

REVUE SCIENTIFIQUE

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

REVUE DES COURS SCIENTIFIQUES (2^E SÉRIE)

DIRECTION : MM. EUG. YUNG ET ÉM. ALGLAVE

2^E SÉRIE — 4^E ANNÉE

NUMÉRO 4

25 JUILLET 1874

HISTOIRE DE LA CHIMIE

Les éléments et les corps simples.

La grandeur dans la simplicité, tel est le caractère dont l'esprit de l'homme s'est toujours plu à doter les lois de la nature. En présence des corps si divers qui l'environnent, il a dû, de bonne heure, s'efforcer de les ramener à une commune origine, et supposer qu'ils résultaient des modifications variées d'un ou plusieurs principes primitifs.

Cette préoccupation apparaît déjà dans les écrits des anciens philosophes grecs. Au vi^e siècle, avant notre ère, Thalès admet que l'eau est le principe unique, qu'elle produit toute chose. Anaximènes attribue le même rôle à l'air. : « *Tout vient de l'air*, dit-il, et tout y retourne. » Pour Xénophon, les principes du monde matériel sont la terre et l'eau; pour Héraclite, le feu est le principe unique.

Au v^e siècle, Empédocle, réunissant les vues de ses prédécesseurs, reconnaît quatre éléments, la terre, le feu, l'eau et l'air, mais il y ajoute une notion nouvelle : Les éléments sont formés de particules homogènes entre elles, très-petites, indivisibles et insécables. Ce sont ces particules qui constituent les véritables éléments, et le *monde physique*, dit Empédocle, est la réunion de toutes les combinaisons produites par ces corps simples. (Hœfer, *Histoire de la chimie*.)

Leucippe, contemporain d'Empédocle, admet que la terre, le feu, l'eau et l'air sont composés : la matière est formée de particules insécables ou atomes, toujours en mouvement, et le mouvement de ces atomes est la cause des combinaisons et des décompositions.

Cette théorie fut défendue et perfectionnée par Démocrite, disciple de Leucippe. La matière n'est pas divisible à l'infini, dit Démocrite, donc elle est formée d'éléments réels, indivisibles, d'atomes variables en grosseur et en poids, impénétrables, doués d'un mouvement propre. Cette vue si simple et si grande, base de la théorie atomique actuelle, est encore

l'hypothèse la plus logique qu'on puisse élever, sur la constitution de la matière.

Néanmoins, Aristote ayant adopté les quatre éléments d'Empédocle, ceux-ci furent considérés comme principes de toutes choses, jusqu'à la révolution chimique dont Lavoisier fut le promoteur. D'autres théories se firent jour avec les spéculations des alchimistes sur la constitution des métaux, mais elles disparaurent, à mesure que la recherche de la pierre philosophale tomba dans le discrédit. Au xviii^e siècle, comme nous le verrons bientôt, Stahl admit les quatre éléments, et tous les chimistes, entraînés par cette grande autorité, considérèrent comme démontrée cette vue de l'esprit; à cette théorie, vieille de deux mille ans, ils furent attachés aussi puissamment qu'au phlogistique. Ce ne fut pas là une des moindres causes de leur résistance aux découvertes de Lavoisier et de son école, qui renversaient l'édifice de Stahl.

Ne croyons pas cependant que le mot d'élément représentât toujours aux esprits l'idée de simplicité qu'on lui a plus tard attribuée. Aristote et Platon distinguaient entre principes et éléments, au rapport de Plutarque qui partage la même opinion : « *Aristote et Platon, dit-il, pensent qu'il y a une différence entre principes et éléments : mais Thalès, de Milot, les prend pour une même chose. Toutefois la différence est grande, puisque les éléments sont composés et que les principes sont incomposés et simples comme tout ce qui est d'une nature complète. C'est pourquoi l'air, la terre, le feu et l'eau sont appelés éléments. Mais les principes sont ainsi nommés, parce qu'il n'y a rien qui les précède et d'où ils dérivent. Car autrement, s'ils n'étaient les premiers, ils ne seraient pas principes, mais engendrés.* » Pour Aristote, les vrais principes étaient Dieu et la matière. Stahl, en ressuscitant les quatre éléments appelés souvent éléments d'Aristote, n'avait pas, comme nous le dirons plus loin, une notion moins vague de ce qu'il fallait au juste entendre par éléments. Ce sont les chimistes du xviii^e siècle qui ont attribué au mot *éléments* le sens de corps primitifs, non décomposés et non décomposables.

L'hypothèse d'Empédocle sur les éléments primitifs appartient au domaine de la philosophie; avant qu'elle fût trans-

formée par les contemporains et les successeurs de Stahl, d'autres théories étaient apparues avec les premières recherches expérimentales, dues aux travaux des alchimistes.

Ce n'est pas en agissant en dehors de l'observation, ni dénués de tout raisonnement scientifique, que tant d'hommes distingués usèrent leurs jours à tenter la transmutation des métaux. Ils se guidaient sur des analogies, trompeuses il est vrai, et n'allaient pas tous, au hasard, demander la solution du problème à des combinaisons de triangles mystiques et de propriétés sacrées des nombres.

