



# Chimie : une réflexion nécessaire

*Pierre Bouy et André Grelon*

## LE MALAISE DES CHIMISTES

La chimie, plus que toute autre science, ne bénéficie pas, dans l'esprit de l'homme moderne, même cultivé, d'une image parfaitement claire et univoque. Nombreux sont ceux qui se retranchent derrière les difficultés de sa symbolique, les « formules », pour excuser leur ignorance, et pourtant quelle est la science qui n'a pas aujourd'hui son langage et sa symbolique ?

On fait aussi souvent remonter à Auguste Comte les difficultés que rencontre la chimie pour s'affirmer comme science et par là entrer dans la culture. Il est vrai que dans la classification des sciences qu'a donnée ce philosophe, au siècle dernier, la chimie n'a sans doute pas eu la place qu'elle méritait, tout spécialement dans un pays qui avait tant œuvré pour lui donner un statut de science à part entière. De là viendrait sa subordination à la physique que l'on constate dans notre enseignement et sa position de « nain culturel » dans l'esprit de gens par ailleurs très cultivés, pour reprendre l'expression du professeur Mathey.

Mais l'héritage n'est-il pas plus ancien ? Déjà, en 1751, Venel, le rédacteur de l'article « Chymie » de l'*Encyclopédie* de Diderot et d'Alembert commençait ses propos par ces mots :

« *La Chimie est peu cultivée parmi nous ; cette science n'est que trop médiocrement répandue même parmi les savans, malgré la prétention à l'universalité de connoissances qui fait aujourd'hui le goût dominant. Les Chimistes forment encore un peuple distinct, très-peu nombreux, ayant sa langue, ses lois, ses mystères, et vivant presque isolé au milieu d'un grand peuple peu curieux de son commerce, n'attendant presque rien de son industrie.* »

La « *chymie* » n'était d'ailleurs dans cette *Encyclopédie* qu'une sous-classe de la physique qui n'apparaissait dans l'ordre encyclopédique que comme « *physique des petits corps ou chimie* ». Deux siècles et demi plus tard, le propos de Venel n'est plus actuel en ce qui concerne l'impact de l'industrie chimique dont on verra qu'elle est devenue un segment majeur de l'activité industrielle du monde moderne. Mais qu'en est-il de la science qui soutient cette industrie ? Cette science reste-t-elle encore « *très peu cultivée parmi nous* », pour reprendre les termes mêmes de l'encyclopédiste ?

On note bien souvent chez les chimistes une certaine amertume envers le sort qui serait fait à la chimie : ni considération scientifique, ni reconnaissance industrielle, tel serait le triste lot de cette discipline. Qui plus est, on semble y voir une sorte de « mal français » auquel on opposerait volontiers la bonne santé morale de la chimie allemande. Ce mal serait dû à un travers fondamental de l'esprit (ou de l'enseignement, la chose n'est pas toujours claire) hexagonal, marqué par un mépris pour l'expérimental, le concret, le pratique, au profit de l'abstrait, de l'idéal, du théorique. Cette analyse se fonde sur plusieurs observations qui portent en particulier sur les choix des taupins en matière d'orientation disciplinaire, sur la part minimale des sciences expérimentales dans le secondaire, sur la méfiance du grand public envers tout ce qui est « chimique », sur la méconnaissance de l'importance économique et proprement industrielle des industries chimiques.

## UN RÔLE ÉMINENT AU XIX<sup>e</sup> SIÈCLE

Il serait absurde de nier la réalité de ce malaise, en tout cas tel qu'il est exprimé aujourd'hui par des acteurs importants du monde de la chimie. Pour autant, ce phénomène n'a rien de permanent. Dans l'histoire de la chimie en France, il n'en a pas toujours été ainsi. Au siècle dernier, les chimistes ont joué un rôle considérable non seulement dans le développement de leur science, mais encore dans l'organisation scientifique du pays : rappelons simplement le poids d'un Jean-Baptiste Dumas, l'un des fondateurs de l'École centrale, qui devient professeur à la Sorbonne, influence largement l'orientation scientifique de l'enseignement secondaire et supérieur sous le Second Empire après avoir été un temps ministre. Peut-on négliger le véritable empire qu'a exercé un Marcelin Berthelot à la fin du siècle ? Enfin, comment ne pas évoquer la haute stature d'Henry Le Chatelier, qui fondera un enseignement moderne de chimie industrielle à l'École des mines, organisera en permanence la liaison entre la science académique et les milieux industriels, se fera le

promoteur de l'Organisation scientifique du travail et lancera dès le début du XX<sup>e</sup> siècle le débat sur l'organisation d'un corps spécifique de recherche en France – ce qui aboutira, après une histoire longue et compliquée, à la création du CNRS.

