

LE SOCLE CULTUREL DES DOCTRINES CHIMIQUES



ARISTOTE

*Ce ne sont pas les êtres qui existent
réellement, mais les idées.*

Marcel Proust

Ce qui frappe au premier abord, lorsque l'on examine les doctrines chimiques qui ont été élaborées depuis 2500 ans pour rendre compte des transformations de la matière, c'est leur diversité, pour ne pas dire leur foisonnement. Or, pour l'essentiel, cette diversité n'est pas le fruit de l'imagination plus ou moins débridée des chimistes (ou des alchimistes) qui se sont succédé au cours des siècles, mais davantage le résultat du climat culturel de la société dans laquelle ils vivaient et travaillaient.

Depuis environ 400 ans l'homme occidental vit dans une société que l'on peut qualifier en gros de moderne et réagit, en règle générale, face aux phénomènes naturels, qu'ils soient physiques ou chimiques, avec une rationalité scientifique "dans laquelle il est tombé quand il était petit". Nés dans une société archaïque, nous réagirions tout autrement.

Aussi, à cet égard, méfions nous des certitudes qui nous paraissent relever du bon sens et qui sont loin d'être des évidences. Par exemple, lorsque nous voyons le soleil se coucher, nous ne paniquons pas à l'idée de le voir disparaître à jamais. Les Mayas précolombiens, oui, et pratiquaient les pires sacrifices humains pour éviter un tel malheur.

En fait nos comportements et nos idées que nous croyons normaux, sains et libres traduisent peut-être davantage l'influence de la culture et des a priori de la société à laquelle nous appartenons que notre propre nature. C'est en ce sens que Sartre prétendait que

l'existence précède l'essence et Proust que les idées sont plus réelles que les êtres.

En raison de sa longue histoire, la chimie a été écrite par des hommes sous influences.

1 – LE MIRACLE GREC

Ne connaissant les corps que par leurs propriétés, nous ne pouvons les définir que par elles.

Eugène Chevreul

Nous avons vu (*A l'aube de la chimie*) que c'est en Grèce, au 5^{ième} siècle avant JC, qu'apparaît, grâce à Empédocle, la première théorie de la composition de la matière avec la notion d'éléments, en l'occurrence : la Terre, l'Air, l'Eau et le Feu.

Il est extrêmement intéressant d'observer que c'est pratiquement à la même époque que Parménide annonce son principe de non contradiction, qui sera repris par Aristote, et sur lequel repose en fait tout l'édifice de la science et donc de la chimie¹. Dans son poème *De la Nature* il traite de cette question, devenue le pont aux ânes de toute la philosophie : "comment distinguer l'être du non-être" ? Le cheminement de sa réflexion le conduit à considérer comme indispensable le principe qui porte son nom, celui de non contradiction : "Un discours ne peut être tenu pour vrai que s'il ne présente aucune contradiction ni avec lui-même, ni avec les faits (le monde)".

A notre époque, une telle proposition semble s'apparenter à un truisme. Du temps de Parménide c'était une révolution. Le monde méditerranéen, dans son ensemble, se composait alors d'une mosaïque de sociétés traditionnelles qui voyaient dans la nature le résultat du "bon plaisir" de forces cachées, se traduisant par une

régulation fondée sur des mythes, des a priori, des traditions, des croyances religieuses... Or le principe de Parménide enseigne qu'il n'y a pas d'interventions occultes mais des lois. Mieux, non seulement il est rationnel, mais universel. Il ne se limite pas à "ici et maintenant" et s'étend à "partout et toujours" ; de ce fait il contient en germe les notions de reproductibilité et de déductibilité des phénomènes physiques.

L'influence du principe de non contradiction sur la théorie de la matière d'Empédocle (qui deviendra celle d'Aristote) apparaît assez nettement : si deux objets ont strictement les mêmes qualités (propriétés), il serait assez illogique qu'ils soient différents par leur nature et par leur composition. Empédocle, il est vrai, fait un pas supplémentaire, peut-être hardi, mais non contradictoire, en posant que tous les corps sont composés d'un très petit nombre d'éléments et qu'une composition identique se traduit par des qualités et une nature semblables en tous temps et en tous lieux.