Ayant constaté que plusieurs minéraux dont ils pouvaient retirer du soufre et un métal étaient doués de l'éclat métallique, comme les sulfures de fer et de cuivre, ils considéraient ces corps comme des métaux imparfaits, et supposaient que tous les métaux sont également composés de soufre et de mercure. Cette opinion, rapportée pour la première fois au ix^e siècle par l'Arabe Geber, était déjà très-répandue, car il la mentionne comme venant des anciens. De ce fait que l'arsenic blanchit le cuivre et semble, pour ainsi dire, le transmuter en un métal blanc, Geber pensa qu'il partageait, avec le soufre et le mercure, la propriété d'être un des éléments primitifs qui entrent dans la composition des métaux. Mais ces éléments des métaux ne sont pas exactement le soufre, le mercure, que nous connaissons ; ils sont trop imparfaits, trop grossiers comme le disent les alchimistes. Ce sont des principes purs qui ne sont pas encore isolés, mais vers l'obtention desquels doivent tendre les efforts de l'art des alchimistes. Le mercure pur, élément des métaux, s'appelle *mercure des philosophes* ; c'est lui qu'il faut découvrir, ou au moins une substance qui, purifiant les métaux imparfaits formés de soufre et de mercure grossiers, les convertisse en argent ou en or ; cette substance est la *Pierre des philosophes* ou *Pierre philosophale*.

Dans cette théorie, le mercure représente l'élément qui imprime aux métaux leurs caractères physiques, éclat, ductilité, ténacité, le soufre en est l'élément combustible.

Quant aux caractères différents des métaux, ils viennent non-seulement de l'impureté du soufre et du mercure constituants, mais encore de la différence de leurs proportions relatives. C'est ce qui ressort du passage suivant de Geber :

« Le soleil (l'or) est formé d'un mercure très-subtil et d'un » peu de soufre très-pur, fixe et clair. Quand le soufre est » impur, grossier, rouge, que sa plus grande partie est fixe et » la moindre non fixe et qu'il se mêle avec un mercure grossier et impur, de telle sorte qu'il n'y ait guère ni plus ni » moins de l'un que de l'autre, de ce mélange il se forme » Vénus (le cuivre), etc. »

Telles furent les théories qui guidèrent les alchimistes. Paracelse les modifia, et se basant sur la distillation sèche des substances animales et végétales, distingua cinq éléments ou principes primitifs : *l'esprit* ou *mercure*, *l'huile* ou *soufre*, qui comprend toutes les matières huileuses et inflammables, le *sel* auquel se rattachent les substances salines, *l'eau* ou *phlegme* correspondant aux liqueurs aqueuses, et la *terre* comprenant toutes les matières fixes.

Paracelse, en adoptant les cinq éléments primitifs qu'il croyait reconnaître par le phénomène de la distillation sèche, élevait un système qu'il basait sur l'expérimentation. Par là, il se distinguait, comme les alchimistes, des philosophes qui, tout imbus des doctrines d'Aristote, restaient pieusement attachés à la théorie des quatre éléments des anciens.

Il y eut donc, ainsi que le fait remarquer M. Dumas dans sa *Philosophie chimique*, scission entre les chimistes et les philosophes ; les premiers, suivant l'exemple de Paracelse et des alchimistes, cherchant à établir leurs théories d'après les données de l'observation, les autres constamment fidèles à la parole d'Aristote.

Becker, le maître de Stahl, réduisit le nombre des éléments à deux : *l'eau* et la *terre*. Mais il admet trois espèces de terre ; la *terre vitrifiable*, principe de la fixité, de la dureté des corps et de la vitrification ; la *terre inflammable*, qui contient le principe de l'inflammabilité ; enfin la *terre mercurielle*, principe de la métallisation. C'est cette dernière qui est propre à fournir les métaux en se combinant avec les deux autres.

La terre inflammable de Becker paraît être le feu des philosophes grecs ; la terre mercurielle, le mercure des alchimistes.

Ce fut Stahl qui remit en honneur parmi les chimistes les quatre éléments, principes de toutes choses : le feu, l'air, l'eau et la terre. Néanmoins ses idées ne sont point très-précises à ce sujet, car après avoir reconnu à ces éléments toute la simplicité des vrais principes primitifs, il suppose qu'ils pourraient bien être eux-mêmes composés de substances plus simples. A ces vagues spéculations, se rallièrent les chimistes du xviii^e siècle, car Stahl présentait en même temps la théorie du phlogistique, dont l'apparente clarté séduisit tous les esprits. Quant au phlogistique, ce n'est pas un principe, et il ne doit pas être confondu avec le feu. Baumé, un des plus fougueux partisans de la doctrine de Stahl, le considère comme une combinaison de feu pur et de terre vitrifiable.

Les quatre éléments et le phlogistique, reliés dans une même théorie, régnèrent pendant tout le xviii^e siècle. Même après les découvertes de Lavoisier et de son école, bien des chimistes se refusaient à croire qu'une idée vieille de deux mille ans dût être rejetée ; aussi n'iaient-ils énergiquement la composition de l'air et de l'eau. C'est qu'en rejetant les quatre éléments il eût fallu en même temps abandonner la doctrine du phlogistique qui leur paraissait une vérité inattaquable. Lisez plutôt Baumé qui, en 1797, combattant encore pour les quatre éléments, s'exprimait ainsi :