Par ailleurs, l'enseignement de la chimie a été très important au XIX<sup>e</sup> siècle : on oublie souvent qu'avec la mécanique elle a été l'une des deux disciplines scientifiques les plus professées à travers tout le pays. La chimie est l'une des sciences constituant le programme originel de l'École polytechnique de 1794-1795. Elle est l'une des quatre spécialités offertes dès sa fondation en 1829 par l'École centrale des arts et manufactures. Elle constitue l'un des axes les plus féconds du haut enseignement ouvert au Conservatoire des arts et métiers en 1819 : des trois chaires fondatrices, l'une est consacrée à la chimie industrielle et attribuée à Nicolas Clément-Desormes. Mais très rapidement, d'autres chaires de chimie sont ouvertes dans cette institution vouée à la diffusion des sciences les plus élevées dans les milieux industriels. Ces nouveaux enseignements sont plus spécialisés : il s'agit de chimie des matériaux, de chimie agricole, etc. A la fin du siècle, il y a au Conservatoire national des arts et métiers quatre chaires officielles de chimie (sans compter celles qui abordent ces questions dans une part importante des cours). En revanche, il n'existe officiellement qu'une seule chaire de physique – dont le programme est si imposant que son titulaire, Edmond Becquerel, doit inscrire son enseignement sur deux ans. La place de la chimie est donc loin d'être minorée.

On retrouve cet intérêt pour la chimie dans les cours des associations philotechniques provinciales ou dans les enseignements proposés par les municipalités des capitales régionales, tout au long du XIX<sup>e</sup> siècle. A Lille, ce cours de chimie industrielle est ouvert dès 1819 par un jeune chimiste alsacien, Frédéric Kuhlmann qui, on le sait, connaîtra un brillant avenir industriel. Quand les facultés des sciences ouvriront des cours de sciences appliquées à partir de 1854, l'enseignement initial dispensé dans la nouvelle faculté lilloise par son premier doyen, Louis Pasteur, portera sur des problèmes de chimie industrielle.

La création des universités régionales sous la troisième République sera à l'origine d'un nouvel élan pour l'enseignement supérieur de la chimie. En fait, le coup d'envoi avait été donné par la création, au début des années 1880, de la première de cette nouvelle génération d'écoles d'ingénieurs : l'École de physique et de chimie industrielle de Paris. On sait que l'idée en avait été lancée à la suite de l'Exposition universelle de Paris de 1878 qui avait fait prendre conscience du retard progressif de la chimie française par rapport à ses concurrentes européennes (et encore l'Allemagne n'était-elle pas représentée à l'Exposition). La formation de cohortes de chimistes industriels devenait indispensable. Si le ministère du Commerce qui avait été sollicité n'avait répondu que par un pesant silence, le projet avait été repris et réexaminé par une commission nommée à l'initiative du conseil municipal de Paris et comprenant les savants les plus éminents et les industriels les plus en pointe : il s'agissait de faire une école d'ingénieurs chimistes. Ce n'est qu'après l'Exposition in-

ternationale de l'électricité (1881) que le projet fut amendé et qu'on y adjoignit la physique. Mais, pour la première fois en France, il s'agissait de former dès l'origine des ingénieurs spécialisés.

C'est donc ce modèle qui est repris par les instituts annexes des facultés des sciences dont l'efflorescence est tout à fait remarquable à la fin du siècle dernier et au début de celui-ci. A Lille, Toulouse, Rennes, Bordeaux, Clermont-Ferrand, etc., des formations spécialisées d'ingénieurs et, en particulier, des instituts de chimie naissent au sein des universités, avec l'appui des pouvoirs politiques locaux et régionaux et l'aide, souvent très importante, des chefs d'entreprise des zones industrielles régionales. Loin d'être une discipline de second ordre, la chimie apparaît au contraire comme une pièce maîtresse pour l'essor des universités des provinces et pour le développement des économies régionales. Sur le plan scientifique, elle donnera en outre à la France d'avant-guerre deux prix Nobel.

