestât, et le résidu qu'elle laissa était rougeâtre avec un aspect terreux. Cette pluie avait presque l'épaisseur et la consistance de la neige, ainsi que celle qui tomba sur les montagnes de Plaisance le 17 janvier 1810 (1). Cette dernière observée par un grand nombre de personnes, parut d'abord blanche, puis devint rouge après quelques coups de tonnerre, et repassa enfin à la couleur blanche. Dans certains lieux elle présentait comme une couleur de chair tandis que dans d'autres elle était d'un rouge très-foncé; mais toujours elle conserva sa couleur après avoir été fondue: ce fait semble prouver que c'est avec peu de raison qu'on a attribué la couleur de ces neiges à un chatoyement analogue à

---

attirable, ce qui y indique la présence du fer. *Voy. Uber Wunderregen. Ulm 1755.*

(1) *Journal littéraire d'Jéna; Litteratur Zeitung Jahr, 1812.*

celui du mica, ainsi que l'ont prétendu quelques physiciens.

Trop de témoignages s'accordent à admettre l'existence des pluies de sable, pour pouvoir en nier raisonnablement la réalité. Ainsi on en observa une semblable à Bagdad vers l'année 930 (1), et longtems avant qu'elle tombât, le ciel parut couvert d'un nuage rouge, d'où se précipita une immense quantité de sable rougeâtre, tout-à-fait différent des sables qui existent dans cette contrée. Quelques auteurs ont regardé ce sable comme un oxide ferrugineux : quoi qu'il en soit, la réalité de ce phénomène est aussi constante que celle de la pluie ferrugineuse observée sur la mer atlantique en 1719 (2), à 45° de latitude et à 32° de longitude, à une distance d'environ cinq à six lieues du continent. Cette pluie précédée par une lueur assez grande, dura pendant plus de neuf heures, sans que l'air fût agité (3).

---

(1) Mémoires sur l'Égypte, par M. Quatremère.

(2) Histoire naturelle de l'air, par Richard, tom.V.  
— *Id.* Lithologie atmosphérique, par M. Izarn.

(3) Le père Feuillée fit voir des échantillons de ce sable à l'académie des sciences. Comme ce sable était

Les différentes sortes de résidus ou de précipités dont nous venons de parler, semblent une nouvelle preuve de l'origine atmosphérique des aérolithes. En effet, il est impossible, et peut-être même absurde, d'attribuer toutes ces pluies et ces globes de feu aux éruptions des volcans de la lune, ni à des portions de planètes. Si donc on est obligé de leur donner une origine atmosphérique, on ne peut guère s'empêcher d'en faire de même à l'égard des aérolithes, puisque ces météores, quelque soit leur nom, passent si insensiblement de l'un à l'autre, et se ressemblent tellement, que l'origine qu'on attribue aux premiers de ces phénomènes ne peut être refusée aux seconds.

Du reste, les difficultés dont nous venons de rendre compte d'une manière succincte, avaient été senties depuis longtems ; et si l'on n'avait point admis l'origine atmosphérique des aérolithes comme la plus probable, c'est que des objections très-spécieuses paraissaient assez fondées pour faire rejeter cette opinion. Avouons-le, la formation et la chute

---

d'une nature analogue à celui du rivage voisin, on présuma qu'il avait pu être transporté par l'effet de quelque trombe.

des aërolithes est un phénomène si singulier et si différent de tous ceux dont nous pouvons suivre la marche, qu'on est toujours plus fort lorsqu'on attaque une théorie qui cherche à en rendre raison, que lorsqu'on veut défendre celle à laquelle on croit trouver le plus de probabilité.

L'objection la plus forte qu'on a émise contre l'origine atmosphérique des aërolithes, est celle qui en se fondant sur leur compacité et leur pesanteur, fait sentir combien il est difficile de concevoir la formation de corps aussi graves et aussi étendus dans l'atmosphère. Comment, a-t-on dit, est-il possible que des parties beaucoup plus pesantes que l'air, puissent s'élever dans les régions élevées où paraissent les météorolithes, et que ces particules métalliques, ainsi vaporisées, restent suspendues dans l'atmosphère jusqu'à ce qu'elles aient pris la forme de globes, ou enfin d'une masse d'un certain volume? On peut cependant observer à cet égard, que les particules qui composent les globes de feu, et qu'aucun physicien n'a été tenté de faire venir de la lune, devraient également avoir été vaporisées pour se concentrer ensuite dans des masses de gélatine, et quelquefois d'une grosseur bien considérable. Il faut sur-

tout en citer pour preuve la masse gélatineuse tombée auprès de Groepzig en Saxe, dont l'étendue avait plus de cinq pieds, et dont la grosseur égalait le corps d'un homme; car il n'est pas moins difficile d'admettre que ces globes puissent se former dans l'air que les aérolithes elles-mêmes. Si l'on cherche à combiner tous ces faits, on est assez porté à penser qu'il peut se produire dans l'air une sorte de formation des métaux, de la même manière que nous voyons les plantes et les corps organiques en général, avoir la faculté de changer la nature des substances qu'ils avaient absorbées (1). On sait bien que le gaz

---

(1) On peut voir les expériences qui ont été faites sur la formation des métaux et des terres, dans les plantes cultivées dans du soufre ou du charbon, et arrosées avec de l'eau distillée pendant deux fois, 1°. dans le Mémoire de Schrader, qui a remporté le prix proposé par l'académie de Berlin. On en trouvera un extrait dans le 2°. volume du Journal de chimie de Gehlen; 2°. Dans le mémoire de Crell, intitulé : *Pericula genesin carbonis puri, quem vocant, etc. in plantis vegetantibus investigantia*. Ce Mémoire lu à la société de Gottingue a été publié par extrait dans le Journal de médecine de Salzbourg, du 8 avril 1811. Les expériences de Schrader et de Crell ont été faites avec la plus scrupuleuse exactitude.

hydrogène (1) peut, à une certaine température, volatiliser quelques métaux; mais il n'est guère possible non plus que ce gaz ait donné la forme de vapeurs aux particules métalliques des aérolithes, puisqu'il ne se trouve dans l'atmosphère que dans une quantité inappréciable. D'ailleurs l'hydrogène ne vaporiserait jamais ni le nickel, ni le fer, ni enfin les diverses substances terreuses qui entrent dans la composition de ces pierres. La chaleur ne peut pas non plus avoir donné la forme de vapeurs à ces substances, parce qu'alors leur composition qui est en général à-peu-près identique, ne serait guère facile à concevoir. Enfin, comment des vapeurs