« Les éléments ou principes primitifs des corps, établis » par Empédocle, Aristote et par beaucoup de philosophes » de la Grèce aussi anciens, ont été reconnus et confirmés » par les physiciens de tous les siècles et de toutes les nations. Il n'était pas trop présumable que les quatre éléments, regardés comme tels depuis plus de deux mille ans, » seraient mis de nos jours au nombre des substances composées, et qu'on donnerait avec la plus grande confiance, » comme certains, des procédés pour décomposer l'eau et » l'air ; et des raisonnements absurdes, pour ne rien dire de » plus, pour nier l'existence du feu et de la terre. Les propriétés élémentaires reconnues aux quatre substances ci-dessus nommées tiennent à toutes les connaissances physiques et chimiques acquises jusqu'à présent ; ces mêmes propriétés ont servi de base à une infinité de découvertes » et de théories plus lumineuses les unes que les autres, auxquelles il faudrait ôter aujourd'hui toute croyance, si le feu, » l'air, l'eau et la terre étaient reconnus pour n'être plus des » éléments. » On le voit par ces dernières paroles, en défendant l'existence des quatre éléments, il combat toujours pour le phlogistique, qui lui était cher à plus d'un titre : « J'ai déve-

» loppé dans ma chimie, dit-il, tout ce qui a rapport au feu
 » pur, au feu combiné, au phlogistique, aux différents états
 » sous lesquels ce dernier se présente, et je puis dire à cette
 » occasion que *j'ai beaucoup éclairé la doctrine de Stahl*. Je
 » n'y suis appliqué avec un *tel degré de simplicité*, que j'ose
 » croire avoir mis ces matières à la portée des personnes
 » qui n'ont pas fait une étude particulière des sciences phy-
 » siques. »

Aussi, plein de confiance en lui-même, Baumé tenta de
 lutter contre la nouvelle école par le raisonnement et l'expé-
 rience ; mais, comme dialecticien, il émettait des aphorismes
 de l'ordre de celui-ci : « Je crois qu'il n'y a d'inflammable
 » dans la nature que la matière huileuse ; je l'ai établi dans
 » ma chimie, parce qu'elle est de tous les corps celui qui
 » contient le plus de feu combiné. » Comme expérimenta-
 teur, il avait avancé dans sa carrière trop de faits erronés
 pour que ses observations fussent acceptées sans contrôle
 par les chimistes. C'est Baumé, en effet, qui prétendait avoir
 obtenu le sel sédatif de Homberg (acide borique), en aban-
 donnant à lui-même, pendant dix-huit mois, un mélange de
 graisse et d'argile : il dit avoir plusieurs fois répété l'expé-
 rience, et pense même qu'on pourrait fabriquer industrielle-
 ment le sel sédatif au moyen de ce procédé.

Baumé mourut en 1804, toujours fidèle aux croyances de sa
 jeunesse et avec lui disparut le dernier défenseur des quatre
 éléments.

Lavoisier donna, le premier, la définition précise des corps
 simples, qui résulte de l'expérience :

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

Néanmoins, en réservant le nom de corps simples aux
 substances non encore décomposées. Lavoisier suppose que
 quelques-unes sont plus spécialement les éléments primitifs
 des corps ; et gardant quelque chose des anciennes théories,
 il range parmi les substances simples le calorique et la lu-
 mière, quoiqu'ils n'aient pas la matérialité qu'on attache à
 l'idée de corps. Voici la liste des substances simples, telle
 que l'a établie Lavoisier.

TABLEAU DES SUBSTANCES SIMPLES

	NOMS.
Substances simples qui appar- tiennent aux trois règnes et qu'on peut regarder comme les éléments des corps.	Lumière. Calorique. Oxygène. Azote.
Substances simples non métal- liques oxydables et acidi- fiables.	Soufre. Phosphore. Carbone. Radical muriatique. Radical fluorique. Radical boracique.
Substances simples métalliques oxydables et acidifiables.	Antimoine. Argent. Arsenic. Bismuth. Cobalt. Cuivre. Étain. Fer. Manganèse. Mercure. Molybdène. Nickel. Or. Platine. Plomb. Tungstène. Zinc.
Substances simples salifiables terreuses.	Chaux. Magnésic. Baryte. Alumine. Silice.

Ce tableau représente les résultats de l'analyse à l'époque
 où Lavoisier écrivait, mais il prévoyait que les substances
 salifiables terreuses ne resteraient pas longtemps dans la
 classe des corps indécomposés : « Il est à présumer que les
 » terres cesseront bientôt d'être comptées au nombre des
 » substances simples ; elles sont les seules de toute cette
 » classe qui n'aient point de tendance à s'unir à l'oxygène,
 » et je suis bien porté à croire que cette indifférence pour
 » l'oxygène, s'il m'est permis de me servir de cette expres-
 » sion, tient à ce qu'elles en sont déjà saturées. Les terres,
 » dans cette manière de voir, seraient des substances sim-
 » ples, peut-être des oxydes métalliques, oxygénés jusqu'à
 » un certain point.

« Je n'ai point fait entrer dans ce tableau, ajoute-t-il, les
 » alcalis fixes, tels que la potasse et la soude, parce que ces
 » substances sont évidemment composées, quoiqu'on ignore
 » cependant encore la nature des principes qui entrent dans
 » leur combinaison. »

Remarquons que pour Lavoisier et son école, l'oxygène,
 l'hydrogène, l'azote, ne sont des corps simples que dans les
 combinaisons où ils entrent. A l'état libre, ils sont unis au
 calorique qui les maintient sous la forme gazeuse. Aussi
 Fourcroy, dans son *Système des connaissances chimiques*, dis-
 tingue l'oxygène du gaz oxygène, l'azote du gaz azote, etc.

