

Une seule chimie : histoire d'une idée féconde au XIXe siècle

Myriam Scheidecker-Chevallier* maître de conférences

An one chemistry : the story of a fertile idea at XIXth century

In history of science, the analogy principle is often used by scientists to root their hypotheses. During the nineteenth century well known chemists such as Berzelius, Liebig, Dumas, Laurent, Gerhart, Wurtz, Kékulé, Berthelot...made intensely use of this fruitful idea : unification of organic and inorganic chemistry.

XIXe siècle, principe d'analogie, chimie organique, chimie minérale, unification des deux chimies.

Nineteenth century, analogy principle, inorganic chemistry, organic chemistry, unification of the two chemistries

Souvent, les épistémologues et historiens des sciences mettent en évidence le rôle que jouent, dans la construction des théories scientifiques, certains « principes » ou « croyances » fortement enracinées dans l'esprit humain et qui reviennent comme un leitmotiv à différentes périodes de l'histoire. Ainsi Newton, guidé par le célèbre principe d'analogie : « *la marche de la Nature est donc très simple et toujours conforme à elle-même* », envisage la réactivité chimique selon la loi de l'attraction universelle, donnant par là un programme de recherche motivant à toute une génération de chimistes jusqu'à Claude-Louis Berthollet, au début du XIXe siècle. Pour citer un autre exemple célèbre, en 1840, R. Mayer conçoit le principe « d'équivalence » de la chaleur et du travail en s'appuyant sur une certitude philosophique inspirée

de la « *Natürphilosophie* » selon laquelle la « Force » exprimant la rationalité de la nature doit se conserver à travers toutes les transformations [1].

Nous nous proposons de montrer dans cet article le rôle qu'a joué l'éternel principe de « l'unité de la Nature », dans l'édification de la chimie organique tout au long du XIXe siècle.

Si l'on remonte à la conception des alchimistes, les trois règnes de la Nature : animal, végétal, minéral, obéissent à des lois analogues ; l'unité de la Nature sur la terre s'observe partout : ainsi, tous les métaux comme les animaux et les plantes mûrissent à leur rythme dans le sein de la terre, et sans doute, à condition d'attendre suffisamment, parviendront à maturité pour donner de l'or. Par la suite, avec Galilée, le monde supralunaire et le monde sublunaire, longtemps séparés par la physique d'Aristote, s'unifient. Mais en même temps, avec l'arrivée de la science baconnienne, on s'attache à observer, sans trop d'a priori, les êtres de la Nature, trouvant préférable de les distinguer d'abord avant de les réunir trop hâtivement dans un grand Tout. Dans le domaine de la chimie, la chimie organique, c'est-à-dire la chimie des substances tirées des organismes vivants : végétaux et animaux, apparaît comme

différente de la chimie du règne minéral. Ces corps organiques, fragiles et complexes, facilement décomposables, ne sont-ils pas l'œuvre exclusive de forces mystérieuses qui échappent à l'homme : la force « vitale » ou la force « végétative » ? Or, dès la fin du XVIIIe siècle, Scheele identifie et caractérise des acides « organiques » et prouve qu'ils sont composés des mêmes éléments carbone, hydrogène, oxygène que l'on trouve aussi dans les minéraux... L'unification de la chimie est en route.

L'héritage de A.L. Lavoisier

Lorsque Lavoisier crée le nouveau concept d'acidité, à savoir que la présence de l'élément oxygène confère aux corps leur caractère acide, il essaye d'en prouver la validité aussi bien dans le monde organique que dans le monde minéral. Les acides végétaux tout comme ceux du soufre, du phosphore, de l'azote sont constitués d'un « radical » uni à l'oxygène : « *le vinaigre étant un acide, l'analogie conduisait seule à conclure qu'il contenait de l'oxygène ; mais cette vérité est prouvée de plus par des expériences directes. Premièrement le vin ne peut se convertir en vinaigre qu'autant qu'il a le contact de l'air et qu'autant que cet air contient du gaz*