La théorie des éléments est au cœur du miracle scientifique grec. Il s'agit d'un effort de rationalisation inouï, d'une intuition géniale, d'autant plus remarquables que rien de tel n'existait auparavant, même à l'état d'ébauche. Oser prétendre que les milliards (en fait une infinité) d'objets physiques qui nous entourent, minéraux ou vivants, sont composés de seulement quelques éléments (4 ou 92, à une telle échelle, peu importe) constitue une révolution profonde dans la façon de penser l'univers.

Il convient de noter que la théorie atomiste de Démocrite, formulée seulement quelques décennies après les propositions de Parménide et d'Empédocle, ne fait que conforter celles-ci. En effet, une structure particulière de la matière s'accorde avec la formation des "objets" à partir des éléments.

En fait, il a manqué peu de chose pour que la chimie prenne son essor en Grèce dès le 4^{ième} siècle avant notre ère, mais une chose indispensable : la méthode expérimentale. Or ce n'est pas trop s'avancer que de considérer la chimie comme la plus expérimentale des sciences.

Il serait bien sûr totalement réducteur de laisser entendre que cet effort de rationalisation ne concerne que les théories de la matière. C'est une véritable lame de fond qui déferle en Grèce à cette époque et touche tous les domaines :

- Politique, avec l'apparition de la démocratie et par conséquent d'une cité fondée sur des lois humaines, écrites par les vivants, et non plus sur des coutumes, des mythes ou des superstitions venus du fond des âges.
- Commercial, avec un développement extraordinaire des "signes" monétaires dont la valeur intrinsèque tend à s'estomper devant leur valeur d'échange, laquelle acquiert un caractère théorique, universel, et pour tout dire rationnel.
- Artistique, avec l'emploi pour la décoration de motifs inspirés de la géométrie, de plus en plus élaborés et épurés.
- Et, bien sûr, scientifique, comme nous l'avons vu.

Toutefois il convient de souligner que l'idéal scientifique grec s'exprime à travers des disciplines comme les mathématiques (surtout la géométrie) ou l'astronomie, sciences gouvernées par le principe de non contradiction, issues certes de l'observation, mais affranchies de la méthode expérimentale.

Le temps n'est pas encore venu d'interroger la Nature. Pour l'instant on se contente de l'examiner.

2 – LA DÉMARCHE THÉOLOGIQUE DU MOYEN AGE

Les faits ne pénètrent pas dans le monde où vivent nos croyances, ils n'ont pas fait naître celles-ci, ils ne les détruisent pas ; ils peuvent leur infliger les plus constants démentis sans les affaiblir, et une avalanche de malheurs ou de maladies se succédant sans interruption dans une famille ne la fera pas douter de la bonté de son Dieu ou du talent de son médecin.

Marcel Proust

La chute de l'empire romain s'accompagne d'un abandon progressif des préceptes de la science antique. Parallèlement, une emprise de plus en plus dictatoriale de l'Eglise catholique s'abat sur l'ensemble des aspects de la société médiévale. Sous prétexte de lutte contre le paganisme, c'est tout l'héritage grec qui se voit attaqué, méprisé, et en définitive largement oublié. Aussi assiste-t-on à un retour en force de l'irrationnel, du magique, du merveilleux.

Dans ces conditions, les mathématiques qui représentaient l'idéal de la science passent au second plan : désormais, c'est la religion qui dicte le devoir et trace le chemin. Inutile donc de se creuser la tête pour savoir à quelles lois obéit la Nature. Elle obéit à Dieu et, par conséquent, la seule question pertinente qui se pose concerne la connaissance de la volonté de Dieu. Toute autre démarche doit non seulement être évitée, mais vigoureusement condamnée et les fautifs punis. Lorsque les doctrinaires s'emparent du pouvoir, on peut commencer à trembler.

