

## Communication de la chimie

## Communication et deficit model

En juin 2010<sup>(1)</sup>, nous relations quelques données du rapport chimie-société en lien avec l'idée selon laquelle l'exigence de *durabilité* induisait pour la chimie, au-delà des préoccupations écologiques désormais bien intégrées, un principe fondamental de *responsabilité* économique et sociale, voire éthique. Dans la continuité de cette chronique, nous montrons ce mois-ci comment il est possible, et probablement nécessaire, d'en tenir compte dans sa communication.

L'affichage par les chimistes industriels de leur conscience écologique renouvelée par la mise en place de la procédure REACH, celle qui teinte tous les discours sur la *chimie durable* et met invariablement en avant les douze principes de la *green chemistry*, les conduit certes à tout entreprendre pour éviter les accidents industriels, limiter l'impact environnemental de leurs procédés de production, contrôler la nocivité et la quantité de leurs effluents, produire des substances de synthèse inoffensives et prouver leur innocuité avant leur mise sur le marché, voire prévoir l'intégralité des cycles de vie des biens de consommation qu'ils produisent. Mais il serait erroné de croire que cette exigence s'applique uniquement aux procédés industriels. Au contraire, pour l'ensemble des acteurs de la chimie, elle doit désormais porter sur le rôle et la place accordés aux connaissances qu'elle produit et aux applications qui en découlent ; sur la manière dont elle propose à la société les options technologiques qu'elle rend possibles et, par suite, sur la manière dont elle parle d'elle-même, dont elle se présente au public ; en bref : sur sa logique de communication.

La conséquence, trop souvent occultée par les débats stériles autour du *principe de précaution* (à moins qu'il ne permette justement d'éviter d'aborder la véritable question de front), est aussi dérangement au premier abord qu'incontestable après réflexion. Comment ? Il faudrait consulter la société avant de développer une nouvelle technologie alors qu'elle améliorera indéniablement son confort ? Avant même d'investir dans des recherches qui, par leur développement industriel, créeront des milliers d'emplois ? Il faudrait brider le progrès, museler la connaissance, dont la sauvegarde constitue pourtant une de nos valeurs inaliénables ? Inquiétudes légitimes. Mais dans une société démocratique, les citoyens ne

sont-ils pas supposés choisir leur avenir ? Décider de ce qui est bon pour eux ? Préférer que l'argent public soit investi dans la lutte contre la pauvreté ou la culture plutôt que dans les nanotechnologies, quitte à perdre quelques points de PIB ? Refuser des recherches sur le vivant (biotechnologies, biologie synthétique) qui heurtent des valeurs tout aussi inaliénables ? N'y a-t-il pas un risque que les intentions des chimistes soient interprétées comme une négation totale de ces principes démocratiques lorsque l'une de leurs revues titre « La chimie prépare notre avenir »<sup>(2)</sup> ?

Il semble donc qu'il y ait une convergence tout à fait opportune à explorer, en termes de responsabilités écologique, économique et sociétale, entre l'idée de *chimie durable* et l'abandon de modes communicationnels obsolètes et contre-productifs, liés à une vision du rapport science-société totalement erronée car reposant sur une conception simpliste : celle que les Anglo-Saxons nomment le *deficit model*.

**Le deficit model en bref**

POSTULAT : Il y a un manque de soutien pour la chimie.

DONC : Il faut organiser des campagnes d'information et de séduction.

ALORS : « Les gens » sauront, comprendront et aimeront.

ENFIN : Ils soutiendront la chimie.

Derrière ce raisonnement aussi répandu que caricatural et faux se dissimulent deux hypothèses implicites : 1) « Les gens » ne sont pas capables de juger par eux-mêmes (personne ne prenant en général la peine de définir qui sont ces gens) et 2) ils sont *contre* parce qu'ils n'ont rien compris.