Fourcroy qui, par son enseignement et ses écrits, contri-
 bua puissamment à répandre les théories de la nouvelle
 école, adopte entièrement la définition des corps simples
 donnée par Lavoisier : « Les chimistes n'expriment véritable-
 » ment par le mot de simples que le résultat d'un fait chi-
 » mique qui prouve que ces corps résistent à toute analyse. »
 Quelques-uns de ces corps, calorique, lumière, oxygène,

azote, « peuvent être regardés comme tenant dans le nouveau » système chimique le même rang que celui qu'on donnait » autrefois aux éléments ». Mais comme l'hydrogène, le carbone et même le phosphore, le soufre, les métaux, sont aussi bien des éléments, Fourcroy supprime la distinction qu'avait établie Lavoisier entre les éléments et les corps simples.

Développant l'idée première de Lavoisier, il supprime les terres de la liste des corps simples ; qui sont au nombre de 30 : la lumière, le calorique, le carbone, l'oxygène, l'azote, l'hydrogène, le phosphore, le soufre, le diamant et 21 métaux.

Il ne dit pas sur quelles raisons il se fonde pour séparer le diamant du carbone ; ce fut, en dehors des idées du maître, une innovation malheureuse.

Dès à présent, la notion d'éléments, de principes primitifs, comme l'entendaient les anciens, a disparu ; il ne reste plus que les corps simples, caractérisés non-seulement par ce fait qu'on ne peut les décomposer, mais qu'aucune analogie ne permet de prévoir que l'on parvienne à les décomposer.

De la liste des corps simples, disparaissent le calorique et la lumière, en même temps qu'elle augmente chaque jour par de nouvelles découvertes ; les terres et les alcalis sont décomposés, et les prévisions de Lavoisier sur la complexité de leur nature sont rapidement confirmées. En présence d'un si grand nombre de principes, que devient à son tour cette idée chère à l'esprit humain, de la simplicité dans les moyens d'action de la nature ?

Tandis que les corps simples suffisent, par la variété infinie de leurs combinaisons, à produire la plus grande partie des organismes vivants, n'est-il pas singulier que l'écorce terrestre fournisse tant de métaux, dont plusieurs sont peu répandus dans le sol et semblent ne jouer qu'un rôle secondaire !

Les métaux seraient-ils des corps composés, comme le croyaient les alchimistes ?

La définition de *corps simples* correspondant à l'impuissance de nos moyens d'analyse, il n'est pas de fait dans la science qui défende une telle supposition. Aucune analogie, il est vrai, ne nous permet de prévoir la décomposition des métaux et de tenter des expériences dans ce but, mais il est permis au chimiste philosophe de supposer la nature complexe des corps dits simples. De semblables spéculations se sont souvent fait jour dans la science.

Robert Boyle avait déjà émis l'opinion que la différence des corps peut être attribuée à l'inégalité de forme, de grandeur, de mouvement des molécules élémentaires, de telle sorte qu'un ou deux éléments primitifs suffiraient à fournir tous les corps de la nature.

D'un autre côté, en dehors des considérations chimiques, les astronomes s'étaient élevés depuis longtemps à la conception de l'unité de la matière. Newton pensait que la matière soumise à l'action intense du calorique pouvait, par une exaltation de mouvement des atomes primitifs, se transformer en la substance très-subtile qui constitue le feu et la lumière, ce que le père Secchi traduit en disant : *que la matière serait transformée en cette substance que nous nommons éther impondérable*.

Les physiciens, d'autre part, sont arrivés au même concept. « Chaleur, lumière, électricité, magnétisme, cohésion, affinité chimique, gravité, tout se résout pour nous dans l'idée » de mouvement. Tous ces mouvements se transforment les uns dans les autres suivant des rapports fixes..... Y a-t-il

» deux espèces de matières ? Nous ne pouvons plus guère » le concevoir, maintenant que tout se réduit pour nous à » des mouvements. En quoi pourraient différer ces deux » espèces de matière ? C'est donc que l'une ne serait pas » soumise aux lois du mouvement de la même manière que » l'autre ! Il y aurait donc deux mécaniques ! Eh ! non ; de » même qu'il n'y a qu'un code pour ses mouvements, il ne » peut y avoir qu'une essence pour la matière, et les » molécule de matière ordinaire doivent nous apparaître comme » des agrégats d'atomes étherés. » (E. Saigey.)

Telles sont les conclusions des physiciens ; pour nous, notre intention n'est pas d'exposer au long les raisons de divers ordres, qui militent en faveur de l'unité de la matière. L'étude de cette question exigerait un long article de philosophie scientifique (1) ; nous voulons seulement indiquer quels sont ses rapports avec la chimie.

C'est en 1815 que l'hypothèse de l'unité de la matière s'introduisit dans la science chimique. Gay-Lussac venait de découvrir le cyanogène radical composé de carbone et d'azote, qui par ses allures générales se rapproche des métalloïdes de la famille du chlore. Berzelius avait isolé l'amalgame d'ammonium et montrait qu'un groupement complexe joue, dans les sels ammoniacaux, le rôle d'un radical. De telles relations menaient naturellement à mettre en doute la simplicité de composition des corps réputés simples. A la même époque, le chimiste anglais, W. Prout, partisan de l'hypothèse de l'unité de matière, essaya d'en donner une preuve expérimentale. Comparant les poids atomiques des corps simples, il fit remarquer qu'ils étaient tous des multiples exacts de l'hydrogène pris pour unité : les corps simples dériveraient donc des condensations diverses de cet élément.

