

LA LONGUE AGONIE DE LA FORCE VITALE



Marcelin Berthelot

Je ne sais quel jargon scientifique, encore plus méprisable que l'ignorance, avait usurpé le nom du savoir et opposait à son retour un obstacle presque invincible.

Jean-Jacques Rousseau

A l'aube de la chimie était l'analyse. Les hommes sont apparus dans un monde matériel envahi de composés chimiques. Très naturellement, les premiers chimistes se sont comportés comme le gosse qui éventre une montre pour voir "qu'est-ce qu'il y a dedans". La question des éléments représente le plus vieux débat de la chimie et ne s'est éteinte qu'à la fin du 19^{ième} siècle après 2400 ans d'existence turbulente.

Cette approche analytique connut (et connaît encore) d'incontestables succès, essentiellement par la mise en œuvre de techniques séparatives : évaporation, distillation, cristallisation, filtration, macération, pressage, extraction (notamment lixiviation). Exemple : par évaporation de l'eau de mer on obtenait du sel (chlorure de sodium) ; en dissolvant ce sel dans de l'eau douce, on régénérât l'eau de mer, preuve de sa composition. Par distillation on parvenait à séparer l'alcool du vin, les parfums des plantes aromatiques, le soufre pur des terres soufrées ; par lixiviation des cendres de bois on préparait un alcali, le carbonate de potassium (K_2CO_3) qui servira jusqu'au milieu du 20^{ième} siècle pour faire la lessive.

Il fut même assez rapidement possible d'extraire des éléments de certains composés : tout particulièrement les métaux de leurs oxydes ou le carbone de la cellulose du bois.

Non seulement la démarche analytique conduisit à de remarquables applications, mais aussi au développement des doctrines concernant les éléments qui, finalement, aboutira à la théorie atomique. Lavoisier

écrivait en 1789 : « La chimie marche vers son but et vers sa perfection en divisant, subdivisant et resubdivisant encore. »

En définitive, et mis à part quelques cas isolés, la synthèse minérale ne se développa de façon significative qu'à la fin du 18^{ième} siècle : chlorate de potassium (Berthollet 1788), carbonate de sodium (Leblanc 1789).

1 – FORCE VITALE : APPARITION ET PREMIERS DOUTES

Il fallait une explication, on l'a trouvée ; on en trouve toujours ; les hypothèses, c'est le fonds qui manque le moins.

Henri Poincaré

La connaissance de la composition de la matière minérale suscita dès l'origine une curiosité compréhensible. L'intérêt ne fut pas moins vif pour ce qui concerne la matière organique, c'est-à-dire celle dont sont constitués les végétaux et les animaux. La méthode appliquée fut celle de la distillation. Or jusqu'au début du 19^{ième} siècle, on enveloppait sous le nom de distillation toutes les séparations de la matière sous l'effet de la chaleur. Pour une matière organique, cette distillation dite "sèche", relevait à quelques exceptions près, d'une décomposition thermique. On obtenait ainsi et successivement de l'eau, une huile, du phlegme (gelée), alors qu'une "terre" (charbon) demeurait au fond de la cornue, même après plusieurs heures de chauffe ; de plus, avec une matière d'origine animale, on obtenait de l'alcali volatil (NH₃).

Bien entendu, en règle générale, le mélange des différents produits séparés était bien incapable de

régénérer le matériau initial et cette impossibilité fut soulignée par plusieurs chimistes, notamment par Boerhaave (1668 – 1738) : « En comprimant et en réunissant de nouveau ces éléments chimiques, il en résulte fort rarement un composé tel que le premier. On en a une preuve dans l'analyse du sang, du vin et d'autres choses semblables. »

Cette constatation, peu glorieuse pour les chimistes, contribua à répandre l'idée qu'un fossé infranchissable sépare le monde minéral et le monde vivant et que ces deux règnes n'obéissent pas aux mêmes lois, que le second ne peut se construire et se développer que grâce à un principe tout à fait singulier, placé hors de portée du chimiste, la "force vitale".

Buffon (1707 – 1788) s'aventura encore plus loin sur cette voie scabreuse en prétendant que, par essence, la matière organique n'a rien à voir avec la matière minérale et donc que les éléments de l'une ne peuvent en aucune façon être ceux de l'autre. Pour lui, comme il l'écrit dans son *Histoire des animaux*, "il existe une matière organique animée, universellement répandue dans toutes les substances animales ou végétales, qui sert également à leur nutrition, à leur développement et à leur reproduction".