La théologie devient dès lors la “discipline” idéale, qui ouvre la porte de la vraie connaissance puisqu’elle éclaire sur le bon vouloir divin. Pour connaître cette volonté on ne saurait s’appuyer que sur les “écritures saintes” (les évangiles en particulier), uniques sources de vérité. Encore faut-il être bien certain de ce que disent réellement ces textes. Aussi des matières telles que la grammaire, la rhétorique, la logique, se voient élevées à la dignité d’arts et prennent une importance prépondérante en tant qu’alliées de la théologie.

Pour se résumer un peu cavalièrement, la vérité n’est plus ce que l’on observe, c’est ce qui est écrit dans certains bouquins, à condition de savoir les lire entre les lignes, et cette démarche s’étend à tous les domaines de la connaissance.

En conséquence, alors que la chimie antique, et tout particulièrement celle des Egyptiens, se fondait sur l’observation, l’empirisme, le lent perfectionnement des pratiques, la chimie médiévale, ou si l’on préfère l’alchimie, lui tourne en grande partie le dos. Pénétrée de toutes parts par l’atmosphère religieuse de son époque, sa doctrine acquiert des marques singulières :

- La création de Dieu étant “une”, rien de fondamental ne distingue le monde minéral du monde vivant. Les corps chimiques s’aiment ou se haïssent, ont un sexe, s’accouplent, ont des enfants.
- Issues de la religion, les idées de pureté, d’impureté², de rédemption, envahissent la science. Ainsi les métaux peuvent être plus ou moins purs, le plus parfait à cet égard étant l’or. Mais la volonté de Dieu peut-elle être de laisser à jamais sa création dans l’impureté ? En conséquence, la théorie ancienne de la transmutation prend une vigueur toute nouvelle, se voit

justifiée au point de devenir une doctrine centrale et non plus secondaire, telle qu'elle l'était du temps de Géber par exemple.

- A l'image de la théologie, l'alchimie prétend se créer elle aussi ses "textes sacrés", en l'espèce les ouvrages des maîtres d'autrefois, promus au rang d'oracles, et qu'il s'agit d'interpréter compte tenu de leur style souvent peu transparent. La pratique expérimentale apparaît dès lors comme un outil d'interprétation, jouant en quelque sorte pour la chimie le rôle de la grammaire pour la théologie.
- Comme devant la volonté de Dieu tout s'incline et tout s'accorde, il n'est pas question que la Nature s'avise de regimber si peu que ce soit, principe de Parménide ou pas. Alors, pourquoi se gêner ? Les résultats revendiqués relèvent carrément du merveilleux ou du miracle : guérir toutes les maladies, procurer une jeunesse éternelle, transformer tout en n'importe quoi et, d'une façon générale, expliquer la place et la fin de toute chose dans l'univers.
- Enfin, à chaque pas, l'alchimie se place sous la sauvegarde de Dieu, des saints et de tous les anges du paradis. Elle en sera bien mal récompensée. Lorsque l'Eglise ne l'accuse pas d'avoir partie liée avec la sorcellerie, elle la soupçonne, sinon d'hérésie, du moins d'une sorte d'exercice illégal de la religion.

3 – LE RETOUR D'ARISTOTE

Un maître n'est pas l'homme qu'on suit entièrement dans tout ce qu'il a dit ; un maître est celui qui nous a appris quelque chose d'essentiel, et qui est notre éternel créancier.

Robert Brasillach

Le mérite éclatant d'avoir fait redécouvrir Aristote doit être porté au crédit d'Averroès (1126 – 1198), le plus grand philosophe arabe du 12^{ième} siècle. Dans ses *Commentaires*, non seulement il fait un éloge appuyé du philosophe grec et de son rationalisme, pour lui irréfutable, mais encore il indique que ses propositions ne sont pas en contradiction avec la religion (en l'occurrence l'islam) car "le vrai ne peut contredire le vrai". Cette attitude lui vaudra quelques accrochages assez sévères avec les théologiens de Mahomet, dont on peut en définitive se réjouir car ils contribuèrent à la réputation d'Averroès et, par ricochet, à celle d'Aristote.

