



# L'actualité chimique

Mensuel - Septembre 2011 - N° 355

## Chimie et société Construire un dialogue



Société Chimique de France



# Chimie et Société

Une commission de la Fondation de la Maison de la Chimie

S'interroger

Débattre

Transmettre



Aujourd'hui, les développements de la science et de la technologie font émerger un grand nombre d'attentes sociétales.

Dans ce contexte, la diffusion de la culture scientifique doit contribuer à nourrir un débat démocratique éclairé.

Chimie et Société s'engage dans cette dynamique du dialogue science-société, s'interroge sur les enjeux du progrès et favorise les échanges entre scientifiques et citoyens.



[www.maisondelachimie.asso.fr/chimiesociete/](http://www.maisondelachimie.asso.fr/chimiesociete/)



**RÉDACTION**

**Rédacteur en chef** : Paul Rigny  
**Rédactrice en chef adjointe** :  
 Séverine Bléneau-Serdel  
**Secrétaire de rédaction** : Roselyne Messal  
**Chef de rubrique, Collection « L'Actualité Chimique - Livres »** : Minh-Thu Dinh-Audouin  
**Secrétariat** : Martine Maman  
**Webmestre** : Jérémie Meyer de Ville  
<http://www.etage-13.com>

**Comité des rubriques :**

Recherche et développement : Paul Rigny, Industrie : Gilbert Schorsch, Enseignement et formation : Michel Boyer et Katia Fajerweg, TP : Xavier Bataille et Nicolas Cheymol, Histoire de la chimie : Marika Blondel-Mégrelis, Comment ça marche ? : Véronique Nardello-Rataj, Un point sur : Jean-Pierre Foulon, Chimie des aliments et du goût : Hervé This, À propos de : Bernard Sillion, En bref : Séverine Bléneau-Serdel, Roselyne Messal, Actualités de la SCF et Agenda : Roselyne Messal, Livres et médias : Yves Dubosc

**Comité de rédaction :**

P. Arpino, H. Belhadj-Tahar, J. Belloni, E. Bordes-Richard, J. Buendia, N. Capron-Joubert, C. Cartier dit Moulin, C. Cordella, J.-C. Daniel, R.-E. Eastes, J. Fournier, F. Lafuma, J.-F. Lambert, V. Lucas, M.-T. Ménager, N. Moreau, A. Ouali, J.-M. Paris, P. Pichat, A. Picot, M. Poite, M. Quarton, F. Rocquet, E. Soulié, H. Toulhoat, M. Verdaguer, P. Vermeulin, D. von Euw

**Partenariat** : CNRS, Fondation Internationale de la Maison de la Chimie

Publication analysée ou indexée par : Chemical Abstracts, base de données PASCAL

**ÉDITION** : Société Chimique de France

250 rue Saint-Jacques, 75005 Paris  
**Rédaction** : 28 rue Saint-Dominique, 75007 Paris  
 Tél. : 01 40 46 71 64 - Fax : 01 40 46 71 63  
[redaction@lactualitechimique.org](mailto:redaction@lactualitechimique.org)  
<http://www.lactualitechimique.org>

**Directeur de la publication** : Olivier Homolle, président de la Société Chimique de France

**Imprimerie** : SPEI, BP 26, 54425 Pulnoy

**Maquette articles** : e-Press, Casablanca Technopark, Route de Nouaceur, Casablanca (Maroc)

**Maquette hors articles** : Mag Design  
<http://www.magdesign.info>

**ISSN** version papier 0151 9093

**ISSN** version électronique 2105 2409

**PUBLICITÉ**

EDIF, Le Clemenceau, 102 avenue Georges Clemenceau, 94700 Maisons-Alfort  
 Tél. : 01 43 53 64 00 - Fax : 01 43 53 48 00  
[edition@edif.fr](mailto:edition@edif.fr), <http://www.edif.fr>  
 Index des annonceurs : p. 47

© SCF 2011 - Tous droits réservés

Dépôt légal : septembre 2011

Toute représentation ou reproduction, intégrale ou partielle, fait sans le consentement de l'auteur, ou des ayants droits, ou ayant cause, est illicite (loi du 11 mars 1957, alinéa 1er de l'article 40). Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du Code pénal. La loi du 11 mars 1957 n'autorise, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, que les copies et les reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective d'une part, et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration.

**TARIFS 2011 - L'ACTUALITÉ CHIMIQUE**

(11 numéros par an)

Abonnement papier + électronique

**Particuliers** : France 95 € - Étranger 100 €

**Institutions** : France 195 € - Étranger 205 €

**Lycées** : France 110 € - Étranger 130 €

Abonnement électronique seul (France/Étranger)

**Particuliers** : 55 € - **Institutions** : 155 € - **Lycées** : 70 €

**Membres de la SCF (hors membres associés)** :

abonnement inclus dans la cotisation

**Abonnement** : SCF, Nadine Colliot

250 rue Saint-Jacques, 75005 Paris

Tél. : 01 40 46 71 66 - Fax : 01 40 46 71 61

[adhesion@societechimiquedefrance.fr](mailto:adhesion@societechimiquedefrance.fr)

Prix de vente au numéro : 24 € (port inclus)



**L'Actualité Chimique et la société**

Une fois n'est pas coutume, on ne trouvera pas d'article de pure recherche en chimie dans ce numéro. Traitant des rapports entre « chimie et société », il intéressera néanmoins tous les chimistes puisque notre communauté se préoccupe plus que d'autres communautés scientifiques de son image auprès des concitoyens ; la permanence de réunions sur ce thème qui n'a jamais quitté la scène depuis plusieurs décennies en témoigne. De la même manière qu'elle s'efforce d'informer les chimistes sur les questions qui les concernent en matière de science pure ou appliquée, sur les évolutions pédagogiques ou sur l'histoire de leur discipline, *L'Actualité Chimique* doit jouer pour ses lecteurs le rôle de médiateur des réflexions sur la façon dont la chimie est perçue dans notre monde – plus particulièrement en France. Nous avons ainsi invité la Commission « Chimie et Société »\* de la Fondation de la Maison de la Chimie à concevoir et coordonner ce numéro spécial. Nous les remercions très vivement, et plus particulièrement Andrée Marquet et Bernard Sillion, pour avoir réussi à refléter ici la diversité des réflexions qui se conduisent actuellement, équilibrant les présentations conceptuelles et l'analyse des évolutions pratiques.

Signe du temps, derrière l'étude des relations entre chimie et société, se profile aujourd'hui et toujours plus envahissant le concept de « communication ». Le mot est lâché, qui déclenche si vite malentendus et polémiques qu'on peut s'interroger sur les raisons de ces passions. Serait-ce que la chimie communique mal ? Pourtant, science ou industrie, sa place, objectivement, ne paraît pas si mauvaise ; certes elle doit « se défendre », mais les résultats semblent loin d'être catastrophiques. Il suffit en fait d'un coup d'œil sur (presque) n'importe quel secteur d'activité pour voir que la chimie n'est pas en l'occurrence un cas particulier dans notre XXI<sup>e</sup> siècle où tout le monde a le mot

« communication » à la bouche. C'est que le concept « communiquer » est en évolution rapide : autrefois, c'était « informer » ; maintenant, c'est « faire passer un message » pour « obtenir un résultat », ce qui est autre chose et beaucoup plus difficile. Cela a conduit à l'émergence de métiers véritablement nouveaux et d'une foule de professionnels qui constituent des « services de communication », « agences de communication », jusqu'au coaching individuel si prisé de nos politiques (entre autres). Cette évolution est évidemment génératrice d'une grande complexité : elle fait éclater le concept car, par exemple, pourquoi le chimiste fondamental aurait-il le même message à « faire passer » que l'ingénieur inventeur d'un nouveau produit ou le commercial chargé de le diffuser alors qu'ils n'ont pas les mêmes responsabilités et ne s'adressent pas au même public ?

Préserver l'unité – ou au moins la cohérence – entre les discours de toutes les communautés de chimistes, comme on doit rêver d'y parvenir, n'est pas mince affaire. Il faut pour y réussir entrer dans la compréhension profonde de la façon dont les messages émis sont reçus ; bref, il faut pouvoir disposer de réflexions conceptuelles aussi bien que concrètes, comme celles qui sont abordées dans le présent numéro. Il y a quatre ans, *L'Actualité Chimique*, consciente de l'importance des considérations abordées ici, a ouvert une chronique « Communication de la chimie » qui s'attachait à explorer différents aspects de la question. Le thème est trop chaud et trop passionnel, trop évolutif également, pour ne pas nécessiter de changements de formule ; cette chronique fera place à une rubrique plus plurielle que les réflexions présentes dans ce numéro spécial aideront judicieusement à concevoir.

**Paul Rigny**

Rédacteur en chef

\*[www.maisondelachimie.asso.fr/chimiesociete](http://www.maisondelachimie.asso.fr/chimiesociete)

**7 décembre 2011**

**Colloque « Chimie et société : quel dialogue ? »**

Maison de la Chimie, Paris

• [www.maisondelachimie.asso.fr/chimiesociete](http://www.maisondelachimie.asso.fr/chimiesociete)



<b>Éditorial</b>	<b>1</b>
<i>L'Actualité Chimique</i> et la société, par <b>P. Rigny</b>	1
<b>Chroniques</b>	<b>3</b>
<i>Communication de la chimie</i>	
Communication, sciences, société ?, par <b>J.-C. Bernier</b>	3
	
<b>Chimie et société</b>	<b>4-47</b>
<b>Construire un dialogue</b>	
Coordinateurs : <b>Andrée Marquet</b> et <b>Bernard Sillion</b>	
<b>Couverture :</b> Réalisation graphique Mag Design d'après une idée de M.-T. Dinh-Audouin. Photos : « labo » © mjak/Fotolia.com, « puzzle » © Choucashoot/Fotolia.com, « médicaments » © Aldan/Fotolia.com, « personnages » © NLshop/Fotolia.com.	
Avant-propos, par <b>A. Marquet</b> et <b>B. Sillion</b>	4
<b>Les différentes facettes de la chimie</b>	<b>5</b>
Points de vue de chercheurs, par <b>J. Livage</b>	5
Points de vue d'enseignants : l'enseignement en chimie dans les collèges et lycées français, par <b>M.-C. Seigneuret</b> et <b>J. Casper</b>	9
Point de vue d'un industriel, par <b>G. Guilpain</b> et <b>M.-T. Dinh-Audouin</b>	13
<b>Chimie et nature, nature de la chimie</b>	<b>18</b>
La chimie, science de la nature ou contre-nature ?, par <b>B. Bensaude Vincent</b>	18
La naturalité des processus chimiques : des philosophes du XVIII <sup>e</sup> siècle à aujourd'hui, par <b>M. Lequan</b>	22
<b>Les rapports avec la société</b>	<b>24</b>
Le regard de la population française sur l'industrie chimique (XVIII-XX <sup>e</sup> siècles), par <b>L. Lestel</b>	24
Chaptal (1756-1832) : la chimie pour la ville, par <b>A. Guillaume</b>	28
La vision de la chimie par le public européen : les résultats des enquêtes du CEFIC, par <b>P. Gervason</b>	31
Chimie et société : quel dialogue ? Une consultation participative initiée par la commission Chimie et Société, par <b>A. Marquet</b>	33
<b>Vers un meilleur dialogue</b>	<b>37</b>
REACH : un outil pour améliorer le dialogue entre chimie et société, par <b>B. Sillion</b>	37
Le rôle de la communauté scientifique dans le débat sur la dangerosité des substances chimiques, par <b>A. Marquet</b>	40
Changer l'image négative de la chimie : de l'acceptabilité au dialogue, par <b>L. Maxim</b>	42
Chimie et société : les origines de la défiance, par <b>R.-E. Eastes</b>	44
<b>À propos de</b>	<b>48</b>
Solar Impulse : un avion porteur de messages, par <b>R. Messal</b>	48
« Images de chimistes » : un concours des jeunes chimistes aquitains pour un autre regard sur notre discipline, par <b>G. Loget</b> , <b>L. Peyrard</b> , <b>V. Ung</b> et <b>T. Abadie</b>	50
<b>Enseignement et formation</b>	<b>52</b>
Une réflexion sur les éléments chimiques : leur division en quatre classes, par <b>A. Hérold</b>	52
<b>Un point sur</b>	<b>55</b>
Les luminophores à base de terres rares, par <b>V. Buissette</b> et <b>T. Le Mercier</b>	55
<b>En bref</b>	<b>57</b>
<b>Livres et médias</b>	<b>59</b>
<b>Actualités de la SCF</b>	<b>60</b>
<b>2011 : Année internationale de la chimie</b>	<b>62</b>
<b>Agenda</b>	<b>64</b>

## Communication, sciences, société ?

Le récent sondage Ipsos réalisé en juin dernier pour *Le Monde* et *La Recherche* semble montrer que les Français font plutôt confiance à la science et à la technologie, particulièrement dans le domaine de la santé, la prévision des catastrophes et l'accès à la nourriture et à l'eau. Globalement, une majorité pense que la science et la technologie produisent plus d'avantages que de dommages. Par contre, les Français montrent des doutes par rapport aux experts et ne font plus confiance aux scientifiques pour dire la vérité sur les résultats et les conséquences de leurs travaux. Paradoxalement, une quasi unanimité fait confiance à la communauté scientifique pour expliquer les enjeux de la recherche et les débats qu'ils peuvent susciter. Sur ce point, et c'est réjouissant, le CNRS est quasi plébiscité.

Ce sondage m'incite plutôt à l'optimisme car il va un peu à l'encontre des apôtres de la décroissance et des idées souvent répandues sur les dangers du progrès ; il témoigne d'un certain bon sens populaire, pas vraiment nostalgique du temps « des lampes à huile et de la marine à voiles ». Il doit cependant nous faire réfléchir sur l'image du scientifique « expert », alors que l'image du « savant » caracolait en tête dans les années 60, et dont le degré de confiance a considérablement baissé en cinquante ans.

Plusieurs constatations sur le monde de la communication et son évolution peuvent nous y aider : la priorité au sensationnel par rapport aux faits, la starisation individuelle à la recherche de célébrité, la multiplication des moyens de communication rapides et mondialisés :

• **Le sensationnel** : les médias ont des contingences économiques et financières qui commandent leur survie. Les journaux, radios, télévisions recherchent le maximum de lecteurs, d'auditeurs et de téléspectateurs. Avec Fukushima, les galipettes new-yorkaises et le maillot jaune de Thomas Voeckler, jamais les chiffres n'ont été aussi bons qu'au 2<sup>e</sup> trimestre 2011, d'où les titres accrocheurs ! On voit mal annoncer en page une que des milliers de trains SNCF ont mené à destination leurs usagers, alors qu'un TGV en panne pendant 10 h avec 300 voyageurs fera au moins la page deux ! Pour les sciences, difficile de trouver un élément sensationnel. On se rappelle que même l'annonce du prix Nobel de Pierre-Gilles de Gennes fut coupée par un match de football de la ligue des champions... Je rêve

cependant de titres comme « Une molécule qui a sauvé des millions d'humains : l'hypochlorite de sodium », ou « Des centaines de milliers de morts en Afrique après l'interdiction du dichlorodiphényltrichlore éthane (DDT) ». Jamais sans doute ces titres ne verront le jour et pourtant, leur poids humanitaire n'est pas négligeable !