Cette proposition extrémiste dégringola avec fracas lorsque, vers 1780, il fut désormais possible de réaliser l'analyse élémentaire (qualitative, au mieux semi quantitative) des matières d'origine organique. En premier lieu il devint vite évident que celles-ci ne comportaient que des éléments du règne minéral, ce qui somme toute n'étonna pas grand monde. En revanche, il apparut sidérant que ces éléments ne soient, pour l'essentiel, qu'au nombre de quatre (sur les quelque 54 éléments alors connus) : carbone, hydrogène, oxygène et azote,

c'est-à-dire les éléments de l'eau et de l'air, plus le carbone.

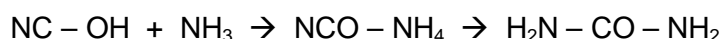
Paradoxalement, la thèse de la force vitale en sortit renforcée. Qu'un être aussi complexe que l'homme puisse s'élaborer à l'aide de carbone, hydrogène, oxygène, azote et très accessoirement d'autres éléments tels que soufre, phosphore, calcium... relevait d'un prodige totalement inexplicable.

Pour les chimistes du début du 19^{ième} siècle il devint évident que la matière organique ne pouvait être construite que par la force vitale, principe à jamais absent de leurs laboratoires. D'une manière très caractéristique, la chimie organique fut enseignée en tant que chimie asynthétique. Berzélius, le "pape" de la chimie de cette époque s'exprime on ne peut plus clairement à cet égard en 1830 : « Dans la nature vivante, les éléments paraissent obéir à des lois tout autres que dans la nature inorganique... Si l'on parvenait à trouver la cause de cette différence, on aurait la clé de la théorie de la chimie organique ; mais cette théorie est tellement cachée que nous n'avons aucun espoir de la découvrir, du moins quant à présent. » Notons cependant que la prudence toute scientifique de Berzélius transparaît dans des expressions telles que "paraissent obéir" ou "du moins quant à présent". Gerhardt, lui, peut-être emporté par le succès de sa nouvelle classification basée sur les homologues, se fait beaucoup plus abrupt : « Je démontre que le chimiste fait tout l'opposé de la matière vivante, qu'il brûle, détruit, opère par analyse ; que la force vitale seule opère par synthèse, qu'elle reconstruit l'édifice abattu par les forces chimiques. »

Malgré la belle unanimité que le dogme de la force vitale paraissait rassembler autour de lui, Chevreul dès 1824 commence à faire part de ses doutes : « La

distinction des composés qui constituent les êtres organisés en organiques et inorganiques, ne peut être considérée comme absolue, par la raison qu'il serait contraire à l'esprit de la chimie de fonder une classification sur l'impossibilité où l'on a été jusqu'à ce moment de former de toutes pièces un composé organique absolument identique à un composé qui fait partie d'un être organisé, et dans ce que nous savons aujourd'hui, il y a plus de raisons d'espérer qu'on parviendra à opérer cette formation qu'il n'y en a de croire le contraire. » Et d'ailleurs Dumas, en 1834, enfonce le clou en soulignant que si la chimie échoue quand elle veut reproduire des corps organiques, c'est moins en raison de l'inefficacité de ses méthodes que de l'insuffisance de son expérience.

En 1828, la force vitale reçoit un premier coup, non plus philosophique mais expérimental. Friedrich Wöhler (1800 – 1882) venait de maîtriser la préparation de l'acide cyanique. En le traitant par l'ammoniac il obtient le cyanate d'ammonium qui, par isomérisation conduit à l'urée :



Or l'urée, composé bien connu et extrait de l'urine, appartient aux yeux de tous les chimistes au monde organique. On comprend dès lors l'étonnement légitime de Wöhler qui écrit à Berzélius : « ... j'obtins le résultat inattendu que, par la combinaison de l'acide cyanique avec l'ammoniaque, il se produit de l'urée : fait d'autant plus remarquable qu'il offre un exemple de la formation artificielle d'une matière organique, et même d'une matière animale, au moyen de principes inorganiques. »

Toutefois Berzélius, sans méconnaître l'intérêt de la réaction découverte par Wöhler, reste très réservé quant à ses vertus vitalicides. Pour lui l'urée se situe "sur la limite

extrême entre la composition organique et la composition inorganique”. De plus, faisait-on observer, l’ammoniac ne peut être obtenu que par distillation sèche des matières animales ; son titre à participer du règne minéral demeure donc extrêmement litigieux.