---

(1) L'arsenic s'unit à l'hydrogène gazeux, et c'est Scheèle qui a fait le premier cette remarque. *Voy. ses Mémoires allemands*, tom. II, pag. 136. — Le potassium se dissout dans l'hydrogène; M. Berthollet, introduction à la chimie de Thompson. — Un courant de gaz hydrogène ou de gaz azote détermine la volatilisation du sodium; *Recherches physiques et chimiques*, par MM. Gay-Lussac et Thenard, tom. II, pag. 241. — Ritter avait même avancé qu'un grand nombre de métaux pouvait se combiner avec le gaz hydrogène par l'action d'une forte pile galvanique; mais ceci n'est pas prouvé. *Voy. Annalen der physik*, von Gilbert. On peut également lire avec fruit les observations de M. Corradori consignées dans le *Journal de Brugnatelli*.

qui s'élèvent dans l'air, s'arrangeraient-elles pour former un mélange aussi composé? Ajoutons enfin que la forme régulière des parties métalliques indiquerait une sorte de fusion, ce qui s'accorde peu avec leur faible degré d'oxidation, ainsi que l'a fait remarquer M. Proust.

En admettant que pendant l'ignition du noyau métallique, toutes ces parties métalliques se forment, on conçoit alors la petite étendue du noyau en comparaison de la grandeur immense du globe de feu dont il provient. En effet, le noyau métallique n'est autre chose que le résidu, ou, pour ainsi dire, le *caput mortuum* resté après le grand incendie, et la matière gluante semblable à de la poix, qu'on observe autour de quelques aérolithes, doit être considérée comme des parties qui n'ont point été enflammées. Si les matières dont sont composés les globes de feu qui précèdent la chute des aérolithes n'étaient pas très-combustibles, ces globes ne présenteraient point une grande étendue, ni une ignition de longue durée. Les météorolithes eux-mêmes ne contiennent point de substances très-inflammables, puisqu'elles ont été brûlées avant la chute de ces corps. Ajoutons encore que le phosphate de fer enduit quel-

quefois les aérolithes, comme on l'a vu pour celui tombé en Russie dans l'année 1807. Il faut encore observer qu'il ne manque aux mines de fer limoneux que du nikel, pour ressembler, par la composition, aux pierres de l'atmosphère, ainsi que l'a remarqué M. Vauquelin (1). Comme ces mines se forment presque toujours au milieu des marais, on peut y voir en quelque sorte une formation lente des aérolithes. Du reste ce que nous avons déjà dit explique assez pourquoi, dans plusieurs circonstances, le nuage précède la chute des pierres; car il renferme toutes les matières dont elles sont formées; et dans ce sens, ce phénomène peut, jusqu'à un certain point, être comparé à la dissolution des sels.

---

(1) Cet habile chimiste, en analysant cinq espèces de mines de fer limoneux, a reconnu qu'elles étaient toutes composées des mêmes principes, qui sont : la silice, l'alumine, la chaux, le manganèse oxidé, l'acide phosphorique, la magnésie et l'acide chromique. Comme M. Vauquelin a pris ces mines au hasard, il a cru pouvoir regarder comme très-vraisemblable que toutes les mines du même genre contiennent les mêmes substances; et enfin, qu'il ne manque à ces mines que du nikel pour ressembler par la composition aux pierres de l'atmosphère; *Annales du muséum d'histoire naturelle, tom. VIII, pag. 459.*

Il semble enfin qu'en considérant la force qui soutient les globes de feu comme résultante de l'inflammation ou de la formation des vapeurs, on n'admet pas une hypothèse hasardée. En effet, toutes les fois que ces globes brûlent avec peu de force, la matière dont ils sont composés tombe bientôt, tandis qu'elle remonte dès que l'inflammation se ranime. C'est ce que l'on voit également dans nos fusées, où la force de l'ignition élève et soutient même des masses d'un grand poids. Cette force exerce également son action sur la marche des aérolithes; et comme elle est opposée à la pesanteur, elle oblige la pierre à suivre une direction moyenne entre les deux impulsions qui lui sont imprimées. Les observations prouvent aussi que les aérolithes tombent à mesure que le feu s'éteint, et que lorsque, comme à Connecticut, l'incendie augmente et des explosions se manifestent, la pierre monte et s'élève.

D'après ces faits, l'on conçoit pourquoi ces phénomènes sont fréquens dans les mois les plus chauds, et si rares en hiver, et pourquoi ils paraissent le soir en se combinant souvent avec des orages. Les causes de ces phénomènes, en apparence si éloignées, ont cependant entr'elles quelques relations; ainsi la

pluie n'est qu'une suite de la précipitation de l'eau qui s'élève continuellement dans l'air, et les aérolithes ne dépendent probablement que de la précipitation d'une infinité de substances qui s'évaporent sans cesse, et dont la réaction des unes sur les autres peut former de nouvelles combinaisons. Cette hypothèse ne semblera point gratuite, si l'on fait attention à la quantité immense de matières composées que les corps organiques, les eaux croupissantes et tous les corps en décomposition exhale sans cesse, et qui se perdent dans l'air, sans qu'on sache trop ce que ces matières deviennent. Il est donc très-raisonnable de rechercher quels sont les moyens de la nature pour contrebalancer cette évaporation continuelle, et purifier pour ainsi dire, l'atmosphère où se rendent toutes les matières volatilisées. Du reste, il est probable que la nature emploie d'autres moyens de purifier l'air; et probablement les corps organiques sont les agens les plus puissans qu'elle met en œuvre. Les plantes semblent sur-tout chargées de ce soin; il paraît même qu'elles absorbent les matières mucilagineuses, démontrées par MM. Duputryen, Thenard et Moscati exister dans l'air en assez grande quantité. Les végétaux s'en nourrissent; et cette cause

avec plusieurs autres nous fait concevoir comment il est possible que des plantes mises dans des matières incapables de leur fournir des sucs alimentaires, croissent et végètent cependant avec force.