* Équipe d'histoire des sciences, Laboratoire de chimie organique du fluor, Université de Nice-Sophia-Antipolis, BP 71, 06108 Nice Cedex 2. Tél. : 92.09.93.84. Fax : 92.07.61.56.

oxygène. *Secondement cette opération est accompagnée d'une diminution du volume de l'air dans laquelle elle se fait, et cette diminution de volume est occasionnée par l'absorption du gaz oxygène. Troisièmement on peut transformer le vin en vinaigre, en l'oxygénant par quelque moyen que ce soit* ». Il y a dans cette prise de position de Lavoisier un présupposé évident d'unité des deux chimies.

Berzelius, qui accepte dans un premier temps cette généralisation du concept d'acidité aux deux chimies, ne tarde pas à tomber sur des anomalies gênantes. Comment se fait-il que les trois oxydes de carbone: CO, C₂O₃ (acide oxalique), CO₂, dont la proportion d'oxygène est croissante, n'ont pas leur caractère acide qui varie dans le même sens comme le préconisait Lavoisier ? L'acide oxalique, qui provient du monde organique, est le plus fort alors que, relativement aux deux autres, sa proportion d'oxygène n'est pas la plus élevée. Les composés organiques obéissent-ils aux lois de la théorie atomique de Dalton ? Vers 1814, Berzelius arrive à la conclusion qu'il y a bien des proportions définies entre éléments constitutifs des corps organiques, mais que ces proportions ne sont pas toujours des nombres simples, petits et entiers comme pour les composés minéraux. Berzelius envisage pendant un temps d'autres principes théoriques pour régler les combinaisons de la chimie organique.

Bien vite, les méthodes d'analyse pondérale se perfectionnant, et suite aux travaux de Chevreul sur la saponification et les propriétés des acides gras organiques, Berzelius réalise qu'une théorie dualistique est envisageable aussi bien pour les composés minéraux que pour les composés organiques. Selon cette théorie, les corps quels qu'ils soient sont constitués de deux parties antagonistes, agissant comme deux masses douées d'électricités différentes et maintenues en combinaisons par l'action mutuelle de ces deux électricités ; cette théorie explique, de plus, qu'un corps binaire n'ayant presque jamais ses deux électricités exactement saturées est encore apte, avec son électricité résiduelle, à produire de nouvelles combinaisons : ternaires, quaternaires, etc. Un sel est toujours un composé provenant de l'addition d'un acide (électronégatif) et

d'une base (électropositive). Berzelius, ayant mis au point sa théorie "acide-base-sel" en chimie minérale ne peut résister à l'idée de la généraliser aux composés de la chimie organique sur la base d'arguments tirés du principe d'analogie.

Ainsi, l'acide acétique doit s'écrire (C₄H₆). O₃ + H₂O par analogie avec l'acide sulfurique S.O₃ + H₂O ; de 1830 à 1840 Berzelius impose sa méthode dualistique d'écriture des réactions chimiques et ce, aussi bien pour la chimie organique que pour la chimie minérale.

En 1828, comme on le sait, Wöhler obtient l'urée au cours d'une réaction où le cyanate d'ammonium est attendu. Outre que cela révèle au monde scientifique l'existence de composés isomères, on conclut aujourd'hui, un peu hâtivement parfois, que cette synthèse a fortement contribué à l'unification des deux chimies. Ce n'est pas si simple : en réalité, ni Berzelius, ni Müller, ni Liebig, ni Wöhler lui-même n'ont renoncé au vitalisme après cela. Après tout, les conditions réactionnelles de cette synthèse sont assez brutales, elles ne sont pas celles des processus vivants au sein des organismes. Müller prétend même que l'urée n'est pas un corps organique, c'est un corps minéral trouvé dans les excréments. D'autres affirment que l'isomérisation est une caractéristique des seuls corps organiques. Ainsi, nous le voyons, la synthèse de l'urée, à cette époque, est un argument qui sert aussi bien la thèse de l'unification que la thèse inverse.