Prout arrivait ainsi à admettre l'unité de la matière, contrairement à l'opinion de Berzelius, qui regardait les corps simples comme autant d'êtres distincts, n'ayant rien de commun que la fixité et l'incommutabilité.

A l'époque où Prout posait son hypothèse, les poids atomiques n'étaient pas encore rigoureusement déterminés. En 1859, M. Dumas, fixant le poids atomique de divers corps, montra que ce poids atomique n'est pas un multiple simple du poids de l'hydrogène.

« Les poids atomiques de tous les corps, dit M. Dumas, » sont des multiples exacts de celui d'un corps inconnu qui » aurait un poids atomique quatre fois plus petit que celui de » l'hydrogène, ou, ce qui revient au même, les poids atomiques de tous les corps sont des multiples exacts de celui » de l'hydrogène par 4, par 0,50 ou par 0,25. »

L'hypothèse de Prout, ainsi modifiée, s'appliquant non à l'hydrogène, élément primitif, mais à un principe unique encore inconnu, respectait l'idée de l'unité de la matière. En 1860, M. Stas, qui apporta à la fixation des poids atomiques une précision plus grande encore, en conclut qu'il n'existait aucun rapport simple entre le poids de l'hydrogène et ceux des autres métaux, et ruina définitivement l'hypothèse de Prout. Est-ce à dire que la théorie de l'unité de la matière doit être en même temps rejetée ? Évidemment non.

(1) Voyez la *Physique moderne*, par E. Saigey ; et *l'Unité des forces physiques*, par le père Secchi.

Au lieu de supposer, comme M. Dumas, l'existence d'un corps inconnu, ayant un poids atomique quatre fois moindre que celui de l'hydrogène, il est permis d'admettre que le corps primitif est d'un poids atomique très-faible, tel que tous les poids des autres corps en sont des multiples exacts ; l'hydrogène en serait lui-même un produit de condensation. Si l'hypothèse de Prout ne s'est pas trouvée confirmée par les recherches ultérieures, elle n'en a pas moins suscité d'importants travaux et des discussions sérieuses sur les poids atomiques.

Graham, qui croyait à l'unité essentielle de la matière, fait remarquer qu'elle est en harmonie avec les lois de la pesanteur : cette force agissant également sur tous les corps. Il suppose qu'il n'existe qu'une seule espèce de matière, divisible en atomes ultimes ou *ultimates*, égaux en volume et en poids. Les divers aspects sous lesquels la matière se présente à nos yeux, proviendraient de la diversité de mouvement que possèdent ces atomes primitifs, qui sont alors plus ou moins denses. Dans cette hypothèse, comme le mouvement spécifique de chaque atome est inaliénable, la matière légère ne saurait être convertie en matière dense ; en d'autres termes, quoique la matière fût une, comme nous ne pourrions modifier le mouvement propre de l'atome primitif, nous n'arriverions pas à transformer les corps simples.

Despretz essaya, il y a une quinzaine d'années, d'attaquer par l'expérience le problème de la complexité des substances dites simples. Il soumit des métaux et différents gaz, oxygène, azote, à de puissantes actions physiques et chimiques. N'étant pas arrivé à les décomposer, il conclut que c'étaient véritablement des corps simples et non des produits de condensation de l'hydrogène. Mais il s'était livré à un travail bien inutile, car ses recherches ne pouvaient apporter aucune donnée nouvelle à la question, et ses conclusions devaient être forcément celles de Lavoisier. Elles résultent de la définition même que le grand chimiste avait donné des corps simples, caractérisés par le fait d'expérience, qu'ils résistent à nos procédés d'analyse.

« Les chimistes reconnaissent, dit M. Dumas au sujet des » recherches de Despretz, qu'un corps est simple ou plutôt » qu'ils ont affaire à un radical non décomposable à ces trois » signes :

- » 1° Qu'il résiste aux agents physiques ;
- » 2° Qu'il résiste aux forces chimiques ;
- » 3° Qu'il est apte à se combiner, sans perdre de son » poids, avec les corps simples ou radicaux déjà connus.

» On peut affirmer, dès lors, que toute recherche tendant » à reconnaître si les radicaux ou corps simples ainsi définis » résistent à l'application des forces chimiques et surtout à » celle des forces physiques, est sans objet, puisqu'on est » convenu de ne les appeler *simples* qu'autant qu'ils jouissent » de ces propriétés. »

Une communication récente de M. Lockyer à l'Académie des sciences a de nouveau mis en question la complexité des corps simples.

Analysant au spectroscope la lumière du soleil, des planètes et des étoiles, M. Lockyer reconnut que plus une étoile est chaude, plus son spectre est simple et que les éléments métalliques s'y font voir dans l'ordre de leurs poids atomiques.

Les étoiles très-brillantes ne paraissent renfermer qu'une énorme quantité d'hydrogène et de magnésium. Dans les

astres plus froids, comme notre soleil, on trouve de l'hydrogène, du magnésium, du sodium, du calcium, du fer, etc., mais pas de métalloïdes.