À cette conception naïve du public s'ajoute une erreur si compréhensible qu'elle en est excusable, pour le chimiste comme pour n'importe quel autre scientifique : celle qui consiste à transposer son cas particulier à celui de ses interlocuteurs, en imaginant qu'eux aussi vont être conquis par les merveilles de la chimie au fur et à mesure que s'accroîtront les connaissances et la conscience qu'ils en auront. Or l'opinion n'est pas qu'affaire de connaissances : elle se construit à partir d'expériences vécues, sur un système de valeurs préexistant, sur des imaginaires robustes, des aspirations, des intérêts et des peurs qu'il est malhonnête de qualifier « d'irrationnelles » pour les discréditer. De fait, de nombreuses études montrent que les populations les plus instruites ne sont pas celles qui soutiennent le plus la diffusion débridée des innovations technologiques<sup>(3)</sup>. Serait-ce parce qu'elles ne seraient pas suffisamment éduquées *en sciences* ? Osons émettre l'hypothèse selon laquelle ce serait plutôt parce qu'elles ne sont pas éduquées *seulement* en sciences...

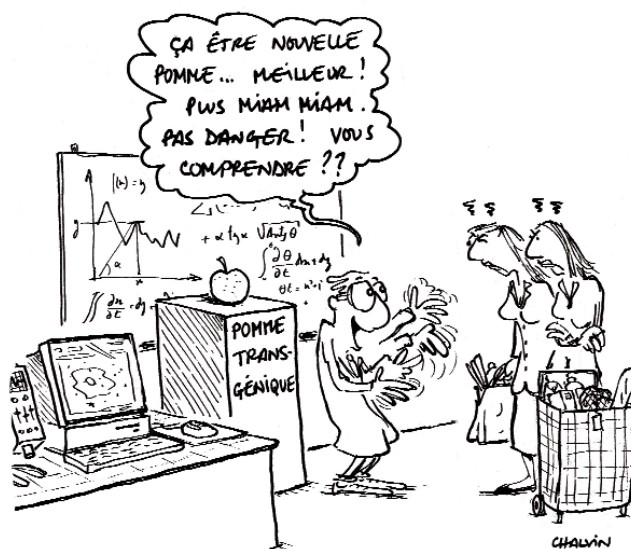
Nous y reviendrons dans une prochaine chronique.

**Richard-Emmanuel Eastes,**  
le 15 mars 2011

(1) Eastes R.-E., La chimie durable : verte et responsable, *L'Act. Chim.*, 2010, 342-343, p. 4. Consultez également nos autres chroniques sur [www.parlezvouschimie.org](http://www.parlezvouschimie.org)

(2) N° spécial « La chimie prépare notre avenir. Une sélection des recherches de nos laboratoires », *L'Act. Chim.*, 2011, 348-349.

(3) Lire par exemple : Bucchi M., Neresini F., Biotech remains unloved by the more informed, *Nature*, 2002, 416, p. 261.



## Lettre de R. Luft à R.-E. Eastes en réponse à la chronique « L'alphabet de la chimie » parue en novembre 2010

« Monsieur et cher Collègue,

Bien que j'y réponde avec retard, j'ai lu avec beaucoup d'intérêt votre article « L'alphabet de la chimie » paru dans *L'Actualité Chimique*. Votre analyse de la notion d'élément a tout particulièrement retenu mon attention, car la signification réelle de ce terme fait l'objet de débats depuis l'Antiquité et a empoisonné pendant de nombreuses années l'enseignement de la chimie dès le premier niveau de la transmission des connaissances de cette science.

Même si les Éléments des Anciens n'ont rien à voir avec les nôtres, ils ont cependant en commun avec eux le caractère d'immatérialité. Ainsi, Empédocle parlait de « racines » ou rhizomata pour désigner l'Air, l'Eau, la Terre, le Feu, quatre assemblages fondamentaux réalisés à partir de la même substance origine, la Hyle, des notions privées toutes les cinq d'une base matérielle. Pour les caractériser, Platon et son élève Aristote les appellent Éléments, Démocrite leur attribue des propriétés organoleptiques, tout aussi immatérielles que les Éléments eux-mêmes. Les Alchimistes ont complété la série avec les « éléments pagyriques », trois propriétés fondamentales tout autant immatérielles que l'on était supposé retrouver dans les Éléments.

