

MÉMOIRE

Sur la combinaison des substances gazeuses, les unes avec les autres.

PAR M. GAY-LUSSAC.

Lu à la Société Philomatique, le 31 décembre 1808.

LES corps possèdent à l'état solide, liquide, ou gazeux, des propriétés qui sont indépendantes de la force de cohésion; mais ils en ont aussi d'autres qui paroissent modifiées par cette force, très-variable dans son intensité, et qui dès-lors ne suivent plus aucune loi régulière. La même compression appliquée à toutes les substances solides ou liquides produiroit une diminution de volume différente pour chacune d'elles, tandis qu'elle seroit égale pour tous les fluides élastiques. De même, la chaleur dilate tous les corps; mais les dilatations des liquides et des solides n'ont offert jusqu'à présent aucune loi régulière, et il n'y a encore que celles des

fluides élastiques qui soient égales et indépendantes de la nature de chaque gaz. L'attraction des molécules dans les solides et les liquides est donc la cause qui modifie leurs propriétés particulières, et il paroît que ce n'est que lorsque elle est entièrement détruite, comme dans les gaz, que les corps se trouvant placés dans des circonstances semblables, présentent des lois simples et régulières. Je vais du moins faire connoître des propriétés nouvelles dans les gaz, dont les effets sont réguliers, en prouvant que ces substances se combinent entre elles dans des rapports très-simples, et que la contraction de volume qu'elles éprouvent par la combinaison suit aussi une loi régulière. J'espère donner par là une preuve de ce qu'ont avancé des chimistes très-distingués, qu'on n'est peut-être pas éloigné de l'époque à laquelle on pourra soumettre au calcul la plupart des phénomènes chimiques.

C'est une question très-importante en elle-même, et agitée entre les chimistes de savoir si les combinaisons se font dans toutes sortes de proportions. M. Proust, qui paroît avoir fixé le premier son attention sur cet objet, admet que les métaux ne sont susceptibles que de deux degrés d'oxidation, un *minimum* et

un *maximum* ; mais entraîné par une théorie séduisante , il s'est vu forcé d'admettre des principes contraires à la physique , pour ramener à deux oxides tous ceux que présente quelquefois le même métal. M. Berthollet pense au contraire , d'après des considérations générales et des expériences qui lui appartiennent , que les combinaisons se font toujours dans des proportions très-variables , à moins qu'elles ne soient déterminées par des causes particulières , telles que la cristallisation , l'insolubilité , ou l'élasticité. Enfin M. Dalton a émis l'idée que les combinaisons entre deux corps se font , de manière qu'un atôme de l'un s'unit à un atôme de l'autre , ou à deux , ou à trois , ou à un plus grand nombre (1). Il résulteroit de cette manière d'envisager les combinaisons , qu'elles se font dans des proportions constantes , sans qu'il y en ait d'intermédiaires , et sous ce rapport la théorie de M. Dalton se rapprocheroit de celle de M. Proust ; mais M. Berthollet l'a déjà fortement

(1) M. Dalton a été conduit à cette idée par des considérations systématiques , et on voit par son ouvrage *New System of chemical philosophy* , pag. 213 , et par celui de M. Thomson , tom. 6 , que ses recherches n'ont point de rapport avec les miennes.

combattue dans l'Introduction qu'il a faite à la Chimie de M. Thomson, et nous verrons en effet qu'elle n'est pas entièrement exacte. Tel est l'état de la question maintenant agitée; elle est bien loin d'être résolue, mais j'espère que les faits que je vais énoncer, et qui avoient entièrement échappé à l'attention des chimistes, concourront à l'éclaircir.

Soupçonnant, d'après le rapport exact de 100 de gaz oxigène à 200 de gaz hydrogène que nous avions déterminé, M. Humboldt et moi, pour les proportions de l'eau, que les autres gaz pouvoient aussi se combiner dans des rapports simples, j'ai fait les expériences suivantes. J'ai préparé les gaz fluoborique (1), muriatique et carbonique, et je les ai combinés successivement avec le gaz ammoniacal. 100 parties de gaz muriatique saturent précisément 100 parties de ce dernier gaz, et le sel qui en résulte est parfaitement neutre, soit que l'on mette l'un ou l'autre des deux gaz en excès. Le gaz fluoborique s'unit au contraire en deux

(1) Nous avons donné, M. Thenard et moi, le nom de gaz fluoborique au gaz particulier que nous avons obtenu en distillant du fluaté de chaux pur avec de l'acide boracique vitreux.