En France, un siècle plus tard, c'est Thomas d'Aquin (1225 – 1274) qui reprend la défense et l'illustration de l'aristotélisme, qu'il tente de concilier avec les dogmes de la religion catholique, suivant en cela une démarche proche de celle d'Averroès. Là encore, les réactions furent vives, d'autant plus que le "thomisme" suscita rapidement un intérêt considérable dans tous les milieux intellectuels.

A ce stade, il faut se souvenir que les "savants" médiévaux sont des maniaques de l'interprétation des textes (nous dirions aujourd'hui des pinailleurs³), et l'on a vu pourquoi au chapitre précédent. On peut donc leur faire confiance pour "décortiquer" Aristote et en tirer toute la substantifique moelle. Ils mettent à nu le caractère empirique et déductif de la démarche du philosophe, lequel, à l'encontre de Platon, ne prétend pas découvrir l'essence des phénomènes mais leurs lois. En quelque sorte, tandis que Platon cherchait le pourquoi, Aristote s'interrogeait sur le comment.

C'est ainsi que vers 1275, les thomistes, allant jusqu'au bout de leurs investigations aristotéliennes, commencent à codifier les moyens de découvrir les lois de la Nature, aboutissant de fait à la méthode expérimentale.

L'Église est exaspérée. En 1277, trois ans seulement après la mort de Thomas d'Aquin, les théologiens de Paris, sous le pontificat de Jean XXI, publient un syllabus dans lequel sont réfutées et condamnées 219 thèses thomistes ou averroïstes. La brutalité de la réaction trahit l'ampleur de la diffusion des idées d'Aristote, à telle enseigne qu'un chimiste et historien des sciences, Pierre Duhem, estimera que de cette année (1277) date l'éclosion de la science moderne. Par ailleurs, on ne peut qu'être étonné de voir cette condamnation frapper les idées d'un homme que l'Église canonisera 46 ans plus tard !

Toutefois, si les premiers signes de la rationalisation du savoir émergent à la fin du 13^{ième} siècle, il faut se garder de croire qu'une hirondelle fait le printemps. En fait l'évolution vers la modernité va se montrer extrêmement lente, et ce n'est qu'au début du 17^{ième} siècle que l'on peut parler véritablement de science moderne avec des hommes comme Galilée et Newton.

La chimie, compte tenu de sa complexité, de ses recettes déjà anciennes et de l'emprise qu'elle subit de la part de l'alchimie, a suivi le mouvement avec un cran de retard, et ce n'est que dans le courant du 17^{ième} siècle que l'on voit se réaliser quelques unes des étapes qui vont lui permettre d'évoluer vers la doctrine rationnelle établie par Lavoisier. En voici quelques exemples :

- L'abandon des a priori au profit de l'observation, ce que Paracelse a si bien résumé avec sa formule : « Pas de certitude sans évidence. » En conséquence, le chimiste passe moins de temps penché sur ses grimoires que devant ses appareils de laboratoire.
- La relance du débat sur la constitution de la matière. Pour les éléments, on passe d'une conception purement théorique à une définition fondée sur

l'expérience (Boyle, Lémery), tandis que les théories corpusculaires s'imposent (Newton, Descartes).

- L'idée de transmutation se voit largement discréditée, non seulement pour des raisons de contradiction avec l'expérience, mais aussi pour des considérations plus pratiques : le fer, fait-on observer, est plus utile que l'or ; pourquoi devrait-on le considérer comme impur ?
- Un effort de classification rationnelle des composés, en relation avec leurs propriétés chimiques, qui évoluera plus tard vers des notions telles que la fonction chimique ou la nomenclature.
- L'observation précise de la forme géométrique des cristaux qui fonde la cristallographie.
- Petit à petit, les réactions ne sont plus considérées comme le résultat de mouvements de sympathie ou d'antipathie entre les corps, mais comme celui de forces purement physiques, et même purement mécaniques chez les cartésiens.
- D'une façon générale, la chimie étend son emprise sur certains aspects de la vie sociale, la médecine en particulier, mais aussi la métallurgie, les colorants, les encres, le papier...