L'unification chez quelques grands noms de la recherche en chimie organique

En 1837, Liebig et Dumas proclament que l'unification de la chimie est accomplie. En effet, avec les radicaux tels que le méthyle, l'éthyle, le benzoyle, ils peuvent affirmer que la seule différence entre la chimie organique et minérale est que, pour la première, les radicaux sont complexes alors que, pour la seconde, les radicaux sont des corps simples ; à part cela, les mêmes lois gouvernent les deux classes.

Au cours des décades suivantes, le principe d'unification de la chimie va



Jean-Baptiste Dumas (1800-1884), président de la Société Chimique de Paris en 1859. Il a été également ministre de l'Agriculture et du Commerce.

s'appuyer sur d'autres bases. Laurent, en s'intéressant à des réactions entre le chlore et le naphthalène, constate que non seulement cet halogène peut s'ajouter à l'hydrocarbure mais qu'il peut aussi se substituer à l'hydrogène sans que les propriétés de l'hydrocarbure changent de manière significative. De plus, il devient très difficile de retirer le chlore une fois substitué ; Laurent postule alors que le chlore fait partie du « noyau » de la molécule, structure géométrique tridimensionnelle particulièrement stable. Dans son idée, non seulement le chlore, élément électronégatif, prend la place de l'hydrogène, élément électropositif, mais il en assure les fonctions. Alors, de deux choses l'une : ou bien la chimie organique et la chimie minérale n'obéissent pas aux mêmes lois, ou bien la théorie dualistique de Berzelius s'écroule et il faut inventer une nouvelle théorie pour la chimie. Laurent n'hésite pas à combattre le dualisme. Après bien des hésitations, et finalement lorsqu'il obtient l'acide trichloro-acétique, Dumas se plie aux idées de Laurent, pour sauver dit-il l'unité de la chimie, et abandonne lui aussi la théorie dualistique : « *En chimie organique, il existe certains types qui se conservent alors même qu'à la place de l'hydrogène qu'ils renferment on vient à introduire des volumes égaux de chlore, de brome ou d'iode* ». Ainsi donc, pour Dumas, le « type » (mais également pour Laurent le « noyau ») est une sorte de support matériel, de squelette qui persiste dans les réactions de substitution.

Gerhardt, en suivant une voie différente de son ami Laurent, porte un coup non moins fatal au dualisme. Son but est de chercher des lois générales indépendantes de toute théorie sur la prédisposition des molécules, car dit-il : « à notre avis il faut complètement modifier nos idées sur la constitution des corps et admettre qu'on ne peut exprimer par des formules qu'une constitution relative et non un arrangement absolu des atomes dans le sens de la théorie électro-chimique ». Il proclame lui-aussi bien haut qu'il a réussi une « fusion complète » entre les deux chimies lorsqu'il développe sa théorie des « types ». Il classe alors tous les composés organiques connus dans quatre types de la chimie inorganique : le type « eau », le type « ammoniac », le type « hydrogène », le type « acide chlorhydrique ». A ces quatre types viendra bientôt s'ajouter le type « méthane », l'hydrogène de ce dernier type pouvant être facilement remplacé par des groupes organiques fonctionnels. Mais pour Gerhardt, contrairement à Dumas et Laurent, la notion de type est une notion totalement abstraite : « les formules chimiques n'expriment et ne peuvent exprimer que des rapports, des analogies... un même corps peut avoir plusieurs formules rationnelles » et, ajoute-t-il, pour se démarquer : « mes types signifient tout autre chose que les types de M. Dumas, ceux-ci se rapportent à l'arrangement supposé des atomes dans les corps, arrangement qui, dans mon opinion, est inaccessible à l'expérience ».