proportions avec le gaz ammoniacal. Lorsqu'on met le gaz alcalin le premier dans le tube gradué, et qu'on y fait passer ensuite l'autre gaz, on trouve qu'il se condense un volume égal de l'un et de l'autre, et que le sel formé est neutre. Mais si l'on commence par mettre le gaz ammoniacal dans le tube, et qu'on y fasse arriver ensuite bulle à bulle le gaz fluoborique, le premier se trouvera alors en excès par rapport au second, et il en résultera un sel avec excès de base, composé de 100 de gaz fluoborique et 200 de gaz ammoniacal. Si l'on met le gaz carbonique avec le gaz ammoniacal, en le faisant passer dans le tube, tantôt le premier et tantôt le second, il se forme toujours un sous-carbonate composé de 100 parties de gaz carbonique et de 200 de gaz ammoniacal. Cependant on peut prouver que le carbonate d'ammoniaque neutre seroit composé de volumes égaux de chacun de ses composans. M. Berthollet qui a analysé ce sel obtenu en faisant passer du gaz carbonique dans le sous-carbonate, a trouvé qu'il étoit composé en poids de 73,34 de gaz carbonique et de 26,66 de gaz ammoniacal. Or, si on suppose qu'il soit composé d'un volume égal de chacun de ses composans, on trouve, d'après leur

pesanteur spécifique connue, qu'il contient en poids (1)

71,81	d'acide carbonique
28,19	d'ammoniaque
<hr style="width: 20%; margin: 0 auto;"/>	
100,0	

proportion qui diffère peu de la précédente.

Si le carbonate d'ammoniaque neutre pouvoit se former par le mélange du gaz carbonique et du gaz ammoniacal, il s'absorberoit donc autant d'un gaz que de l'autre; et puisqu'on ne peut l'obtenir qu'au moyen de l'eau, il faut en conclure que c'est l'affinité de ce liquide qui concourt avec celle de l'ammoniaque pour vaincre l'élasticité de l'acide carbonique, et que le carbonate d'ammoniaque neutre ne peut exister qu'au moyen de l'eau.

Ainsi, on doit conclure que les gaz muriatique, fluoborique et carbonique prennent exactement un volume de gaz ammoniacal semblable au leur, pour former des sels neutres; et que les deux derniers en prennent le double pour former des *sous-sels*. Il est très-remarquable de voir des acides aussi différens les uns des autres neutraliser un volume de gaz ammoniacal égal au leur, et d'après cela, il est

(1) Voy. pour les pesanteurs spécifiques, le tableau, p. 252.

permis de soupçonner que , si tous les acides et tous les alcalis pouvoient être obtenus à l'état gazeux , la neutralité résulteroit de la combinaison de volumes égaux d'acide et d'alcali.

Il n'est pas moins remarquable que , soit que l'on obtienne un sel neutre ou un *sous-sel*, leurs élémens se combinent dans des rapports simples qui doivent être considérés comme des limites de leurs proportions. D'après cela, en admettant la pesanteur spécifique de l'acide muriatique, que nous avons déterminée M. Biot et moi (1), et celles des gaz carbonique et ammoniacal, données par MM. Biot et Arago, on trouve que le muriate d'ammoniaque sec est composé de

Ammoniaque	100,0	ou	38,35
A. muriatique	160,7		61,65
			100,00

proportion qui s'éloigne beaucoup de celle de M. Berthollet,

100 d'ammoniaque.
213 d'acide.

(1) Comme le gaz muriatique contient le quart de son poids d'eau, il ne faut prendre, pour l'acide muriatique réel que les trois quarts de sa densité.

On trouve de même que le sous-carbonate d'ammoniaque contient

Ammoniaque	100,0	ou	43,98
A. carbonique	127,3		56,02
			<hr/>
			100,00

et le carbonate neutre

Ammoniaque	100,0	ou	28,19
A. carbonique	254,6		71,81
			<hr/>
			100,00

Il est facile, d'après les résultats précédens, de connoître les rapports de capacité des acides fluoborique, muriatique et carbonique, car puisque ces trois gaz saturent le même volume de gaz ammoniacal, leurs capacités seront entre elles en raison inverse de leurs densités, lorsqu'on aura fait la correction due à l'eau contenue dans l'acide muriatique.

On pourroit conclure déjà que les gaz se combinent entre eux dans des rapports très-simples; mais je vais en donner encore de nouvelles preuves.

D'après les expériences de M. Amédée Berthollet, l'ammoniaque est composée en volume de

100 gaz azote.

300 gaz hydrogène.