Dans les étoiles les plus froides, nous n'avons plus que les spectres des métalloïdes et de leurs composés.

Enfin, l'hydrogène lui-même disparaît ; telle est la terre où nous ne trouvons plus d'hydrogène en liberté.

D'après ces faits, M. Lockyer se demande si les métalloïdes ne sont pas des composés qui sont dissociés par la température solaire, pendant que les éléments métalliques, à poids atomique peu élevé, résistent à la température des étoiles les plus chaudes. Dans ces dernières, il n'y aurait même que deux métaux, l'hydrogène et le magnésium. Inversement, à des températures moins élevées, le principe primitif, peut-être l'hydrogène, se condenserait de manière à fournir les divers corps simples : « Dans les couches absorbantes du » soleil et des étoiles, plusieurs ordres de dissociations cé- » lestes seraient en train de s'accomplir et empêcheraient le » rapprochement des atomes qui, à la température de la terre » et à toutes les températures artificielles qu'on ait pu attein- » dre jusqu'ici, composent les métaux, les métalloïdes et les » composés connus.

» D'après cette hypothèse, les corps que nous appelons » *éléments* et qui ne se trouvent pas dans les couches absor- » bantes des étoiles dont la température est très-exaltée, » seraient en voie de formation dans l'atmosphère coronale » et en voie de destruction, à mesure que la densité de la » vapeur les ferait descendre. »

Ces vues très-ingénieuses de M. Lockyer suscitèrent une intéressante réponse de M. Berthelot, réponse qui a été publiée dans ce recueil, et dont il nous suffit de rappeler les principaux arguments.

Jusqu'à présent, en discutant l'hypothèse de l'unité de la matière, on n'avait pas encore fait intervenir la loi des chaleurs spécifiques de Dulong et Petit. C'est elle qu'a invoquée heureusement M. Berthelot pour établir une différence notable entre les corps que nous appelons simples et ceux que nous savons être composés.

Les gaz simples, oxygène, hydrogène, azote, possèdent une chaleur spécifique inversement proportionnelle à leurs poids atomiques, ou, ce qui revient au même, la chaleur spécifique de ces gaz, multipliée par leur poids atomique, fournit un nombre constant. Comme d'autre part, à volumes égaux, ces gaz renferment des poids de matière proportionnels à leurs poids atomiques, ils ont tous la même chaleur spécifique sous un même volume :

	Poids atomique p	Chaleur spécifique c (sous volume constant)	Chaleur atomique $p \times c$
Hydrogène	1	2,411	2,4
Oxygène	16	0,173	2,4
Azote	14	0,093	2,4

Les gaz composés formés sans condensation, oxyde de carbone, bioxyde d'azote, acide chlorhydrique, présentent, sous le même volume, la même chaleur spécifique que les gaz simples, ou, en d'autres termes, la chaleur spécifique observée pour l'unité du poids est telle que, multipliée par le poids d'un volume, c'est-à-dire par la moitié du poids moléculaire, elle donne la même constante 2,4 que les gaz simples :

	Poids moléculaire p	Chaleur spécifique à volume constant c	$\frac{p}{2} \times c$
Oxyde de carbone.....	28	0,1736	2,43
Bioxyde d'azote.....	30	0,165	2,45
Acide chlorhydrique....	35,5	0,1304	2,44

Quant aux gaz formés avec condensation, « la quantité de chaleur nécessaire, sous pression constante, pour élever de 1 degré un certain volume de ces gaz est, sans aucune exception, supérieure à la quantité de chaleur absorbée par le même volume d'un gaz simple sous la même pression. »

Par suite, conclut M. Berthelot, si l'un de nos corps gazeux réputés élémentaires était réellement composé, il devrait l'être par union, sans condensation, de ses éléments hypothétiques, les gaz composés formés sans condensation étant les seuls qui présentent sous le même volume la même chaleur spécifique que les gaz simples. Il faudrait, par exemple, si un atome d'oxygène résulte de l'association de seize atomes d'hydrogène, qu'il occupât un volume seize fois plus grand. Si au contraire l'oxygène est formé par la condensation en un seul volume de seize volumes d'hydrogène, il devrait avoir sous ce volume une chaleur spécifique beaucoup plus forte, comme il arrive pour les gaz formés avec condensation.

Tel est le premier argument de M. Berthelot, qui garde toute sa valeur si l'on compare les gaz formés avec condensation aux gaz parfaits, oxygène, hydrogène, azote. Mais si nous les comparons au chlore et au brome gazeux, nous voyons qu'aucune différence n'existe entre la chaleur spécifique de volumes égaux de ces gaz et de corps gazeux formés avec condensation. En multipliant les chaleurs spécifiques observées par le poids d'un volume de ces divers corps, nous arrivons à des nombres peu éloignés, et nous ne pouvons pas dire qu'à volume égal, la chaleur spécifique des gaz fournis sans condensation est toujours supérieure à celle des gaz simples.

C'est ce qui ressort du tableau suivant où la dernière colonne donne la constante, résultant du produit de la chaleur spécifique observée par le poids d'un volume. Ce poids est le poids atomique pour les corps simples, et la moitié du poids moléculaire pour les corps composés :

	Poids atomique ou 1/2 poids moléculaire p	Chaleur spécifique à volume constant c	$p \times c$
Chlore.....	35,5	0,093	3,3
Brome (gazeux).....	80	0,042	3,3
Eau.....	9	0,370	3,3
Acide sulfhydrique....	17	0,184	3,1
Ammoniaque.....	8,5	0,391	3,3
Anhydride carbonique.	22	0,172	3,7

Il faut conclure de ces chiffres, ou que le chlore et le brome sont des gaz composés, ou plutôt admettre que les chaleurs spécifiques des gaz simples et des gaz formés avec condensation ne présentent pas une divergence assez grande pour différencier les éléments et les corps composés.