• **La starisation** : avec la généralisation du concept anglo-saxon « publish or perish », le classement de Shanghai et autres évaluations, la course aux citations, aux prix académiques, le mercato des universités américaines, britanniques et chinoises pour attirer les meilleurs « indice h », la starisation des scientifiques est devenue une réalité. Si elle ne déborde pas de la communauté scientifique malgré ses excès, c'est plutôt un moteur de plus ou moins saine concurrence bénéfique à l'avancée des connaissances. Mais lorsque des seconds couteaux préfèrent *L'Express* ou *Le Figaro* à *Angewandte Chemie* ou *Physics Letters*, cela n'augure rien de bon pour la réputation des scientifiques. On assiste alors à la « belpommisation » de l'information, aux annonces sensationnelles de biologistes sur des cancérogènes à partir de résultats sur une lignée de cellules sans protocole expérimental, refusées par *Lancet* mais dans *Ouest France*. D'où polémiques, réponses et contre-réponses dans les journaux et hebdomadaires généralistes qui jettent une ombre sur la crédibilité des experts et alimentent la crise de confiance citée dans le sondage.

• **L'évolution des supports de l'information** : au temps de « la toile », en une dizaine d'années, l'accès à l'information, plutôt l'excès d'informations, commence à tuer son propre objet. Les informations sur la chimie, la santé, l'environnement, l'énergie... explosent. À l'ère de Facebook et de YouTube, les fausses informations, les rumeurs ont une diffusion instantanée et mondiale. Des milliers de sites, consultés des milliards de fois, répandent des informations souvent non vérifiées ou non vérifiables. Même dans notre domaine scientifique, les « open » publications et la prise en main de la publication scientifique par quatre ou cinq groupes mondiaux d'édition ont complètement changé la donne, le mode, le rythme et l'accès aux résultats de la recherche qui ont subi une véritable révolution. Les moteurs de « data mining », d'alerte, de veille, à partir de mots-clés et d'arborescences remplacent la recherche bibliographique « à la

main », en laissant autant de « trous » mais en donnant bonne conscience informatique.

Cet excès d'informations, la difficulté d'en trouver de valables pour les non-spécialistes, engendrent un repli sur soi, parfois un rejet des concepts qu'on ne comprend pas et de la science, où la balance entre avantages et risques penche vers ces derniers, encouragée par les médias. Les psychologues pensent que ces orientations sont réellement voulues car elles répondent à un réel besoin de l'espèce humaine à se faire peur, pour l'inconscient collectif d'une société très avancée comme la nôtre, hyperprotégée. Puisque nous avons toujours un besoin irraisonné de peur, de craintes qui produisent la dose d'adrénaline nécessaire à notre cerveau pour ne pas sombrer dans la folie dépressive ! Cette peur, cette culture anxiogène engendrent-elles le rejet du progrès, du changement, de la technologie, des sciences ? Dans un très bon article paru dans *L'Actualité Chimique\**, notre collègue Bernard Meunier soulignait que les sociétés modernes devenaient des sociétés de l'angoisse gérées par des minorités agissantes, les « marchands de peur », qui jouent de cette anxiété comme traumatisme du non-être ou de la peur de mourir.

Il faut y ajouter, dans une société européenne où la part des industries manufacturières ne cesse de diminuer et la population âgée d'augmenter, que l'aptitude aux changements et au développement perd des points. Les cas de NIMBY (« not in my back yard ») se multiplient : non à une cimenterie dans mon quartier, mais je continue ma construction ; non à l'extension du port au pétrole, mais je roule toujours à l'essence... Ce n'est pas uniquement européen puisque les États-Unis ont pris en juin la décision de ne plus subventionner la production d'éthanol américain, mais pas d'interdire d'en consommer. De l'éthanol, oui, mais ne venant pas de mes terres !

Ce sont bien sûr ces évolutions et ces changements de perception que nous devons prendre en compte dans nos conférences, dans nos animations, et l'Année internationale de la chimie nous en donne opportunément l'occasion.

Jean-Claude Bernier

Vice-président de la SCF,

le 26 juillet 2011

\*Meunier B., Les produits chimiques : comment passer de l'anxiété à la raison ?, *L'Act. Chim.*, 2010, 342-343, p. 102.

# Chimie et société

## Construire un dialogue

La coordination de ce numéro thématique est assurée par la commission Chimie et Société (C & S). Au cours d'une consultation participative organisée en 2010 par C & S sur la perception de la chimie par différents groupes socioprofessionnels, les interviewés ont, à leur immense majorité, insisté sur le fait qu'ils ne comprenaient pas ce qu'est la chimie, dont la technicité et la complexité effraient, et pointé une communication déficiente des chimistes.

Ce numéro est né du besoin de répondre à ces interrogations, ainsi qu'à celui d'analyser les raisons d'une méfiance vis-à-vis d'une science qu'on ne connaît qu'à travers ses multiples applications industrielles. C'est cette quasi infinie variété des applications qui engendre des discours souvent confus, avec plus d'affirmations que de questions et des réponses souvent trop péremptoires.

Entre le « halte au feu ! » et le « circulez il n'y a rien à voir ! », ce numéro se veut une vitrine des réflexions des chimistes sur la science et l'industrie chimiques, sur les rapports chimie/société, sur leur rôle dans le dialogue à construire. Il a l'ambition d'indiquer comment la chimie est ressentie, par les chimistes eux-mêmes, par ceux, historiens et philosophes, qui réfléchissent sur notre science et ses applications, ainsi que par le grand public et les groupes qui le représentent. Il se propose également d'indiquer des pistes pour améliorer le dialogue chimie-société.

Ceci dit, il ne prétend pas parler au nom de l'ensemble des chimistes, tâche impossible étant donné la diversité de notre discipline au plan scientifique et technique et les différences de situations et d'opinions que recouvre notre communauté. Tous les articles n'engagent que la responsabilité de leurs auteurs, mais les coordinateurs assument le choix des auteurs. Certains points de vue exprimés ne feront pas l'unanimité, nous le savons, mais un des buts recherchés est qu'un débat sur le fond s'instaure entre les différentes sensibilités. Les colonnes de *L'Actualité Chimique* sont ouvertes à tous les contributeurs qui le souhaitent, chimistes et pourquoi pas non chimistes. On peut espérer que ce débat permette un approfondissement de la réflexion sur la communication dans le monde de la chimie et que pour la société civile, il manifeste notre volonté de dialogue.

Le numéro s'ouvre par une présentation de différentes facettes de la chimie, vues par des acteurs de terrain. Des chercheurs parlent de leur passion pour la science chimique et son double objectif, comprendre et créer, du lien entre la science fondamentale et ses applications ; ils expriment leur conviction que leur discipline contribuera à répondre aux défis sociétaux à venir. Des enseignants de physique-chimie du secondaire nous décrivent leur expérience de l'éducation en chimie aujourd'hui, nous en présentant une vue positive qui contraste quelque peu avec les critiques souvent entendues sur l'enseignement de la chimie, responsable de tous les maux. Un représentant de l'industrie nous confie sa vision de l'engagement de l'industrie pour préserver l'environnement et répondre aux défis à venir, sur les liens à préserver avec la recherche académique, ainsi que son point de vue sur la communication de l'industrie et ses difficultés.

Une réflexion plus distanciée sur les rapports chimie et nature, par des philosophes de la chimie, aborde une problématique qui se trouve au cœur des représentations et préoccupations de nos concitoyens. Tout en défendant la thèse concernant le côté factice de la chimie, un article nous montre bien la complexité de ces relations. Un autre article nous propose une analyse de la notion de « naturalité des processus chimiques » introduite par l'école allemande de la philosophie de la nature. Il serait intéressant d'approfondir pourquoi et comment ce courant philosophique a laissé la place. Notons au passage que la chimie fait partie des sciences de la nature dans les filières de l'enseignement supérieur.

La perception de la chimie par la société, bien souvent conflictuelle, est ensuite analysée. La méfiance ou les critiques à l'encontre de l'industrie chimique sont-elles un phénomène nouveau ? Qu'en est-il historiquement ?

Nous apprenons que dès le XVIII<sup>e</sup> siècle, quand Chaptal fonde la chimie industrielle, les questions de pollution, de rapports avec les riverains se posaient déjà avec acuité et faisaient l'objet de l'attention des pouvoirs publics. Le nombre de plaintes a ensuite augmenté parallèlement au développement de l'industrie, et les revendications en ce qui concerne les nuisances locales ressenties furent permanentes, même si on était encore loin du Grenelle de l'environnement. Ce que nous avons constaté, en essayant d'envisager cet aspect historique, c'est la pauvreté des recherches sur ce sujet, opinion partagée par les historiens de la chimie consultés. Beaucoup reste à faire...

Les enquêtes du CEFIC qui analysent depuis dix ans la perception de la chimie par les citoyens européens sont également présentées. Mais malgré nos recherches, nous n'avons pas trouvé de travail d'interprétation sociologique de ces données brutes. Tout reste très factuel et l'explication de l'évolution sur les dix ans, de la différence des réponses selon les pays, serait un large domaine à explorer pour les historiens et les sociologues.

Dans l'introduction, nous évoquons la consultation participative initiée par C & S sur le thème « Chimie et société : quel dialogue ? ». Cette approche repose sur un débat organisé au sein de groupes focus représentant diverses catégories socioprofessionnelles, sur leur perception de la chimie et des relations chimie/société. Une analyse de la démarche et des principaux résultats de cette consultation est présentée ici, le rapport de synthèse complet étant disponible sur le site de la Commission\*.

Suggérer des pistes pour la co-construction d'une aire de débat est l'un des objectifs de ce numéro. Les enjeux et perspectives du règlement européen REACH, qui représente une avancée importante, sont analysés ainsi que les missions qui incombent à tous les chimistes, qu'ils soient industriels ou académiques. La façon dont ce règlement, et plus généralement le débat sur la dangerosité des substances chimiques sont ressentis en dehors du monde de la chimie, dans l'ensemble de la communauté scientifique, est ensuite abordée dans un commentaire du rapport publié par le Comité d'éthique du CNRS, qui pointe la responsabilité des chercheurs dans l'établissement du dialogue.

Quels sont les critères d'une bonne communication et quelles sont les bases propices à la construction d'un vrai dialogue entre des citoyens de cultures différentes ? Deux points de vue, celui d'une sociologue et celui d'un chimiste hautement concerné par cette problématique, proposent des pistes de réflexion, tant sur l'origine des difficultés que sur la nécessaire évolution des pratiques. Leurs opinions sont à notre avis à prendre au sérieux.

Que peut-on espérer de ce numéro qui paraît alors que l'Année internationale de la chimie est déjà bien avancée ? Nous permet-il de prendre du recul par rapport aux nombreuses actions de communication qui ont été conduites en France ? Nous avons certes beaucoup vulgarisé, mais avons-nous réellement communiqué ? Ce serait un grand pas pour la chimie si nous réussissions à alimenter le débat entre l'ensemble de la société et la communauté des chimistes. Mais vouloir dialoguer avec nos concitoyens implique peut-être que nous puissions dialoguer entre nous ? À moins qu'un élargissement des confrontations soit le meilleur moyen pour avancer ?

**Andrée Marquet et Bernard Sillion**  
Coordinateurs du numéro

\*[www.maisondelachimie.asso.fr/chimiesociete](http://www.maisondelachimie.asso.fr/chimiesociete)

Une **journée de rencontre** impliquant des participants à la consultation aura lieu **le 7 décembre** prochain à la **Maison de la Chimie** à Paris, dans le but d'élargir et d'approfondir ce débat.

# Points de vue de chercheurs

Jacques Livage

**P**ourquoi est-on chimiste et quelle est la place du chimiste dans la société ? C'est à ces questions qu'ont essayé de répondre quelques collègues universitaires. Science de la création, la chimie permet de comprendre le monde qui nous entoure et de participer à son développement. Engagé dans la vie scientifique et sociale, le chimiste crée les molécules et les matériaux dont le monde de demain sera fait !

*Cet article est le fruit d'une concertation avec Marc Fontecave, Jacques Lucas, Andrée Marquet, Bernard Sillion et Michel Verdaguer.*

## Pourquoi la chimie ?

Choisir de consacrer sa vie à la chimie n'est pas un choix évident. Cette discipline, fort peu enseignée dans les collèges et lycées, apparaît souvent comme secondaire. Pour certains, les « leçons de choses » de l'école primaire ont éveillé leur curiosité pour le monde qui nous entoure. D'autres ont eu la chance d'avoir un enseignant dont la fougue et les qualités pédagogiques leur ont insufflé l'amour de la chimie. Cela n'est malheureusement pas fréquent et l'orientation de la plupart de nos collègues vers la chimie a souvent été le fruit d'une évolution progressive plutôt qu'un choix affirmé *a priori*.

Pourtant, une fois engagés dans cette voie, peu de chimistes regrettent leur choix et la chimie devient vite pour eux une passion.

Comprendre le comportement de la matière, comment elle se forme et se transforme. La science chimique permet

de décrire la composition de la matière inerte et vivante et contribue à en expliquer le fonctionnement. L'apparition de la vie sur Terre s'est faite *via* des processus chimiques. L'association d'atomes, la formation puis l'interaction de molécules simples a progressivement conduit à des édifices de plus en plus complexes qui ont donné naissance à la vie. Comprendre ce cheminement, voire même être capable de le reproduire est l'un des défis de la chimie du XXI<sup>e</sup> siècle !