J'ai trouvé (1^{er}. vol. de la Société d'Arcueil) que l'acide sulfurique est composé de

100 gaz sulfureux.
50 gaz oxigène.

Lorsqu'on enflamme un mélange de 50 parties de gaz oxigène et de 100 de gaz oxide de carbone, provenant de la distillation de l'oxide de zinc et du charbon fortement calciné, ces deux gaz sont détruits et remplacés par 100 parties de gaz acide carbonique. Par conséquent, l'acide carbonique peut être considéré comme composé de

100 gaz oxide de carbone.
50 gaz oxigène.

M. Davy, en faisant l'analyse des diverses combinaisons de l'azote avec l'oxigène, a trouvé, en poids, les proportions suivantes :

	Azote.	Oxigène.
Gaz oxide d'azote	63,30	36,70
Gaz nitreux	44,05	55,95
Acide nitrique	29,50	70,50

En réduisant ces proportions en volumes, on trouve pour le

	G. azote.	G. oxigène.
Gaz oxide d'azote	100	49,5
Gaz nitreux	100	108,9
Acide nitrique	100	204,7

La première et la dernière de ces proportions diffèrent peu de celles de 100 à 50 et de 100 à 200 ; il n'y a que la seconde qui s'écarte un peu de celle de 100 à 100. La différence n'est cependant pas très-grande, et elle est telle qu'on pourroit l'attendre dans de semblables expériences ; mais je me suis assuré qu'elle est entièrement nulle. En brûlant la nouvelle substance combustible de la potasse dans 100 parties en volume de gaz nitreux, il est resté exactement 50 de gaz azote, dont le poids retranché de celui du gaz nitreux, déterminé avec beaucoup de soin par M. Bérard à Arcueil, donne pour résultat que ce dernier gaz est composé en volume de parties égales d'azote et d'oxygène.

On doit donc admettre pour les proportions en volume des combinaisons de l'azote avec l'oxygène :

	G. azote.	G. oxygène.
Gaz oxide d'azote	100	50
Gaz nitreux	100	100
Acide nitrique	100	200

D'après mes expériences qui diffèrent très-peu de celles de M. Chenevix, l'acide muriatique oxygéné est composé en poids de

Oxygène	22,92
Acide muriatique	77,08

En convertissant ces quantités en volume , on trouve que l'acide muriatique oxigéné est formé de

Gaz muriatique	300,0
Gaz oxigène	103,2

proposition qui diffère peu de

Gaz muriatique	300
Gaz oxigène	100 (1)

(1) Dans la proportion en poids de l'acide muriatique oxigéné , l'acide muriatique est supposé privé d'eau , tandis que dans celle en volume , il est supposé combiné avec un quart de son poids d'eau , que depuis la lecture de ce Mémoire nous avons démontré , M. Thenard et moi , être absolument nécessaire à son état gazeux. Mais comme le rapport simple de 300 d'acide à 100 d'oxigène , ne peut être dû au hasard , il faudroit en conclure que l'eau en se combinant avec l'acide muriatique sec , pour former le gaz muriatique ordinaire , ne change pas sensiblement sa pesanteur spécifique. On seroit conduit à la même conclusion par cette considération , que la pesanteur spécifique de l'acide muriatique oxigéné , qui d'après nos expériences ne contient point d'eau , est exactement la même que celle obtenue en ajoutant la densité du gaz oxigène à trois fois celle du gaz muriatique , et en prenant la moitié de cette somme. Nous avons aussi trouvé M. Thenard et moi , que le gaz muriatique oxigéné contient précisément la moitié de son volume de gaz oxigène , et qu'il peut détruire , par conséquent , un volume d'hydrogène égal au sien.

Ainsi il me paroît évident que tous les gaz en agissant les uns sur les autres, se combinent toujours dans les rapports les plus simples; et nous avons vu, en effet, dans tous les exemples précédens, que le rapport de combinaison est de 1 à 1, de 1 à 2, ou de 1 à 3. Il est bien important d'observer que, lorsqu'on considère les poids, il n'y a aucun rapport simple et fini entre les élémens d'une première combinaison: ce n'est que lorsqu'il y en a une seconde entre ces mêmes élémens, que la nouvelle proportion de celui qui a été ajouté est un multiple de la première. Les gaz, au contraire, dans telles proportions qu'ils puissent se combiner, donnent toujours lieu à des composés dont les élémens, en volume, sont des multiples les uns des autres.

Non-seulement les gaz se combinent dans des proportions très-simples, comme on vient de le voir, mais encore la contraction apparente de volume qu'ils éprouvent par la combinaison, a aussi un rapport simple avec le volume des gaz, ou plutôt avec celui de l'un d'eux.

