

Communication de la chimie

L'alphabet de la chimie (1/2)

Dans quelle mesure peut-on dire qu'il y a du sodium dans le chlorure de sodium ? Pour le chimiste, la réponse ne fait aucun doute : l'*élément chimique sodium* caractérise le chlorure de sodium autant que le sodium métallique. Pourtant, il faut avoir une bien grande foi en ce chimiste pour admettre un tel point commun entre deux substances qui ont si peu à voir l'une avec l'autre : l'une saline, l'autre métallique, la première présente partout dans la nature, l'autre artificielle, l'une blanche et soluble dans l'eau, l'autre grise et qui décompose cette dernière...

« Il y a du sodium dans le chlorure de sodium »

On ressent intuitivement que la compréhension de cette proposition, qui constitue tout autant une évidence pour le chimiste qu'un mystère pour l'élève novice, nécessite de surmonter deux types de difficultés. La première provient du fait que les chimistes attribuent le même nom à la substance sodium (décrite plus haut) et à l'élément chimique sodium. Une difficulté que les enseignants s'efforcent de contourner en nommant le gaz O_2 « dioxygène », avec un succès limité dans la mesure où il continue à être nommé « oxygène » dans le langage courant et où, quoi qu'il en soit, le subterfuge ne résout pas le problème du sodium, du carbone ou de l'hélium, puisqu'on ne sait nommer aucun d'entre eux autrement que du nom de l'élément chimique correspondant.

La seconde difficulté est plus intéressante car elle a trait à la définition même de la notion d'*élément chimique*. À tel point qu'il est possible de la reformuler en cette interrogation surprenante mais féconde : « *Comment faut-il définir la notion d'élément chimique pour pouvoir dire qu'il y a du sodium dans le chlorure de sodium ?* »

On attend de l'élève apprenti chimiste qu'il parvienne après bien des efforts à appréhender et à décrire la matière selon quatre niveaux bien distincts et pourtant interconnectés : les substances et matériaux⁽¹⁾ (niveau macroscopique), les atomes et les molécules (niveau microscopique⁽²⁾), les représentations et les formalismes (niveau sémiologique), et enfin la classification périodique. C'est ce quatrième niveau qui reste de loin le plus difficile à appréhender, notamment dans tous les cas

où il est confondu avec l'un des trois autres.

De multiples sources de confusions

C'est par exemple le cas lorsque la classification périodique est représentée sous la forme d'une série de cellules contenant la photographie ou un échantillon réel du corps pur simple correspondant à chaque élément, associés à des propriétés physiques telles que densité, état physique, température d'ébullition, etc.

Cette confusion entre *corps pur simple* et *élément chimique* a des conséquences particulièrement complexes chez les Anglo-saxons, qui n'utilisent qu'un seul terme : « *element* ». La version anglaise de Wikipédia indique par exemple : « *Elemental sodium was first isolated by Humphrey Davy in 1807.* » Dans cette formule pourtant intraduisible en français, on devine déjà une ambiguïté latente.

Mais celle-ci se confirme définitivement dans une autre rubrique de l'encyclopédie en ligne, qui propose alors la définition suivante : « *A chemical element is a pure chemical substance consisting of one type of atom distinguished by its atomic number, which is the number of protons in its nucleus.* » Il s'agit bien de la définition que nous donnons au *corps pur simple*.

Par ailleurs, des corps purs simples différents constitués du même type d'atomes peuvent vérifier la propriété ci-dessus (O_2 et O_3 , graphite, diamant et fullerènes...): on pourrait donc déduire de cette définition qu' O_2 et O_3 ne relèvent pas du même élément chimique !

La proposition comporte en outre un implicite énorme selon lequel des isotopes différents appartiendraient au même « type d'atomes ». Une convention bien admise par le chimiste. Mais pourquoi l'élève devrait-il trouver normal que des atomes différents appartiennent au même « type » lorsqu'ils ont le même nombre de protons et non pas lorsqu'ils ont le même nombre de neutrons⁽³⁾ ?