Après la mise à mort des Éléments par Cavendish, Priestley, Lavoisier, etc., ce dernier utilise le terme élément dans sa signification la plus courante : « élément = partie constitutive d'une chose » (*Traité*, pp. XVII et XVIII de la première édition). Il s'attaque exclusivement au côté matériel des substances, à leur décomposition en entités matérielles identifiables et combinables, dont celles qui sont non réductibles sont appelées « corps simples » ou éléments, les molécules de nos espèces chimiques. Au stade de leurs travaux, [pour] les savants de cette époque le problème de la matérialité ou de l'immatérialité des éléments chimiques ne se posait pas. Il ne se pose pas non plus lorsque Dalton crée la notion moderne d'atome, les chimistes du XIX<sup>e</sup> siècle avaient suffisamment à faire, pour admettre l'hypothèse atomique d'une part (n'oublions pas qu'à l'orée du XX<sup>e</sup> siècle Berthelot réfutait encore leur existence !), pour clarifier ensuite les notions d'atome, de molécule, d'ion de l'autre. Le terme élément était largement suffisant et utilisé couramment dans la littérature chimique pour désigner une espèce atomique.

Le problème de la signification effective du terme chimique « élément », quoique latent depuis les premières analyses chimiques et l'idée que l'on pouvait se faire de la notion de composé, n'a commencé à se poser qu'après la découverte des premiers isotopes, de la connaissance de la structure interne des atomes, ainsi que de leurs modes potentiels de liaison. Les atomistes et les physico-chimistes se sont alors trouvés devant un problème d'ordre sémantique, ceux de langue anglo-saxonne et germanique en particulier, comme vous l'avez si pertinemment analysé.

Les chimistes de langue française pour leur part ont depuis longtemps fait la distinction entre corps simple et élément, mais n'ont pas non plus réussi pendant très longtemps à proposer une définition univoque du terme élément. Toutefois, dès les années 1960, les enseignants universitaires de propédeutique, dans leurs réunions annuelles de Rocamadour de rénovation des enseignements de la chimie, étaient conscients du problème. Le mouvement RECODIC (REcherches COopératives en DIDactique de la Chimie) et les JIREC (Journées d'Innovation et de Recherche dans l'Enseignement de la Chimie) qui encore aujourd'hui ont lieu chaque année ont abordé le problème qui vous intéresse.

Dans son *Cours de Chimie Physique* (Dunod, 1988), Paul Arnaud, bien connu de générations de chimistes pour ses efforts de rénovation pédagogique et ses ouvrages qui en ont été la concrétisation, définit l'élément comme suit : « Chaque valeur du numéro atomique  $Z$  définit un élément. Un élément est l'ensemble des atomes et des ions ayant le même numéro atomique  $Z$ . » Pas entièrement satisfait de cette définition, j'ai abordé le problème de cette définition dans le numéro de novembre-décembre 1991 de *L'Actualité Chimique* [À propos des notions d'élément et d'atome, p. 430]. J'y suis revenu dans mon *Dictionnaire des Corps Purs Simples de la Chimie* (Éd. Cultures et Techniques, IUFM de Nantes, 1997) dont je me ferai un plaisir de vous adresser un exemplaire. Enfin, je vous signale que le thème a été repris tout récemment dans l'ouvrage *The Periodic Table* de Eric Scerri (Oxford University Press, 2007) dont je viens de terminer la traduction (parution mai-juin 2011, EDP Sciences). Scerri est parfaitement conscient de l'importance du caractère abstrait de la notion d'élément et peine à faire admettre son point de vue dans le monde chimique anglo-saxon. En septembre 2010, il a participé à un colloque intéressant à l'École Polytechnique et est bien connu dans le monde des philosophes et épistémologistes de la chimie.

Voilà, Monsieur et Cher Collègue, les souvenirs que m'a inspirés la lecture de votre article. Bravo encore pour vos efforts pour la clarification des difficultés conceptuelles tant au niveau de l'enseignement fondamental qu'à celui de la formation continue.

Je suis désolé de ne pouvoir participer à vos colloques du groupe Traces, mais les vicissitudes de l'âge se font sentir. Je souhaite bon vent à votre entreprise et vous prie de croire à mes sentiments collégiaux les meilleurs. »