Telles sont les principales preuves, ou pour mieux dire les faits les plus constans qui rendent assez vraisemblable l'hypothèse, par laquelle on considère les aérolithes comme formées dans notre atmosphère. Nous croyons même pouvoir avancer que ces preuves sont assez fortes, pour rendre cette opinion digne d'être encore plus approfondie; et nous sommes enfin loin de penser qu'on doive, avec M. Bigot de Morogues, regarder comme téméraire celui qui considère cette supposition comme probable. Nous avouons avec la même franchise, que l'hypothèse dont nous avons rendu compte est sujette à d'assez grandes difficultés (1); mais est-il bien dé-

---

(1) Une des plus fortes objections qu'on puisse faire contre l'hypothèse qui admet la formation des aérolithes au milieu des régions terrestres, est l'absence totale de l'oxigène dans la pierre tombée à Lissa, et dont l'analyse a été faite par Klaproth. Il est en effet singulier que les molécules de fer et de pyrite martiale aient pu résister même à une courte inflammation sans commencer à s'oxider. Mais dans d'autres

montré, ainsi que l'avance, il me semble un peu gratuitement, M. Bigot de Morogues, que les aérolithes ont été de petits corps célestes. Si cette opinion émise par les plus habiles géomètres, était démontrée, certainement il serait absurde de venir avec des suppositions expliquer un fait bien reconnu. Cependant nous ne croyons point être tombés dans une absurdité de ce genre ; car dans toutes les explications données jusqu'à présent du plus singulier des phénomènes, il n'y a jamais eu la moindre évidence qui suit une démonstration.

Ce que nous venons de dire de M. Bigot de Morogues, n'empêche nullement que son ouvrage, le plus nouveau (1) que nous ayons

aérolithes, comme dans celle qui est tombée à Alais, le charbon qu'elles renferment brûle tout de suite, et la silice qu'on en retire ne se prend point en gelée, comme dans les autres météorolithes, ce qui indique qu'elles n'ont point éprouvé un grand degré de chaleur. Ce dernier fait est bien peu favorable à l'opinion qui considère les aérolithes comme des pierres lancées par les volcans de la lune. *Voy. l'analyse d'une aérolithe tombée à Alais le 15 mars 1806, par M. Thenard ; Annales de chimie, année 1806, pag. 103.*

(1) Il a paru en 1812, et se trouve chez Merkin, libraire, quai des Augustins, n°. 29.

sur les aérolithes, ne soit en général écrit avec la réserve qu'exige une matière aussi délicate. Son livre est même à-peu-près complet sur cet objet intéressant : cependant on pourrait desirer que l'auteur se fût attaché un peu plus à nous faire connaître les opinions émises par les physiciens étrangers sur les aérolithes, sur-tout celles des physiciens anglais et allemands. Mais ces omissions que nous nous sommes permis de reprocher à M. Bigot de Morogues, par une suite même du soin qu'il nous paraît avoir mis à son ouvrage, ne sont malheureusement que trop communes dans la plupart des livres qu'on publie aujourd'hui en France. Cette négligence qu'on semble mettre à connaître les travaux des savans étrangers, est d'autant plus déplorable que toutes les parties des sciences sont maintenant cultivées avec succès, soit en Angleterre, soit en Allemagne, soit enfin en Italie. En voyant cet esprit régner parmi nous, il est impossible de ne point regretter l'époque où la langue latine était la seule adoptée dans le langage des sciences, et où, par conséquent, il ne fallait pas tant d'étude pour s'entendre de nation à nation. Sous ce

rapport, l'autorité de Paracelse (1) et de Bernard de Palissy (2), qui les premiers professèrent en langue vulgaire, et celle de Belon (3) et d'Ambroise Paré (4), qui furent également les premiers à abandonner la langue latine dans leurs écrits (5), ont eu

---

(1) Le plus ancien ouvrage de Paracelse est un traité de médecine; il est intitulé, *Nützliche Bücher von der Franzoesischen kranckheit*, et parut à Nuremberg, en 1565.

(2) L'abrégé d'agriculture de Bernard de Palissy, fut publié en 1564. Son traité de la marne, ainsi que celui de la nature des eaux et des fontaines, date de 1580.

(3) Belon fit paraître en 1555 son histoire de la nature des oiseaux; mais en 1553, il avait donné ses observations faites en Grèce.

(4) Nous avons d'Ambroise Paré, un livre sur l'administration anatomique, qui parut en 1549. Quant à sa méthode de traiter les plaies faites par les arquebuses, elle ne fut mise au jour qu'en 1651.

(5) Ces écrivains ne furent pas les seuls à abandonner l'usage de la langue latine; et dès le milieu du XVI<sup>e</sup>. siècle, cette coutume commença devenir presque universelle: les chirurgiens en donnèrent surtout l'exemple; et dès 1570, il y avait déjà cinq chirurgies en langue vulgaire. Trois furent publiées en Allemagne; la plus ancienne par Karethanus, en 1497; la seconde par Hermenius Ryff, en 1541; et

une influence bien funeste et dont les sciences auront toujours de plus en plus à gémir.

---

la troisième par Paracelse , en 1585. On eût en Italie celle de Rostini , publiée en 1557 , et en France celle de Dalechamp qui parut en 1570. En médecine, l'allemand Mettinger fut un des premiers à écrire en langue vulgaire ; et son ouvrage, intitulé : *Regimen der jungen kinder*, fut imprimé à Vienne en 1474. Plus tard nous eûmes en France, vers 1552, les ouvrages de médecine de Thierry de Héry. Avant l'anatomie d'Ambroise Paré, qui date de 1549, Hermenius Ryff avait publié en 1541, une description anatomique de toutes les parties du corps humain (*Der menschen Vahrhaftige beschreibung oder anatomy*). Les histoires de l'anatomie écrites aussi en langue vulgaire de John Hall et de John Banister sont postérieures, car elles ne datent, l'une que de 1561 et l'autre de 1578.

La facilité qu'on avait naturellement à écrire dans sa propre langue, jointe à l'exemple qu'en donnèrent des écrivains bien opposés, comme Luther dans ses fameuses thèses qu'il mit au jour en 1516, Rabelais dans ses contes si plaisans, vers 1531 ; et plus tard l'inimitable Montaigne, en 1533, firent tellement négliger l'étude de la langue latine, que, vers la fin du XVI<sup>e</sup>. siècle, on vit une foule d'écrivains l'abandonner complètement dans leurs écrits. Olivier de Serres fut parmi nous un de ceux qui, par la grace de son style, contribua peut-être le plus à faire adopter l'usage de la langue française dans le langage des sciences.