L'autre argument de M. Berthelot, tiré également de l'examen des chaleurs spécifiques nous paraît décisif.

Quand on compare le poids atomique des éléments thioniques, soufre, sélénium, tellure, on voit que leurs poids

atomiques sont sensiblement les multiples d'une même unité, le poids atomique de l'oxygène = 16.

Soufre	$16 \times 2 = 32$
Sélénium	$16 \times 5 = 80$
Tellure	$16 \times 8 = 128$

D'un autre côté, il existe des carbures d'hydrogène comparables entre eux par leurs propriétés, appartenant à une même série homologue, et dont les poids moléculaires sont les multiples d'un groupe hydrocarboné $\text{CH}_2 = 14$.

Ethylène	$14 \times 2 = 28$
Amylène	$14 \times 5 = 70$
Caprylène	$14 \times 8 = 112$
Ethalène	$14 \times 16 = 224$

On pourrait supposer que les éléments thioniques sont des produits de condensation de l'oxygène, au même titre que l'éthylène et ses homologues sont des produits de condensation du groupe CH_2 ; et, dans ce cas alors, les deux séries devraient se comporter de la même façon, au point de vue de leurs capacités pour la chaleur. Or, c'est l'inverse que l'on observe.

Tandis que, sous l'unité de poids, les éléments ont des chaleurs spécifiques d'autant plus faibles que leurs poids atomiques sont plus élevés, comme le formule la loi de Dulong et Petit, tous les carbures d'hydrogènes polymères ont exactement la même chaleur spécifique.

En d'autres termes, d'un côté la chaleur atomique des corps simples est une constante, pendant que la chaleur moléculaire des hydrocarbures polymères est directement proportionnelle à leurs poids moléculaires.

Il y a donc là une divergence profonde entre les corps réputés simples et les corps composés.

On peut encore faire ressortir cette divergence en considérant les composés dans lesquels entrent le cyanogène et l'ammonium. S'il est des groupes complexes qui par leurs propriétés semblent se rapprocher des corps simples, ce sont certainement le cyanogène, voisin du chlore, et l'ammonium dont les sels ne pourraient être séparés de ceux du potassium. Eh bien, si le chlore était constitué d'une façon analogue au cyanogène, la chaleur spécifique des cyanures devrait suivre les mêmes lois que celle des chlorures, des bromures, des iodures. Or, M. Regnault a établi que, dans les corps composés, de même composition atomique et de constitution chimique semblable, les chaleurs spécifiques sont en raison inverse des poids moléculaires. Par conséquent, dans ces corps, la chaleur moléculaire, c'est-à-dire le produit de la chaleur spécifique sera une constante.

Si nous examinons les chlorures, bromures, iodures de potassium et de sodium qui ont une même composition atomique et une constitution chimique semblable, nous trouvons que cette constante est de 12,8. Si les cyanures de potassium et de sodium étaient entièrement comparables aux corps précédents, s'il était permis de regarder le chlore, le brome et l'iode comme des radicaux complexes, non encore décomposés, analogues au cyanogène, la chaleur moléculaire de ces cyanures devrait être environ de 12,8, tandis qu'elle est de 16 à 17. Malgré toutes les ressemblances de propriétés, le groupe cyanogène et le chlore présentent donc, au point de vue de leur capacité calorifique, des divergences qui empêchent de leur supposer une constitution semblable.

Le même raisonnement s'applique à la chaleur spécifique des sels d'ammonium comparée à la chaleur spécifique des sels de potassium et de sodium.

« Il y a entre les propriétés physiques des éléments, dit M. Berthelot, et celles de leurs composés une opposition singulière et qui donne à réfléchir. Elle est d'autant plus importante que la notion de chaleur spécifique est une traduction du travail moléculaire par lequel tous les corps sont maintenus en équilibre de température les uns avec les autres. Cette opposition ne prouve nullement, et je ne voudrais pas que l'on se méprenne sur ma pensée à cet égard, l'impossibilité de décomposer nos éléments actuels, mais elle définit mieux les conditions du problème, et elle conduit à penser que la décomposition de nos corps simples, si elle pouvait avoir lieu, devrait être accompagnée par des phénomènes d'un tout autre ordre que ceux qui déterminent jusqu'ici la destruction de nos corps composés. »

Je ne peux mieux terminer l'exposé des notions qui ont eu cours successivement sur la nature des corps simples, que par ces paroles élevées de l'éminent professeur du Collège de France.

Il formule, d'une manière précise, l'état actuel de nos connaissances sur ce sujet si plein d'intérêt.

En effet, s'il est permis à l'esprit de supposer la complexité des éléments, d'admettre la possibilité de leur résolution en principes plus simples, il n'en est pas moins vrai que dans la science il n'est aucun fait qui fasse prévoir une telle découverte, aucune analogie qui puisse guider l'expérimentateur dans cette voie.