J'ai dit, d'après M. Berthollet, que 100 parties de gaz oxide de carbone, provenant de la distillation de l'oxide de zinc et du charbon fortement calciné, produisent 100 parties de

gaz carbonique en se combinant avec 50 de gaz oxigène. Il résulte de là que la contraction apparente des deux gaz est précisément de tout le volume du gaz oxigène ajouté. La densité du gaz carbonique est donc égale à celle du gaz oxide de carbone, plus la moitié de celle du gaz oxigène : ou , inversement , la densité du gaz oxide de carbone est égale à celle du gaz carbonique, moins la moitié de celle du gaz oxigène. D'après cela , et en prenant la densité de l'air pour unité , on trouve que celle du gaz oxide de carbone est 0,9678 , au lieu de 0,9569 , que M. Cruickshanks avoit déterminée par l'expérience. On sait , d'ailleurs , qu'un volume donné de gaz oxigène produit un volume égal d'acide carbonique ; par conséquent le gaz oxigène , en formant avec le charbon le gaz oxide de carbone , double le volume , de même que le gaz carbonique en passant sur du charbon rouge. Le gaz oxigène produisant un volume égal de gaz carbonique , et la pesanteur de ce dernier étant bien connue , il est facile d'en conclure la proportion de ses élémens. C'est ainsi qu'on trouve que le gaz carbonique est composé de

27,38 carbone.

72,62 oxigène.

et le gaz oxide de carbone de.

42,99 carbone.

57,01 oxigène.

En suivant une marche analogue , on trouve de même que , si le soufre prend 100 parties d'oxigène pour produire l'acide sulfureux , il en prend 150 pour produire l'acide sulfurique. En effet, d'après les expériences de MM. Klaproth , Bucholz et Richter , l'acide sulfurique est composé, en poids, de 100 de soufre et 138 d'oxigène.

D'un autre côté , l'acide sulfurique est composé de 2 parties en volume de gaz sulfureux et de 1 de gaz oxigène. Par conséquent le poids d'une certaine quantité d'acide sulfurique doit être le même que celui de 2 parties d'acide sulfureux et de 1 de gaz oxigène , c'est-à-dire $2 \times 2,265$, plus $1,10359 = 5,63359$; attendu que , d'après Kirwan , le gaz sulfureux pèse 2,265 , la densité de l'air étant prise pour unité. Mais , d'après la proportion de 100 de soufre à 138 d'oxigène , cette quantité renferme 3,26655 d'oxigène , et si on en retranche 1,10359 , il restera 2,16294 pour le poids de l'oxigène renfermé dans 2 parties d'acide sulfureux , ou 1,08147 pour celui de l'oxigène renfermé dans 1 partie.

Or, comme cette dernière quantité ne diffère que de deux centièmes de 1,10359 qui représente le poids d'une partie de gaz oxigène, il faut en conclure que le gaz oxigène, en se combinant avec le soufre pour former le gaz sulfureux, n'éprouve qu'une diminution de volume d'un cinquantième, et qu'elle seroit probablement nulle si les données dont je me suis servi étoient plus exactes. Dans cette dernière supposition, et d'après la pesanteur spécifique du gaz sulfureux de Kirwan, on trouveroit que cet acide est composé de

100,00 soufre.
95,02 oxigène.

Mais si, en partant des proportions précédentes de l'acide sulfurique, on admet, comme cela paroît probable, que 100 de gaz sulfureux renferment 100 de gaz oxigène, et qu'il faut leur en ajouter encore 50 pour les convertir en acide sulfurique, on obtiendra pour les proportions de l'acide sulfureux

100,00 soufre.
92,0 oxigène.

Sa pesanteur spécifique calculée dans ces mêmes suppositions, et rapportée à celle de l'air,

seroit 2,30314, au lieu de 2,2650 que M. Kirwan a trouvée directement (1).