## LES PROBLÈMES RÉCENTS

Rappeler ces quelques éléments historiques ne veut pas dire qu'il faille nier les difficultés qui ont assailli la chimie et son enseignement à divers moments. Il importe simplement de signaler qu'il n'existe pas de fatalité historique à une mauvaise représentation de la chimie ou à une minoration de la discipline. Il est bien possible, au reste, que la chimie française ait contribué elle-même à ses propres difficultés. Dans un ouvrage récent, Jean Jacques a montré comment un Marcelin Berthelot avait pu bloquer les avancées de la chimie française sur un plan théorique au tournant du siècle (*Marcelin Berthelot*, Belin, Paris, 1990). Que l'on pense aussi aux freins mis par Henri Le Chatelier aux nouvelles hypothèses chimiques. Peut-on faire l'hypothèse qu'il y aurait un « péché originel » de la chimie au XX<sup>e</sup> siècle ? Il y a en tout cas matière à réflexion pour les historiens de la chimie en France.

Il existe certes aujourd'hui un problème objectif d'enseignement de la chimie dans le secondaire qui n'a rien à voir avec un quelconque refus ou dégoût des élèves devant cette matière, mais qui tient plus à l'organisation des programmes et à la formation des professeurs. Mais on notera tout aussi bien la mauvaise place des sciences de la nature (la géologie par exemple), ou le rôle « secondaire » de la géographie par rapport à l'histoire : la chimie n'est donc pas la seule discipline à s'estimer lésée dans le découpage des programmes.

Les professeurs des écoles supérieures de chimie se plaignent de la qualité du recrutement. L'analyse a montré le rapport avec la question de l'enseignement dans le secondaire. Il ne faut pas oublier non plus les problèmes qu'ont connus les écoles de chimie au milieu des années 1970, en pleine crise pétrolière, lorsque les entreprises du secteur se débattaient dans les pires difficultés : les jeunes diplômés ne trouvaient plus d'emplois dans leur spécialité, et l'on s'avisa alors dans les hautes sphères ministérielles et industrielles qu'il existait sans doute trop d'établissements de formation et qu'il conviendrait d'en faire disparaître un certain nombre – politique qui commença d'être

appliquée, non sans une certaine confusion et non sans engendrer une vive inquiétude dans les milieux enseignants et étudiants de l'époque. Quinze ans après, nous n'en sommes plus là, les entreprises veulent recruter toujours plus d'ingénieurs chimistes, les écoles de chimie augmentent régulièrement les effectifs des promotions. Mais il ne faudrait pas croire pour autant que des périodes aussi difficiles ne laissent aucune trace dans les esprits. Des phénomènes sociaux de cet ordre se gravent dans la mémoire collective, dictant des comportements aux individus sans que ceux-ci en aient toujours une conscience nette, et leurs souvenirs ne s'estompent que peu à peu.

## LA SCIENCE DE LA MATIÈRE ET DE SES TRANSFORMATIONS

Mais avant d'ouvrir ce numéro de *Culture Technique* consacré à la chimie, à ses industries et aux hommes qui la font, il n'est sans doute pas inutile de préciser l'étendue de notre propos et le cadre de notre réflexion.

A la rubrique « Chimie » que disent les dictionnaires ?

« CHIMIE ou CHYMIE, s.f. Science dans laquelle on étudie les lois de la composition des corps cristallisables ou volatils, naturels ou artificiels, et les lois des phénomènes de combinaison ou de décomposition résultant de leur action moléculaire les uns sur les autres », écrivait Littré qui enchaînait sur une citation très édifiante de Fontenelle : « Il n'y a pas encore longtemps que tous les raisonnements de la chimie n'étaient que des espèces de fictions poétiques, vives, animées, agréables à l'imagination, inintelligibles et insupportables à la raison. »

« CHIMIE. n.f. (1554 ; du lat. médiév. *chimia* et *alchimia*. V. *Alchimie*). Science qui a pour objet l'étude de la constitution intime des divers corps, de leurs transformations et de leurs propriétés », précise le Robert, dictionnaire alphabétique et analogique de la langue française, reprenant assez fidèlement la définition qu'en donnait en 1888 le Dictionnaire général de la langue française de Hatzfeld et Darmesteter.