**Robert Luft**

Nice, le 7 février 2011

## Polémiques

### Terres rares... vous avez dits rares ?

Il aura fallu un incident nautique au large des îles Diaoyu revendiquées par la Chine et le Japon, entre un bateau chinois et des escorteurs japonais, pour que le monde se passionne et prenne conscience de la précarité des approvisionnements en matières premières. En effet, la Chine menaçait alors par représailles de bloquer toute exportation de terres rares vers le Japon, indispensables à son industrie électronique. Les États-Unis, l'Europe et les grands pays industrialisés ont alors réagi fin 2010 et début 2011. Le Congrès recommande au Président Obama de créer

un comité chargé de veiller à sécuriser les approvisionnements de vingt cinq métaux rares ; Bruxelles, par son commissaire à l'industrie, recommande de tenir à l'œil quatorze minerais critiques ; et en France, le gouvernement crée en janvier le COMES, comité pour les matériaux stratégiques, après l'Allemagne qui l'avait aussi créé en septembre 2010. Enfin le 8 mars dernier, l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques (OPECST) organise le colloque « Les enjeux des matériaux stratégiques : le cas des terres rares ».

Cette mobilisation brutale est aussi le fruit d'un battage médiatique dans les journaux et hebdomadaires depuis quatre mois sur le thème catastrophe ! Vite à vos téléphones à manivelle et vieilles TSF ; jetez vos portables, tés à écran plat et autres iPod : plus de terres rares, plus de gadgets ! Tout bon chimiste sait que les terres rares appartiennent au groupe des quatorze lanthanides auxquels on ajoute souvent le lanthane et l'yttrium. La *figure*, qui donne la relative abondance des éléments chimiques, montre qu'elles ne sont pas si rares que ça, mais aussi

abondantes sinon plus que le molybdène, le cadmium, le mercure... Les lanthanides font partie des minerais qui s'épuiseront d'ici cent à mille ans, alors que pour le zinc, le gallium, le germanium et l'argent, c'est un délai de dix à cinquante ans. Par contre, leurs concentrations plutôt faibles dans les minerais tels que la monazite (phosphate double de cérium, lanthane, thorium et autres terres rares) exigent de nombreuses opérations d'enrichissement et de séparation par voies chimiques et la concentration de la production dans seulement quelques pays accentuent leur approvisionnement critique.

Si les terres rares sont précieuses, c'est bien sûr pour leur utilisation dans les « high-tech » :

- Les aimants à très haute performance : ce sont d'abord les NdFeB aux propriétés encore améliorées par substitution partielle du néodyme par le praséodyme, le dysprosium et le gadolinium. Ce sont aussi les aimants de type  $\text{SmCo}_5$  et  $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$ . Ils sont massivement utilisés dans les moteurs électriques avec le meilleur rapport poids/puissance pour les éoliennes, les automobiles – notamment les hybrides électriques. Leur demande a augmenté de 100 % en deux ans.

- Les composants électroniques : les sulfures, oxydes et oxydes d'europium pour les tubes cathodiques et écrans plats avec  $\text{Y}_2\text{O}_3$  ; les grenats d'yttrium et de gadolinium pour les hyperfréquences.

- L'oxyde de cérium ( $\text{CeO}_2$ ), très utilisé dans le polissage du verre et des semi-conducteurs, le « wash coating » des pots catalytiques, où l'échange  $\text{Ce}^{4+}/\text{Ce}^{3+}$  permet l'oxydation des particules et suies.

- Le mishmétal (50 % Ce, 25 % La, 17 % Nd...), largement utilisé dans les pierres à briquet comme ferrocérium, qui libère des particules pyrophoriques.

- La production croissante d'automobiles hybrides met en jeu des masses importantes de lanthane sous forme de  $\text{LaNi}_5$  dans les batteries Ni-MH (métal-hydrure).

- N'oublions pas l'oxyde d'yttrium, stabilisant de la zircone quadratique, très utilisé dans les capteurs d'oxygène.

- L'oxyde de terbium dans les revêtements de tubes fluorescents et lampes à basse consommation.

- Enfin, de nombreux aciers spéciaux admettent dans leur composition des pourcentages de terres rares (Gd, Nd, Y, La...).

L'indium pour les écrans plats et les nouvelles technologies du photovol-

taïque ainsi que le gallium pour les LED (AsGa ou AsPGa) n'appartiennent pas aux terres rares mais font partie des éléments à ressources critiques.