Le phosphore a les plus grands rapports avec le soufre, attendu qu'ils ont à-peu-près l'un et l'autre la même pesanteur spécifique. Par conséquent le phosphore doit prendre deux fois plus d'oxigène pour devenir acide phosphoreux, que pour passer de cet état à celui d'acide phos-

(1) Il seroit nécessaire pour faire disparaître ces différences, de faire de nouvelles expériences sur la densité du gaz sulfureux, sur la combinaison directe du gaz oxigène avec le soufre, pour voir s'il y a contraction, et sur la combinaison du gaz sulfureux avec le gaz ammoniacal. J'ai trouvé, à la vérité, en chauffant du cinabre dans du gaz oxigène, que 100 parties de ce gaz ne produisent que 93 parties de gaz sulfureux. Il m'a semblé aussi qu'il falloit moins de gaz sulfureux que de gaz ammoniacal pour obtenir un sel neutre. Mais comme ces expériences n'ont pas été faites dans des circonstances convenables, sur-tout la dernière qui ne peut être faite qu'au moyen de l'eau, le gaz sulfureux se décomposant et laissant précipiter du soufre aussitôt qu'il est mêlé avec le gaz ammoniacal, je me propose avant d'en tirer aucune conséquence, de les reprendre et d'en déterminer exactement toutes les circonstances. Cela est d'autant plus nécessaire, que le gaz sulfureux étant bien connu dans ses proportions, on pourra s'en servir pour analyser le gaz hydrogène sulfuré.

phorique. Et puisque ce dernier est composé d'après Rose de

100,0 phosphore.

114,0 oxigène.

il s'ensuit que l'acide phosphoreux doit contenir

100,0 phosphore.

76,0 oxigène.

Nous avons vu que 100 parties de gaz azote prennent 50 parties de gaz oxigène pour former le gaz oxide d'azote, et 100 de gaz oxigène pour former le gaz nitreux. Dans le premier cas, la contraction est un peu plus forte que le volume du gaz oxigène ajouté; car la pesanteur spécifique du gaz oxide d'azote, calculée dans cette hypothèse, est 1,52092, tandis que celle donnée par M. Davy est 1,61414. Mais il est aisé de faire voir par des expériences de M. Davy, que la contraction apparente est précisément de tout le volume du gaz oxigène ajouté. En faisant passer l'étincelle électrique à travers un mélange de 100 parties de gaz hydrogène et de 97,5 de gaz oxide d'azote, le gaz hydrogène est détruit, et il reste 102 parties de gaz azote renfermant celui qui est presque toujours mêlé avec le gaz hydrogène, et de

plus un peu de ce dernier gaz échappé à la combustion. Le résidu, toute correction faite, seroit donc à très-peu-près égal en volume au gaz oxide d'azote employé. De même, en faisant passer l'étincelle électrique à travers un mélange de 100 parties de gaz hydrogène phosphuré et de 250 de gaz oxide d'azote, il se forme de l'eau et de l'acide phosphorique, et il reste exactement 250 parties de gaz azote; preuve évidente encore que la contraction apparente des élémens du gaz oxide d'azote est de tout le volume du gaz oxigène ajouté. D'après cette considération, sa pesanteur spécifique rapportée à celle de l'air doit être 1,52092.

La contraction apparente des élémens du gaz nitreux paroît, au contraire, nulle. Si l'on admet, en effet, comme je l'ai fait voir, qu'il est composé de parties égales de gaz oxigène et de gaz azote, on trouve que sa densité, calculée dans l'hypothèse où il n'y auroit aucune condensation de volume, est 1,036, tandis que celle déterminée directement est 1,038.

Saussure a trouvé que la densité de la vapeur de l'eau est à celle de l'air comme 10 est à 14. En supposant que la contraction de volume des deux gaz soit seulement de tout le volume du gaz oxigène ajouté, on trouve au lieu de ce

rapport celui de 10 à 16. Cette différence, et l'autorité d'un physicien aussi distingué que Saussure, sembleroient devoir faire rejeter la supposition que je viens de faire ; mais voici plusieurs circonstances qui la rendent très-probable. Elle a d'abord pour elle une très forte analogie ; en second lieu, M. Tralès a trouvé par des expériences directes, que le rapport de la densité de la vapeur de l'eau à celle de l'air est de 10 à 14,5, au lieu de 10 à 14. En troisième lieu, quoiqu'on ne connoisse pas très-exactement le volume qu'occupe l'eau en passant à l'état élastique, on sait, d'après les expériences de M. Watt, qu'un pouce cube d'eau produit à-peu-près un pied cube de vapeur, c'est-à-dire un volume 1728 fois plus grand. Or, en admettant le rapport de Saussure, on trouve seulement 1488 pour le volume qu'occupe l'eau lorsqu'elle est en vapeur, et en admettant celui de 10 à 16, on auroit 1700,6. Enfin la réfraction de la vapeur aqueuse, calculée dans l'hypothèse du rapport de 10 à 14, est un peu plus forte que celle donnée par l'observation ; mais celle calculée en adoptant le rapport de 10 à 16 concilie beaucoup mieux les résultats de la théorie et de l'expérience. Voilà donc plusieurs considéra-

tions qui rendent très-probable le rapport de 10 à 16.