Créer de nouvelles molécules ou de nouveaux matériaux qui n'existaient pas jusque-là ou qui présentent des propriétés inattendues est sans conteste un puissant moteur pour des chercheurs curieux d'explorer le monde et motivés par le souci d'acquérir

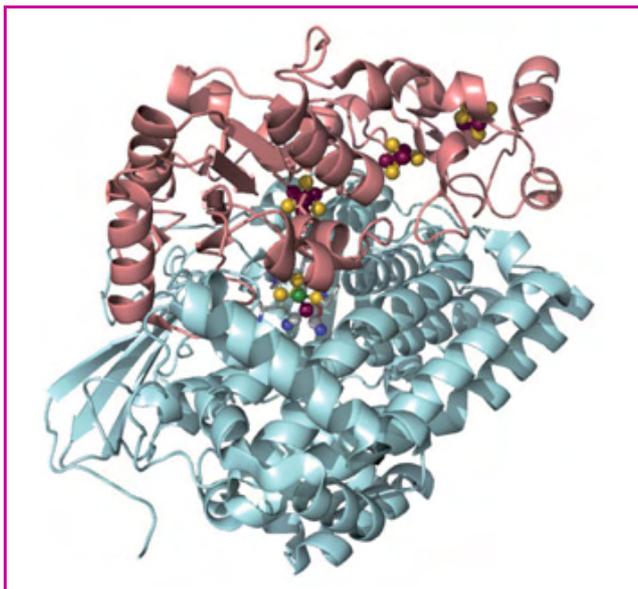
de nouvelles connaissances et de proposer de nouvelles applications issues de leurs recherches. La chimie est la science de la création, comparable en cela de la démarche artistique, à mi-chemin entre le rationnel et l'intuitif. Elle nécessite un esprit curieux, ouvert à l'imprévu, voire même à l'incongru. On ne crée pas en suivant le troupeau !

Ces deux démarches, comprendre et créer, marquent l'histoire de la chimie qui, pendant des siècles, a été une science de l'analyse. Comprendre comment est faite la matière en l'analysant jusque dans sa structure la plus intime a conduit à la découverte des éléments du tableau périodique qui remplacèrent les quatre éléments d'Aristote (l'eau, la terre, l'air et le feu). La mise en évidence, par Lavoisier, du rôle de l'oxygène lors de la combustion a mis fin à la théorie du « phlogistique », une forme particulière du feu, fixée dans la matière, et qui s'en échapperait lors de la combustion.

C'est au XIX<sup>e</sup> siècle que la chimie se développe véritablement comme une science créative. La synthèse de l'urée par Wöhler en 1828, puis celle de l'acétylène par Marcellin Berthelot en 1862, montrèrent que l'on n'avait pas besoin d'invoquer la « force vitale » pour élaborer un composé organique. Des progrès gigantesques ont été réalisés avec la synthèse de molécules aussi complexes que la vitamine B12 dans les années 1970, suivies par beaucoup d'autres depuis.

Aujourd'hui, la chimie supramoléculaire ne s'intéresse pas seulement à ce qui se passe au sein des molécules, mais à ce qui se trame entre elles. Elle permet de comprendre et de contrôler la façon dont les molécules interagissent les unes avec les autres. Ces processus d'auto-organisation conduisent à la génération de nanostructures de plus en plus complexes, de la matière divisée à la matière condensée puis organisée, vivante et pensante.

**Être chimiste,  
c'est comprendre et créer !**



Être chimiste, c'est comprendre : la chimie a permis de résoudre la structure de l'hydrogénase. Le site actif où se produit la réaction est un site binucléaire Ni-Fe.

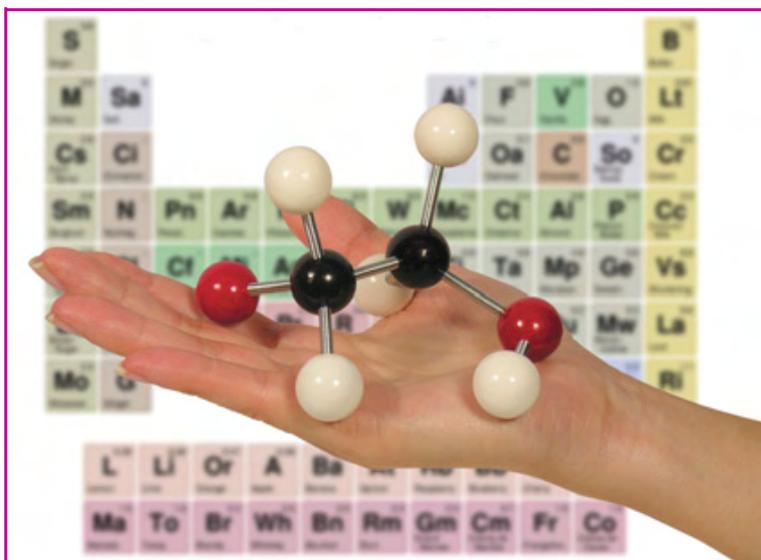
En vert : Ni, violet : Fe, jaune : S, bleu : CN. Illustration aimablement fournie par Marc Fontecave, DR.

La chimie a cela d'unique qu'elle s'est donné un langage universel, pratiqué et compris à travers la planète par toutes les disciplines. Ceci permet une « écriture » et une « lecture » de la matière dont nous sommes faits, de celle qui nous entoure, de celle enfin qui est possible. Ce langage s'appuie sur un alphabet original, celui de la classification périodique proposée en 1869 par le chimiste russe Mendeleïev, et une écriture simple proposée par le chimiste suédois Berzelius. Ce langage unifie les sciences biologiques et les lie aux sciences physiques. Si aujourd'hui le vivant peut être compris en termes rationnels, c'est en grande partie, et on l'oublie trop souvent, parce qu'il est exprimé dans le langage de la chimie.

La chimie offre donc un angle particulièrement pertinent pour comprendre le monde qui nous entoure et pour le modifier, directement ou à travers l'invention de nouvelles molécules et de matériaux originaux. Elle nous conduit à intervenir dans les disciplines voisines telles que la physique des matériaux ou la biologie. La distance avec l'application n'est jamais très grande et la perspective d'offrir à la société un nouveau médicament, agent de diagnostic, polymère ou catalyseur est enthousiasmante.

## Chimie contre biologique ?

De nos jours, beaucoup de gens opposent « chimique » et « naturel », ou « chimie » et « bio ». On se méfie de tout ce qui est chimique tandis que l'épithète « bio » nous assure un avenir sans nuage. Ceci n'a à notre avis aucun sens. Les organismes biologiques, bien que fort complexes, ne sont que des systèmes chimiques. Comme le soulignait Georges Whitesides : « *The nature of the cell is an entirely molecular problem.* » L'importance de l'approche chimique « réductionniste » dans l'étude du vivant, à un moment de l'histoire des sciences de la vie où sont privilégiées les approches systémique et intégrative au détriment des approches moléculaires, a pour effet de compliquer l'interface chimie/biologie. Il existe une certaine tendance, que l'on pourrait qualifier de vitalisme modernisé, à penser qu'il y a quelque chose de particulier dans le « vivant » qui ne pourrait s'expliquer par les sciences physiques et chimiques. On reviendrait ainsi à la force vitale du



La chimie « s'écrit » et « se lit » grâce à un alphabet original, celui de la classification périodique proposée en 1869 par Mendeleïev.

© Stephen Coburn-Fotolia.com.

XVIII<sup>e</sup> siècle, ce qui aurait un effet déplorable sur la société et sa perception de la science.

Pour le chimiste, la nature n'est pas un concurrent, voire un adversaire : c'est un partenaire dont il tente de valoriser les produits. Le chimiste ne travaille qu'avec les produits fournis par la nature. Comme le disait Léonard de Vinci : « *Quand la nature finit de produire ses propres espèces, l'homme avec les choses naturelles et l'aide de cette nature, commence à créer une infinité d'espèces* ». Cela pourrait être une bonne définition du chimiste ! Ce sont les transformations chimiques que l'équipe de Gif-sur-Yvette, autour de Pierre Potier, a fait « subir » aux alcaloïdes de la pervenche ou aux extraits de feuilles de l'if qui ont conduit respectivement à la Navelbine<sup>®</sup> et au Taxotère<sup>®</sup>, deux antitumoraux qui ont fait avancer la lutte contre le cancer. Le caoutchouc naturel ne serait-il pas resté une curiosité parfaitement inutile si la chimie ne s'en était mêlée avec la vulcanisation, puis avec l'introduction de polybutadiène, et plus récemment de silice nanométrique pour produire un « pneu vert » qui permet d'économiser l'essence ?

La nature est aussi une formidable source d'inspiration. Comprendre comment elle arrive à élaborer des objets aussi merveilleux qu'une nacre, une molécule d'ADN ou une cellule vivante est un enjeu enthousiasmant. Et, à partir de là, imaginer de nouveaux objets utiles à l'humanité est un défi permanent.

## Le chimiste dans la société

La recherche scientifique est un métier magnifique. C'est à la fois une aventure personnelle qui nous fait découvrir des mondes inconnus et celle de toute l'humanité qui marche vers son avenir. Nous occupons une position privilégiée au sein de la société. Nous lui sommes donc redevables et nous devons la faire bénéficier de nos découvertes en imaginant de nouveaux produits, en suscitant la création d'entreprises innovantes et en intensifiant la communication vers le public.

La chimie, science de la création, permet d'élaborer des objets nouveaux, inconnus auparavant et dont les propriétés peuvent être exceptionnelles. Ils peuvent parfois conduire à des produits nouveaux utiles au développement de l'humanité. Les produits issus de notre imagination ne doivent pas rester de simples curiosités de laboratoire. Il faut qu'ils soient utiles à la société et conduisent à des innovations. Pour cela, le chimiste doit bien sûr être à l'écoute de la société. La réponse aux grands enjeux sociétaux (santé, développement durable, énergie...) relève de plus en plus de la science et les citoyens attendent les réponses que les chercheurs peuvent proposer. Il est absolument nécessaire que le scientifique s'ouvre beaucoup plus à ces problématiques ; fini le « savant Cosinus », libre et pauvre, dans sa tour d'ivoire ! Il y trouvera indéniablement des sources de questions fondamentales en grand nombre.

Il faut aussi que les chimistes développent la communication vers un public très demandeur d'informations scientifiques. Cette confrontation directe est indispensable pour que le message chimique soit vrai, et non pas transformé par les médias et certains groupes de pression idéologiques, politiques ou économiques. Ceci suppose une ouverture d'esprit et une réceptivité aux arguments de nos contradicteurs, qui sont nombreux. C'est une nécessité « démocratique » pour que le citoyen dispose des éléments nécessaires afin de faire son propre choix dans des domaines tels que le nucléaire, les nanomatériaux ou les médicaments, pour s'en tenir à des polémiques récentes du débat public.



La nature, un partenaire pour le chimiste : les diatomées offrent un bon exemple de nanomatériaux (coques de silice) élaborés par le vivant dans des conditions de chimie douce et conduisent au développement des matériaux bio-inspirés. Photos : Pascal Lopez, DR.

## De la création à l'application : les relations recherche/industrie

La chimie est une science appliquée par excellence. C'est aussi une industrie qui, en France, second secteur après l'automobile, représente une centaine de milliards d'euros de chiffre d'affaires pour plus d'un millier d'entreprises et 250 000 salariés, ce qui nous situe au second rang en Europe et au cinquième dans le monde.

Science de la synthèse de molécules et de matériaux nouveaux, la chimie élargit presque sans limite le monde matériel dans lequel nous vivons. Elle le façonne et peut répondre aux besoins de la société en élaborant des produits qui permettent d'améliorer notre santé, de lutter contre la pollution ou de développer de nouvelles sources d'énergie. Le chimiste est au cœur de tous ces problèmes auxquels il se doit d'apporter des solutions. Elles sont multiples tant le potentiel de transformation chimique de la matière est varié.

Mais tout cela ne sera possible que si le chimiste garde un esprit d'entreprise, soucieux de développer ou de faire développer les produits issus de son imagination. Nous devons développer un esprit d'entrepreneur et renforcer nos relations avec l'industrie. Ceci est d'autant plus important qu'en chimie, la frontière entre recherche fondamentale et applications est très mince. Dans notre domaine, il n'y a pas de recherche appliquée, il n'y a que des applications de la recherche. La recherche purement finalisée n'a jamais rien donné de bien nouveau. Elle ne permet guère que d'améliorer l'existant. Les grandes découvertes et les applications qui en découlent sont essentiellement venues de projets non finalisés, initiés par des chercheurs dans leurs laboratoires. Entre ces deux pôles, il faut trouver le juste milieu, ce qui n'est pas toujours évident.

La chimie est à la fois une discipline scientifique et une industrie. Les relations entre ces deux pôles sont indispen-

sables mais malheureusement insuffisantes. *Indispensables* pour deux raisons. D'abord, parce que les questions que pose l'industrie, même les plus triviales, ont toujours des implications fondamentales dignes d'intérêt. Par ailleurs, il est important que les problématiques initiées *de novo* par les chimistes dits académiques puissent être « validées » par ceux qui connaissent les contraintes de l'application. Beaucoup trop de recherches dans le système public, avec soit disant des applications potentielles, sont en réalité traitées de façon inadéquate par manque de confrontation avec les réalités industrielles. *Insuffisantes*, essentiellement parce qu'un grand nombre d'entreprises ont jugé qu'il valait mieux traiter les sujets en interne plutôt qu'en partenariat avec des laboratoires publics. C'est une erreur pour tout le monde. Également, et ceci est spécifiquement français, à cause de la méconnaissance persistante que les industriels ont du monde académique et réciproquement. Le manque de confiance qui en résulte soulève à nouveau la question du statut de la thèse par rapport au titre d'ingénieur. La thèse n'a pas, dans notre pays, la valeur qu'elle mérite et qu'elle a dans les autres pays développés. Les cadres de l'industrie viennent essentiellement des « grandes écoles » ; ils ont souvent été insuffisamment confrontés à la recherche universitaire. Il y a souvent un décalage entre le rythme de la recherche fondamentale et celui de la recherche industrielle. L'approfondissement d'un sujet industriel, souvent nécessaire si on veut bien le résoudre, n'a pas la même constante de temps que la satisfaction immédiate du besoin industriel, lié à une contrainte économique ou à la concurrence. Marcher d'un même pas nécessiterait davantage de moyens côté académique et moins de pression côté industriel.

L'avenir de la chimie nécessite de trouver les acteurs institutionnels qui permettent aux découvertes de sortir des laboratoires. Ce travail n'est plus du ressort de l'industrie, qui a assez de mal à se battre sur le terrain de la production et du commerce. Il faut inventer et trouver de nouveaux outils publics pour gérer ce que l'on nomme le transfert, l'incubation ou plus généralement l'innovation. Le système américain SBIR (« small business innovative research ») nous offre un exemple de ce qu'il serait souhaitable de faire. Ce programme est destiné à soutenir l'innovation dans les PME/PMI sous forme de subventions obtenues en réponse aux appels d'offre proposés par les principales agences de recherche fédérales (défense, santé, énergie, National Science Foundation – NSF...).