Face à ces applications multiples qui ont explosé depuis 2000, les prix ont évidemment flambé. Le marché mondial est de l'ordre de 1,3 milliards de dollars pour une production mondiale d'environ 130 000 t, dont la Chine en assumait 95 % en 2009. Depuis, elle a imposé des quotas d'exportation, passant de 60 000 t en 2004 à moins de 30 000 t en 2010, avec des taxes dissuasives. Le  $\text{CeO}_2$  a atteint 5 \$/kg ; le kilogramme de néodyme est passé de 5 \$ en 2003 à 30 \$ en 2010, soit une augmentation de 100 % sur l'année, comme le dysprosium. Or d'après l'US Geological Survey, les ressources mondiales se monteraient à plus de cent millions de tonnes. Comment en est-on arrivé à ce quasi monopole de l'Empire du Milieu ?

Dans les années 1990, les producteurs canadiens, américains, australiens et français – Rhône Poulenc était alors le leader mondial des producteurs de terres rares séparées – ont été confrontés au dumping extraordinaire des productions chinoises avec des prix moitié moins élevés. Les mines, non rentables, ont alors progressivement fermé et les investissements ont gagné la Chine, en y apportant aussi leur savoir-faire en chimie séparative. En 1992, Deng Xiaoping déclarait : « *Le Moyen-Orient a du pétrole mais la Chine a les terres rares* ». En 2010, en établissant des quotas drastiques à l'exportation, le gouvernement chinois obéissait à deux logiques :

- Développer son marché intérieur de transformation en produits à plus haute valeur ajoutée : plus de 60 % des aimants et 40 % des écrans plats y sont maintenant fabriqués. Les terres rares y ont acquis plus de valeur et la Chine ne vend plus « l'or des terres rares au prix du chou ».

- Fermer les petites unités de la Mongolie intérieure pour juguler la production illégale qui échappait au contrôle (estimée à 15 000 t) et résoudre les problèmes immenses de pollution qu'elles provoquaient sur l'environnement, notamment dans la région de Baotou.

Quelles conséquences et stratégies pour

les autres pays et les producteurs de high-tech ? Plusieurs solutions :

1. Investir en Chine pour séparer sur place les terres rares et garantir les sources ; c'est ce qu'ont fait Lynas Corp et Rhodia (alors Rhône Poulenc), ce dernier pour garder sa position de leader mondial après l'impossibilité d'extension de son usine de La Rochelle pour des raisons environnementales en France dans les années 90.

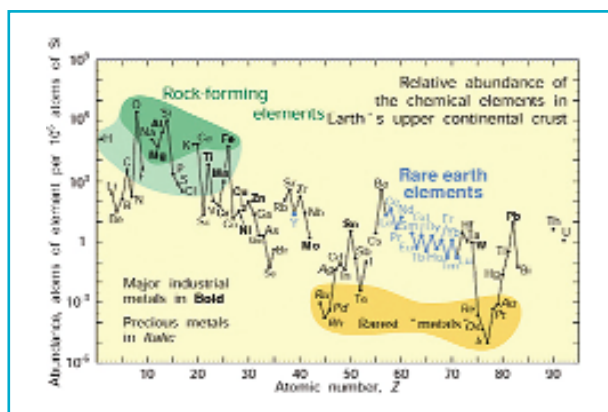
2. Ré-ouvrir les mines existantes et les installations de séparation, comme Lynas Corp en Australie à Mount Weld, Molycorp aux États-Unis à Mountain Pass, ou le canadien Great Western Minerals Group en Afrique du Sud.

3. Reconstituer les stocks stratégiques, même aux prix actuels.

4. Diversifier les approvisionnements, investir avec Lynas, réduire la teneur en terbium pour les luminophores, recycler les terres rares des lampes à basse consommation – c'est la stratégie française de Rhodia pour garder le leadership en Europe.

Ces actions et parades pour stopper la spéculation auront évidemment des temps d'induction et on n'en verra les effets qu'après plusieurs années (quatre ou cinq), durant lesquelles les high-tech continueront à enrichir la Chine dans un marché tendu. Le recyclage lui aussi des aimants des moteurs, des composants électroniques et des lampes à basse consommation, qui ont des vies de plusieurs années, aura peu d'influence immédiate. Alors envisager le remplacement des batteries Ni-MH par des batteries Li-ion, de nouveaux aimants avec moins ou peu de néodyme, plus de luminophores ? Encore faudrait-il renforcer la recherche sur les terres rares et les magnétiques durs dans nos bastions de la banlieue parisienne et de Grenoble.

Jean-Claude Bernier,  
le 12 mars 2011



Abondance relative des éléments chimiques.