Le gaz ammoniacal est composé en volume de 3 parties de gaz hydrogène et de 1 de gaz azote, et sa densité comparée à celle de l'air est 0,596; mais, si on suppose que la contraction apparente soit de la moitié du volume total, on trouve 0,594 pour sa densité. Ainsi il est démontré par cet accord presque parfait, que la contraction apparente de ses élémens est précisément de la moitié du volume total, ou plutôt du double de celui de l'azote.

J'ai prouvé précédemment que le gaz muriatique oxigéné étoit composé de 300 parties de gaz muriatique et de 100 de gaz oxigène. En admettant que la contraction apparente des deux gaz soit de la moitié du volume total, on trouve pour sa densité 2,468, et par l'expérience 2,470. Je me suis aussi assuré par plusieurs expériences, que les proportions de ses élémens sont telles, qu'il forme des sels neutres avec les métaux. Par exemple, si on fait passer du gaz muriatique oxigéné sur du cuivre, il se forme du muriate vert légèrement acide, et il se précipite un peu d'oxide de cuivre, parce que ce sel ne peut pas être obtenu par-

faitement neutre. Il suit de là que dans tous les muriates, comme dans l'acide muriatique oxygéné, l'acide réduit en volume est triple de l'oxygène. Il en seroit de même des carbonates et des fluates dont les acides, sous des volumes égaux, ont la même capacité de saturation que l'acide muriatique.

On voit donc, par ces divers exemples, que la contraction qu'éprouvent deux gaz en se combinant suit un rapport à-peu-près exact avec leur volume, ou plutôt avec celui de l'un d'eux. Il n'existe, en effet, que de très-petites différences entre les densités des composés obtenues par le calcul et celles que donne l'expérience, et il est probable, qu'en se livrant à de nouvelles recherches, on les verroit disparaître complètement.

En se rappelant cette grande loi de l'affinité chimique, que toute combinaison donne lieu à un rapprochement des molécules élémentaires, on conçoit difficilement pourquoi le gaz oxide de carbone est plus léger que le gaz oxygène. C'est même la principale raison sur laquelle s'est appuyé M. Berthollet pour admettre l'existence de l'hydrogène dans ce gaz, et expliquer par là sa foible densité. Mais il me semble que la difficulté provient de ce qu'on suppose que le

rapprochement des molécules élémentaires est représenté dans les gaz par la diminution de volume qu'ils éprouvent en se combinant. Cette supposition n'est pas toujours vraie, et l'on pourroit citer plusieurs combinaisons gazeuses dont les molécules constituantes seroient très-rapprochées, quoique la diminution de volume fût nulle, et qu'il y eût même dilatation. Tel est le gaz nitreux considéré comme formé directement de gaz azote et de gaz oxigène, ou de ce dernier et de gaz oxide d'azote. Dans le premier cas, il n'y a point diminution de volume, et dans le second il y auroit au contraire dilatation, puisque 100 parties de gaz oxide d'azote et 50 de gaz oxigène en produiroient 200 de gaz nitreux. On sait encore que le gaz carbonique représente exactement un volume égal de gaz oxigène, et que l'affinité qui réunit ses élémens est très-forte. Cependant, si l'on admettoit que la condensation des élémens a un rapport immédiat avec la condensation de volume, on en concluroit, à la vérité contre l'expérience, qu'elle est nulle. Autrement il faudroit supposer que si le carbone étoit à l'état gazeux, il se combineroit à volume égal, ou dans toute autre proportion, avec l'oxigène, et qu'alors la condensation apparente

seroit de tout le volume du carbone gazeux. Mais si l'on fait cette supposition pour l'acide carbonique, on peut aussi la faire pour le gaz oxide de carbone, en admettant, par exemple, que 100 parties de carbone gazeux, en se combinant avec 50 de gaz oxigène, en produiroient 100 de ce gaz. Quoi qu'il en soit de ces suppositions qui ne peuvent servir qu'à faire concevoir que le gaz oxigène peut produire un composé plus léger que lui, en se combinant avec un corps solide, on doit admettre comme vérité fondée sur un très-grand nombre d'observations, que la condensation qu'éprouvent les molécules de deux corps qui se combinent, particulièrement de deux gaz, n'a point de rapport immédiat avec la condensation de volume, puisqu'on voit souvent que pendant que l'une est très-forte, l'autre est très-foible ou même nulle.

L'observation que les combustibles gazeux se combinent avec le gaz oxigène dans les rapports simples de 1 à 1, de 1 à 2, de 1 à $\frac{1}{2}$, peut nous conduire à déterminer la densité des vapeurs des corps combustibles, ou au moins à approcher beaucoup de cette détermination. Si l'on suppose, en effet, tous les corps combustibles à l'état gazeux, un volume déterminé de chacun d'eux absorberoit un volume

égal d'oxigène, ou le double ou seulement la moitié. Et comme on connoît la proportion d'oxigène que prend chaque corps combustible à l'état solide ou liquide, il suffit de convertir l'oxigène en volume et d'y convertir aussi le combustible, d'après la condition que sa vapeur soit égale au volume du gaz oxigène, ou au double, ou à la moitié. Par exemple, le mercure est susceptible de deux degrés d'oxidation, et on peut comparer le premier au gaz oxide d'azote. Or, d'après MM. Fourcroy et Thenard, 100 parties de mercure en absorbent 4,16, qui, réduites en gaz, occuperoient un espace représenté par 8,20. Ces 100 parties de mercure réduites en vapeurs devront donc occuper un espace double, c'est-à-dire, 16,40. On conclut de là que la densité de la vapeur de mercure est 12,01 fois plus dense que celle du gaz oxigène, et que le métal en passant de l'état liquide à l'état gazeux, prend un volume 961 fois plus grand.

Je ne m'occuperai pas plus longtems de ces déterminations, parce qu'elles ne sont fondées que sur des analogies, et que d'ailleurs il est aisé de les multiplier. Je terminerai ce Mémoire par examiner si les combinaisons se font dans des proportions constantes ou variables ;

les expériences que je viens de rapporter me conduisent à la discussion de ces deux opinions.

D'après l'idée ingénieuse de M. Dalton , que les combinaisons se font d'atôme à atôme , les divers composés que deux corps peuvent former seroient produits par la réunion d'une molécule de l'un avec une molécule de l'autre , ou avec deux ou avec un plus grand nombre , mais toujours sans intermédiaires. MM. Thomson et Wollaston rapportent, en effet , des expériences qui semblent confirmer cette théorie. Le premier a trouvé que le suroxalate de potasse contient deux fois plus d'acide qu'il n'en faut pour saturer l'alcali ; et le second , que le sous-carbonate de potasse contient , au contraire , deux fois plus d'alcali qu'il n'en faudroit pour saturer l'acide.

Les résultats nombreux que j'ai fait connoître dans ce Mémoire , sont aussi très-favorables à cette théorie. Mais M. Berthollet qui pense que les combinaisons se font d'une manière continue, cite pour preuve de son opinion les sulfates acides , le verre , les alliages et les mélanges de divers liquides , composés tous très-variables dans leurs proportions , et il insiste principalement sur l'identité de la force qui produit

les combinaisons chimiques et les dissolutions.

Ces deux opinions ont donc chacune en leur faveur un très-grand nombre de faits ; mais quoique entièrement opposées en apparence , il est aisé de les concilier.

Il faut d'abord admettre , avec M. Berthollet , que l'action chimique s'exerce indéfiniment d'une manière continue entre les molécules des corps , quels que soient leur nombre et leur rapport , et que , en général , on peut obtenir des composés à proportions très-variables. Mais ensuite , il faut admettre en même tems , qu'outre l'insolubilité , la cohésion et l'élasticité qui tendent à produire des combinaisons dans des proportions fixes , l'action chimique s'exerce plus puissamment lorsque les élémens sont entre eux dans des rapports simples , ou dans des proportions multiples les unes des autres , et qu'elle produit alors des composés qui se séparent plus aisément. On concilie de cette manière les deux opinions , et on maintient cette grande loi chimique : que toutes les fois que deux substances sont en présence l'une de l'autre , dans leur sphère d'activité , elles agissent par leurs masses , et donnent en général des composés à proportions

très-variables , à moins que ces proportions ne soient déterminées par des circonstances particulières.

CONCLUSION.

J'ai fait voir dans ce Mémoire que les combinaisons des substances gazeuses , les unes avec les autres , se font toujours dans les rapports les plus simples , et tels qu'en représentant l'un des termes par l'unité , l'autre est 1 ou 2 ou au plus 3. Ces rapports de volume ne s'observent point dans les substances solides et liquides , ou lorsqu'on considère les poids , et ils sont une nouvelle preuve que ce n'est effectivement qu'à l'état gazeux que les corps sont placés dans les mêmes circonstances et qu'ils présentent des lois régulières. Il est remarquable de voir que le gaz ammoniacal neutralise exactement un volume semblable au sien des acides gazeux , et il est probable que si les acides et les alcalis étoient à l'état élastique , ils se combineroient tous , à volume égal , pour produire des sels neutres. La capacité de saturation des acides et des alcalis , mesurée par les volumes seroit donc la même , et ce seroit peut-être la vraie manière de

l'évaluer. Les contractions apparentes de volume qu'éprouvent les gaz en se combinant, ont aussi des rapports simples avec le volume de l'un d'eux, et cette propriété est encore particulière aux substances gazeuses.

*DENSITÉS de diverses substances gazeuses ,
simples ou composées.*

SUBSTANCES.	Densités déterminées par l'expérience.	Densités calculées d'après la proportion des élémens et la contraction de volume.
Air atmosphérique...	1,00000	
Gaz oxigène.....	1,10359	
Gaz azote.....	0,96913	Biot et Arago.
Gaz hydrogène.....	0,07321	
Gaz acide carbonique.	1,51961	
Gaz ammoniacal....	0,59669		0,59438
		en supposant que la contraction des élém. soit de la moitié du volume total.
Gaz muriatique.....	1,278	{ Piot et Gay Lussac
Gaz oxide d'azote... {	1,61414	Davy.
	1,36293	Berthollet.
		1,52092
		en supposant la contraction des élém. de tout le volume du gaz oxigène.
Gaz nitreux.....	1,0388	{ Bérard, à Arcueil..
		1,03636
		en supposant la contraction des élém. de moitié du volume total.
Gaz sulfureux.....	2,265	Kirwan....
Gaz oxide de carbone.	0,9569	Cruickshanks.
		0,96782
		en supposant que 100 d'acide carbon. produisent 100 de gaz ox. carbon., en perdant 50 d'oxig.
Vapeur d'eau.....	0,6896	Trales.....
		0,625
		en supposant la contraction des 2 gaz de tout le vol. du gaz oxigène.
Gaz muriat. oxigéné.	2,470	{ Thenard et Gay-Lussac.
		2,468
		en supposant que la condensation soit de la moitié du volume total.

PROPORTIONS de plusieurs composés dont les élémens sont gazeux.

SUBSTANCES.	Proportions en volume.		Proportions en poids.	
Muriate d'ammon.	100 gaz am ^{cal} .	100 gaz mur..	ammo. 38,35	ac. mur. 61,65
Carbonate d'ammoniaque neutre...	100 <i>idem</i> ...	100 gaz carb..	<i>idem</i> 28,19	ac. car. 71,81
Sous-carb. d'amque.	100 <i>idem</i> ...	50 <i>idem</i> ...	<i>idem</i> 43,98	<i>idem</i> 56,02
Fluoborate d'amque.	100 <i>idem</i> ...	100 g. fluobor.		
Sous - fluoborate d'ammoniaque	100 <i>idem</i> ...	50 <i>idem</i> .		
Eau	100 gaz hydr.	50 gaz oxig.	oxigène 86,733	hydr. 13,267
Gaz oxide d'azote..	100 azote...	50 oxigène..	azote 63,72	oxig. 36,28
Gaz nitreux.....	100 <i>idem</i> ...	100 <i>idem</i> ...	<i>idem</i> 46,757	<i>idem</i> 53,243
Acide nitrique...	100 <i>idem</i> ...	200 <i>idem</i> ...	<i>idem</i> 30,512	<i>idem</i> 69,488
Acide nitrique...	200 g. nitreux	100 gaz oxig.	<i>idem</i>	<i>idem</i>
Gaz acide nitreux..	300 <i>idem</i> ...	100 <i>idem</i> ...	azote 34,507	<i>idem</i> 65,493
Ammoniaque.....	100 azote...	300 hydrog..	<i>idem</i> 81,525	hydr. 18,475
Acide sulfurique..	100 sulfureux	50 gaz oxig.	soufre 42,016	oxig. 57,984
Acide sulfureux...	.....	.....	<i>idem</i> 52,083	<i>idem</i> 47,917
A. muriaque oxigéné	300 g. mu ^{que} .	100 oxigène..	A. m ^{que} . 77,65	oxig. 22,35
100 G. carbonique.	{ 100 g. oxide } de carbone. }	50 gaz oxig..	carbone 27,376	oxig. 72,624
100 G. carbonique.	.....	100 oxigène..	<i>idem</i>	<i>idem</i>
100 G. oxide de carbone.....	{ 50 gaz oxig.. } ..... }	.....	carbone 42,99	oxig. 57,01