La même confusion entre *élément chimique* et *corps pur simple* risque d'être entretenue par le récit de Mendeleïev remplissant sa classification grâce à ses expériences de laboratoire, ou par des ouvrages tels que *Le Système Périodique* de Primo Levi qui n'y évoque que des substances. Il n'est pas question, bien entendu, de taire pour autant ces extraordinaires histoires, ni d'oublier

que la classification des éléments rend bel et bien compte de la périodicité de certaines propriétés chimiques des substances, mais simplement d'être conscients de l'ambiguïté de ces concepts, assimilés et clarifiés tant bien que mal par les chimistes aguerris, pour prévenir la confusion qu'ils sont susceptibles d'induire chez l'élève novice. Autre source de confusion, entre *élément chimique* et *atome* cette fois : la même version anglaise de Wikipédia poursuit, dans la même définition de l'élément chimique, avec la phrase suivante : « *All chemical matters consist of these elements.* » Or la matière est-elle constituée d'éléments ou d'atomes ? Nous préférons considérer qu'en tant qu'objets physiques, les substances doivent être décrites à l'aide d'autres objets physiques, c'est-à-dire d'atomes et non pas d'éléments (dont nous proposons plus loin de dire qu'ils ne sont justement pas des objets physiques). La confusion semble moins fréquente en français qu'en anglais, mais il est vrai que dans les deux langues, l'élément sodium porte non seulement le même nom que la substance sodium métallique, mais également que l'objet physique microscopique que constitue l'atome de sodium.

La notion d'élément chimique

Comment définir alors « l'élément chimique » s'il n'est ni le corps pur simple, ni l'atome qui le constitue ? Peut-être en acceptant de s'écarter de sa conception matérialiste et de le définir non plus comme un objet, mais comme une catégorie. Une catégorie d'atomes, qui auraient en commun un seul paramètre parmi d'autres : un numéro atomique. Tous différents, les isotopes du carbone appartiennent pourtant à la même famille, au même *élément*, parce qu'ils possèdent tous six protons. Et si l'on souhaite pour commencer proposer à l'élève une définition moins abstraite, plus phénoménologique, on pourra peut-être simplement lui dire qu'un élément chimique est *une famille d'atomes interchangeables sans modifications structurelles ou fonctionnelles majeures dans une molécule*.

Considérer l'élément chimique comme une catégorie et non plus comme un objet résout beaucoup de questions philosophiques, sémantiques et, par suite, pédagogiques. En particulier, dans ce dernier domaine, parce que

cela ouvre la voie à une comparaison particulièrement éclairante : celle qui relie la structure de la matière et la structure du langage écrit. Un exercice auquel nous nous livrerons dans notre prochaine chronique⁽⁴⁾.

Richard-Emmanuel Eastes,
le 20 octobre 2010



Photo : S. Querbes

Richard-Emmanuel Eastes est agrégé de chimie, responsable du programme Communication-Éducation-Valorisation-Éthique du Département d'Études cognitives à l'École normale supérieure, Président de l'association Les Atomes Crochus et membre du Bureau de la Commission Chimie et Société.

- (1) Merci à Lydie Valade pour la précision suivante : les scientifiques du génie des procédés décrivent un matériau comme l'association nécessaire de trois composantes : matière, propriété physique et fonction (carbone graphite, noir et de faible dureté, mines de crayon). Une matière douée de propriétés ne devient donc un matériau que lorsqu'elle est intégrée dans un objet.
- (2) Voir « subatomique » dans leurs cours de physique et, plus tard encore, « mésosco-

pique », voire « nanoscopique ».

- (3) Et que l'on n'aille pas croire qu'il suffise de lui dire que ce qui importe au chimiste, c'est le nombre d'électrons, qui se trouve être le même que le nombre de protons : la chimie travaille essentiellement avec des ions et des nombres d'oxydation où justement, ce n'est pas vrai !
- (4) Retrouvez l'intégralité de ces chroniques sur le blog Parlez-vous chimie ? (www.parlezvouschimie.org).