M. Bigot de Morogues nous semble avoir eu une idée aussi heureuse dans la division de son livre en sections, qui se rapportent aux époques où telle ou telle opinion a régné. Ainsi il nous fait voir combien, jusqu'à la sixième époque, l'opinion publique a varié sur la réalité du phénomène des aérolithes, et, combien dans les premiers tems, les récits merveilleux des chutes de pierres ont été exagérés par la superstition, en devenant souvent des mystères religieux et accredités. Lorsque les sciences recommencèrent à fleurir, les physiciens furent tellement prévenus contre des phénomènes qui leur semblaient si peu d'accord avec les lois de la nature, qu'ils ne daignèrent pas s'en occuper, tandis que les historiens s'empressaient de consigner dans leurs annales un fait dont l'empereur Maximilien lui-même avait été témoin (1). Mais dans une époque où tout ce qui ne pouvait être expliqué par la raison passa pour une invention créée par la superstition, on vit les savans vouloir

---

(1) Le 7 novembre 1492, près d'Ensisheim, il tomba une aérolithe près de ce prince, au moment où, à la tête de son armée, il allait livrer bataille à l'armée française.

anéantir par les raisonnemens les plus spécieux , la réalité d'un fait que toute l'autorité des siècles ne pouvait leur faire admettre , parce qu'ils ne pouvaient le concevoir. Cependant , au milieu de ces disputes , que le grand nom de Gassendi (1) ne put terminer , il tomba une grande quantité de pierres à Lucé en 1768 , dans le centre même de la France ; et malgré ce fait dont l'évidence fut bien constatée , l'Académie des Sciences persista à le regarder comme un de ces préjugés populaires dont les physiciens ne devaient point s'occuper. De nouvelles chutes de pierres qui eurent lieu dans l'Inde , attirèrent cependant l'attention des savans , sans triompher encore de tous les préjugés , et il ne fallut pas moins que la grande quantité d'aérolithes qui tomba à l'Aigle et aux portes de Paris , pour faire admettre enfin la réalité de ce singulier phénomène. Depuis cette époque , qui ne remonte pas au-delà de 1803 , les observations se sont tellement multipliées , qu'il n'est peut-être point aujourd'hui de fait mieux constaté ; aussi le doute n'est-il

---

(1) Gassendi donna une relation de l'aérolithe tombée le 27 novembre 1627 , sur le mont Vaiser , en Provence.

plus permis. Ce phénomène est même si commun et si fréquent, qu'en le voyant se renouveler à des époques si peu éloignées, on est encore plus porté à considérer les aérolithes comme formées dans notre atmosphère. Quoi qu'il en soit, il est facile de juger, d'après l'aperçu rapide que nous venons de tracer, que l'histoire des aérolithes se lie à celle de nos erreurs et de nos préjugés, et qu'elle se rattache même à l'histoire du monde.

---

## RAPPORT

*Sur un Mémoire de M. BÉRARD ,  
relatif aux propriétés physiques et  
chimiques des divers rayons qui  
composent la lumière solaire ;*

Par MM. BERTHOLLET, CHAPTAL et BIOT,

Nous avons été chargés, M. Berthollet, M. Chaptal et moi, d'examiner un Mémoire récemment présenté par M. Bérard, sur les propriétés physiques et chimiques des divers rayons qui composent la lumière solaire; nous allons en rendre compte à la classe.

C'est une question depuis longtems débattue parmi les physiciens et les chimistes, que celle de savoir si le calorique et la lumière sont des modifications d'un même principe, ou des principes essentiellement différens. On a fait beaucoup de systèmes en faveur de l'une et de l'autre de ces hypothèses; mais le seul moyen de décider la chose, c'est de constater avec soin par l'ex-

périence, et de fixer avec exactitude les propriétés essentiellement attachées au calorique et à la lumière, de les rapprocher dans ce qu'elles ont de semblable, de les séparer dans ce qu'elles ont de différent, et de voir enfin si le même principe, toujours constant dans sa nature, mais agissant diversement sur nos organes et sur les corps en diverses circonstances, peut y produire toute la variété d'effet que nous observons. C'est vers ce but que se sont déjà dirigés en partie plusieurs chimistes et physiciens habiles : ainsi Mariotte a découvert que le calorique obscur rayonne à la manière de la lumière, et qu'il est réfléchi comme elle par les miroirs métalliques, résultats que les expériences de Scheèle et de M. Pictet ont depuis confirmés. M. Leslie et M. le comte de Rumford ont étudié d'une manière spéciale l'influence que la nature des substances et l'état des surfaces exerce sur le rayonnement du calorique lorsqu'il entre dans les corps ou qu'il s'en échappe. Enfin M. Prévost, de Genève, a embrassé tous les phénomènes du rayonnement du calorique dans une théorie ingénieuse qui, envisagée seulement comme une considération systématique, ainsi que le fait l'auteur lui-même, permet de rassembler les phé-

nomènes sous un même point de vue et de les lier entre eux par des lois. Tout récemment M. Delaroche vient d'ajouter à ces résultats un nouveau fait qui semble offrir en quelque sorte un passage graduel et progressif entre le calorique et la lumière; c'est que les rayons du calorique obscur traversent difficilement le verre lorsqu'ils émanent d'un corps dont la température est au-dessous de celle de l'eau bouillante, tandis qu'ils le traversent plus aisément et avec une facilité toujours croissante à mesure que la température du corps qui les lance est plus élevée, et approche davantage de l'état où le corps devient lumineux; de façon qu'à considérer seulement ces expériences, la modification, quelle qu'elle soit, qu'il faut imprimer aux rayons obscurs, pour les mettre de plus en plus en état de traverser le verre, les rapprocherait de plus en plus de l'état où ils doivent être pour pénétrer dans notre œil et produire la sensation de la vision. M. Delaroche a trouvé encore que les rayons de calorique qui ont déjà traversé une première plaque de verre, sont proportionnellement plus propres à en traverser une seconde, ce qui établit une nouvelle preuve de l'état particulier où se trouvent ces rayons, ainsi que de la modification qu'ils acquièrent. Les

résultats que nous venons de rapporter sont relatifs au mouvement du calorique ; on a également étudié son action chimique pour la comparer à celle de la lumière. MM. Gay-Lussac et Thénard ont prouvé que tous les changemens de coloration produits par la lumière, peuvent être imités et opérés par la chaleur obscure et par une élévation de température qui n'excède pas 100° du thermomètre centésimal. D'autres phénomènes observés précédemment montraient que, dans cette comparaison des actions du calorique et de la lumière pour échauffer les corps ou pour y produire des changemens chimiques, il faut mettre une grande différence entre les influences des rayons de diverses couleurs. En effet, M. Rochon avait annoncé que la chaleur produite par les différens rayons d'un même spectre était inégale ; M. Herschell a trouvé depuis que la faculté calorifique est progressivement croissante depuis le violet jusqu'au rouge ; il a même fixé le *maximum* au-delà du rouge, de sorte que, selon ces expériences, les rayons les plus calorifiques du spectre seraient entièrement, ou presque entièrement privés de la faculté d'éclairer. MM. Wollaston, Ritter et Beckmann ayant étudié ainsi l'extrémité opposée du spectre, celle qui donne la sensation du violet, ont