## Quel avenir pour la chimie ?

La chimie joue un rôle central tant par sa place au sein des sciences de la nature que par son importance économique et son omniprésence dans notre vie quotidienne. Elle contribue de façon déterminante aux besoins de l'humanité en eau, nourriture, médicaments, vêtements et habitat, en énergie et matières premières, en transports et communications. C'est donc aux interfaces entre la chimie, la biologie, la physique, les sciences de la Terre et la société que s'ouvrent les voies d'avenir les plus riches. Cela lui donne la possibilité d'intervenir de façon pertinente et originale sur pratiquement tous les grands défis de l'humanité du XXI<sup>e</sup> siècle (alimentation, énergie, santé, environnement, etc.). En effet, si aujourd'hui les disciplines sont devenues essentiellement interdépendantes, la chimie est probablement celle qui a le plus souvent et le plus profondément multiplié ses incursions chez les autres – sciences de la vie et de la santé, physique et matériaux, sciences pour l'ingénieur, sciences de la Terre et de

l'environnement. Le développement de ces interfaces constitue sans nul doute l'un des enjeux les plus importants de la science contemporaine. La chimie se trouve parfois écartelée au sein de ces domaines interdisciplinaires, mais cela lui permet d'ouvrir de nouveaux horizons et d'enrichir ses champs d'applications. Son visage a beaucoup changé au cours des dernières décennies. Les anciennes barrières entre chimie minérale et chimie organique disparaissent pour faire place à des thèmes plus larges tels que « moléculaire », « matériaux » ou « matière molle », ouverts vers les disciplines voisines que sont la physique et la biologie.

Nos sociétés se trouvent confrontées à de nombreux enjeux tels que l'énergie, la santé, l'environnement ou l'alimentation de plusieurs milliards d'êtres humains. La chimie d'avenir sera celle qui abordera de front ces questions sociétales en répondant aux problèmes fondamentaux qu'elles soulèvent et en développant les molécules et les matériaux imaginés par le chimiste. La construction d'une société durable, dans laquelle les hommes sauront enfin satisfaire leurs besoins sans compromettre l'avenir des générations futures, demandera à la science de trouver des stratégies innovantes, propres, économiques, efficaces et surtout durables pour la production de médicaments, de matériaux, de carburants et d'électricité. Il est évident que la chimie, celle qu'on nomme désormais « verte », jouera un rôle majeur dans le développement d'une science toujours plus consciente de ses responsabilités sociales. Elle traduira dans

des procédés de synthèse nouveaux son souci d'utiliser sans les gâcher les ressources fossiles, de rechercher des matières premières renouvelables, de tenir compte de la toxicité potentielle des solvants, produits et réactifs, de limiter enfin les déchets et les dépenses d'énergie.

Il y a urgence à développer des domaines tels que la toxicologie. La compréhension à l'échelle moléculaire de l'impact d'un produit chimique sur un organisme vivant complexe constitue un passionnant défi pour le chimiste. Il doit s'attacher à établir cette relation structure chimique/toxicité qui permettra non seulement d'éviter l'introduction dans notre environnement de substances toxiques, mais également de valider, dans les cas favorables, l'exploitation de composés nouveaux, devenue de plus en plus difficile.

Notre futur se construira autour des molécules et des matériaux inventés dans les laboratoires de chimie.



**Jacques Livage**

est professeur honoraire au Collège de France\* et membre de l'Académie des sciences.

\* Chimie de la Matière condensée, Collège de France, 11 place Marcelin Berthelot, F-75231 Paris Cedex 05.  
Courriel : jacques.livage@upmc.fr

**PHIL Le chimiste**

**Et le chou multicolore...**

Les chimistes utilisent généralement un papier jaune un peu magique, le papier pH, qui change de couleur en fonction de l'acidité.

Le chou rouge, comme de nombreux fleurs, contient des anthocyanes qui lui donnent cette jolie couleur violette...

Bonjour à tous ! Aujourd'hui, je vais vous montrer comment déterminer un pH, acide ou basique, d'une solution.

...Mais la couleur de ce pigment dépend du pH et si on arrive à extraire cette jolie molécule, on aura alors un indicateur coloré 100 % naturel.

Tous d'abord commençons par couper un chou en deux puis en petites lamelles.

Mettre ensuite les lamelles dans une casserole et recouvrir les d'eau.

Chauffons ensuite à ébullition en remuant de temps en temps. Nous devons laisser bouillir 15 à 20 minutes.

Séparons maintenant le chou de son jus de cuisson en prenant une cafetière et un filtre à café... ou une passoire.

On obtient une superbe solution bleue ! et le chou est devenu tout bleu-gris.

« Arrrr !... Il ne sert pas très bon ce café ! »

Remplissons maintenant quelques tubes à essais de cette jolie solution bleue.

Ajoutons maintenant :

- Dans le 1<sup>er</sup> tube un peu de jus de citron.
- Dans le 2<sup>ème</sup> un peu de vinaigre blanc.
- Dans le 3<sup>ème</sup> de l'eau déminéralisée.
- Dans le 4<sup>ème</sup> du savon.
- Dans le 5<sup>ème</sup> de la soude...

Eeeehh ! La couleur bleue a disparu !!

La couleur rouge indique un pH acide comme dans le cas du citron et du vinaigre, la coloration bleue indique un pH neutre, comme dans le cas de l'eau déminéralisée et la coloration jaune rend compte d'un pH basique comme dans le cas de la soude.

Vous reprendrez bien un jus de chou avec un peu d'anthocyanes ?

Grâce à cet indicateur naturel, on peut ainsi déterminer l'acidité de nombreux produits.

Couleur du tube (1) Couleur du tube (2) Couleur du tube (4) Couleur du tube (5)

A bientôt pour de nouvelles aventures...

Chimie et Société

www.maisondelachimie.asso.fr/chimiesociete

© Bruno Maseon (bruno.maseon@educagri.fr) et Claude Gros (Claude.Gros@u-bourgogne.fr)

# Points de vue d'enseignants

## L'enseignement en chimie dans les collèges et lycées français

Marie-Claire Seigneuret et Joël Casper

Cet article présente le témoignage de deux enseignants du secondaire. Il rapporte leurs expériences et leur ressenti. On peut imaginer que des expériences différentes puissent être faites dans d'autres établissements ou filières. Si d'autres enseignants pensent devoir apporter des compléments ou présenter d'autres points de vue, ils seront les bienvenus dans nos colonnes.

### Résumé

De l'alchimie égyptienne aux sciences du XXI<sup>e</sup> siècle, la perception de la chimie et son enseignement ont bien changé, surtout depuis ces trente dernières années. La chimie et sa perception dans la vie quotidienne évoluent. À l'école, cette science participe de plus en plus à la formation et à l'éducation citoyennes. Les mentalités et les visions des élèves et du public en général se modifient, quittant l'aspect scolaire d'avant 1980 pour se tourner vers la chimie du quotidien. L'appropriation par l'expérience se conjugue avec un enseignement plus moderne, bien que limité par les contraintes liés aux coûts impliqués et au cadre de la classe. L'impact des réformes de l'enseignement de la chimie atteint aussi les médias et tend à rendre à la chimie sa place dans le monde et l'environnement.

Le mot chimie dérive d'alchimie, lui-même issu du mot arabe *al kemi*. L'alchimie, avant de devenir la quête de la pierre philosophale, a pris son origine dans les savoirs du bord du Nil, puis a atteint le monde musulman via la Grèce et Byzance. Littéralement, la chimie (*kemia*) est, chez les Égyptiens, l'art de la Terre et le savoir de la Terre. Pour les Hellénistes, *khemeia* est la magie noire qui inclut l'art des poisons minéraux, et *khumeia* signifie « mélange de liquides ». L'étymologie, même discutée, présente ainsi la chimie comme la science de la nature.

Les chimistes, comme les professeurs, ont souvent présent à l'esprit cet aspect historico-étymologique qui montre l'évolution de la pensée, illustre ce qui sépare la science elle-même de l'image véhiculée par les médias, et confirme l'importance de la chimie dans le monde. Pour autant, sans oublier le passé, il nous faut considérer de nos jours la chimie comme la science qui étudie l'évolution des systèmes (naturels ou artificiels) lors des modifications profondes de la matière (hors transformations nucléaires et donc transmutations).

Après une rapide analyse de la perception de la chimie, nous allons voir comment vers les années 1980, son enseignement, par un renforcement de l'aspect expérimental, lié aussi à l'arrivée de nouvelles technologies, a évolué vers la chimie du quotidien, ce qui a modifié le ressenti de la chimie et sa place dans l'école.

### La chimie et sa perception

Pour tout un chacun, la chimie reste à l'origine de l'industrie chimique lourde, de la pharmacie et de la médecine, voire de la production agroalimentaire, mais elle est plus rarement associée spontanément à la gastronomie par exemple. Par ailleurs, elle apparaît de plus en plus intimement liée à l'environnement et se retrouve trop souvent affublée des attributs de la pollution.

Quant aux élèves (pour ne pas se restreindre seulement aux écoliers, aux lycéens ou aux étudiants), ils gardent souvent de la chimie, entre autres matières étudiées, une vision essentiellement scolaire et disciplinaire, peut-être « trop axée sur les notions évaluées et très liées à l'écriture d'équations et de formules ». Il est vrai que pour nombre d'entre eux, les notes obtenues sont déterminantes pour leur orientation et leur devenir, voire leur avenir ; ce ressenti est d'autant plus fort dans les établissements où les professions et catégories socioprofessionnelles supérieures sont plus largement représentées.

### La chimie scolaire d'avant 1980

Pendant de longues années, la chimie abordée dans l'enseignement secondaire est restée limitée à l'exposé de monographies – étude par élément ou par composé ou famille de composés. Certes l'aspect expérimental a toujours constitué une composante essentielle de l'enseignement ainsi dispensé, et ce recours à la pratique et au concret s'est inmanquablement avéré positif, rendant plus palpable une stœchiométrie parfois difficile à appréhender. Cette culture scientifique, ainsi présentée et développée lors des séances de travaux pratiques ou dans la présentation d'expériences de cours, permettait, dès lors qu'elle était acquise, au moins de maîtriser la sécurité de façon un peu plus efficace et de mieux comprendre tant les coups de mains que les recettes ancestrales transmises de génération en génération. On pouvait voir là le prolongement des leçons de choses dispensées par l'instituteur de l'école primaire.

### Un enseignement tourné vers la chimie du quotidien

Désormais, l'enseignement des sciences, et donc de la chimie, ne se limite plus à une simple transmission de contenus. Il se doit d'illustrer à travers chaque séquence comment

la science interroge la nature. Par exemple, à des fins alimentaires, cosmétologiques ou décoratives, les hommes se sont toujours tournés vers les composants de la nature, plantes, animaux ou roches. Ainsi se sont-ils livrés depuis la nuit des temps à des extractions dont la qualité et la reproductibilité ont évolué, en fonction des progrès et des performances rendus possibles par les plus récentes techniques et la recherche de nouvelles substances. Ce n'est pas pour autant que les pratiques les plus anciennes sont abandonnées face aux utilisations de solvants organiques modernes ou aux synthèses.

Parallèlement, les élèves se montrent le plus souvent intéressés par l'aspect historique des sciences et l'évolution tant de la pensée que des techniques. Par exemple, ils restent très sensibles à la description de l'enfleurage, qui permet d'accéder facilement à des graisses ou huiles parfumées. Ils expriment de même leur curiosité pour la macération qui, suivie de la décantation, était utilisée originellement pour la seule production de l'eau de rose (très appréciée à l'heure où la Cour séjournait au château de Versailles) alors qu'on rejetait les huiles essentielles (dont chacun de nous sait qu'elles sont à l'origine de l'industrie des parfums).

Il est vrai que les recherches en médecine, en pharmacie ou en cosmétique ont beaucoup fait changer le regard sur les techniques, sur les substrats et les substances mis en œuvre, pour se tourner vers ce qui est plus naturel ou, à une certaine période, pour éviter les produits dérivés des animaux soupçonnés d'être à l'origine de maladies transmissibles – ainsi de nos jours, on trouve de plus en plus de gélatines végétales.

Les protocoles expérimentaux mis en place sont désormais de plus en plus conçus pour conforter des réponses obtenues, le but étant d'apprendre aux élèves à se former une opinion argumentée, à imaginer des démarches et raisonnements pour tester, défendre et valider une hypothèse. Par exemple, la différence entre les produits naturels et les produits de synthèse est un moment fort dans une classe où les consommateurs, actuels ou futurs, expriment assez librement et très spontanément leurs interrogations (éponge naturelle ou de synthèse, vanille et vanilline, caoutchouc naturel et caoutchouc styrène-butadiène – SBR). L'impossibilité de synthétiser certains produits (essence de muguet) les interpelle aussi, tout comme les substances qui n'existent pas à l'état naturel (Doliprane<sup>®</sup>, PVC...), ou celles qui sont dérivées de substances naturelles (aspirine...).

Si la formation scientifique est souvent évoquée au collège et au lycée, il s'avère qu'elle se doit de commencer dès le plus jeune âge pour être effective. Les élèves en contact avec les sciences dès l'école primaire ou par leur environnement social se montrent ensuite les plus passionnés. Les apprentissages liés aux activités de « La main à la pâte » à l'école élémentaire ont pour suite la chimie et la physique enseignées au collège, puis au lycée. Hélas, l'absence d'enseignement de physique et chimie en classe de sixième actuellement crée une rupture dans la continuité, continuité qui construit et consolide les acquis. Malgré cela, il apparaît désormais que les programmes sont élaborés pour être des outils au service de l'acquisition et des développements des savoir-faire et des connaissances. Ainsi les professeurs de l'enseignement secondaire (de la cinquième à la terminale) sont amenés à traiter un programme imposé, pour un public très disparate qui change d'une année sur l'autre. C'est pourquoi ils prêtent une grande attention aux attentes des classes supérieures dans le choix de leurs progressions, mais sans toujours expliciter les stratégies développées et les enjeux des démarches adoptées. Les objectifs sont pourtant clairement définis : il s'agit de permettre aux élèves d'acquérir une

culture scientifique concrète, en relation avec les réalités quotidiennes et les problèmes contemporains, et de développer chez eux l'autonomie et l'esprit d'initiative, voire d'invention.

Pour aller au-delà de la transmission de savoirs, intégrer l'interrogation scientifique de la nature et valider les réponses obtenues, l'enseignement se doit d'apprendre aux élèves à se former une opinion argumentée, à oser défendre une hypothèse et à imaginer des protocoles pour la tester.

## L'appropriation par l'expérience

Parmi les méthodes d'enseignement mises en jeu, la démarche d'investigation [1], déjà mise en place au collège depuis quelques années, se présente comme une nouveauté au lycée. Le questionnement des élèves sur le monde réel est le point de départ d'un déroulement qui conduit à l'acquisition de connaissances, de compétences méthodologiques et à la mise au point de savoir-faire techniques. Par exemple, l'introduction de la chromatographie peut se faire à partir d'une intrigue liée à une écriture sur de vieux parchemins dont on veut connaître les origines en analysant les constituants des encres. L'oxydoréduction peut être la réponse à l'explication des messages transmis par une encre invisible. Les recettes des œufs à la coque ou des œufs durs peuvent conduire aux changements d'états de l'eau, aux conditions de température et de pression liées à ces changements d'états, mais aussi à l'aspect cinétique de la transformation des protéines. Les propriétés physico-chimiques telles que la densité, la masse volumique ou l'indice de réfraction sont facilement rattachées aux composés chimiques (une cannette de boisson « light » flotte à la surface de l'eau, alors que son homologue sucré coule, et le réfractomètre permet de doser les sucres dans les boissons [2]...).