Le philosophe peut discuter l'unité de la matière, mais le chimiste ne possède actuellement aucun moyen de la démontrer; il doit s'arrêter à ces éléments contre lesquels ses moyens d'analyse sont restés impuissants, jusqu'à ce qu'il ait entre les mains des méthodes nouvelles d'investigation.

EDOUARD GRIMAUX.

LES PYRÉNÉES

Un des effets les plus remarquables de l'invention et de l'établissement des chemins de fer est bien le développement du goût des voyages. De quel courage ne fallait-il pas faire provision autrefois avant de tenter l'assaut d'une diligence, dans laquelle force était d'étouffer des journées entières avant d'atteindre le but désiré? Ou de quelle fortune ne fallait-il pas être possesseur pour fréter une calèche de poste et rendre ainsi moins rudes les lenteurs du voyage?

Mais les chemins de fer sont venus et avec eux un ensemble d'améliorations de toutes sortes; aussi est-il permis, plus que jamais, d'insister sur la haute utilité des voyages, maintenant qu'ils sont devenus toujours possibles et faciles.

Cette habitude des voyages ne se développera cependant que lorsqu'elle sera entrée plus *avant* dans nos mœurs, et qu'elle fera partie de l'éducation de la jeunesse française.

« Je crois aller au-devant d'un vœu qui ne peut tarder à être exprimé, disait le colonel Laussedat à la réunion de l'Association française tenue à Bordeaux en 1872, en demandant que nos enfants voyagent et qu'ils acquièrent ainsi, en même temps qu'une connaissance parfaite des idiomes, une

juste idée de l'état de leur pays et de celui des contrées voisines à tous les points de vue. Les voyages seraient, à mon avis, le meilleur complément de l'étude des langues vivantes et de la géographie pédagogique, toujours aride, quoi qu'on fasse, pour y intéresser les jeunes gens. Les Anglais, les Russes, les Allemands voyagent beaucoup, et c'est là, on n'en saurait douter, la principale raison pour laquelle ils ont sur nous l'avantage de parler les langues et de savoir généralement la géographie de l'Europe. »

En Angleterre, cet usage est tous les jours mis en pratique, et c'est par là que les jeunes gens débutent dans la vie. A peine sorti de l'Université, et simplement muni de lettres de présentation, le jeune Anglais est lancé dans la vie aventureuse des voyages et livré à ses propres forces; désormais, il devra se passer de l'appui immédiat de sa famille; mais, s'il a bel et bien la *bride sur le cou*, ce ne sera pas uniquement pour explorer les boulevards de la capitale ou les coulisses des théâtres, but vers lequel aspirent trop nos jeunes gens.

En France, en effet, l'oisiveté est la plupart du temps la cause la plus directe des habitudes mauvaises que contractent si rapidement les fils de famille, que leur position de fortune n'oblige pas à embrasser une carrière. N'est-il pas déplorable, cependant, de les voir consacrer les forces vives de leur jeunesse à l'unique recherche des plaisirs faciles, plaisirs où ils trouvent souvent la ruine de leur santé et l'énerverment des qualités de leur esprit, au mépris de cette énergie qui fait un citoyen et le rend digne de ce nom. L'éducation de la jeunesse française pêche sous ce rapport; alors qu'il y a là toute une question de relèvement moral que les classes élevées de la société ont le devoir d'effectuer; c'est par l'exemple, plus que par toute autre espèce de propagande, qu'il sera possible d'atteindre un résultat indispensable à la grandeur nationale.

Il conviendrait donc de développer de bonne heure ce goût des voyages; aussi nous rangerons-nous à l'idée de ceux qui les appuient.

Les voyages à pieds nous paraissent en effet des plus utiles aux jeunes gens. L'habitude de la marche au point de vue de la santé est d'une importance extrême; et les excursions en commun ont le précieux avantage de façonner le caractère de ceux qui y prennent part, en même temps qu'elles développent la faculté si importante de l'observation. Topffer nous a donné à ce sujet des conseils aussi excellents à suivre que charmants à lire. Nous y renvoyons le lecteur.

Quoi de plus facile que la mise en pratique? N'avons-nous pas à notre porte, grâce aux chemins de fer, les plus merveilleux sujets de voyage? Les Alpes, les Pyrénées, pour ne citer que les meilleurs, ne sont plus qu'à quelques heures de nous, quel que soit le département de la France où nous résidions; et il serait aisé de prouver que les explorations des montagnes réunissent à la fois toutes les difficultés et tout l'intérêt des expéditions les plus lointaines.

Depuis longtemps les Alpes ont le privilège d'attirer les touristes de l'Europe entière et de nombreux écrivains en ont, à l'envi, célébré les charmes.

A côté des Alpes, ne pouvons-nous pas citer les Pyrénées? Et, si nos montagnes méridionales n'ont pas toute la réputation de celles de la Suisse, ne pouvons-nous affirmer qu'elles n'en méritent pas moins la visite des touristes? Sans doute leurs pics les plus élevés n'atteignent pas des hauteurs aussi considérables que les cimes des Alpes; sans doute les facilités du voyage ne sont pas semées sous les pas comme en Suisse; en retour, dans les Pyrénées la nature domine plus seule; la présence continuelle de l'homme ne vient pas leur enlever ce parfum d'isolement et de grandeur, qui est un des plus grands charmes de la nature. C'est bien de ces montagnes *seules* que Jean-Jacques Rousseau voulait parler