Lorsqu’à la suite de ses grandes synthèses organiques Berthelot prétend qu’avant lui “les exemples de synthèse étaient si rares, tellement isolés et si peu féconds que la plupart des esprits étaient portés à regarder comme chimérique toute espérance de refaire d’une manière générale des substances organiques, au moyen des corps simples qui les constituent”, il pousse peut-être un peu le bouchon, mais il n’a pas non plus tout à fait tort.

2 – LES VRAIES VICTOIRES DE BERTHELOT

On peut donc affirmer que la chimie organique est désormais assise sur les mêmes bases expérimentales que la chimie minérale. Dans ces deux sciences, la synthèse aussi bien que l’analyse résultent du jeu des mêmes forces appliquées aux mêmes éléments.

Marcelin Berthelot

En dépit de la chape de plomb que jetais sur elle le mythe de la force vitale, la chimie dite organique n’était pas restée les bras croisés. Renonçant à la méthode destructrice de la “distillation sèche”, elle recourut à des procédés plus doux tels que l’extraction par solvant, l’évaporation, la cristallisation ou l’hydrolyse, afin d’obtenir non pas des éléments mais plutôt des composés définis que l’on appelait alors les principes immédiats, dont la liste

s'allongea rapidement : hydrocarbures, alcools, éthers, acides gras, esters, glycérine, urée...

Toutefois la synthèse directe de ces principes immédiats demeurait hors d'atteinte, hormis quelques cas exceptionnels, dont celui de l'urée, signalé plus haut.

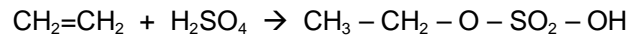
Ce qui anime Berthelot et le distingue de ses prédécesseurs relève d'une conviction farouche. C'est peu dire qu'il ne croit pas à la théorie de la force vitale, elle lui donne des boutons¹. Pour la détruire il établit dès 1853, comme un stratège, son plan de bataille dont l'objectif est clairement avoué : "Bannir la vie de toutes les explications relatives à la chimie organique". Lorsqu'il se sent prêt, il convoque la force vitale dans le champ clos de son laboratoire et, sans autres armes que ses appareils de chimie, lui règle son compte. On peut chipoter sur les mérites, réels ou supposés, de Berthelot ; il n'en reste pas moins que sa démarche a de la gueule.

En 1854 il était déjà établi que les fonctions organiques s'ordonnent en séries homologues telles que les hydrocarbures, les alcools, les acides. Réussir une réaction avec un membre de la série, c'est être pratiquement sûr de la reproduire avec un autre. Mieux, il est parfois possible de passer d'une série à une autre série. Par exemple, par voie d'oxydation :

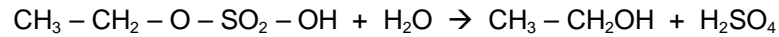
alcool → aldéhyde → acide

Aussi, très habilement, Berthelot se fixe sur l'alcool éthylique ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$) un "principe immédiat" de facture incontestablement organique, extrait du vin. Déjà l'on savait décomposer cet alcool en gaz oléfiant (éthylène², $\text{CH}_2=\text{CH}_2$) et en eau. Donc, si l'on pouvait "réhydrater" le gaz oléfiant on devrait, en toute probabilité, obtenir de l'alcool éthylique (ou éthanol). Oui mais voilà, de façon directe, cela ne marche pas. Alors Berthelot emprunte une voie détournée. Dans un appareil à secousses, il fait réagir

le gaz oléfiant sur l'acide sulfurique pour obtenir l'acide sulfovinique (notre sulfate acide d'éthyle, en fait un ester) :



qu'il hydrolyse ensuite pour obtenir l'éthanol



Précisons que la notation ci-dessus n'est pas celle de Berthelot, puisque jusqu'aux portes de la mort il a honni la théorie atomique. Cependant, le résultat expérimental demeure le même : il a réalisé la synthèse d'un alcool, l'éthanol, et par voie de conséquence des alcools en partant des homologues supérieurs de l'éthylène. Et pourtant sa démonstration présente un caractère boiteux dont lui-même est parfaitement conscient : il utilise au départ du gaz oléfiant de nature incontestablement organique ; c'est le cercle vicieux de l'œuf et de la poule.