« CHIMIE n.f. (gr *chēmeia*). Science qui étudie la nature et les propriétés des corps simples, l'action moléculaire de ces corps les uns sur les autres, et les combinaisons dues à cette action », préférerait le Larousse universel en 2 volumes de 1922, mettant déjà un peu l'accent sur le côté artificiel qu'ont pour beaucoup les produits de la chimie ; et en 1989 le petit Larousse illustré rajournait la formule en « Science qui étudie la constitution atomique et moléculaire des corps ainsi que leurs interactions. »

On s'accorde généralement aujourd'hui pour préférer la définition plus sobre de « science de la matière et de ses transformations », renonçant à la référence à la constitution intime de la matière qui pouvait sans doute s'admettre avant que la physique nucléaire ne fasse reculer les limites de cette intimité.

Cette définition a l'avantage de rattacher fortement la chimie à la matière sous toutes ses formes, telle que la nature nous la présente, et de rappeler que le chimiste ne fait que dégager des propriétés nouvelles en modifiant les assemblages des éléments.

Elle met aussi en valeur l'omniprésence et l'universalité de la chimie dans la vie de l'homme. Il suffit de rappeler que l'air que nous respirons n'est somme toute que de l'oxygène dilué dans de l'azote, et que la combustion qui nous nourrit, nous réchauffe et nous a si longtemps éclairés n'est autre que la réaction chimique d'oxydation de composés carbonés par ce même oxygène de l'air. Bien plus, et sans être réductionniste, on peut dire que les dernières décennies ont conforté la place de la chimie dans le vivant aussi bien que dans l'inanimé. Il serait peut-être puéril de dire que la chimie explique entièrement la vie, mais il n'est certainement pas exagéré de dire que la chimie est l'écriture sous-jacente à tout ce qui nous entoure. Cette présence universelle de la chimie dans nous-mêmes et notre environnement permet de mieux comprendre que la chimie puisse être la meilleure et la pire des choses. C'est parce que nous sommes écrits « en chimie » que le médicament de synthèse peut agir sur notre organisme et rétablir notre santé. Mais c'est aussi pour la même raison que les armes chimiques sont aussi redoutables. Et c'est encore pour cela que la chimie suscite tant d'espoir pour la solution des problèmes qui se posent à l'humanité.

Les industries chimiques constituent le prolongement naturel de la chimie, son bras séculier. Comme nombre d'industries dans leurs rapports avec les sciences, elles peuvent même se targuer d'une ancienneté plus grande que celle de la chimie pure, dans la mesure où l'industrie a pris la relève d'un art très ancien attesté depuis des millénaires, tant en Chine que dans les pays méditerranéens du Moyen-Orient. Elles mettent aujourd'hui en œuvre les résultats des chimistes en fabriquant des produits pour des utilisateurs qui n'appartiennent généralement pas à l'industrie chimique. Car c'est une caractéristique assez générale que le produit de la chimie n'apparaît pas tel quel chez l'utilisateur. Ce produit n'est souvent qu'un intermédiaire indispensable mais extrêmement discret. Cette confidentialité des produits de la chimie n'en facilite pas la perception par l'homme, même cultivé. Et cependant la chimie a envahi l'activité humaine, de façon consciente ou non, et l'humanité ne saurait s'en passer sans disparaître. Bien plus, la chimie s'est infiltrée dans l'ensemble des technologies au point d'y atteindre une certaine universalité que Jean C. Baudet rappelait en ces mots dans le numéro de mars 1991 de la revue belge *Ingénieur et Industrie* : « *La chimie est vraiment la science de base de toute technologie. On a cru longtemps que c'était la mathématique. Des programmes d'écoles d'ingénieurs ont même été entièrement basés sur cette idée du primat de la mathématique. Et certes, il faut une sérieuse formation mathématicienne pour faire un ingénieur digne de ce nom. Mais la chimie, science de la matière, est plus essentielle encore que la mathématique, qui n'est après tout que la science de la forme. Toute la science des matériaux n'est qu'une chimie appliquée, et que seraient l'informatique et l'électronique sans la connaissance des propriétés physico-chimiques du silicium et de GaAs ? Pas d'industrie sans connaissance des matériaux. Et donc, pas d'industrie sans chimie.* »