4 – AU DELA DES LOIS

Le but d'une science expérimentale est de découvrir les lois des phénomènes naturels, non seulement pour les prévoir, mais dans le but de les régler et de s'en rendre maître : telles sont la physique et la chimie.

Claude Bernard

Un des traits les plus intéressants de la doctrine d'Aristote, repris par ses commentateurs, concerne le déterminisme rationnel qu'il reconnaît aux phénomènes de

la Nature. C'est d'ailleurs l'un des points qui sera le plus sévèrement condamné par le syllabus de 1277, avec l'éternité du monde (qui, en fait, nie la création) et la primauté de la raison (qui, en fait, marginalise la révélation). Ainsi, en faisant appel à ce déterminisme, il n'est plus indispensable de connaître l'essence des phénomènes, leur raison d'être, mais seulement d'élucider les lois auxquelles ils obéissent. Cette méthodologie s'avère extrêmement féconde dans la mesure où elle permet de s'affranchir temporairement de la redoutable question du "pourquoi", souvent très ambitieuse, parfois même hors d'atteinte, et qui de ce fait entrave les progrès de la recherche.

Dire que la société du début du 17^{ième} siècle, dans son ensemble, encourage l'évolution de la science vers un déterminisme pur et dur serait sans doute très exagéré. Descartes, par exemple, considéré comme le symbole scandaleux du rationalisme, est obligé de s'exiler de France vers la Hollande, alors le pays le plus tolérant d'Europe. Toutefois la pression sociale se fait moins rigoureuse sur les scientifiques :

- Les pouvoirs royaux, animés par la volonté croissante d'organiser la société à leur profit, tendent à se dégager de l'emprise du clergé et à promouvoir leurs propres textes, introduisant de fait une régulation normative et rationnelle des rapports entre les individus. Insensiblement, on glisse d'une notion de "bon plaisir" vers une notion de "raison" d'Etat, beaucoup plus favorable à la science.
- De plus en plus de personnes, issues en majorité de la bourgeoisie influente, se dispensent de toute activité productrice pour se consacrer à la recherche du savoir, scientifique en particulier.

- On parle moins des philosophes au sens général ; on voit s'établir une spécialisation des domaines d'activité, par exemple : mathématiciens, astronomes, mécaniciens, chimistes, médecins...
- Enfin, au sein même de certaines disciplines, commence à se dessiner une différenciation entre les théoriciens et les expérimentateurs (ou observateurs)⁴.

L'astronomie et la mécanique sont les premières à bénéficier du nouveau climat. Les phénomènes naturels sont maintenant décrits sous forme de lois qu'il faut entendre comme des relations mathématiques. On pense, bien sûr, aux forces d'attraction de Newton ($F = m_1.m_2.d^{-2}$), mais aussi à la formule fondamentale de la mécanique ($F = m.\gamma$) ; certaines notions, restées nébuleuses pendant des siècles, comme la vitesse et l'accélération, s'en trouvent précisées : $v = dl/dt$ et $\gamma = dv/dt$ (Pierre Varignon, 1698). Certes, le savant demeure devant un monde incompris, mais nullement désordonné.

Et la chimie ? Elle aspire à rejoindre la nouvelle démarche, mais par rapport aux données épurées de la mécanique du point, elle se trouve comme empêtrée dans la complexité des phénomènes qu'elle étudie, ce que Duhem appellera "l'effroyable dédale des faits chimiques". On peut saluer au passage les efforts héroïques d'hommes comme Nicolas Lémery qui, en se plaçant sous la bannière du rationalisme, et plus particulièrement sous celle de Descartes, tenteront de faire de la chimie une sorte de branche de la mécanique. Toutefois leurs tentatives resteront sans lendemain car elles ne déboucheront sur aucune loi mathématique exploitable.