trouvé que cette extrémité jouissait aussi de propriétés particulières, et qu'il y existe au-delà du violet des rayons totalement invisibles qui jouissent plus que tous les autres rayons du spectre de la faculté de déterminer les combinaisons chimiques. Mais les expériences de M. Herschell, quoique confirmées par plusieurs physiciens, avaient été révoquées en doute par d'autres non moins habiles, particulièrement par M. Leslie. Il était donc utile de lever à cet égard toutes les incertitudes. Il était également intéressant de savoir si ces rayons invisibles, ou presque invisibles, situés hors des extrémités du spectre, possèdent cependant quelques autres propriétés de la lumière; par exemple, si la réflexion sur des glaces polies peut leur imprimer cette modification particulière que Malus a désignée par le nom de polarisation. M. Berthollet engagea MM. Malus et Bérard à entreprendre ce double travail. La mort prématurée qui nous a enlevé notre collègue, nous a privés des grandes lumières qu'il aurait sans doute jetées sur ce sujet, comme il l'avait déjà fait sur d'autres parties de l'optique par ses belles découvertes. Mais du moins cette fois, les recherches qu'il avait commencées ou projetées n'ont pas été per-

dues ; M. Bérard les a poursuivies avec un grand soin ; il les a terminées avec toute l'exactitude que l'on pouvait y mettre, et il vous en a présenté les résultats.

M. Bérard a eu, relativement aux appareils, un grand avantage sur les physiciens qui l'avaient précédé dans ces recherches. Il s'est servi de l'héliostat que Malus avait fait construire pour le cabinet de physique de M. Berthollet, et à l'aide de cet instrument, il a obtenu un trait de lumière solaire parfaitement fixe, sur lequel il a pu opérer à son gré. En décomposant ce trait de lumière par un prisme, il a obtenu un spectre coloré, immobile; en plaçant des thermomètres très-sensibles dans les espaces occupés par les diverses couleurs, il a pu comparer avec la plus grande certitude leurs propriétés calorifiques. Il a déterminé leurs propriétés chimiques en remplaçant les thermomètres par des composés chimiques faciles à altérer.

Il a d'abord examiné les facultés calorifiques des différens rayons ; on sait qu'elles sont inégales. M. Rochon, qui a le premier remarqué cette inégalité, plaçait le *maximum* de chaleur dans les rayons jaunes, où la faculté d'éclairer est la plus forte. M. Herschell le fixait au dehors du spectre et au-

delà des derniers rayons rouges; les expériences de M. Bérard ont confirmé les résultats de M. Herschell relativement à l'augmentation progressive de la faculté calorifique depuis le violet jusqu'au rouge; mais il a trouvé le *maximum* de chaleur à l'extrémité même du spectre et non en dehors. Il la fixe au point où la boule de son thermomètre était encore entièrement couverte par les rayons rouges, et il a vu décroître progressivement la température à mesure que la boule du thermomètre est entrée dans l'obscurité. Enfin en plaçant le thermomètre tout-à-fait hors du spectre visible à la distance où M. Herschell fixe le *maximum* de chaleur, l'élévation de la température au-dessus de celle de l'air ambiant, n'a été que le cinquième de ce qu'elle était dans les rayons rouges extrêmes. L'intensité absolue de la chaleur produite, a été également moindre dans les expériences de M. Bérard que dans celles de M. Herschell. Ces différences dépendent-elles de la matière des prismes et de la diversité des appareils, ou de quelque autre circonstance physique, inhérente au phénomène lui-même? c'est ce qu'il nous est impossible de décider. ●

M. Bérard a voulu savoir si ces propriétés

auraient lieu séparément dans chacun des faisceaux suivant lesquels un rayon se divise lorsqu'il traverse un rhomboïde de spath d'Islande. Il a fait passer un trait de lumière solaire à travers un prisme formé avec un morceau d'un pareil cristal. Chacun des deux spectres a présenté les mêmes propriétés. Dans tous les deux, la faculté calorifique a été en diminuant depuis le violet jusqu'au rouge, et elle subsistait encore au-delà des derniers rayons rouges sensibles. Ainsi, que cette faculté soit inhérente aux rayons lumineux ou qu'elle leur soit étrangère, lorsque ces rayons sont divisés par un cristal, elle se partage avec eux.

Mais dans cette opération, les molécules lumineuses sont polarisées par le cristal. Les molécules *calorifiques obscures* éprouvent-elles un effet semblable? Pour le savoir, M. Bérard a reçu le rayon solaire sur une glace polie et transparente qui en polarisait une partie par la réflexion. Ce rayon réfléchi était ensuite reçu sur une seconde glace fixée à un appareil qui permettait de la faire tourner autour du rayon sous une incidence constante, et enfin cette incidence elle-même était déterminée de manière que dans une certaine position de la glace la

réflexion cessât d'avoir lieu. On sait, d'après les expériences de Malus, qu'une glace peut toujours être disposée de manière que cette condition soit remplie. Cela posé, en recueillant avec un miroir les rayons calorifiques et lumineux réfléchis par la seconde glace et les dirigeant sur un thermomètre, M. Bérard a trouvé que lorsque la réflexion des molécules n'était pas nulle, le thermomètre montait, et par conséquent la chaleur se réfléchissait aussi; mais dans le cas où, d'après la position de la seconde glace, la lumière passait sans se réfléchir, le calorique était transmis en même-tems, et le thermomètre ne montait pas : ainsi dans cette expérience, de même que dans la précédente, le principe calorifique, quel qu'il soit, accompagne les molécules lumineuses et ne s'en sépare jamais.

Au trait de lumière solaire employé dans cette expérience, M. Bérard a substitué un faisceau de calorique rayonnant émané d'un corps très-chaud, mais à peine rouge, ou même tout-à-fait obscur. L'effet a été le même qu'auparavant. Le thermomètre a monté lorsque la réflexion a pu se faire sur la seconde glace. Quand cette réflexion n'a pas été possible, il est resté à la température de l'air environnant. Ainsi les particules in-

visibles qui composent les rayons de calorique obscur sont modifiées par la réflexion précisément comme les molécules qui composent la lumière.