Mais, pourtant, quelle image cette industrie a-t-elle dans la culture de l'homme moderne ? Une représentation

souvent imprécise, floue, parfois négative. Il faut dire, toutefois, qu'il existe en cette fin de siècle un phénomène collectif d'examen des forces et faiblesses de notre civilisation industrielle. Cet examen prend des formes plus ou moins vives : entre autres questions, il tourne autour des problèmes de qualité de vie, qu'il s'agisse de nourriture, de l'air qu'on respire, du *stress* au travail, etc. On peut noter que si l'industrie chimique est interpellée à ce titre, elle n'est pas la seule industrie à être questionnée : on met aussi en cause la « civilisation de la bagnole » (industrie automobile), la qualité des logements (BTP), la destruction des sites par les lignes haute tension et les barrages (énergie), les risques causés par les centrales nucléaires (énergie). Il est néanmoins certain que la chimie, parce qu'elle se trouve au cœur de toutes les activités humaines, parce qu'elle sert d'industrie « mère » à toutes les autres industries, comme le montre abondamment ce numéro, se trouve toujours, à un moment ou à un autre, apostrophée et sommée de donner des réponses, sinon des solutions immédiates aux problèmes posés.

Cependant, cette image de marque ambiguë sinon mauvaise de l'industrie chimique est assez sectorisée. Toute une série de branches qui sont de son domaine ne soulèvent pas l'ombre d'une critique : il en est ainsi des produits pharmaceutiques (les pharmaciens sont des chimistes qui appliquent leur art au soin des êtres vivants – pharmacie humaine et vétérinaire – ils ne sont contestés ni dans leur savoir, ni dans leur position sociale ; ils disposent même souvent d'un monopole étonnant dans la direction des laboratoires de production pharmaceutique); des cosmétiques (L'Oréal, premier producteur mondial de produits cosmétiques, est une « fierté » nationale); du caoutchouc (la réputation d'un Michelin quant à la qualité de ses pneus est internationale, même s'il a du mal à digérer ses dernières acquisitions américaines); des peintures, vernis, encres et adhésifs divers. Les associations de consommateurs ont certes traqué le « chimique » dans l'alimentaire, avec un certain succès. Mais il est pour le moins piquant de voir le retour du « chimique » à l'état pur lorsque, pris de frénésie contre le contenu énergétique des sucres utilisés dans l'alimentation, les consommateurs exaltent l'usage de l'aspartame ! Cette situation pourrait d'ailleurs bien s'étendre un jour prochain aux graisses.

Enfin on ne peut passer sous silence que des événements accidentels ont eu lieu, qui se sont inscrits dans la mémoire collective. Ce sont ces « risques technologiques » majeurs auxquels nos contemporains sont beaucoup plus sensibles précisément parce que nous vivons désormais dans un monde totalement industriel et à cause de cette réflexion diffuse sur la nature de notre civilisation. Des catastrophes se sont produites, en taille et en nombre suffisamment importants pour qu'elles frappent les esprits, et en étant perçues comme des phénomènes cumulatifs : que l'on se souvienne du lancinant problème de la pollution au mercure de la baie de Minamata au Japon, de Seveso en Italie (où cependant on n'a pas eu à déplorer un seul décès, même si les scientifiques s'interrogent sur les effets à long terme), de Bhopal en Inde, ou de la plus récente pollution du Rhin. Il est normal que les citoyens du monde demandent alors des comptes aux responsables