Polémiques

Greenbusiness ou greenwashing ?

Une enquête parue en avril 2010 sur « les Français et la communication responsable », menée pour le secrétariat d'État à l'Écologie, révélait une lassitude certaine des consommateurs face au développement durable et un scepticisme croissant vis-à-vis des messages publicitaires sur la consommation durable, près de 43 % ne les supportant plus et l'immense majorité (75 %) réclamant plus d'informations sur les conditions de fabrication des produits, avec un intérêt croissant sur l'humain, le local, le maintien de l'emploi dans les entreprises, qui l'emporte sur un changement climatique, notion jugée trop abstraite.

Les déboires de quelques grands du secteur des technologies propres, sur le marché de l'éolien et celui des panneaux photovoltaïques en 2009, la chute de la compensation carbone, annonceraient-ils eux aussi un déclin ou une pause dans le « greenbusiness », ou ne serait-ce qu'une conséquence des excès et abus du « greenwashing » ? Encore faudrait-il essayer de s'y retrouver dans un vocabulaire qualifié parfois « d'écobrancheillard pour neu neu durables ».

Le « greenbusiness » peut se définir comme l'ensemble des activités des entreprises qui participent à la réduction des émissions de CO₂ et qui, directement ou indirectement, travaillent à la protection de l'environnement. Cela va de la production agricole au secteur du bâtiment, en passant par les énergies renouvelables, le transport et même le tertiaire. L'industrie chimique, qui a réduit de 45 % ses émissions en vingt ans, pratique depuis longtemps les

concepts de développement durable et ceux de la chimie verte.

Le « greenwashing », ou éco-blanchiment, est un procédé de marketing utilisé par une entreprise dans le but de se donner une image écologique responsable auprès du public, alors qu'elle investit plus d'argent dans sa campagne de « publicité verte » que pour des actions réelles en faveur de l'environnement. Cette tentation de dérive est grande, car l'économie du développement durable est à la convergence de trois puissants vecteurs : l'opinion publique, très soucieuse maintenant de préserver la nature et sa qualité de vie, les élus et le monde politique, évidemment à l'écoute (plus vert que moi tu meurs !), et le monde de la recherche motivé par ces problématiques qui donnent un nouveau sens à ses travaux.

Et donc les Philistins montent à l'assaut : les firmes automobiles, l'une avec un ours tenant les clés d'un 4X4 – « *l'homme a toujours rêvé d'apprivoiser la nature* » –, l'autre avec la silhouette d'une grosse cylindrée sur la carapace d'un coléoptère – « *la nature est si belle* » – ; les pétroliers, avec des poissons autour d'un robot aquatique – « *on peut chercher du pétrole à de grandes profondeurs, sans déranger ceux qui y habitent* » (après le golfe du Mexique, les publicitaires ont mis la pédale douce) – ; un grand fournisseur d'énergie – « *changer d'énergie ensemble* » –, alors que son budget de recherche sur les énergies renouvelables ne représente que 2,1 % de son budget de R & D, et moins que sa campagne de com !

Cependant, le baromètre annuel FEDERE-La Poste apporte un éclairage

plutôt positif sur les actions des entreprises françaises en matière de développement durable : 95 % des entreprises ont mis en place de telles actions. Ce sont d'abord les économies d'énergie, la gestion des déchets, la sensibilisation des salariés qui sont mises en avant. Plus des deux tiers jugent que la crise va conduire à des comportements plus vertueux et à renforcer les orientations du développement durable. Évidemment, le premier moyen de pression est la législation, c'est-à-dire l'État, mais les retombées en termes d'image et du développement de l'innovation sont aussi citées.