Mais Berthelot a prévu l'objection. Depuis longtemps il médite la préparation des hydrocarbures à partir de leurs éléments, carbone et hydrogène. Toutefois l'exercice apparaît plus difficile que prévu et les moyens à mettre en œuvre semblent le dépasser. En 1860 il a l'idée de faire passer un courant d'hydrogène entre les électrodes, en charbon rigoureusement pur, d'une lampe à arc électrique (en ce temps-là une telle lampe était alimentée par une série de piles) qu'il baptise "œuf électrique". Le produit obtenu est un hydrogène carboné, nous dirions aujourd'hui un hydrocarbure, que Berthelot n'a aucune peine à identifier : l'acétylène (C_2H_2)³. De plus, par hydrogénation ménagée de l'acétylène, on sait préparer le gaz oléfiant (éthylène). La boucle est bouclée ; en utilisant exclusivement des produits réputés minéraux (carbone,

hydrogène, eau, acide sulfurique) Berthelot peut se flatter de fabriquer de l'alcool, composé strictement organique.

Incontestablement un verrou vient de sauter. La synthèse organique, longtemps intimidée par la force vitale, s'engouffre dans la brèche. Des alcools on passe aux aldéhydes et aux acides, puis aux éthers, puis aux esters, puis.... de nos jours encore le flot déferle.

Dans son ouvrage *La chimie organique fondée sur la synthèse*, monument élevé à sa propre gloire et dont la seule introduction ne compte pas moins de 160 pages, Berthelot s'autoproclame vainqueur incontesté et définitif de la force vitale.

Mais les mythes ont la peau dure.

3 – LES FERMENTS RESSUSCITENT LA FORCE VITALE

Les erreurs de ceux qui, dans les sciences, ont accompli une vaillante carrière, n'ont que l'intérêt philosophique qui s'attache à la connaissance de notre humaine faiblesse.

Louis Pasteur

Dès ses origines, la chimie fut traversée de multiples "courants", beaucoup plus philosophiques d'ailleurs qu'authentiquement scientifiques. Pour ce qui nous concerne ici, il convient de retenir le courant vitaliste et le courant matérialiste qui vont alimenter le débat sur les fermentations, et plus particulièrement sur la fermentation alcoolique, tout au long du 19^{ième} siècle.

- Pour les vitalistes (dont Pasteur) les fermentations sont inséparables de la vie. Ce sont les germes vivants qui,

par leur activité biologique transforment, par exemple, le sucre en alcool et gaz carbonique. A noter que certains appellent ces germes “ferments” et les diastases “ferments solubles” ce qui ne contribue pas à clarifier le débat.

- Pour les matérialistes (dont Berthelot) les germes ne font que produire une molécule organique qui par effet de contact (nous dirions par catalyse) provoque la transformation appelée fermentation. Si l’on pouvait isoler cette molécule ou diastase (que nous appelons maintenant enzyme) on pourrait observer cette transformation en dehors de tout phénomène vivant.

Comme on le voit les positions sont irréductibles et le clash apparaît inévitable. Il va avoir lieu à l’occasion du décès du fondateur de la médecine expérimentale, Claude Bernard (1813 – 1878).

Toute la carrière de Louis Pasteur (1822 – 1895) l’incite à rejoindre le camp des vitalistes. N’oublions pas que c’est un chimiste de formation et qu’il a commencé ses travaux par l’étude de l’activité optique de certaines espèces organiques, étude qui l’a convaincu que seule la vie pouvait créer spécifiquement des molécules dextrogyres ou lévogyres, c’est à dire capables de dévier le plan de la lumière polarisée à droite ou à gauche. Assez curieusement, il commence ses études sur les fermentations en 1854, la même année où Berthelot ferraille sérieusement avec la force vitale en réalisant la synthèse de l’alcool éthylique. L’annonce, à son de trompe, par Pasteur que les fermentations procèdent d’une “action vitale” (quelle différence avec une force vitale ?) ne peut que faire bondir le futur auteur de *La chimie organique fondée sur la synthèse*.

Est-ce cette rivalité conceptuelle qui poussera Pasteur à s'opposer avec la dernière énergie à la demande de Berthelot qui sollicite une chaire de chimie organique au Collège de France en 1862 ? Quoi qu'il en soit, entre autres protestations bruyantes, il écrit à l'influent Dumas : « N'est-ce pas une chose inouïe que la création à deux reprises d'une même chaire pour le même savant à quelques années d'intervalle ? Quelles sont donc ces idées nouvelles en chimie organique qui exigent pour être divulguées suffisamment deux chaires de haut enseignement ? On nous avait fait pressentir, il y a peu d'années, une révolution de la science par l'apparition de ces deux volumes énormes de *Chimie organique fondée sur la synthèse*. Jamais ouvrage a-t-il été plus vite oublié ! » Sapristi, la claque ! Il est des mots qui une fois prononcés, et à fortiori écrits, ne peuvent plus s'effacer. Les deux ténors de la science française s'observent désormais de créneau à créneau.

Claude Bernard meurt le 6 février 1878. On trouve parmi ses papiers une étude encore lacunaire sur la fermentation alcoolique, qui laisse clairement entendre que ce phénomène n'est pas dû à une quelconque action vitale mais à une molécule organique produite par les germes. La distinction est d'importance car cette molécule (enzyme) peut être, à priori, objet de synthèse. Cette position ne peut que réjouir Berthelot jusqu'au tréfonds de l'âme. Or il obtient cette étude grâce à un ami commun, Paul Bert, et dès le 20 juillet 1878, s'empresse de la publier accompagnée d'un commentaire volontairement très sobre.

Inutile d'expliquer à Pasteur qui se trouve dans la ligne de mire. Quelques jours après il réagit par une note dans les *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*. La polémique⁴ va durer sept mois et faire l'objet de 14

communications dans les *Comptes Rendus*. Le lecteur d'aujourd'hui ne doit pas se laisser impressionner par les amabilités telles que "mon savant ami", "mon éminent ami", "mon savant confrère" et autres qui émaillent ces morceaux de bravoure: les fleurets sont démouchetés et l'on ira jusqu'au sang.

La thèse de Berthelot est bien connue, c'est en somme celle de Claude Bernard. La contre-attaque vigoureuse de Pasteur s'appuie principalement sur le constat que Berthelot ne peut avancer qu'une hypothèse non vérifiée, et donc sans valeur scientifique estime-t-il⁵, alors que lui, Pasteur, s'en tient aux faits. Bref, en dépit d'un monceau d'affirmations péremptoires de part et d'autre, entrelardées de vacheries, chacun campe sur sa position.

Dans sa dernière envolée Pasteur n'hésite même pas à prendre l'avenir à témoin, exercice pourtant bien téméraire : «Comment M. Berthelot n'a-t-il pas senti que le temps est le seul juge en cette matière et le juge souverain ? Comment n'a-t-il pas reconnu que du verdict du temps je n'ai pas à me plaindre ? Ne voit-il pas grandir chaque jour la fécondité des inductions de mes études antérieures ? » En définitive Pasteur aura le dernier mot, disons la dernière réponse, et apparaîtra assez largement comme le vainqueur de cette joute mémorable⁵.

Mais, comme le dit Victor Hugo, *l'avenir n'est à personne*. Ce sont Berthelot et Bernard qui avaient raison.

En 1897 Eduard Buchner (1860 – 1917) réussit à provoquer une fermentation alcoolique à partir d'un extrait de levures finement broyées, rigoureusement exempt de tout être vivant. Le mythe de l'action vitale des ferments vivants s'écroulait pour ne plus se relever.

LORSQU'AU MILIEU DU SIÈCLE DERNIER on commença à découvrir et à étudier la traduction d'une séquence de nucléotides d'un segment d'ADN en une séquence d'acides aminés dans une protéine, la tentation dut être grande, pour certains esprits, d'y voir l'intervention mystérieuse et quasi miraculeuse de la vie. Pourtant personne ne se risqua à reparler de force vitale, c'est-à-dire à s'aventurer sur un terrain miné où le grand Pasteur s'était si magistralement planté.

Berthelot peut dormir tranquille au Panthéon. On parle aujourd'hui de chimie du vivant, de biochimie, de chimie cellulaire, de machinerie chimique des êtres vivants, enfin de tout ce que l'on voudra, mais en définitive de chimie.

NOTES

1. La théorie atomique aussi, hélas.
2. L'éthylène avait été découvert en 1795 par quatre Hollandais : Deiman, Van Troostwyk, Bondt et Lauwerenburgh. Sa chloration conduit à un composé huileux (dichloro 1-2 éthane) appelé au 19^{ième} siècle huile des Hollandais.
3. Les lois de la thermodynamique font qu'à la température de l'arc électrique l'acétylène est plus stable que l'éthane, l'éthylène et même le méthane.
4. Cette polémique est relatée en détail dans l'excellent ouvrage de Jean Jacques : *Berthelot, autopsie d'un mythe* (Belin).
5. L'argument de Pasteur est captieux : ce n'est pas parce qu'une hypothèse n'est pas démontrée qu'elle est fautive (voir par exemple celle d'Avogadro).
6. Berthelot ne trouvera guère d'appui qu'auprès d'Edmond Frémy (1814 – 1894).



[retour à la liste PDF](#)