Ainsi l'expérience ou l'actualité constitue la première étape, destinée à solliciter la curiosité des élèves et à révéler une situation-problème, problème qu'ils doivent s'approprier. Viennent ensuite des phases, plus difficiles à mettre en place, où les élèves proposent des représentations, élaborent des propositions. C'est alors que la discussion permet d'avancer vers l'opérationnalisation des connaissances. Ce cheminement représente un travail conséquent et une mise en place raisonnée, alliée aussi à une bonne gestion de la sécurité et des activités expérimentales, car l'expérience est toujours aussi attendue que plébiscitée par les élèves, et encore plus en chimie qu'en physique selon ce que nous avons pu observer. Pour convaincre de l'existence des phénomènes et permettre l'organisation progressive des connaissances des élèves, le professeur s'appuie sur des expériences directes et garde toujours présent à l'esprit le souci de « remplacer de l'invisible compliqué par du visible simple ». Il n'est pas question de faire du spectaculaire ou du ludique, mais de rendre plus palpable à tous (compte tenu de l'augmentation de l'âge de la scolarité obligatoire) ce qui autrefois n'était accessible qu'à ceux qui avaient la chance de poursuivre des études. L'école n'a pas le rôle des médias, mais celui d'accompagner une classe d'âge vers le baccalauréat et au-delà, tout en apportant des éclaircissements sur ce qui est présenté de façon plus ou moins scientifique par voies de presse ou autre.

Hélas, la mise en œuvre du travail expérimental des élèves n'est pas toujours possible, d'autant qu'elle nécessite des moyens en rapport avec des effectifs réduits, dans des salles spécialisées. Ainsi le cours en classe entière existe-t-il encore, en fin de démarche d'investigation par exemple, sous une forme qui rappelle parfois le cours magistral. Mais l'expérience, cette fois-ci désignée par le terme d'expérience de

cours (ou de façon moins académique d'expérience collective), est encore là pour capter l'attention des élèves, les intriguer, les sensibiliser à la formulation écrite des connaissances, à la logique de la démarche scientifique. L'expérience permet de consolider le bien-fondé du modèle et sa validité, mais aussi d'initier la résolution d'exercices avant l'évaluation des acquis.

## Vers un enseignement plus moderne

Le tableau noir, puis vert et la craie ont fait place à des tableaux blancs, les photocopies aux photocopies, l'épiscopes et les diapositives au rétroprojecteur et à l'écran de la télévision. Les techniques de l'information et de la communication pour l'enseignement (TICE) se développent et permettent de varier les supports pour soutenir l'attention des élèves. Parmi ces techniques, on voit bien sûr les expériences assistées par ordinateur (EXAO) où les élèves, comme les professeurs de chimie, sont amenés à gérer tant la verrerie que l'ordinateur interfacé. Mais il faut aussi prendre en compte l'introduction du vidéoprojecteur, premier pas vers des outils complémentaires tels que le tableau numérique interactif (TNI) qui, associé à la caméra numérique et/ou à l'interface de mesures et au(x) tableur(s), devient un outil d'observation et d'analyse de l'expérience permettant d'en conserver la trace, de l'annoter, de la confronter aux schémas... (figure 1).

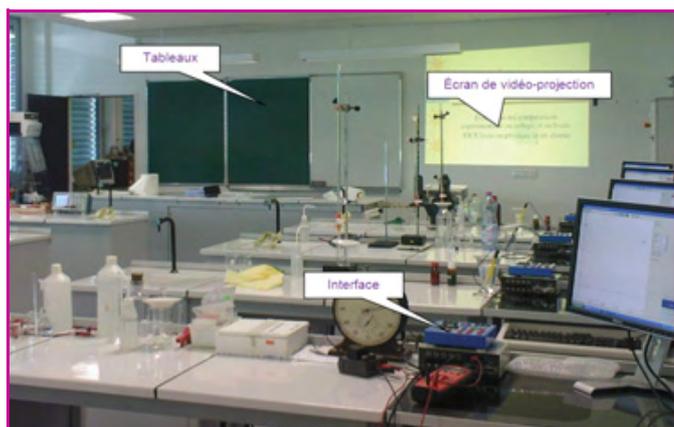


Figure 1 - Salle de travaux pratiques pour une séance au lycée utilisant les TICE.

Ces nouveaux éléments introduits dans l'enseignement de la chimie, comme dans les autres disciplines, n'écartent pas pour autant les professeurs de l'enseignement secondaire de la mission qui leur est confiée. Ils ressentent l'importance de la charge qui est la leur et l'impact de la discipline sur l'éducation des générations qu'ils accompagnent dans leur scolarité.

Il y a une vingtaine d'années, les réflexions et les innovations dans leur métier étaient surtout axées sur la chimie descriptive qui constituait l'essentiel de la formation qu'ils dispensaient. Progressivement s'est installée une volonté de mettre l'accent sur des aspects plus théoriques, permettant d'assurer une formation plus large. L'appel à l'histoire des sciences, domaine de plus en plus exploité par les professeurs de physique-chimie, complète l'exploitation de l'actualité (sans entrer tout de même trop en avant dans l'univers de la recherche), et aussi des différents domaines de la vie courante. Le propos est de développer l'esprit scientifique au travers d'une démarche plus autonome et plus citoyenne des élèves. Cette orientation se fait toujours au

travers de l'expérience, mais sollicite des méthodes et des technologies nouvelles. Elle affiche une volonté d'inciter les élèves à s'orienter vers des carrières scientifiques, mais aussi à utiliser davantage, et avec un esprit plus critique, toutes les sources d'informations, celles qui sont à leur disposition dans les centres de documentation et d'information (CDI) des établissements ou celles qui sont diffusées par les médias. Le travail du professeur de chimie est aussi de plus en plus tourné vers l'interdisciplinarité, ce qui par ailleurs est un point commun à l'enseignement dans toutes les disciplines. Sans doute la majorité des professeurs ressent-elle cette évolution, dictée par des programmes moins volumineux mais plus ambitieux, comme positive pour la formation des élèves. Toutefois, l'enseignement de la chimie, comme d'autres matières, semble plus difficile à gérer en respectant une plus grande autonomie des élèves qui, par ailleurs, sont souvent encore novices dans la recherche documentaire.

## Le ressenti de l'enseignement

L'appétence des élèves pour les sciences et la chimie en particulier est très variable. Elle est manifestement conditionnée par l'image véhiculée par la famille et devient rapidement liée au projet d'orientation. Certains élèves jugent de l'importance d'une discipline en fonction du temps qu'elle occupe dans leur emploi du temps, mais l'image de la science scolaire présente une forte adhérence à celle que donne le professeur selon son écoute, sa faculté de compréhension, les projets ou les manipulations qu'il propose, les justifications des mesures de sécurité qu'il met en œuvre... L'introduction de l'évaluation des capacités expérimentales en classe de terminale scientifique, évaluation généralisée par la suite à tous les niveaux par les professeurs en dehors de tout examen, a été bien perçue ; elle donne un influx supplémentaire aux sciences expérimentales et renforce l'adhésion des élèves.

Les jeunes générations, comme leurs parents sans doute, apprécient qu'on les éclaire sur les applications de la science dans leur vie quotidienne, et elles sont encore plus réceptives dès lors qu'elles s'approprient une situation-problème ou participent à l'élaboration d'une meilleure compréhension d'un événement, quand bien même serait-il une catastrophe dans l'industrie chimique ou pour l'environnement. La stœchiométrie ou les mémorisations de formules chimiques sont souvent mal perçues par les « chimistes débutants », mais incluses dans un protocole expérimental ou dans une réponse à une interrogation personnelle, elles sont plus facilement acceptées.

## La chimie et l'école

L'enseignement de la chimie est une composante de la culture scientifique et technologique que l'école se doit d'apporter dans l'ensemble des connaissances et des compétences, constituants de la formation des élèves. Par les programmes, les institutions définissent ce que l'on est en droit d'attendre du système éducatif. Mais l'apprentissage et la découverte de la chimie ne peuvent se faire que dans des salles qui lui sont dédiées : le laboratoire de l'établissement, laboratoire dont le coût est intimement lié à la mise en sécurité des biens et des personnes. L'installation de paillasse dans des salles de travaux pratiques est plus onéreuse que l'équipement d'une salle dite banalisée. Le classement de ces locaux en ateliers contraint à des normes de ventilation et d'aération plus drastiques que s'ils n'étaient voués qu'à l'accueil du public. Le stockage, même en flux quasi tendu,

des produits chimiques de toutes natures, nécessite une réserve entièrement équipée d'armoires ventilées, avec une ventilation spécifique et un accès sécurisé. La manipulation de ces mêmes produits doit se faire sous hotte ou sorbonne, et là aussi, l'entretien et le changement des filtres a un prix. Enfin, il ne faut pas oublier l'élimination et le recyclage des déchets. Au final, les conditions de travail devraient être assez voisines de celles rencontrées dans les laboratoires du domaine privé, même si à l'usage, la production étant réduite à des savoir-faire, les méthodes mises en jeu sembleraient bien triviales aux chimistes de laboratoire.



Figure 2 - Salle de travaux pratiques pour une séance au lycée.

Ainsi, ceux qui ne fréquentent pas le laboratoire de chimie considèrent-ils trop souvent que ce que l'on y fait est plutôt marginal, ce qui n'est pas sans effet sur la perception de la chimie et de son enseignement par le public : cette matière enseignée apparaît comme celle qui consomme une grande part du budget de l'établissement scolaire et qui est de plus, sans rien produire [3], aussi polluante qu'odorante !... Soyons justes : de nos jours, on ne retrouve plus le laboratoire seulement en se fiant à son odorat, et heureusement, mais cette idée est encore bien ancrée !

Cet aspect de l'école n'est pas sans effet sur la perception de la chimie et de son enseignement par le public qui ne comprend pas toujours coûts, précautions, sécurité et importance. La réelle vision est en effet le fruit des programmes et de leur mise en application, dans le respect des points obligés constituant les compétences attendues, exigibles ou en cours d'apprentissage et avec les moyens mis à disposition.

Quand tout est mis en place, le ressenti des élèves concerne et conditionne d'abord l'aspect anecdotique de l'enseignement de la chimie. C'est lui qui transparaît à l'heure où l'enfant rend compte du temps passé à l'école, de ce qu'il a vu, de ce qui l'a interpellé, et de ce qu'il a vécu dans le groupe classe. Il est assez rare qu'à ce stade, la famille ne perçoive autre chose que la blouse en coton à entretenir et l'intérêt manifesté par l'enfant ou suscité par le professeur.

Plus tard, quand la vie quotidienne s'émaille d'interrogations, les élèves élaborent au mieux des réponses étayées par la formation et les acquis de l'école. Le professeur n'est plus là pour aider son élève en sollicitant son sens critique, ses acquis scientifiques, et en orientant ses observations. Dans son travail, il a toujours espéré (et espère toujours) que la chimie enseignée permette de mieux comprendre et appréhender la vie et le monde environnant, industriel, artificiel ou naturel.

Somme toute, la chimie enseignée présente des aspects très évolutifs, mais à son importance naturelle dans le monde, elle ajoute une valeur non négligeable en rapport avec la

formation des esprits, que l'apprenant et l'enseignant soient encore en relation directe ou non.

## L'impact des réformes de l'enseignement de la chimie

L'enseignement de la chimie et des sciences en général a bien évolué, comme le monde environnant. Le rôle de l'école, impulsé par des programmes rénovés et des moyens nouveaux mis en œuvre, ne semble pas encore suffisamment bien perçu pour augmenter de façon satisfaisante et significative le nombre de vocations scientifiques. Il est vrai que les études scientifiques exigent une rigueur soutenue et que leurs aboutissements, pour beaucoup d'adolescents, semblent être bien lointains et nécessiter beaucoup de temps et d'efforts. Face à cela, l'évolution des techniques et du monde a donné aux élèves le goût et le plaisir de l'instantanéité prêt et disponible, facilement accessible (un clic ou l'effleurement d'une surface permettent tant de choses !) À l'heure du lycée, les élèves ont bien du mal à imaginer la vie d'étudiant. Ils perçoivent quelque peu la longueur des études mais ont des métiers et de la promotion sociale des images qui déterminent leur orientation. Ces images sont véhiculées par la presse, Internet, l'environnement social... Peut-être les carrières et la culture scientifiques n'ont-elles pas là une aura suffisante. C'est aussi pourquoi la tâche de l'éducation scolaire est lourde face aux médias où les sciences n'ont pas toujours la place qu'elles mériteraient et où la rigueur scientifique n'est pas toujours aussi présente que souhaitée. Dans ce contexte, la dernière réforme de l'enseignement au lycée met en place des horaires de sciences réduits (par exemple, en classe de première S, 3 h sont attribuées aux élèves pour la physique et la chimie, alors qu'ils bénéficiaient de 4 h 30 auparavant). Il faut espérer qu'avec cet allègement horaire, se développera une curiosité scientifique extrascolaire engendrée par l'enseignement. Alors, c'est avec encore plus de plaisir que les professeurs de sciences verront notamment arriver des séquences qui interpellent les élèves et sont de plus en plus souvent bien argumentées par des scientifiques de formation, documentés sur l'actualité. En vérité, on ne peut qu'espérer que ce soit là des signes d'aboutissements et de rendus de production de tous les efforts faits pour rendre à la chimie, comme à toutes les sciences expérimentales, l'importance et la juste renommée qui justifient sa place dans la nature, l'environnement et le monde d'aujourd'hui.

## Notes

- [1] La démarche d'investigation est une méthode basée sur le questionnement des élèves ; voir l'article de Bataille X., Beauvineau E., Cheymol N., Mas V., Vigneron M., Un TP de chimie analytique en séquence d'investigation, *L'Act. Chim.*, **2009**, 333, p. 42.
- [2] L'indice de réfraction d'une radiation lumineuse dépend de la concentration de la solution en sucre.
- [3] Les savoirs et savoir-faire acquis ou non ne se négocient pas à l'école mais ont un impact *via* le curriculum vitae !



M.-C. Seigneuret

**Marie-Claire Seigneuret** et **Joël Casper** sont professeurs de physique et chimie au lycée Édouard Branly de Nogent-sur-Marne\*.