Après avoir étudié les propriétés calorifiques des différens rayons du spectre, M. Bérard s'est occupé de leurs propriétés chimiques. On sait que lorsqu'on expose le muriate d'argent, ou d'autres sels blancs d'argent, à la lumière ils noircissent en très-peu de tems. La gomme-gayac exposée ainsi à la lumière, passe du jaune au vert, comme l'a observé M. Wollaston; et enfin MM. Gay-Lussac et Thenard ont fait connaître une action de ce gaz plus prompte encore et plus énergique; car en exposant à un trait de lumière solaire un mélange de gaz hydrogène et d'acide muriatique oxigéné en volumies égaux, il se fait à l'instant même une détonation dont le produit est de l'eau et de l'acide muriatique combinés ensemble. Ces divers phénomènes ont servi à M. Bérard comme de réactifs pour étudier et mettre en évidence les facultés chimiques des différens rayons du spectre; car en mettant dans les espaces occupés par les diverses couleurs, de petits morceaux de carton imprégnés de muriate d'argent, ou de petits

flacons remplis du mélange des deux gaz, il pouvait juger de l'énergie de la cause par l'intensité et la rapidité des changemens chimiques qu'éprouvaient les substances ainsi exposées aux différens rayons. Il a reconnu de cette manière qu'en effet les propriétés chimiques étaient les plus intenses vers l'extrémité violette du spectre, et qu'elles s'étendaient même, comme l'avaient annoncé MM. Ritter et Wollaston, un peu au-delà de cette extrémité ; mais de plus, en laissant les substances exposées un certain tems à l'action de chaque rayon, ce que l'immobilité de son spectre lui permettait de faire, il parvint à observer des effets sensibles, quoique d'une intensité continuellement décroissante dans les rayons indigo et bleus, d'où l'on doit regarder comme extrêmement probable que s'il eût pu employer des réactifs encore plus sensibles, il aurait pu observer des effets analogues, mais plus faibles même dans les autres rayons. Pour montrer évidemment l'extrême disproportion qui existe à cet égard entre les énergies des divers rayons, M. Bérard a concentré par une lentille toute la partie du spectre qui s'étend depuis le vert jusqu'au violet extrême, et il a rassemblé de même par une autre lentille toute la portion

qui s'étend depuis le vert jusqu'au-delà de l'extrémité du rouge. Ce dernier faisceau se réunissait en un point blanc dont les yeux avaient peine à soutenir l'éclat; cependant le muriate d'argent est resté exposé plus de deux heures à cette vive lumière sans éprouver aucune altération sensible. Au contraire, en l'exposant à l'autre faisceau dont la lumière était beaucoup moins vive et la chaleur beaucoup moins forte, en moins de dix minutes il s'est trouvé noirci. M. Bérard conclut de cette expérience que les effets chimiques produits par la lumière ne sont pas uniquement dus à la chaleur qu'elle développe dans les corps en se combinant avec leurs substances, puisque, dans cette supposition la faculté de produire des combinaisons chimiques semblerait devoir être la plus intense dans les rayons qui jouissent au plus haut point de la faculté d'échauffer. Mais peut-être trouverait-on moins d'opposition entre ces deux manières de voir, si l'on avait égard à la diversité des résultats qui peuvent être produits par un même agent, placé dans des circonstances dissemblables, et si l'on considérait que des agents d'une nature tout-à-fait dissemblable peuvent cependant déterminer

des combinaisons tout-à-fait identiques lorsqu'ils sont employés.

Tel est le résumé des principaux faits que M. Bérard a établis dans son Mémoire. A une grande exactitude, il a joint beaucoup de méthode dans l'exposition. Il n'a présenté les propriétés physiques des différens rayons que comme des résultats d'expérience dont il s'est abstenu de chercher la cause dans des hypothèses; et il s'est toujours renfermé dans des termes assez généraux pour qu'ils fussent également applicables, soit que les propriétés dont il s'agit appartiennent à des principes de nature réellement différente, et qui seraient combinés avec la lumière, soit qu'elles résultent simplement des différences originelles qui existent entre les différentes molécules d'un même principe qui, selon les diverses circonstances de masse ou de vitesse ou de ces deux qualités réunies, deviendrait capable de produire les combinaisons chimiques, la vision et la chaleur.

Sans vouloir décider entre deux opinions qui vont l'une et l'autre au-delà des faits observés, on peut cependant peser leurs probabilités respectives, et comparer le nombre d'hypothèses nécessaires dans chacune d'elles pour représenter le même nombre de faits.

*Tome LXXXV.*

21

Si l'on veut considérer la lumière solaire comme composée de trois substances distinctes, dont l'une produit la lumière visible, la seconde la chaleur, la troisième les combinaisons chimiques, il faudra encore que chacune de ces substances soit séparable par le prisme en une infinité de modifications différentes comme la lumière elle-même, puisque l'on trouve par expérience que chacune des trois propriétés chimiques, illuminante et calorifique est répartie, quoique d'une manière inégale, sur une certaine étendue du spectre. Ainsi on devra concevoir dans cette hypothèse qu'il existe pour ainsi dire trois spectres superposés l'un sur l'autre, savoir un spectre calorifique, un spectre chimique et un spectre lumineux. Il faudra de plus admettre que chacune des substances qui composent les trois spectres et même chacune des molécules de réfrangibilité inégale qui composent ces substances, sont douées, comme les molécules de la lumière visible, de la propriété d'être polarisées par la réflexion, d'échapper ensuite à la force réfléchissante dans les mêmes positions que les molécules lumineuses, etc. Au lieu de cette complication d'idées, concevons simplement, conformément aux phéno-

mènes, que la lumière est composée d'un ensemble de rayons inégalement refrangibles, et par conséquent inégalement attirables par les corps, ce qui suppose des différences originelles dans leurs masses et leurs vitesses ou leurs affinités. Pourquoi ces rayons qui diffèrent déjà en tant de choses, produiraient-ils sur les thermomètres et sur nos organes les mêmes sensations de chaleur ou de lumière? Pourquoi auraient-ils la même énergie pour former ou désunir les combinaisons? Ne serait-il pas tout naturel que la vision ne pût s'opérer dans nos yeux qu'entre certaines limites de refrangibilité, et que le trop ou le trop peu rendît les rayons également inhabiles à produire cet effet. Peut-être ces rayons seraient-ils visibles pour d'autres yeux que les nôtres; peut-être le sont-ils même pour certains animaux, et alors le merveilleux de leur action disparaît, ou plutôt elle rentre dans le mode d'action générale de la lumière. En un mot, on peut concevoir que la faculté calorifique et chimique varie dans toute l'étendue du spectre, en même tems que la refrangibilité, mais suivant des fonctions différentes; de manière que la faculté calorifique soit dans son *minimum* à l'extrémité violette du spectre,