Il est intéressant de noter, concernant Dumas, qu'il fait jouer l'analogie entre les deux chimies dans le sens inverse. Lorsqu'au milieu du siècle, il reprend l'hypothèse que Prout, le chimiste anglais, a formulée en 1810, selon laquelle les poids atomiques de tous les éléments sont des multiples entiers du poids atomique de l'hydrogène, il suppose que les découvertes en chimie organique vont permettre de vérifier cette hypothèse. Les corps simples de la chimie minérale, par analogie avec les « radicaux » de la chimie organique, seraient des « radicaux » eux aussi, et il s'efforce de constituer dans les « familles » des corps simples des séries en les rangeant suivant leur poids équivalents croissants tout en les comparant aux séries homologues de la chimie organique.

Un peu plus tard, Wurtz, estimant que l'unité de la chimie n'est pas encore achevée, revendique lui-aussi l'honneur de contribuer à la parfaire : l'originalité de sa contribution est de remarquer que certains composés organiques, comme l'oxyde d'éthylène, sont comparables à certains oxydes de métaux « diatomiques » comme le baryum, le calcium, le strontium... L'éthylène serait un radical analogue à ces métaux « diatomiques » (nous dirions divalents). Il fait remarquer dans le discours qu'il prononce à la Chemical Society de Londres, en 1862, qu'un tel résultat prouve : « [...] that there is but one chemistry, and that the laws which regulate the constitution of organic bodies apply with equal force to the compounds of mineral chemistry and mineralogy ».

Kékulé a l'idée, quant à lui, de faire jouer l'analogie dans l'autre sens : il étend le concept de valence d'abord défini pour les radicaux organiques aux atomes des éléments eux-mêmes. cette piste deviendra particulièrement féconde, comme on le sait, par la suite.

Quant à la contribution, très connue, de Berthelot à l'unification de la chimie, des études complètes s'attachent à montrer [2] que la systématisation qu'il a instauré, certes avec brio, pour les synthèses organiques directes (1850-1860) ne doit pas être considérée, loin de là, comme l'unique argument décisif ayant permis de fusionner les deux chimies.



Adolphe Wurtz (1817-1884), président de la Société Chimique de Paris en 1864, 1874 et 1878. Créateur du *Bulletin de la Société Chimique de Paris*.

L'unification dans l'enseignement et la vulgarisation scientifique

En 1853, le professeur Hofmann, dans son introduction au cours de chimie organique, professé au Laboratory of the Royal Institution of Great Britain [3], montre qu'il est bien difficile de trouver une ligne de démarcation nette entre les deux chimies.

Ce n'est pas la possibilité de synthétiser ou non des substances qui différencie la chimie minérale de l'organique : il y a des minéraux complexes qui n'ont pas encore été synthétisés alors que des produits organiques le sont couramment.

Ce n'est pas davantage la simplicité de leur formule brute : la méthylamine a une formule autrement plus simple que celle de l'alun ou de la tourmaline.

Est-ce la stabilité, c'est-à-dire la plus ou moins grande facilité de se détruire facilement sous l'effet de forces extérieures ? Pas davantage : « some bodies hitherto exclusively obtained from vegetable or animal structures present a degree of persistence and stability which is truly marvellous: naphthalin and parannaphthalin [...] », La faculté de produire des cristaux de formes géométriques régulières existe dans les deux classes etc. etc. Alors, poursuit-il : « I am almost afraid gentlemen you will object to me, that in denying the distinction of inorganic and organic compounds, I lose the very ground upon which I stand, and that any other title for the lectures I intend to give you would have been better than the one which I have chosen ».

C'est finalement seulement pour la facilité des classifications et pour l'enseignement qu'Hofmann trouve pertinent de garder une division. La chimie organique est tout simplement : « the chemistry of carbon and its compounds », elle ne diffère en rien de la chimie minérale.

En 1865, Alfred Maufry dans la « *Revue des deux Mondes* » [4] s'émerveille de cette unification des deux chimies ; aussi dit-il à ses lecteurs, dans le style un tant soit peu grandiloquent de l'époque : « [...] on comprit que non seulement les éléments formateurs sont les mêmes mais que, pour les substances organiques et les substances inorganiques il y a la même loi de proportion-

nalité dans l'union des molécules. Le végétal et l'homme, envisagés matériellement, ne sont donc au fond qu'un laboratoire vivant qui puise les produits chimiques dont il se sert dans toute la nature ; les substances simples obéissent dans l'organisme aux mêmes règles que celles qu'elles suivent par ailleurs ».



Marcelin Berthelot (1827-1907), président de la Société Chimique de Paris en 1866, 1875, 1882 et 1889.

Comme Dumas, il est fasciné par l'hypothèse de Prout « [...] cette unité de la matière séduit singulièrement l'esprit, et les nombreux corps composés qui dans les matières provenant des animaux et végétaux, ont les allures, les propriétés générales, la physionomie des corps simples, donnent une extrême probabilité à l'hypothèse que les corps simples ne sont eux-mêmes que des corps composés d'éléments identiques, mais inégalement groupés ou associés ».

Il ne cache pas son admiration non plus quand il évoque la synthèse de l'acétylène, c'est cette idée de l'unification de la chimie qui pousse Berthelot, dit-il : « à varier et perfectionner ses procédés pour créer de toutes pièces un ordre entier de matières organiques [...] de-là chez l'habile chimiste la pensée que l'acétylène pourrait être obtenu par la réunion directe de ses éléments [...] on fait circuler un courant d'hydrogène sur le charbon porté à l'incandescence et réduit en vapeur par l'arc électrique ; on obtient alors cette lumière éblouissante que nous avons tous contemplée au théâtre ou dans les fêtes publiques. Si on la produit dans un courant d'hydrogène ce gaz s'unit immédiatement au carbone vaporisé et l'acétylène prend naissance ».

Puis, comme toujours, des interrogations plus fondamentales viennent à la conscience : jusqu'où ira la science ? « cette unité vers laquelle tend la chimie, peut-elle nous faire supposer que des lois complètement identiques régissent le monde animé et le monde brut ? Devons-nous nous flatter de pouvoir un jour, non seulement refaire artificiellement toutes les matières organiques, mais reproduire à volonté les conditions dans lesquelles naîtra la végétation ou la vie ? Je ne le pense pas [...]. Longtemps, il est vrai on a cru aux générations spontanées ; mais cette idée a perdu chaque jour du terrain malgré la ténacité de ceux qui la défendent, et, grâce aux beaux travaux d'un chimiste français, M. Pasteur, elle vient d'être définitivement ruinée. Ces germes que l'on supposait prendre naissance tout à coup comme certains composés chimiques, ont trouvé leurs ancêtres ».

Cette grande idée de l'unification de la chimie a guidé les chimistes du XIXe siècle, nous l'avons vu, vers la recherche d'analogies multiples et, ce, dans les deux sens, tantôt les résultats obtenus en chimie minérale furent réutilisés à tort ou à raison pour la chimie organique, tantôt ce fut l'inverse. Les chimistes de renom furent particulièrement fiers de justifier leurs avancées au nom de ce but prestigieux ; Il semble d'ailleurs que la recherche de ce type de prestige refasse surface à chaque génération de chercheurs. Au XXe siècle, nous trouvons des théories électroniques, par exemple, mises en avant au nom de leur pouvoir d'unification des deux chimies : quand N.V Sidgwick [5] interprète le concept de Werner de coordination en termes électroniques, ne voit-il pas dans l'atome de Bohr un ensemble de principes qui unissent la synthèse structurale organique et la synthèse structurale inorganique ?

Références

- [1] Locqueneux R., *Histoire de la physique*, Que-sais-je ? PUF, 1987, 66.
- [2] Brooke J.H., Organic synthesis and the unification of chemistry, *British Journal for the History of science*, 1971, p. 363-392.
- [3] Hofmann A.W., A course of lectures on organic chemistry, *Medical times and Gazette*, 1853, 6, p.131-134.
- [4] Maufry A., Les progrès de la chimie Organique, *Revue des Deux Mondes*, 1865, p. 165-206.
- [5] Sidgwick N.V., Coordination Compounds and the Bohr atom, *Journal of the chemical Society*, 1923, 123, p. 725-730.