J. Casper

\* Courriels : marie-claire.seigneuret@wanadoo.fr  
jcasper@orange.fr

# Point de vue d'un industriel

Gérard Guilpain et Minh-Thu Dinh-Audouin

**G**érard Guilpain, directeur du centre de recherche Rhône-Alpes d'Arkema, président de la Commission Innovation de l'Union des Industries Chimiques et président de l'UIC Rhône-Alpes, a accepté de nous rencontrer\* pour aborder la question des relations entre l'industrie chimique française et la société dans son ensemble : grand public, pouvoirs politiques, monde industriel, universitaire...

## L'industrie chimique et la société civile

### **L'Actualité Chimique : Quels sont les objectifs et les enjeux de la communication pour l'industrie chimique aujourd'hui ?**

Gérard Guilpain : Parmi les nombreux sujets qui préoccupent les entreprises de l'industrie chimique, le sujet de la communication vis-à-vis de la société civile est certainement le plus vaste. Il répond d'abord à un besoin du public. Si l'on se réfère pour les pays développés à la pyramide des besoins élaborée par Abraham Maslow en 1943 (figure 1), les besoins de sécurité de l'individu se positionnent juste après ses besoins physiologiques primaires (boire, manger, dormir, respirer). Depuis la Seconde Guerre mondiale, les exigences de sécurité ont beaucoup évolué dans les pays développés. Si l'activité économique et sociale de l'industrie vis-à-vis du travail est toujours un sujet, les impacts des activités humaines sur l'environnement et la santé, et la maîtrise des risques industriels font dorénavant partie des besoins d'information de la société civile. À ce titre, l'industrie chimique a comme objectif de faire connaître son activité. Elle doit expli-



Figure 1 - En 1943, le psychologue Abraham Maslow élabore une théorie sur la motivation humaine, en établissant une hiérarchie des besoins, que l'on peut représenter sous la forme d'une pyramide constituée de cinq niveaux principaux, et souvent utilisée dans la psychologie du travail. Selon Maslow, nous devrions rechercher d'abord à satisfaire chaque besoin d'un niveau donné avant de penser à ceux situés au niveau immédiatement supérieur de la pyramide.

quer qu'elle agit de façon responsable pour mettre au point et fabriquer des produits et des solutions pour demain, tout en offrant le niveau de sécurité attendu dans notre pays. Cette communication est complexe à plusieurs titres et donc à fort enjeu.

Tout d'abord, nos produits portent des noms compliqués et nos procédés de fabrication sont difficiles à expliquer, alors que par ailleurs, ils sont au cœur du quotidien de chacun d'entre nous. La chimie contribue à traiter l'eau pour la rendre potable ; elle permet de fabriquer des moyens de transport, de nous habiller, de nous soigner.

Ensuite, les technologies de l'information évoluent rapidement. Dans le domaine scientifique, le nombre de publications est en train d'exploser dans le monde, si bien que même pour un scientifique, il est difficile de se faire une bibliographie complètement structurée. Il faut donc des outils qui soient assez discriminants pour trouver des articles pertinents. Dans le domaine des médias, l'explosion de l'information est similaire, avec parallèlement à la presse écrite ou télévisée traditionnelle, une diffusion de l'information par Internet. Celle-ci peut être accessible avec ou sans analyse, et c'est à l'internaute de se faire son opinion. Il est important à ce titre de communiquer et d'informer au travers de ces nouveaux vecteurs de communication.

Enfin, lorsque l'on souhaite communiquer vis-à-vis d'un client, d'un marché, de riverains, nous avons affaire à un public bien identifié. Vous imaginez que ce que l'on appelle « société civile » est beaucoup plus complexe.

### **Quelles sont les difficultés actuelles de la communication pour les industriels ?**

Il y a une quinzaine d'années, nous avons peu ou pas l'habitude de communiquer avec le grand public. Notre industrie est une industrie très en amont dans la chaîne industrielle et assez loin de l'utilisateur final. Par ailleurs, si l'on parle de société civile, à qui s'adresse-t-on ? Aux élus, aux représentants de l'État, aux jeunes générations qui s'intéressent à un futur métier, aux diplômés et aux professionnels attirés par nos entreprises, aux utilisateurs de produits, aux ONG, aux détracteurs de notre industrie... ? Il faut avoir la capacité de dialoguer avec tous.

Parallèlement à la diffusion d'informations *via* les brochures et sites Internet, nous dialoguons avec les parties prenantes lors de débats, colloques, manifestations et réunions pour prendre en compte les préoccupations de nos concitoyens et aider à la compréhension de nos enjeux. Il faut également s'adapter aux nouvelles technologies de communication. Je voudrais ainsi mentionner une très belle

aventure qu'a constituée le Chemical World Tour pour cinq jeunes issus de formations différentes [1]. Ils ont été sponsorisés par l'UIC pour découvrir la chimie dans différents pays du monde. Tout au long de leur voyage, ils ont pu faire part de leurs impressions et de l'avancée de leur voyage sur la toile. Ce sont les internautes et notamment ceux des réseaux sociaux qui ont élu le meilleur reporter.

### **Comment est perçue l'industrie chimique par la société française ?**

Afin d'évaluer la perception de notre industrie par nos concitoyens, il importe de se comparer à la fois avec d'autres pays et par ailleurs de manière régulière au fil des années. Des enquêtes de ce type ont été menées par le CEFIC (voir l'article de Pierre Gervason p. 31). Les résultats les meilleurs sont obtenus en Allemagne (deux tiers d'image positive parmi les sondés). Cette perception positive est d'ailleurs croissante depuis une vingtaine d'années pour la première puissance industrielle chimique en Europe. L'image de l'industrie chimique en France, seconde à l'échelle européenne, ne recueille qu'un tiers d'appréciations positives. Nous nous situons derrière la Grande-Bretagne et devant la Hongrie. Les États généraux de l'industrie ont évoqué le déficit d'image de l'industrie française dans son ensemble. Paradoxalement, c'est le poids de l'industrie qui fait la puissance d'une Nation. Ainsi la Chine développe aujourd'hui une chimie forte pour accompagner le développement de son industrie en aval. En France, il y a nécessité pour la chimie de continuer à expliquer l'importance de son poids économique et social, de la réduction continue des risques de son activité et de ses produits, de son rôle clé en termes de pourvoyeuse de solutions vis-à-vis des défis du XXI<sup>e</sup> siècle (raréfaction des ressources et recyclage, changement climatique et développement des énergies renouvelables, véhicule électrique...).

### **Comment procède l'industrie chimique française pour communiquer ?**

Plutôt qu'évoquer des façons de procéder ou de diffuser de l'information que nous avons déjà mentionnées, il faut distinguer les initiatives ou engagements volontaires collectifs ou individuels des entreprises, par rapport à d'autres modes d'information imposés par la réglementation, et j'en citerai quelques exemples.

Les Olympiades de la chimie constituent une initiative que nous menons depuis de nombreuses années à l'UIC auprès du monde de l'éducation pour promouvoir notre discipline. Elles consistent à faire découvrir des activités d'entreprises et ensuite à faire concourir au stade régional puis national des lycéens de terminale qui le souhaitent et qui sont intéressés par la chimie, grâce au bénévolat d'enseignants de physique chimie.

Certaines sociétés ont adopté des démarches de proximité qui leur sont propres. Arkema s'est ainsi engagée depuis plusieurs années dans la démarche Terrains d'entente<sup>®</sup>. Cette approche novatrice consiste à ouvrir les sites industriels vers l'extérieur pour structurer et pérenniser les échanges avec les communautés avoisinantes. Elle permet de développer avec les riverains des rapports fondés sur la connaissance réciproque et la confiance pour être mieux connus, mieux compris, mieux perçus. Cette démarche s'appuie notamment sur la mesure des attentes et l'évolution des opinions des populations. Elle implique chacun des sites de l'entreprise dans des actions régulières d'information et de dialogue sur la nature de leurs activités, la maîtrise des risques et leurs objectifs de progrès.

Dans le domaine des risques industriels, l'industrie chimique a pris des engagements volontaires. Nous sommes engagés depuis 2007 avec le Ministère de l'Environnement et du Développement durable et le Bureau d'analyse des risques et pollutions industriels (BARPI, [2]) à communiquer sur tout incident perceptible par la population riveraine des sites, y compris en termes d'odeur, de bruit, de fumées. C'est ce que l'on appelle les « communiqués à chaud ». Ces communiqués sont diffusés dans un délai de moins de 24 h à la presse, aux mairies riveraines des sites, aux préfetures et aux directions régionales de l'environnement, de l'aménagement et du logement (DREAL). Ils ont pour objectif d'informer la population et de devancer tout questionnement sur l'activité des sites.

On peut également mentionner des engagements volontaires de l'industrie chimique qui peuvent être pris suite à des discussions ministérielles avec des représentants de l'industrie et de la société civile. Cela a été le cas pour le Grenelle de l'environnement où quatre engagements ont été pris sur dix ans (bilan carbone des activités et des procédés, 15 % d'utilisation de matières premières renouvelables d'ici 2017, 400 sites certifiés selon un référentiel environnemental, un dialogue permanent entre les industriels de la chimie et la société).

Enfin, il existe des communications à caractère réglementaire. On peut citer par exemple celui des comités locaux d'information et de concertation concernant tout bassin industriel comportant une ou plusieurs installations à risque classée Seveso. Ces comités ont pour mission d'améliorer l'information et la communication sur les risques technologiques, de débattre sur les moyens de les prévenir et de les réduire. L'industriel dialogue dans ce cadre avec des représentants de l'État et des collectivités territoriales, des riverains et des salariés.

### **Des difficultés de communication sont-elles spécifiques à la chimie et à une perception négative de cette discipline dans son ensemble ?**

Comme il a été rappelé lors de l'inauguration de l'Année internationale de la chimie à l'UNESCO, la chimie a une particularité qui lui est intrinsèque : c'est une science et une industrie. La chimie a ainsi la faculté de raisonner avec des symboles chimiques ou des formules de molécules, lesquels demeurent très abscons pour le grand public. Comme l'évoquait un représentant d'une ONG lors des seconds États généraux de la chimie organisés à Lyon en 2007 [3], il faut que les chimistes communiquent pour gagner en transparence et par ailleurs qu'ils évitent un discours d'ingénieur pour vulgariser au mieux leur discipline, leur activité. Pour un béotien de notre industrie, l'enjeu est de percevoir le lien entre l'activité de l'usine qui se trouve à côté de chez lui, et la chimie présente dans son quotidien.

Vous évoquiez une perception négative. L'image de la chimie, bien que défavorable, n'est pas si tranchée de façon majoritaire dans l'opinion. Si l'on se réfère à une enquête menée en France au dernier trimestre 2010 sur un échantillon de plus de 2 500 personnes, certes, la chimie engendre toujours des craintes. Il y a des termes anxiogènes auxquels on l'associe spontanément, comme « risque industriel », « danger des produits », « rejets dans l'environnement ». À ce titre, ce n'est pas contradictoire avec le fait que le risque zéro n'existe pas, notre responsabilité d'industriel par contre consistant à réduire et maîtriser les risques et à communiquer sur ces progrès. De plus, les deux tiers des personnes interrogées estiment que la majorité des produits chimiques d'origine naturelle sont moins dangereux que les substances chimiques. Les répondants reconnaissent aussi que l'opinion

publique n'est peut être pas totalement objective : deux tiers disent qu'elle se focalise sur les risques et non sur les bénéfices de cette industrie. Huit répondants sur dix reconnaissent qu'ils ne sont pas assez informés. Mais par ailleurs, l'ensemble des interviewés sait que la chimie joue un rôle important dans son quotidien, le tiers n'en imaginant pas l'ampleur. Il y a une méconnaissance des applications de la chimie, que ce soit dans l'habillement, le transport, la santé, l'alimentation, le logement, les télécommunications... Enfin, les sondés reconnaissent majoritairement que la chimie est un élément clé du panorama de l'économie française.

### **Le rôle de la chimie dans les développements technologiques n'est-il finalement pas assez clairement cerné par le grand public ?**

Il est difficile de dire que la chimie est dorénavant seule à l'origine du développement de nouvelles technologies, mais il est certain que ces innovations ne peuvent se développer sans notre discipline. Le cœur de notre métier, qui est celui de la science de la réaction et de la transformation, se trouve avant tout au niveau des procédés. Le grand public n'en perçoit pas l'ampleur. En dehors de ce sujet, la plupart des innovations sont issues de l'alliance de différentes disciplines (mécanique, physique...). On peut citer l'exemple des panneaux photovoltaïques. La chimie intervient au niveau des matériaux des cellules de conversion photovoltaïque de l'énergie solaire, de l'encapsulation de ces matériaux, du développement de nouveaux polymères destinés à concentrer l'énergie et à fabriquer le panneau. Paradoxalement, dans l'esprit de nos concitoyens, ce n'est vraisemblablement pas la chimie qui sera associée spontanément au développement de cette énergie. Par ailleurs, sans pour autant être technologiques, il existe très peu de produits identifiables comme issus de la chimie (comme l'eau de Javel).

### **N'y a-t-il pas une carence de l'enseignement de la chimie dans le secondaire pour montrer aux élèves l'importance de la chimie pour lever des verrous technologiques ?**

Je n'en suis pas certain. Néanmoins, indépendamment des programmes d'enseignement, il est nécessaire que nous fassions connaître les réalisations de nos sites au monde de l'éducation qui enseigne cette discipline. Chaque fois que nous avons accueilli des enseignants, des proviseurs de collège dans nos usines, nos centres de recherches, nos centres d'ingénierie, ces visites ont été appréciées et en particulier, la perception de nos installations, de nos métiers, en a été modifiée. Vis-à-vis du secondaire, en Rhône-Alpes par exemple, nous menons plus de 400 opérations par an de sensibilisation à notre activité dans les collèges. Ce sont des duos constitués d'un(e) professionnel(le) expérimenté(e) accompagné(e) d'un(e) élève ingénieur d'école de chimie qui transmettent leur passion.

### **Y a-t-il une difficulté à attirer les jeunes vers les métiers de la chimie ?**

Nos métiers sont divers ; il y a des chimistes dans nos entreprises, mais également des commerciaux, des comptables, des électriciens, des logisticiens, des spécialistes en hygiène-sécurité-environnement et nombre d'autres qui nécessitent des compétences et des formations. Si l'image est certes un facteur, l'attractivité pour des travaux en poste, la proximité géographique de l'entreprise, les compétences

requis pour occuper nos emplois qualifiés peuvent être des barrières pour notre industrie. C'est la raison pour laquelle nous nous appuyons, en plus du recrutement traditionnel, sur des centres de formation par alternance comme Interfora en Rhône-Alpes. Bien qu'elles soient méconnues, les grilles de salaires de la convention collective de la chimie constituent par contre un facteur d'attractivité.

### **Le rôle et les engagements de l'industrie chimique dans les défis mondiaux à venir ressortent-ils assez clairement ?**

Le développement durable est un sujet que les gens comprennent très bien. Ils intègrent le fait que face aux enjeux de la croissance démographique, avec neuf milliards d'habitants à l'horizon 2050, à la nécessaire maîtrise des ressources en eau potable, en alimentation, en médicaments, en énergie qui en découle, la chimie apportera des solutions. Vis-à-vis de ces défis mondiaux, les autorités ont également évolué sur la perception du rôle de la chimie dans l'innovation technologique du futur et de sa nécessaire compétitivité. L'Union européenne reconnaît dorénavant le caractère stratégique de l'industrie chimique. L'État français a également reconnu la filière « chimie et matériaux » comme un atout pour l'avenir industriel de notre pays, au même titre qu'une dizaine d'autres filières.

**Malgré une méconnaissance de ses applications, la chimie est reconnue comme un élément clé du panorama de l'économie française.**

### **Le grand public est-il assez informé des engagements de l'industrie chimique sur le sujet de l'hygiène-sécurité-environnement ?**

Il y a une méconnaissance des démarches de progrès engagées par l'industrie chimique pour limiter les risques. Nous avons une des accidentologies les plus faibles de l'industrie, ce qui est méconnu. Par contre, chaque fois qu'il y a un accident, il rejaillit sur notre industrie car il marque l'opinion quelle que soit l'entreprise concernée. Il n'est d'ailleurs pas acceptable que quiconque se retrouve accidenté du fait de nos activités. Le grand public ignore que la chimie française est une des plus réglementées au monde et qu'elle travaille sans relâche avec les autorités sur ce thème. Peu de répondants connaissent par exemple l'engagement des industriels depuis vingt ans dans le programme Responsible Care®. L'hygiène-sécurité-environnement constitue la priorité numéro un des industriels et un axe continu de progrès. Les visiteurs, les stagiaires, les employés présents sur nos sites ont cette perception.

### **Pourrait-on aussi dire que s'il y a rejet d'un produit, d'une technologie par le grand public, c'est un échec de l'industriel à le faire accepter ?**

Avant tout, l'acceptabilité est culturelle. Nous sommes dans un pays développé. Pourquoi l'Éthiopie a-t-elle souhaité que 2011 soit reconnue comme Année internationale de la chimie par l'Organisation des Nations unies ? La chimie a apporté à la population de ce pays l'accès à l'eau potable, préoccupation bien lointaine de nos pays occidentaux. Le développement d'une nouvelle technologie ayant des impacts ou des risques potentiels ne peut se faire en France que si elle est acceptée par la société. Les innovations majeures telles que les nanotechnologies font l'objet de débats publics initiés depuis quelques années pour être acceptées. Une nouvelle réglementation est travaillée par les autorités sur ce sujet. C'est la base du principe de précaution adopté en France.



Figure 2 - À Lyon, sur la place des Terreaux du 27 au 30 janvier dernier, les passants découvraient une œuvre artistique qui les interpellait et dialoguait avec les chimistes présents. Ces sphères blanches représentaient l'air que nous respirons. © UIC Rhône-Alpes.

### **Les nombreux engagements volontaires de l'industrie chimique ont-ils porté leurs fruits ?**

Si beaucoup de progrès ont été réalisés, tels que la réduction de 50 % des émissions de CO<sub>2</sub> depuis 1990 par la chimie, il est enrichissant d'échanger avec le public pour en connaître sa perception. Ainsi lorsque l'UIC Rhône-Alpes a organisé, avec le concours du Grand Lyon, l'exposition « L'Art en la matière » [4] lors de l'ouverture de l'Année internationale de la chimie (figure 2), les salariés de la chimie ont pu dialoguer avec les passants. Autour d'une thématique artistique liée à l'air et la chimie intitulée « Sph'air », la population a exprimé à plus de 50 % un accueil positif, 30 % étaient à l'écoute et 20 % d'expression défavorable. Pour une ville où la chimie est une composante industrielle importante, des progrès ont été perçus par rapport à il y a une dizaine d'années.

### **L'industrie chimique et la recherche académique**

#### **Pensez-vous que les industriels soient suffisamment soutenus dans la communication par le monde académique ?**

La chimie a toujours eu un lien avec la recherche fondamentale. À titre d'illustration, la convention collective des industries chimiques reconnaît les doctorants dans les métiers de la recherche. Un préalable à la communication est celui du dialogue et de la coopération partagée entre le monde industriel et le monde académique. Les outils qui se mettent en place autour des pôles de compétitivité et des instituts d'excellence vont dans le bon sens. Pour communiquer sur nos activités respectives, il faut continuer à intensifier ces recherches collaboratives, assurer le transfert technologique de la recherche académique au démonstrateur industriel. Il est primordial qu'un chercheur académique puisse connaître la concrétisation de sa recherche à un tel stade d'outils préindustriels, accomplissement d'une recherche fondamentale.

**Il est primordial qu'un chercheur académique puisse connaître la concrétisation de sa recherche à un stade d'outils préindustriels, accomplissement d'une recherche fondamentale.**

#### **Peut-on planifier l'innovation ?**

Planifier est plutôt un terme industriel : il s'agit d'organiser, de gérer un projet. L'innovation pour un industriel consiste à créer de la valeur pour l'entreprise. En recherche, on peut distinguer deux types d'innovation. L'innovation dite incrémentale est plutôt une amélioration de l'état de l'art, planifiable dans certains cas. Dans le Centre de recherche Rhône-Alpes d'Arkema que je dirige, nous avons été récompensés l'an dernier par le prix de la division Chimie industrielle de la SCF. Cette innovation, concernant la mise au point d'un procédé de synthèse d'un hydrofluorocarbure (HFC 125), était planifiée. La construction d'une unité industrielle, aboutissement de ce projet programmé dans le temps, a été réalisée avec un démarrage effectif début 2010. L'innovation de percée est par contre une découverte majeure. S'il est difficile de la planifier, des conditions favorables peuvent être créées pour y arriver. L'environnement de recherche déjà évoqué avec les pôles de compétitivité y contribue ; cela devient même un facteur d'attractivité pour certaines entreprises souhaitant s'installer sur notre sol.

#### **Est-ce que cela suppose de la part de l'industrie une écoute de ce que fait le monde universitaire ?**

Cela suppose une écoute et un intérêt réciproque. La chimie ne se limite pas aux grands groupes. Contrairement à une idée répandue, la majorité des industriels de la chimie sont des entreprises de taille intermédiaire (ETI, 250 à 5 000 personnes), voire des PME (moins de 250 personnes). Ces industriels n'ont pas toujours le temps de suivre des travaux de recherche fondamentale. Une ETI ou une PME hésite à s'engager et à investir sur des programmes collaboratifs longs de plusieurs années. Il est aussi important que le monde universitaire ou de la recherche fondamentale puisse communiquer vis-à-vis d'elles.

#### **Les pôles de compétitivité permettent-ils d'améliorer la communication vis-à-vis des pouvoirs politiques ?**

Ce sont les pouvoirs publics qui ont décidé leur mise en place et par la suite la création d'instituts d'excellence. Les collectivités locales présentes autour de ces pôles ont conscience d'un atout pour le territoire. Aujourd'hui, les deux premiers instituts d'excellence labellisés en France concernent la chimie : le projet PIVERT lié aux agroressources (IAR) en Champagne-Ardenne, et le projet lié aux énergies décarbonées INDEED et au pôle de compétitivité chimie-environnement Axelera en Rhône-Alpes, deux cœurs du sujet du développement durable. C'est le signe que notre filière représente un enjeu stratégique industriel important pour l'avenir.

#### **L'innovation est-elle toujours une réponse à un besoin sociétal ?**

L'innovation industrielle répond à une volonté de maintenir sa compétitivité et de créer de la valeur. Le développement durable représente un enjeu sociétal. Elle répond également à des besoins d'innovation des entreprises de la chimie à la fois pour adapter les outils de production à cette nouvelle donne, et afin, par ailleurs, de fournir à leurs clients de nouveaux produits plus efficaces vis-à-vis de ces défis du XXI<sup>e</sup> siècle.

Les superabsorbants par exemple, inventés pendant les Trente Glorieuses, ne répondaient pas à un besoin sociétal mais plutôt à un besoin des consommateurs d'évolution du

produit. On est passé des langes en coton qu'il fallait laver régulièrement à des couches jetables. Aujourd'hui, des publications font état de la mise au point de couches recyclables, elles répondent à un besoin sociétal.

**Pensez-vous que REACH sera véritablement perçu par le grand public comme un élément de progrès ?**

REACH est un processus d'enregistrement et d'autorisation des substances dont la complexité et les impacts ne sont pas encore perceptibles par le grand public. D'un point de vue industriel, malgré l'ampleur de la tâche engagée jusqu'en 2018 pour enregistrer les substances existantes, nous sommes dans une dynamique positive avec REACH. À cette date, le public pourra certainement percevoir les progrès liés à ce règlement européen grâce à l'accès à la connaissance des impacts des substances et de leurs utilisations, et la limitation de ces dernières. Il est possible que d'autres continents adoptent un règlement du même type dans la décennie à venir.

**Êtes-vous confiant en l'amélioration de l'image de l'industrie chimique dans l'avenir ?**

La perception positive de notre industrie progresse très lentement. Les Allemands revendiquent leur puissance industrielle et exportatrice ; c'est ce qui fait leur force. Dans notre pays « gaulois », il faut que tous les acteurs, et notamment ceux de la société civile, soient convaincus que l'industrie chimique fait partie des atouts français : c'est un effort collectif et pas seulement d'amélioration et de communication des seuls industriels.

*\*Cet article a été rédigé suite à un entretien entre Gérard Guilpain, Minh-Thu Dinh-Audouin et Bernard Sillion à Lyon, le 23 juin 2011.*

**Notes et références**

- [1] [www.chemicalworldtour.fr](http://www.chemicalworldtour.fr)
- [2] Le BARPI, au sein de la Direction générale de la prévention des risques (DGPR), est chargé de rassembler et de diffuser des données sur le retour d'expérience en matière d'accidents technologiques. Une équipe d'ingénieurs et de techniciens assure à cette fin le recueil, l'analyse, la mise en forme des données et enseignements tirés, ainsi que leur enregistrement dans une base de données.
- [3] L'UIC a organisé le 25 janvier 2007 à Lyon les seconds États généraux de la chimie, un débat qui a réuni près de 800 industriels, des universitaires et acteurs de la société civile (représentants de l'État, représentants syndicaux...).
- [4] [www.lartenlamatiere.fr](http://www.lartenlamatiere.fr)



G. Guilpain

**Gérard Guilpain**

est directeur du Centre de Recherche Rhône-Alpes d'Arkema\*.

**Minh-Thu Dinh-Audouin**

est journaliste à L'Actualité Chimique\*\*, responsable de la collection L'Actualité Chimique-Livres.



M.-T. Dinh-Audouin

\* Rue Henri Moissan, BP 63, F-69493 Pierre-Bénite Cedex.

Courriel : [mcra@chimie-rhonealpes.org](mailto:mcra@chimie-rhonealpes.org)

\*\* SCF, 28 rue Saint-Dominique, F-75007 Paris.

Courriel : [dinh@lactualitechimique.org](mailto:dinh@lactualitechimique.org)

[www.lactualitechimique.org](http://www.lactualitechimique.org)



102 avenue Georges Clemenceau - 94700 MAISONS ALFORT

Tél. : 01 43 53 64 00 - Fax : 01 43 53 48 00

[edition@edif.fr](mailto:edition@edif.fr) - [www.edif.fr](http://www.edif.fr)

# 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

Chimique 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 chimique 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 « chimique 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 systématique 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., *Rematéraliser*, 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

# La naturalité des processus chimiques

## Des philosophes du XVIII<sup>e</sup> siècle à aujourd'hui

Mai Lequan

Aujourd'hui, les philosophes et historiens de la chimie, mais aussi la société civile, le grand public, ont tendance à considérer les réactions chimiques comme 1) des opérations artificielles de l'industriel ou du chimiste en laboratoire, et 2) qui produisent des substances dangereuses, nocives. Bernadette Bensaude Vincent, dans son ouvrage *Faut-il avoir peur de la chimie ?* (Le Seuil, 2005), a établi les raisons pour lesquelles la chimie est actuellement perçue comme poison et source de pollution, et ce depuis la phase d'industrialisation des sociétés d'Europe occidentale. Le chimique fait peur, inspire le soupçon en raison de sa puissance et de son caractère artificiel.

Mais il n'en a pas toujours été ainsi. En particulier, à la fin du XVIII<sup>e</sup> et au début du XIX<sup>e</sup> siècle s'est développée une philosophie dite de la nature, dont l'existence fut très limitée dans l'espace et le temps, puisqu'elle constitue un moment spécifique de la *pensée allemande*, qui s'étale des années 1780 aux années 1830, et dont l'influence continue de se faire sentir, en philosophie comme en science, jusqu'au milieu du XIX<sup>e</sup> siècle. Or cette philosophie allemande de la nature (*Philosophie der Natur* ou *Naturphilosophie*), représentée notamment par Kant, Schelling, Fichte et Hegel, procède à une *naturalisation des processus chimiques* [1]. Pour ce courant philosophique, le « chimisme » (*Chemismus*) désigne l'ensemble des processus et réactions (d'analyse et de synthèse) naturels se produisant au sein de la matière tant inorganique qu'organique, avant de désigner des opérations artificielles réalisables par l'homme. Cette philosophie souligne, de façon exceptionnelle dans l'histoire des idées, la *naturalité des processus chimiques*, en tant que transformations qualitatives des corps. Elle inscrit les phénomènes chimiques dans le cadre théorique plus vaste d'un dynamisme universel de la nature traversant toute la matière, tant minérale que vivante. Elle ne pense pas la nature comme un monde sain et pur, par opposition à l'art humain jugé malsain et impur. Pour cette philosophie, la naturalité du chimisme se situe au-delà de la distinction même entre naturel et artificiel, la nature désignant ici le réel sensible, le monde des phénomènes spatio-temporels tels qu'ils s'offrent à notre connaissance (sans aucune connotation écologique), voire la puissance dynamique universelle de production des phénomènes. En particulier, le philosophe allemand Schelling (1775-1854) voit dans la nature une puissance vivante infinie, sorte d'organisme universel animé intérieurement par une « âme du monde » (concept qu'il emprunte au philosophe grec Platon). Pour la philosophie de la nature de Schelling, les substances chimiques résultent de processus dynamiques naturels neutres, qui ne sont en eux-mêmes ni sains ni nocifs, ni bons ni mauvais. Schelling arrache le chimisme et la chimie (science des processus chimiques) à tout jugement moral de valeur, et affirme qu'*il y a du chimisme partout dans la nature* :

le chimisme est omniprésent dans tout phénomène naturel, même si tout n'est pas réductible à du chimisme.

La *Naturphilosophie* allemande des XVIII<sup>e</sup> et XIX<sup>e</sup> siècles constitue ainsi un moment exceptionnel dans l'histoire des représentations de la chimie, dans la mesure où elle envisage les processus chimiques *du point de vue de leur naturalité*, et rompt ce faisant avec toute une tradition, laquelle accentue au contraire la dimension technique, artisanale de l'artefact, du factice, de l'artificiel en chimie, tradition qui domine aujourd'hui encore notre vision de la chimie et de ses produits, et qui explique la peur en partie irrationnelle que nous avons de la chimie.

Mais pourquoi l'idée d'une naturalisation des processus chimiques n'a-t-elle pas perduré au-delà de la moitié du XIX<sup>e</sup> siècle, tant parmi les philosophes de la nature que parmi les savants, physiciens ou chercheurs en sciences naturelles (*Naturforscher*) ? C'est parce que la philosophie allemande de la nature (*Naturphilosophie*) a été discréditée et vivement critiquée dès le XIX<sup>e</sup> siècle à la fois par les philosophes et par les scientifiques (physiciens et chimistes). En effet, elle a fait presque immédiatement l'objet de deux critiques croisées :

- On lui a très vite reproché d'enfermer la nature, ses phénomènes et les sciences de la nature dans des schémas et des concepts trop métaphysiques, trop spéculatifs, trop abstraits, trop formels, et donc de se couper et de la réalité empirique de l'expérience des savants et des doctrines de ces derniers. Par exemple, philosophes et savants reprochent à la *Naturphilosophie* de Schelling dans les années 1800-1806 de projeter en surplomb, de façon arbitraire et artificielle, des catégories métaphysiques abstraites sur la nature et sur les sciences de la nature et d'interpréter notamment les processus dynamiques naturels (magnétisme, électricité, chimisme) comme des niveaux, moments ou puissances au sein d'un édifice métaphysique, spéculatif et complexe. Les schémas et concepts de la *Naturphilosophie* ont semblé aux savants, aux scientifiques (*Naturforscher*) d'alors, et plus encore à ceux de la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, beaucoup trop complexes et éloignés de la réalité empirique des expériences menées en laboratoire et inapplicables à la réalité des théories explicatives produites par les savants eux-mêmes. Selon ces critiques, la *Naturphilosophie* se serait rendue malgré elle (malgré son programme initial et son intention profonde) sourde aux expérimentations menées sur la matière naturelle et aveugle à la plupart des théories issues des sciences mêmes. Cette philosophie a ainsi pâti de la complexité technique de son vocabulaire et de l'aridité de ses raisonnements.

- La seconde raison qui permet d'expliquer l'éclipse historique de l'idée d'une naturalisation des processus chimiques est que la philosophie allemande de la nature forme un corps de doctrines éclatées. Elle a en effet souffert de son caractère fortement hétérogène, voire des tensions existant en

son sein. En effet, ce qu'on appelle « philosophie allemande de la nature », loin de constituer un courant de pensée cohérent, homogène, unifié, rassemble des auteurs extrêmement différents.

À cause de cette extrême variété des sous-courants, la *Naturphilosophie* n'est pas parvenue de façon générale à exercer une influence durable dans les sciences expérimentales positives (physique et chimie) et son influence ne s'est guère étendue au-delà des années 1850-1860. Exemple de tensions (voire de contradictions) internes à la *Naturphilosophie* : certains *Naturphilosophen* contestent la validité de la rationalité mise en œuvre dans les sciences positives de la nature ; d'autres au contraire cherchent à se rapprocher du modèle méthodologique des sciences et à faire de la philosophie de la nature elle-même une science de la nature à l'instar de la physique ou de la chimie expérimentale d'alors [2].

[1] *Naturalisation des processus chimiques* : idée selon laquelle le « chimisme », avant de désigner un ensemble d'opérations artificielles réalisées par le savant en laboratoire, désigne l'un des niveaux de réalité les plus fondamentaux de la matière ou nature, voire l'élément premier, le plus simple de la matière naturelle ou de la nature matérielle.

[2] Pour en savoir plus sur les raisons de l'échec de la *Naturphilosophie* allemande en général dans sa prétention à incarner une nouvelle science spéculative moderne de la nature et sur sa faible influence historique (courte et ponctuelle) dans les sciences du XIX<sup>e</sup> siècle, et en particulier sur les raisons de l'abandon assez précoce du modèle « naturphilosophique » de naturalisation des processus chimiques, voir l'article de Dietrich von Engelhardt, « Grundzüge der wissenschaftlichen Naturforschung um 1800 und Hegels spekulative Erkenntnis » (*Philosophia naturalis*, 1971, 13(3), p. 290) et l'ouvrage d'Emmanuel Renault, *Philosophie chimique. Hegel et la science dynamiste de son temps* (Presses Universitaires de Bordeaux, 2002, p. 93-115).

#### Mai Lequan

est maître de conférences en philosophie à l'Université Lyon 3\*.

\* Institut de recherches philosophiques de Lyon, Université Jean Moulin Lyon 3, 1 rue de l'Université, BP 0638, F-69239 Lyon Cedex 02.

Courriel : mai.lequan@univ-lyon3.fr

**SERVIER**  
La découverte et la vie

[www.servier.fr](http://www.servier.fr)

1<sup>er</sup> laboratoire pharmaceutique français indépendant

- Plus de 20 000 collaborateurs
- Près de 3 000 chercheurs y préparent les médicaments du futur
- 25 % du chiffre d'affaires consacrés à la Recherche et au Développement
- 44 projets de molécules sont actuellement en Développement, en particulier dans les domaines suivants : les maladies cardiovasculaires, le système nerveux central et la psychiatrie, la cancérologie, le diabète et le métabolisme, la rhumatologie
- 45 nouveaux projets de Recherche couvrent également ces axes thérapeutiques
- Une présence sur les 5 continents, dans 140 pays
- 88 % des médicaments Servier sont consommés à l'International
- Un chiffre d'affaires pour 2010 de 3,7 milliards d'euros
- SERVIER contribue à la hauteur de 29 % à l'excédent de la balance commerciale française pour l'industrie pharmaceutique

SERVIER – 22, rue Garnier – 92578 Neuilly-sur-Seine Cedex – Tél. 01.55.72.60.00

11\_HP\_5045\_FR - 03-11

# Le regard de la population française sur l'industrie chimique (XVIII-XX<sup>e</sup> siècles)

Laurence Lestel

**Résumé** En France, les nuisances de l'industrie chimique naissante au début du XIX<sup>e</sup> siècle ont conduit à des questionnements sur la nocivité des odeurs auprès de l'Institut (1804), à un décret-loi (1810), à l'intervention d'experts, puis au fur et à mesure que l'industrie se développait, à une augmentation du nombre de plaintes de la population. Cependant, l'analyse de deux corpus de plaintes, auprès des inspecteurs des établissements classés du département de la Seine (1896-1945) et de la part de pêcheurs ou d'associations de pêches pour dénoncer des atteintes à la rivière en Seine-et-Marne (1929-1989), ne semble pas montrer de défiance particulière vis-à-vis de l'industrie chimique. Le rejet de la chimie se cristalliserait donc plus sur le produit émanant de l'industrie chimique que sur le lieu de production lui-même.

**Mots-clés** Industrie chimique, établissements classés, nuisances, déversements industriels.

**Abstract** **How the chemical industry is considered by the French population (18-20<sup>th</sup> centuries)**  
In France, the emerging chemical industry in the early 19<sup>th</sup> century led to questions about the harmfulness of odors at the Academy of Sciences (1804), to a decree (1810), then to the intervention of experts, and to an increasing number of complaints from the population. However, the analysis of two sets of complaints to the inspectors of the Seine department (1896-1945), and from anglers or angling associations in the Seine et-Marne department (1929-1989), does not seem to show special defiance relative to the chemical industry. The rejection of chemistry seems to come more from the chemical product than from the production site itself.

**Keywords** Chemical industry, legislation, pollution, industrial discharge.



Fonds Gérard Jigaudon, utilisé avec son aimable autorisation.

Cet article n'a pas la prétention de traiter de manière approfondie l'évolution du regard que la société française (parisienne ou provinciale, bourgeoise ou ouvrière, experte ou voisine, etc.) a pu porter sur l'industrie chimique depuis la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle. Un tel sujet mériterait une thèse qui, à ma connaissance, n'a pas encore été commencée. Cependant, la discipline d'histoire environnementale s'étant développée ces dernières années en France, le regard porté sur l'industrie chimique peut être perçu au travers des travaux récents concernant les implications du décret-loi de 1810

relatif aux « établissements classés » [1-3]. J'ai par ailleurs analysé deux autres corpus : les activités des inspecteurs de ces établissements classés dans le département de la Seine dans la première moitié du XX<sup>e</sup> siècle, et les plaintes relatives aux déversements industriels occasionnant la destruction de poissons au XX<sup>e</sup> siècle.

**« Les manufactures qui exhalent une odeur désagréable peuvent [-elles] être nuisibles à la santé » (1804) [4] ?**

Les débuts de l'industrie chimique à la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle, symbolisés par les chambres de plomb de l'industrie de l'acide sulfurique, ont conduit les uns et les autres à prendre position face aux nuisances qui n'ont pas manqué d'apparaître. Si certains ont dû fermer leurs usines à la suite de plaintes de leurs voisins (les frères Alban à Épinay-sur-Seine en 1777 [5], Chaptal à Montpellier qui avait commencé son activité en 1782), d'autres, comme le même Chaptal, ont défendu avec vigueur cette industrie du feu naissante contre l'industrie de la putréfaction ([1] et article d'André Guillerme p. 28). Mais le décret de 1810 relatif aux « établissements classés », qui répond à la question des odeurs posée en 1804 à l'Institut et qui était censé réguler l'ouverture des nouveaux établissements industriels, a eu de nombreux effets qui peuvent sembler contradictoires :

- Comme cela a souvent été dit, ce décret a protégé l'industriel contre son voisinage [6]. Après le décret de 1810, le voisin qui portait plainte au XVIII<sup>e</sup> siècle, en demandant

l'éloignement ou la fermeture des usines, est devenu un citoyen qui demandait des indemnités en lien avec les nuisances ressenties au tribunal civil [2], dès lors que l'établissement avait été autorisé (ce qui était quasiment tout le temps le cas) [1].

- Mais ce décret a conduit les citoyens à s'exprimer lors des enquêtes *commodo et incommodo* (précédant théoriquement l'implantation de l'usine), puis au travers de plaintes, d'abord rares, puis de plus en plus nombreuses auprès de l'administration, dénonçant les odeurs – nuisance apparaissant comme telle dans le décret de 1810 –, mais aussi les fumées, le bruit, les poussières, etc. [3]. Ces plaintes multiples ont poussé l'administration à édicter des instructions pour contraindre les industriels à améliorer la salubrité de leurs établissements.

- L'amélioration de l'hygiène et de la salubrité des établissements industriels est également le fait d'experts, membres des Conseils d'hygiène et de salubrité départementaux (dont le premier fut créé à Paris en 1802). Ses membres se sont emparés de ces questions d'hygiène industrielle à partir de 1806. L'ensemble de leurs instructions ont conduit, lentement et imparfaitement, à l'édification de cheminées, permettant de rejeter les fumées plus haut et donc plus loin, de murs, afin de garder les émanations dans l'enceinte de l'établissement, au traitement des eaux résiduaires, à des améliorations techniques ou de procédés, dont la circulation entre établissements était due à ces experts.

Le XIX<sup>e</sup> siècle est ainsi une période de développement de l'industrie de la transformation de la matière, soutenue par l'action publique, mais aussi celle où ses « débordements » [7] ont été limités par de multiples instructions. Est-ce la diversification de l'industrie, et donc des nuisances au XIX<sup>e</sup> siècle, qui a conduit à une dilution de la perception d'une dangerosité potentielle de l'industrie chimique ? C'est ce que semble montrer l'analyse des plaintes déposées auprès des inspecteurs des « établissements classés » du département de la Seine au début du XX<sup>e</sup> siècle.

## Fumées, odeurs et explosions à Paris

### Rapports des inspecteurs des « établissements classés » du département de la Seine (1898-1945) [8]

Vérifier que les établissements dangereux, insalubres et incommodes, soumis à autorisation depuis le décret-loi du 15 octobre 1810, respectaient bien les conditions d'exploitation qui leur avaient été notifiées lors de leur installation est le fait d'inspecteurs qui ont également pour rôle de visiter les établissements où ont eu lieu des accidents ou bien faisant l'objet de plaintes du voisinage. Dans le département de la Seine, ce corps d'inspecteurs a été mis en place par la Préfecture de police en 1863. C'est une particularité parisienne. En province, ce corps n'existait généralement pas, les inspections étant au mieux réalisées par des inspecteurs du travail.

En 1897, Paul Adam [8] fut nommé à sa tête. Il mit en place la rédaction d'un rapport annuel qui lui vaudra de recevoir en 1912 le prix Monthyon des arts insalubres (décerné dans le cadre de l'Académie des sciences). La lecture de ces rapports montre que les plaintes sont essentiellement relatives aux odeurs, fumées ou bruit (lié à la mécanisation croissante de l'industrie) (figure 1), mais très peu aux risques d'incendies ou aux explosions, alors que ces deux dangers sont pourtant en tête des préoccupations du service d'inspection, en raison de l'importance des conséquences possibles de tels accidents.

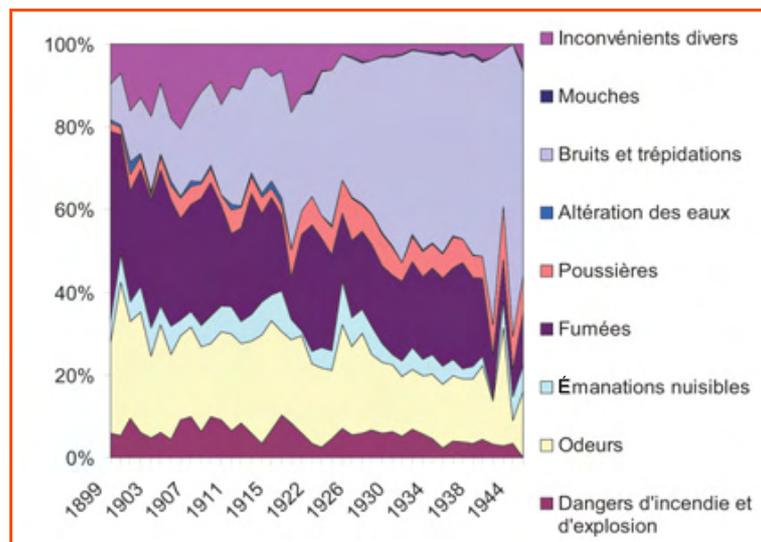


Figure 1 - