

# La chimie, science de la nature ou contre-nature ?

Bernadette Bensaude Vincent



Figure 1 - Chimie et nature, un jeu de rapports très complexes et singuliers. © Photo-Dave/Fotolia.com

Chimie ou naturel, le « ou » est souvent disjonctif dans l'esprit des consommateurs soucieux de manger des produits « bio » ou de se soigner avec des médicaments à base de plantes. Cette opposition bien ancrée dans l'esprit de la plupart des gens et qui suscite l'irritation – voire l'indignation – des chimistes est-elle un phénomène momentané qui serait dû à une mode passagère ou un trait fondamental caractéristique de toute chimie ? On montrera que l'alternative brutale entre chimie ou naturel dissimule le jeu de rapports très complexes et assez singuliers que la chimie entretient avec la nature. Sans entrer dans un survol de son histoire, on sélectionnera quelques épisodes historiques qui suggèrent que la chimie peut être définie comme une culture de l'artifice mais qu'elle reconfigure sans cesse le concept de nature au fil de ses pratiques comme de ses discours.

## « La chimie crée son objet... »

L'alternative « chimie ou naturel » ne se résout pas aisément en distinguant la chimie industrielle – qui serait responsable des atteintes à la nature – et la chimie scientifique – qui

serait à l'écoute de la nature. Une originalité de la science chimique – soulignée par Marcellin Berthelot dans une citation célèbre et souvent reprise depuis – est que « *la chimie crée son objet* ». La chimie étudie les corps non pas en observant le spectacle de la nature, mais en s'arrachant à la nature pour la refaire en laboratoire. Ce lieu, invention des alchimistes, permet d'étudier les corps de la nature en les décomposant – les anatomisant comme on disait alors – avant d'en réunir les principes pour recomposer les corps. Les deux opérations – défaire et faire, analyse et synthèse – caractérisent la chimie depuis qu'elle est reconnue comme science. La création d'objets factices – c'est-à-dire faits ou fabriqués par l'homme – n'est donc pas simplement une « retombée » de la recherche chimique, une application technique de la science. Le factice est l'outil, le levier de la recherche.

Si Berthelot exalte la faculté créatrice de la chimie, ce n'est pas pour inonder le marché de produits synthétiques, mais pour distinguer la chimie des sciences d'observation, comme l'indique la suite de la citation : « *La chimie crée son objet. Cette faculté créatrice, semblable à celle de l'art lui-même, la distingue essentiellement des sciences naturelles et historiques. Les dernières ont un objet donné d'avance et indépendant de la volonté et de l'action du savant : les relations générales qu'elles peuvent entrevoir ou établir reposent sur des inductions plus ou moins vraisemblables, parfois même sur de simples conjectures, dont il est impossible de poursuivre la vérification au-delà du domaine extérieur des phénomènes observés. Ces sciences ne disposent pas de leur objet. Aussi elles sont trop souvent condamnées à une impuissance éternelle dans la recherche de la vérité, ou doivent-elles se contenter d'en posséder quelques fragments épars et souvent incertains* » [1a].

Et Berthelot insiste sur la nécessité de passer par l'artifice pour accéder à une connaissance générale de la nature : « *Les principes naturels représentent des termes isolés de séries générales extrêmement étendues, et dont la connaissance complète serait à peu près impossible sans l'étude des principes artificiels* » [1b]. De plus, comme le souligne le philosophe Gaston Bachelard, les corps créés par le chimiste lors même qu'ils reproduisent des substances naturelles sont « factices ». La pureté n'appartient pas à la nature, elle résulte d'un processus de purification, de correction de la nature : « *Il faut faire exister des corps qui n'existent pas. Quant à ceux qui existent, le chimiste doit, en quelque manière, les refaire pour leur donner le statut de pureté convenable, pour les mettre à égalité de « facticité » avec les autres corps créés par l'homme* » [2].

Que les chimistes accèdent à la nature par la médiation d'artifices, cela paraît aujourd'hui « tout naturel » si l'on peut dire. Mais ce détour ne va pas de soi et il a longtemps éveillé des soupçons dont les alchimistes médiévaux firent les frais. Leur entreprise, qui relevait pourtant de la catégorie

médiévale des « arts », ne fut jamais admise parmi les arts libéraux enseignés à l'université. Ces « artificiers » œuvrant dans leurs laboratoires pour faire de l'or artificiel en « anoblissant » les métaux furent souvent traités d'imposteurs. Pour des esprits élevés dans la culture scolastique, l'art ne peut qu'imiter la nature. L'or des alchimistes n'a donc que l'apparence de l'or, c'est une imitation, une contrefaçon. L'art étant essentiellement inférieur à la nature, aucun procédé artificiel ne peut changer un métal inférieur en un métal plus noble. Les alchimistes se sont battus pour faire reconnaître la légitimité des artifices en inventant des tests pour reconnaître l'or et le distinguer des contrefaçons. Les méthodes d'essai qu'ils mirent au point comme la coupellation et la cémentation sont restées longtemps en vigueur dans les hôtels des monnaies. Tout au long de l'histoire, cet art des essais a beaucoup contribué à asseoir le prestige social de la chimie : les chimistes se sont qualifiés et fait reconnaître comme experts au service de la lutte contre les fraudes et contrefaçons en tous genres. Ainsi les champions du factice ont-ils réussi l'exploit de se prémunir contre les charlatans. Reste que le factice est une notion très ambivalente et que la question du rapport entre produits naturels et produits artificiels est constamment remise sur le tapis.

## Une distinction relativisée

La reconnaissance sociale des chimistes procède aussi et surtout des avantages économiques qu'offre la production de substances artificielles, qui a conditionné l'industrialisation de l'Europe et la production en masse aux XIX<sup>e</sup> et XX<sup>e</sup> siècles.

Au cours du XVIII<sup>e</sup> siècle, les chimistes commencent à fabriquer dans leurs laboratoires divers sels (ce terme avait alors une acception plus large qu'aujourd'hui, englobant les acides et bases). Mais pour substituer ces sels factices aux sels habituellement extraits des végétaux ou des animaux, il fallut prouver qu'ils étaient analogues à ceux que l'on extrait de la nature. Ce que fit en 1737 un chimiste de l'Académie royale des sciences de Paris, Henri Louis Duhamel du Monceau, en montrant que des sels formés à partir de l'alcali extrait de la mer et des sels formés à partir d'alcalis extraits d'acides végétaux ont la même composition.

C'est ainsi que les chimistes proposent et imposent un nouveau critère fondé sur la composition, pour légitimer les produits factices. Ce critère conduit à relativiser la différence



Figure 2 - « La chimie crée son objet », disait Marcellin Berthelot. Elle étudie les corps non pas en observant le spectacle de la nature, mais en s'éloignant de la nature pour la refaire en laboratoire [1a]. © Vitaliy/Fotolia.com.

entre nature et artifice que la culture scolastique posait comme essentielle.

Les produits factices dérivent aussi de la nature. Par exemple, la soude factice (carbonate de sodium) fabriquée selon le procédé Leblanc dès les dernières années du XVIII<sup>e</sup> siècle se distingue de la soude naturelle qu'elle vient remplacer en ce que les ingrédients de départ sont empruntés non plus au règne végétal (cendres de salicorne), mais au règne minéral (sel marin et acide vitriolique). Définir le naturel comme ce qui est extrait de la nature devient impossible si l'on songe que la plupart des matériaux naturels ne sont utilisables qu'après avoir subi quantité d'opérations chimiques. Comme le souligne François Dagognet, l'usage de la laine présuppose une accumulation d'opérations technologiques pour filer, carder, peigner, retordre, bobiner, canneler, lustrer, merceriser, encoller, décreuser... puis toutes les opérations de blanchiment et de teinture. « *Si nous n'avons pas créé le matériau, conclut Dagognet, nous l'avons tellement façonné et aménagé qu'il relève surtout de nous, de la technologie* » [3]. Ainsi la ligne de démarcation entre le naturel et l'artifice se perd dans le dédale des opérations infiniment laborieuses et délicates qui apprêtent un corps ou un produit à un usage.

Ce fut donc une contribution majeure de la culture des chimistes que d'avoir conduit à relativiser la distinction entre nature et artifice, à transformer une distinction ontologique en une distinction de degrés. Paradoxalement, un matériau d'usage ne devient naturel que quand il est remplacé par un autre pour une fonction donnée. La laine et la soie sont des textiles naturels dans la mesure où on les compare aux fibres synthétiques. Toutefois, ce type de révision des rapports entre naturel et artificiel expose les chimistes car il ne tient aucun compte du fait que dans notre culture, la nature fonctionne souvent comme une norme et que le naturel est fortement valorisé. Or pour les chimistes, le naturel n'est qu'un point de départ, qui nécessite beaucoup d'art pour devenir propre à l'emploi ou à la consommation. Les produits factices qui sortent des premières manufactures chimiques changent fondamentalement le rapport à la nature. D'abord ces derniers bouleversent le paysage et polluent l'atmosphère. De plus, ces produits factices étant souvent inventés pour diminuer la dépendance à l'égard des sources de matière première, ils permettent de s'émanciper à l'égard de la distribution géographique des ressources naturelles. Bref, dans la culture des chimistes, le naturel est ce qui est à purifier, à dépasser, et dont il faut s'affranchir.

## La supériorité de l'artificiel

C'est justement parce que les produits de substitution ont souvent été inventés pour contourner des barrières douanières ou bien en réponse à des blocus ou des guerres qu'ils furent souvent dépréciés, comme simples ersatz ou succédanés. Or après avoir relativisé la distinction entre nature et artifice, les chimistes ont réussi à inverser les valeurs et à faire passer l'artificiel pour supérieur au naturel. La démonstration – qui culmine au cours du XX<sup>e</sup> siècle durant « l'âge des plastiques » – ne procède pas d'une analyse comparée des propriétés intrinsèques des matériaux extraits de la nature et de leurs substituts synthétiques. Elle procède plutôt d'une vaste campagne publicitaire qui a fait du synthétique un symbole de la modernité, du confort et de la prospérité.

La supériorité proclamée est moins l'apanage des matériaux mis sur le marché que du style de vie dans lequel ils s'inscrivent. En témoigne le fameux slogan lancé par DuPont : « *Better things for better living... through chemistry* » (de



Figure 3 - Avec leur grande variété de formes, de couleurs et d'usages, les plastiques polymères synthétiques ont triomphé dans nos sociétés modernes, ouvrant sur un monde matériel léger, féérique, presque un monde de rêve. Illustration réalisée par M.-T. Dinh-Audouin à partir de photos © Fotolia.com.

meilleures choses pour mieux vivre... grâce à la chimie) qui répand l'image de la chimie comme un art de vivre, fondé sur l'abondance de biens et la prospérité matérielle. L'astuce des publicistes chargés de la promotion commerciale de la fibre synthétique polyamide 6-6, inventée par Wallace Carothers dans les laboratoires de DuPont, fut d'éviter de promouvoir cette fibre comme un substitut de la soie pour en découdre avec l'image dépréciative qui s'attachait aux premiers polymères artificiels commercialisés au début du XX<sup>e</sup> siècle. Les polymères synthétiques ont été promus comme des matériaux nouveaux inédits, attributs de la femme moderne et agents de démocratisation car ils allaient mettre le confort à la portée de tous.

Leur acceptabilité sociale (comme on dit aujourd'hui) n'allait pas de soi. En effet, les premiers polymères synthétiques, comme la bakélite par exemple, étaient réputés inférieurs aux matériaux nobles qu'ils remplaçaient tels que l'ivoire, l'écaille, l'ambre, etc. Le fait qu'un même matériau puisse servir à des usages multiples – pour des barrettes, des boutons, des boules de billard... – signalait son manque de noblesse. La plasticité des polymères synthétiques autorisant une grande variété de formes, pour toutes sortes d'usages comme de goûts, était perçue comme un signe d'infériorité, une marque d'imperfection. Or cette adaptabilité qui s'exprime dans le nom courant qu'on leur donne, « matière plastique », est devenue une qualité. Il en va de même pour leur faible densité, leur faible coût de revient et leur faible durée de vie. Tous ces signes de faiblesse ont fait la force des plastiques, qui ont ainsi acquis une dignité culturelle. Ils peuvent se répandre dans les usages culturels les plus prestigieux comme la haute couture ou la sculpture, et même se parer des couleurs les plus violentes ou fluorescentes, manifestement artificielles.

Avec le triomphe des plastiques, la nature s'efface de notre environnement au profit d'un monde matériel léger, féérique, presque un monde de rêve. Par contraste avec la plasticité et la légèreté des artifices, la nature apparaît alors comme rigide et pesante, prisonnière d'une matérialité dont la chimie semble vouloir se dégager.

## Le retour du naturel

La nature chassée par le déferlement des produits synthétiques revient au galop, au moment même où triomphe l'âge des plastiques. Aux mouvements de la contre-culture des années 1960 qui s'élèvent contre « le complexe militaro-

industriel » et prônent un « retour à la nature », s'ajoutent les premiers cris d'alarme sur l'environnement. Une biologiste marine, Rachel Carson, inquiète de la disparition de certains animaux qu'elle étudiait dans les océans, a dénoncé les effets du DDT. Après avoir vainement tenté d'intéresser les milieux scientifiques, elle s'adresse au grand public. La fable *Silent Spring*, qu'elle publie en 1962, repose sur le contraste brutal entre la vision d'une campagne bucolique et le printemps silencieux, sans vie, sans oiseaux, qui suit le passage d'un nuage de DDT. Le message martelé est clair : la chimie tue, elle élimine toute trace de vie, elle est en guerre contre la nature. À l'image traditionnelle de l'homme maître et souverain de la nature, Carson oppose la vision d'un homme prisonnier d'une spirale qui le met face au défi de s'adapter au propre environnement qu'il a créé. Les remèdes inventés pour lutter contre de petites nuisances (insectes ou autres pestes) causent des maux bien plus graves que ceux qu'ils veulent combattre.

Ainsi ce livre qui utilise largement les ressorts du conte et de la fable met en place une vision de la chimie comme un pouvoir maléfique, une force aveugle, opposée à la nature. Carson appelle de ses vœux la formation d'une écologie, au double sens scientifique et politique du terme. D'où l'appel au public : il faut bifurquer, prendre une autre route.

C'est donc à juste titre que cet ouvrage populaire est souvent présenté comme l'acte inaugural du mouvement environnementaliste qui, du coup, se construit sur une diabolisation de la chimie. Les réactions violentes et la campagne de dénigrement qu'il a suscitées dans les milieux de la chimie ont eu pour résultat de polariser le débat, jusqu'à installer comme une évidence l'antinomie du chimique et du naturel.

L'amplification du mouvement écologique qui passe du souci de la préservation de la vie sur Terre à celui de la préservation de la planète elle-même avive encore la lutte entre chimique et naturel. La chimie avec ses produits de grande consommation à base de pétrole apparaît sous la figure du prédateur qui pille la nature. Les industries chimiques produisant en masse des produits éphémères, démultipliant les prélèvements d'énergie comme de matière sur la planète, deviennent une cible favorite du mouvement d'écologie industrielle qui lutte contre l'exploitation inconsidérée des ressources naturelles. Enfin, la résistance opposée par certains lobbies de la chimie aux tentatives de réglementations visant à réduire les nuisances causées par l'utilisation massive de produits chimiques – notamment la directive européenne REACH – n'a fait que renforcer cette guerre ouverte entre les porte-parole de la chimie et ceux de la nature.

## La nature comme source d'inspiration

Même si elle n'appartient pas tout à fait au passé, cette chimie en guerre contre la nature est dépassée, démodée. Car au comble de l'artifice, les chimistes ont dû se mettre à l'école de la nature. Tout autant que les impératifs de protection de l'environnement, c'est l'élaboration de nouveaux matériaux toujours plus légers, plus « techniques », qui semble avoir changé le regard des chimistes sur la nature dans les années 1970-80. À la stratégie de production en masse de matériaux à faible prix de revient s'est substituée la stratégie du « sur mesure » ou du matériau « *by design* », conçu pour être adapté à une application précise. Aux produits camelotes et bon marché qui permirent à l'industrie chimique du début du XX<sup>e</sup> siècle de formidables économies d'échelle succède une génération de produits plus rares et plus chers, à forte valeur ajoutée. Des produits qui intègrent si possible plusieurs

fonctions dans une même structure. D'où une logique de conception prenant en compte tout ensemble la fonction, les propriétés, la structure et les processus, une démarche systémique qui transforme le matériau en support de propriétés en vue des fonctions requises pour une tâche donnée. C'est dans ce contexte que les chimistes ont trouvé des modèles dans les matériaux élaborés par la nature. Dans le monde du vivant, le composite est la règle et la pureté l'exception. La nature ne redoute pas les impuretés, les défauts, les mélanges compliqués, un peu baroques. C'est pourquoi la culture du composite a soudainement rapproché le synthétique et le naturel. Le bois, délogé par les plastiques, devient ainsi un composite modèle dont les éléments sont assemblés à l'échelle moléculaire puis agencés en une structure complexe, hautement hiérarchisée. Un composite d'autant plus remarquable que suivant la longueur des fibres, on obtient, avec les mêmes composants de base, des propriétés mécaniques aussi variées que celle du chêne ou du roseau. Les chimistes redécouvrent ainsi la nature : les coquilles d'ormeaux, faites d'un très ordinaire carbonate de calcium, la soie d'araignée, les feuilles de lotus... deviennent des objets d'étude grâce aux instruments disponibles pour visualiser les structures aux échelles méso-, micro- et nanométrique.

Quelles sont les leçons que les chimistes apprennent de la nature ? D'une part, grâce à leur structure hiérarchique, multi-échelles, les matériaux élaborés au fil de millions d'années de l'évolution biologique comme l'os, le bois ou les coquilles marines, indiquent une stratégie d'optimisation différente de celle des technologies conventionnelles : au lieu de chercher la performance d'une fonction, ils réalisent un compromis entre des propriétés antagonistes, par exemple faire barrière et permettre des échanges dans le cas d'une membrane. D'autre part, avec les mêmes composants de base, la nature parvient à faire des structures aux performances les plus variées, des structures capables d'adapter leurs performances à un environnement changeant, et en plus capables de s'auto-réparer.

Enfin, le vivant enseigne aux chimistes à intégrer le facteur temps dans leurs fabrications, comme le fait la nature qui programme la durée de vie de ses matériaux, leur vieillissement, leur dégradation ou leur recyclage.

On repère donc une véritable mutation du regard des chimistes sur les matériaux élaborés par la nature. Ils véhiculaient une image de rigidité, de fixité, de permanence à l'époque de la promotion des plastiques. Ils sont désormais hautement prisés pour leur flexibilité, leur souplesse et leur non-permanence. Bref, ils ont récupéré les valeurs qui s'attachaient à la plasticité des polymères synthétiques.

Du coup, la nature vivante est vue comme un artiste, un incomparable ingénieur dont on peut apprendre quelques leçons. Après la célébration de l'artificiel, du synthétique durant « l'ère des plastiques » qui a créé non seulement de nouveaux matériaux mais aussi une nouvelle esthétique heurtant les canons du naturel, voici venu le temps de la fascination pour les « merveilles de la nature » et les beautés du vivant. Les chimistes à l'école de la nature n'ont certes pas tous renoncé à l'ambition de rivaliser, voire de dépasser les limites de la nature. Mais les rêves démiurgiques s'alimentent aux sources de la nature et passent par une attention soutenue aux matériaux et procédés du vivant.

À l'écoute de la nature, les chimistes ont à réapprendre leur métier. Car la nature utilise des procédés de synthèse peu orthodoxes, à faire frémir tout bon étudiant de chimie ou de génie chimique bien formé. Le vivant synthétise ses structures à température ambiante ou peu élevée et en présence d'une

foule de perturbations. Il ne procède pas d'abord à la synthèse puis à la mise en forme, il façonne simultanément forme et matériaux, et l'assemblage des pièces est lui-même « programmé » dans le matériau.

Obtenir l'auto-assemblage des molécules ou macromolécules est la principale leçon que développent les chimistes. À cet égard, il n'est pas question de copier la nature mais de s'en inspirer. Toutes les ressources de la thermodynamique, de la cinétique, de la chimie avec les mécanismes de reconnaissance moléculaire et l'arsenal des forces faibles (liaison hydrogène, van der Waals, coordination, etc.) sont mises à contribution pour obtenir l'auto-assemblage. D'où des assemblages beaucoup plus labiles où les composants s'attachent, se détachent, pour s'attacher à nouveau. Comme le souligne Jean-Marie Lehn, l'apprentissage des réactions réversibles transforme en profondeur la représentation favorite que les chimistes se font de leur travail. Le chimiste architecte travaille avec des systèmes dynamiques et non avec des pièces comme dans un jeu de Lego.

C'est une nouvelle culture de la chimie qui s'esquisse à travers ce nouveau regard sur la nature. Sans renoncer à la culture de la pureté, les chimistes renoncent à l'idéal d'homogénéité et de stabilité de composition ; ils apprennent à gérer des mélanges, des interfaces et des surfaces, et même à opérer avec des paramètres multiples et instables.

Ainsi l'alternative chimique ou naturel n'est ni un simple effet de mode passager, ni une sorte de malédiction inscrite dans la nature de la chimie. Elle correspond à une certaine culture de la chimie, dans laquelle la nature est vue comme une chose foncièrement imparfaite à perfectionner, corriger, voire dépasser par l'art chimique. Historiquement, cette vision de la nature a été propagée par certains alchimistes et surtout par les chantres de la chimie de synthèse dans son essor aux XIX<sup>e</sup> et XX<sup>e</sup> siècles. En général, elle correspond à des pratiques de laboratoire, de fabrication et de commercialisation assez peu douces : hautes températures, hautes pressions, pollution, croisades publicitaires...

De nouvelles pratiques de synthèse douce, plus soucieuses d'insertion dans l'environnement et plus attentives au cycle de vie des matériaux, accompagnent une autre vision de la nature, comme un ingénieur astucieux qui a bricolé au fil de l'évolution des machines moléculaires robustes et infiniment complexes. Le plus intéressant toutefois est que le courant biomimétique ne conduit ni à « bricoler » ces machines exquises pour les faire servir à nos projets techniques, ni à les copier servilement. Au contraire, tout en valorisant « l'art de la nature », les chimistes qui s'en inspirent découvrent et soulignent les différences de « design » entre la nature et les techniques humaines. Ainsi la chimie semble-t-elle fidèle à sa vocation historique de défense et d'illustration de l'artifice.

## Références

- [1] a) Berthelot M., *La synthèse chimique*, Alcan, Paris, 1860, p. 275 ; b) Ibid, p. 99.
- [2] Bachelard G., *Le matérialisme rationnel*, Presses Universitaires de France, 1953, p. 22.
- [3] Dagognet F., *Rematérialiser*, Vrin, 1985, p. 104.



Philosophe et historienne des sciences, **Bernadette Bensaude Vincent** est professeure à l'Université Paris 1, membre de l'Institut Universitaire de France et directrice du Centre d'étude des techniques des connaissances et des pratiques (CETCOPRA)\*.

\* CETCOPRA, Université Sorbonne Paris 1, 17 rue de la Sorbonne, F-75005 Paris.  
Courriel : bensaude@club-internet.fr