industriels. On ne peut évidemment exclure que de nouveaux incidents graves surviennent en chimie comme dans n'importe quelle autre activité humaine. Mais dans les dix dernières années, la perception de ces problèmes par les industriels et les ingénieurs et la façon de les traiter ont considérablement évolué. Dans son dernier ouvrage (*Les Industriels et les risques pour l'environnement*, L'Harmattan, 1991), Denis Duclos montre ainsi la prise de conscience des dirigeants d'entreprise français sur les problèmes d'environnement : nous sommes dans une période de « saut symbolique » dû aussi bien à la pression de l'opinion publique, à des effets de concurrence internationale (on est aussi vertueux que les autres) qu'à des prises de position personnelles (tout dirigeant est en même temps un citoyen et un consommateur). En ce sens, par exemple, il est intéressant de noter la rapidité de réaction des entreprises à la question des CFC mis en cause (sans preuve absolue) dans l'élargissement du fameux trou d'ozone. Par ailleurs, face aux problèmes de pollution, de traitement des déchets, c'est précisément très largement aux industries chimiques que les solutions sont demandées pour que nous disposions de plus de bien-être et de sécurité.

## UNE ORIENTATION POUR CE VOLUME

Il est difficile de donner la liste précise des champs couverts par l'industrie chimique. Les classifications usuelles en cours dans la profession<sup>1</sup> les limitent à trois secteurs :

- la chimie de base : substances de base, intermédiaires, solvants, monomères, colorants, pigments, molécules de base de la parachimie et de la pharmacie, engrais, matières plastiques, etc ;

- la parachimie : savons et détergents ; parfums et produits de beauté ; peintures, vernis, laques, encres d'imprimerie ; produits d'entretien et produits ménagers ; liants, colles et adhésifs ; produits phytosanitaires ; surfaces sensibles pour le cinéma, la photo, la reprographie ; céramiques ; abrasifs ; charbons actifs ; explosifs ;

- la pharmacie : préparation de médicaments pour l'homme et les animaux ;

Mais l'emprise de la chimie est sans aucun doute beaucoup plus vaste, et on ne peut ignorer son rôle dans des branches d'industrie comme le secteur de l'énergie, celui du verre et de l'emballage, la métallurgie, l'industrie textile, l'électronique, etc.

En élaborant ce numéro, il n'était pas question pour nous de chercher à suivre un ordre encyclopédique ni de vouloir prétendre couvrir l'ensemble des secteurs concernés par la chimie. Nous avons plutôt voulu proposer une série de réflexions à l'attention des lecteurs, en suivant trois pistes. Dans une première partie, les travaux présentés indiquent que dans l'histoire de la chimie depuis la révolution industrielle, l'industrie, l'enseignement et la recherche ont été intimement mêlés, même si l'historiographie ne l'a pas toujours montré : la chimie « pure » n'est jamais éloignée de la chimie « appliquée ».

Un second volet veut illustrer deux des traits de la chimie d'aujourd'hui par une série d'exemples pris dans différents secteurs : tout d'abord son caractère quasi permanent dans les activités manufacturières et son extension dans les domaines plus divers des activités économiques, en même temps que sa présence se fait le plus souvent discrète ; ensuite, la question de ses rapports avec l'environnement qui est naturellement un sujet essentiel. Mais ce dernier problème à lui seul justifierait un développement important. Nous l'avons volontairement limité (un numéro de *Culture technique* est précisément prévu sur ce thème), en évitant que l'analyse de la chimie soit réduite à la seule problématique de l'environnement.

Il nous a paru important, en nous tournant vers l'avenir de la chimie et de ses industries, de mettre l'accent sur les questions d'enseignement et de formation par la recherche, problèmes essentiels à traiter et à résoudre si l'on veut que la chimie de demain soit encore plus performante et que son utilisation soit, plus encore qu'aujourd'hui, au service des hommes.

Enfin, il vaut d'être signalé que ce numéro rassemble des articles écrits par des acteurs industriels, des enseignants, des chercheurs en chimie et des historiens des sciences qui, apportant des éclairages différents, collaborent à la construction d'une approche pluridisciplinaire indispensable pour cet objet complexe qu'est la chimie, et ainsi contribuent à l'élaboration de cette culture scientifique et technique vivante indispensable à la compréhension de nos sociétés du tout proche XXI<sup>e</sup> siècle.

### Note

1. « Industries chimiques, richesse et progrès de la France », numéro spécial de *Molécule*, nov. 1986.