et à son *maximum* dans l'extrémité rouge, tandis qu'au contraire la faculté chimique exprimée par une autre fonction, serait à son *minimum* à l'extrémité rouge, et atteindrait son *maximum* à l'extrémité violette ou même un peu au-delà. Cette seule supposition, qui n'est que l'expression la plus simple des phénomènes, satisfait également à tous les faits précédemment observés, mais de plus elle rend raison de ceux que vient de constater M. Bérard, et même elle permet de les prévoir. En effet, si tous les rayons qui produisent ces trois ordres de phénomènes sont de la lumière, il faut bien qu'ils se polarisent en traversant un cristal ou en se réfléchissant sur une glace polie avec une incidence déterminée; et quand ils auront reçu ces modifications il faudra bien qu'ils se réfléchissent sur une autre glace, si elle est placée convenablement pour que sa force réfléchissante sur les molécules lumineuses s'exerce; et au contraire si cette force est nulle sur les molécules lumineuses visibles, la lumière invisible ne se réfléchira point davantage; car la cause qui fait que la réflexion s'opère ou ne s'opère pas, paraît exercer également sur toutes les molécules quelle que soit leur refrangibilité, et ainsi elle

doit s'exercer encore sur les molécules de lumière invisible, la condition d'invisibilité ou de visibilité n'étant relative qu'à la constitution de nos yeux, et non pas à la nature des molécules mêmes qui produisent sur nous les sensations; mais quoique cette manière d'envisager les faits nous paraisse la plus naturelle et la plus simple, nous ne pouvons qu'approuver M. Bérard pour la sage réserve dans laquelle il s'est renfermé en ne se hâtant point de décider des questions sur lesquelles l'expérience n'a point encore définitivement prononcé.

La classe a entendu avec plaisir le détail de ces intéressantes expériences, lorsqu'elles lui furent présentées par l'auteur le jour même où il venait de remporter avec M. Delaroche le prix proposé sur la chaleur spécifique des gaz. Nous proposons à la classe de confirmer par son approbation ce nouveau et cet estimable travail, et nous le regardons comme très-digne d'être imprimé dans le recueil des savans étrangers.

*Signé* BERTHOLLET, CHAPTAL et BIOT,  
*Commissaires.*

*Certifié conforme à l'original.*

---

---

## OBSERVATIONS

### *Sur le phosphore ;*

PAR M. THENARD.

J'avais annoncé dans l'un des précédens cahier des Annales de chimie, que le phosphore distillé plusieurs fois contenait toujours du charbon ; mais je reconnais avec M. Vogel qu'on peut obtenir par la distillation du phosphore parfaitement pur. J'ai même profité de ce résultat pour faire l'analyse de l'acide phosphoreux.

J'avais aussi annoncé qu'en exposant le phosphore à une température de 60 à 70°, et le faisant refroidir subitement, il devenait constamment noir. Cette propriété est particulière à l'espèce de phosphore que j'ai employé dans toutes mes expériences, et dont il me reste encore 60 grammes. J'ai distillé de nouveau ce phosphore sans parvenir à lui faire perdre cette singulière propriété. J'exposerai dans le prochain cahier les différentes modifications qu'il faut apporter à ma notice précédemment citée.

*Analyse de l'acide phosphoreux.*

L'acide phosphoreux est formé d'environ 100 de phosphore et de 110.39 d'oxygène. On le prouve en déterminant la quantité de gaz oxygène qui est nécessaire pour brûler lentement une certaine quantité de phosphore. A cet effet, on remplit une éprouvette de mercure, et on y fait passer d'abord environ le tiers de ce qu'elle peut contenir d'air, en tenant compte de la température et de la pression; puis un cylindre de phosphore bien desséché qu'on soutient par un tube de verre élargi en forme de capsule à sa partie supérieure, et étranglé un peu au-dessous; ensuite on y introduit une couche d'eau d'environ de 4 millimètres d'épaisseur, et à-peu-près autant de gaz oxygène que d'air. Lorsque l'oxygène qu'on a ajouté est sensiblement absorbé, on en introduit une nouvelle quantité, et l'on voit de jour en jour le cylindre de phosphore diminuer. Il faut bien prendre garde de ne pas laisser tomber le phosphore de dessus le tube, car il s'enflammerait probablement. L'expérience étant terminée, ce qui a lieu au bout de 15 à 18 jours, en n'opérant que sur 1 à 2 grammes de phosphore, on mesure le résidu gazeux,

et on en fait l'analyse au moyen de l'hydrogène, dans l'eudiomètre de Volta. Cela fait, on a tout ce qu'il faut pour connaître la proportion des principes constituans de l'acide phosphoreux. En effet, on a le poids du phosphore brûlé, et on a aussi celui du gaz oxygène absorbé dans cette combustion, puisque ce dernier poids n'est que la différence qui existe entre toute la quantité d'oxygène employée telle que contient le résidu, et que ces deux quantités sont connues (1).

L'acide phosphoreux étant formé de 100 de phosphore et de 110.39 d'oxygène, il est probable, d'après la loi découverte par M. Berzelius, sur la composition des corps brûlés, que l'acide phosphorique l'est de 100 de phosphore et de 110,39 d'oxygène, plus la moitié de 110.39, c'est-à-dire, de 165.58 (2).

(1) Je dois prévenir que je n'ai fait l'analyse de l'acide phosphoreux qu'une fois. J'ai essayé de la refaire deux autres; mais le phosphore étant tombé dans le liquide, s'est enflammé.

(2) 100 parties de phosphore exigent pour passer à l'état d'acide phosphorique, 154 parties d'oxygène d'après Lavoisier; 163,4 d'après M. Thomson, et 114 d'après Rose. De ces trois analyses, c'est celle de M. Thomson qui nous paraît mériter le plus de confiance, en regardant comme exacte, celle que nous venons de donner de l'acide phosphoreux.

---

## M É M O I R E S

*Sur le gaz hydrogène potassé ;*

PAR M. SEMENTINI, Professeur de physique  
et de chimie, à Naples

Immédiatement après l'importante découverte des savans chimistes, MM. Gay-Lussac et Thenard, sur la décomposition de la potasse et de la soude par l'intermède du fer incandescent, je voulus m'occuper des mêmes expériences ; mais on ne connaissait pas avec précision leur appareil, parce que les journaux qui en faisaient mention, et même le recueil des Mémoires de la société d'Arcueil manquaient des planches correspondantes. J'imaginai alors le procédé suivant, qui consiste à courber un canon de fusil à-peu-près dans la forme de la lettre S. La partie du canon qui traverse horizontalement le fourneau, et qui renferme les tournures de fer, est garnie d'un lut réfractaire, et immédiatement à sa sortie ascendante : celui-ci a été rétréci à la forge de manière à être réduit à un pou d'une ligne de diamètre ; au-dessus

de cet étranglement, le canon conserve son diamètre. La vis ordinaire qui ferme la culasse, après avoir été une fois ouverte, à l'état, conserve la faculté de se tourner facilement, et elle joint assez bien, lorsqu'elle est serrée à fond, pour fermer tout accès à l'air et faire fonction de robinet. Au bout par où le gaz doit sortir, j'adapte au canon un tube de sûreté, dont l'extrémité plonge dans une cuve à mercure.

Je commence par chauffer à blanc la partie du canon qui traverse le fourneau, et sa chaleur comme uniquee fait rougir ce canon, jusqu'à quelques lignes au-dessus de l'étranglement. A cette époque de l'opération on enlève la vis de la culasse, et on laisse tomber dans le canon un petit cylindre de potasse caustique. On referme promptement; la potasse arrivée à l'étranglement, y trouve le canon rouge, se fond et passe, peu à-la-fois, par la petite ouverture, jusqu'aux tournures de fer, où elle se présente à l'état de vapeur, et se décompose en *potassium*, dont les vapeurs se subliment en solide dans la partie extérieure du canon, que l'on maintient fraîche pendant l'opération. Il se dégage une abondante quantité de gaz, et la cessation de ce dégagement est l'indice le

plus certain que la potasse est toute passée ; on introduit alors une seconde dose d'alcali ; on referme, on observe le dégagement du gaz, et on introduit de la nouvelle potasse jusqu'à ce que ce dégagement cesse : l'opération est alors terminée.

Dans mes premières expériences, je ne recueillais pas le gaz qui se dégagait pendant la décomposition de la potasse : cependant sa quantité était fort considérable, et il s'enflammait avec bruit, aussitôt qu'il venait en contact de l'atmosphère. J'éfus étonné de ce phénomène, M. Davy ayant annoncé la dissolution du *potassium* dans le gaz hydrogène, et sa combustion à une haute température ; et cependant je voyais arriver ce phénomène, lorsque ce gaz avait traversé le mercure. Je recueillis le gaz dans des cloches séparées : et voici qu'elles sont les propriétés que je lui ai reconnues.

Le gaz est plus lourd que le simple gaz hydrogène.

Il s'enflamme à toute température, au simple contact de l'air atmosphérique.

Après la combustion, la potasse se trouve régénérée, comme il est facile de le reconnaître avec le sirop de violettes, ou la teinture de Curcuma.

Il est très-dilatable par l'action de l'électricité ; mais ainsi dilaté , il a perdu la propriété de prendre feu de soi-même.

Il perd aussi la propriété de s'allumer spontanément par le contact de l'eau.

Ce gaz , après un tems , que je n'ai pu déterminer avec précision , perd la propriété de s'enflammer spontanément , mais quelque fois il la conserve au-delà d'une heure (1).

Outre le gaz , dont je viens de parler , il y en a une seconde espèce qui consiste dans une solution au *minimum* du *potassium* dans le gaz hydrogène. Ce gaz s'obtient toutes les fois qu'on répète l'opération de l'extraction du *potassium* , et que l'autre gaz ne s'obtient pas , ce qui est facile à reconnaître par le défaut de combustion , lorsqu'il vient en contact avec l'air.

Ce gaz contient le *potassium* au *minimum* : ainsi il n'a pas la propriété de s'allumer spontanément ; mais lorsqu'on l'allume avec

---

(1) J'ai lieu de croire que la permanence de ce gaz est en raison de sa sécheresse : et en effet , lorsqu'il est plus n'ébuleux , il ne conserve pas aussi longtems la propriété de s'enflammer spontanément.

une bougie, après sa combustion, il laisse la potasse régénérée.

Le gaz hydrogène qui, quoique saturé au *maximum* de *potassium* a été en contact avec l'eau, est du même genre. Celui qui a perdu de soi-même la propriété de s'allumer, et celui qui a été dilaté par l'électricité, sont encore de la même nature. Dans ces cas donc, le gaz hydrogène abandonne une portion seulement de *potassium*, et en retient un autre. Ainsi je reconnais deux qualités de gaz hydrogène combiné avec le *potassium*, c'est-à-dire, gaz hydrogène potassé au *maximum* et au *minimum*.

---

# T A B L E

## DES MATIÈRES

Contenues dans le tome LXXXV.

### *Premier Cahier.*

Expériences sur les champignons ; par M. *Vauquelin*.  
Pag. 5

Examen chimique de deux variétés de cobalt arsenical, suivi d'expériences sur la nature des sulfures d'arsenic, et sur la composition de deux arseniates alcalins ; par M. *Laugier*. 26

Résultats d'expériences sur le gaz ammoniac ; par M. *Thenard*. 61

Lettre de M. *Klaproth* à M. *Vogel*, sur une nouvelle variété de mine d'antimoine. 65

Mémoire sur la détermination de la chaleur spécifique des différens gaz ; par MM. *F. Delaroche* et *J.-E. Bérard*. 72

Dissertation sur les fièvres pernicieuses, intermittentes, épidémiques ; par M. *Sobaux*. 111

### *Deuxième Cahier.*

Suite du Mémoire sur la détermination de la chaleur

spécifique des différens gaz, par MM. <i>F. Delaroché</i> , et <i>J.-E. Bérard</i> .	113
Description d'un nouveau pendule compensateur; par <i>M. Reid</i> . Extrait par <i>M. Guyton-Morveau</i> .	183
De la manière de juger la cuite des sucres; par <i>M. Guyton Morveau</i> .	192
Notes sur les sulfites sulfurés, les muriates de mer- cure et les phosphures alcalins; par <i>M. Gay-</i> <i>Lussac</i> .	199
Observations sur l'attraction de surface du phosphore pour le mercure; par <i>M. Carradori</i> . Extrait par <i>M. Vogel</i> .	208
Le maïs, ou blé de Turquie, apprécié sous tous ses rapports; par <i>M. A.-A. Parmentier</i> . Extrait par <i>M. Virey</i> .	219
Tableau méthodique des espèces minérales, par <i>M. Lucas fils</i> . Extrait par <i>M. Deyeux</i> .	222

## Troisième Cahier.

De l'action de la lumière solaire sur le phosphore; par <i>M. Vogel</i> .	225
Observations sur la chute des Pierres, ou sur les Aérolithes; par <i>M. Marcel de Serres</i> .	262
Rapport sur un Mémoire de <i>M. Bérard</i> , relatif aux propriétés physiques et chimiques des divers rayons qui composent la lumière solaire; par MM. <i>Ber-</i> <i>thollet, Chaptal et Biot</i> .	309

336 TABLE DES MATIÈRES.

Observations sur le phosphore ; par M. *Thenard*. 326

Mémoire sur le gaz hydrogène potassé ; par M. *Vau-*  
*quelin*. 329

*Fin de la Table des Matières.*