Et la chimie, où en est-elle ? L'industrie chimique mondiale a mis en place, il y a déjà plus de vingt ans, un code de bonne conduite : le « Responsible Care® », pour limiter l'impact de ses produits tout au long de leur cycle de vie, dès leur conception, protéger les hommes et femmes de l'entreprise, changer les modes de transport, faire des économies d'énergie et en trouver de nouvelles sources, traiter les rejets, innover pour être un moteur du développement durable. Les résultats industriels et commerciaux témoignent d'un vrai « green business » ; il suffit de surfer sur le site de la SCF ou sur reactions-chimiques.info ou de lire le dernier compte rendu de l'Union des Industries Chimiques (UIC) pour s'en convaincre : les matériaux composites légers qui économisent des tonnes de carburant pour les transports, les nouvelles silices pour les pneus verts, le recyclage de millions de tonnes d'acide sulfurique utilisées dans les procédés d'alkylation, les polymères thermoplastiques nanostructurés pour

l'encapsulation des panneaux photovoltaïques, une solution microbiologique pour le traitement et l'élimination des PCB, les plastifiants issus d'agroressources telles que l'amidon, biodégradables et non toxiques en remplacement des phtalates, le départ d'une filière du plastique végétal dans le nord de la France... L'implication de l'industrie et des chercheurs privés et publics dans REACH, dans la chimie du végétal, dans SusChem France, sont autant de manifestations de l'engagement réel des chimistes dans l'économie du développement durable en tant que nouvelle dynamique de projet et de renouvellement.

Quel est alors l'avenir du « greenbusiness » ? Deux distinctions sont à faire :

- Les procédés qui économisent l'énergie, les matières premières, ceux qui évitent des effluents toxiques à traiter : c'est l'étude économique du retour sur investissement souvent amélioré

par des aides publiques qui engagera les industries à investir, car elles y trouveront leur avantage à court ou moyen terme. Notons aussi qu'à long terme, les économistes comparent une économie non carbonée et une économie décarbonée et concluent qu'il vaut mieux agir dès maintenant, car il en coûtera bien plus à ne rien faire.

- Les nouvelles productions, telles que les panneaux photovoltaïques, les éoliennes, les super-isolations, les véhicules électriques... sont des éléments de sortie de crise, qui créent de nouveaux sites de production ou de nouvelles orientations innovantes pour des industries déclinantes. Même si les perspectives de créations d'emplois dans ces nouveaux métiers paraissent parfois trop optimistes, les opportunités ne manquent pas pour les investisseurs et les « capitaux-risqueurs ».


Les possibilités de rendement à moyen terme et les thématiques environnementales qui donnent une bonne

image incitent les fonds d'investissement internationaux à prendre leur part du gâteau. L'an passé, 155 milliards de dollars ont été investis dans les technologies respectueuses de l'environnement ; même Google, par le biais du fonds « Google venture », veut y investir 100 milliards de dollars... Alors vive le « green business », les « cleantech » et autres « green », même si nous devons passer pour des « écobobos » !

Jean-Claude Bernier,
le 20 octobre 2010



Jean-Claude Bernier
est vice-président
de la SCF.



Master of Science in "Advanced Spectroscopy in Chemistry"

International experience

- Study in at least two European countries!
- Teaching language: English
- Students from all over the world
- Joint or multiple degree diploma

Quality & Expertise

- Erasmus Mundus label
- A first step to a career in R & D
- Master thesis as a cross border cooperation
- Internship during the 4th semester
- Euromaster label


University Lille 1

Erasmus Mundus scholarships

- Scholarships of up to 24.000 €/year for Non European students
- Scholarships of up to 10.000 €/year for European students
- Online application process: www.master-asc.org
- Two years programme starting in September 2011

The ASC network


- University Bergen, University Krakow
- University Bologna, University Leipzig
- University Helsinki, University Madrid



Erasmus Mundus

Deadline for application: 14th of January 2011

www.master-asc.org



EUROMASTER