Parmi tous les progrès que l'on doit à Lavoisier, il conviendrait peut-être d'insister sur celui-ci : il a mathématisé

la chimie, il l'a consacrée comme science exacte en y introduisant le signe = (égal) :

masse des réactifs disparus = masse des produits formés

S'agit-il d'une relation singulière, relative à tel ou tel type de transformation ? Pas du tout. On ne peut rêver égalité plus générale. Elle est valable partout, toujours, dans toutes les conditions, pour toutes les réactions chimiques. Est-ce une égalité fermée, qui ne comporte pas d'autres conséquences ? Pas du tout. Elle se trouve à l'origine de l'ensemble de la mathématisation de la chimie et il faut en donner quelques bribes d'exemples :

- Pour les réactions ioniques, on peut écrire : somme algébrique des charges des ions disparus = somme algébrique des charges des ions formés.
- Pour chaque élément particulier (**a**) on peut écrire : somme des atomes **a** présents dans les réactifs transformés = somme des atomes **a** présents dans les produits formés. En fait, cette règle commande la stœchiométrie des réactions.
- Toutes les réactions ne sont pas totales, certaines sont équilibrées. Cependant, en s'inspirant de la relation de Lavoisier, il est possible de définir un nouveau paramètre, la constante d'équilibre, faisant intervenir non plus les masses mais les concentrations des réactifs et des produits.

Ainsi, la connaissance des lois qui gouvernent les réactions chimiques permet-elle de développer les investigations dans deux directions que l'on pourrait presque considérer comme opposées :

- Sur le plan pratique, la découverte ou la maîtrise de transformations, en s'appuyant sur le caractère prédictif de ces lois. Il s'agit d'une démarche déductive.
- Sur le plan théorique, l'émission d'hypothèses concernant la raison ultime des phénomènes, en s'inspirant souvent de problèmes déjà résolus et faisant intervenir des lois similaires. Il s'agit d'une démarche inductive.



En fait le système est “ouvert” puisque les théories permettent de formuler des hypothèses, lesquelles suscitent à leur tour de nouvelles expériences, et ainsi de suite.

De proche en proche, il est possible d'atteindre à un tel niveau de généralisation que certains principes intangibles finissent par englober tous les domaines des sciences exactes. Par exemple :

- Les forces tendent spontanément à produire un travail maximum.
- Dans un système isolé, l'entropie ne peut que croître.
- Si l'on fait varier l'un des facteurs d'un équilibre, cet équilibre se déplace dans le sens qui tend à s'opposer à la variation de ce facteur (Le Châtelier) ; règle que l'on peut encore généraliser par : “tout système évolue de façon à échapper aux contraintes qu'on lui impose”.

En définitive, les doctrines fondamentales sur lesquelles repose désormais l'édifice de la science semblent (mais semblent seulement) si éloignées des raisons factuelles qui les justifient que certains partisans extrémistes du "tout culturel" en sont venus à considérer celle-ci comme une nouvelle mystique. Doucement, tout de même ; c'est aller peut-être un peu vite en besogne. Contrairement aux croyances irrationnelles, la science tient un discours cohérent avec lui-même et avec les faits ; c'est en tout cas son idéal. S'ils veulent aller au bout de leur logique, les théoriciens du mysticisme de la science doivent déclarer haut et fort qu'un discours vrai peut être en contradiction avec lui-même ou avec les faits. Attendons.

NOTES

1. Cet article n'a pas pour objet d'exposer les théories sur la connaissance scientifique et son évolution. Je recommande à cet égard les conférences passionnantes d'Olivier Clain, professeur de sociologie à l'université de Laval (Québec), que l'on peut suivre sur internet (les amphis de France 5) : www.canal-u.education.fr
2. La chimie moderne utilise aussi la notion de pureté, mais celle-ci renvoie à un concept de mélange et non de perfection.
3. Montaigne a plaisamment épinglé cette sorte d'érudits : « Cettui-ci, tout pituiteux, chassieux et crasseux, que tu vois sortir après minuit d'une étude, penses-tu qu'il cherche parmi les livres comme il se rendra plus homme de bien, plus content et plus sage ? Nulles nouvelles. Il y mourra, ou il apprendra à la postérité la mesure des vers de Plaute et la vraie orthographe d'un mot latin. »

4. En astronomie, l'exemple le plus connu est celui de Kepler et de Tycho Brahé.



ARISTOTE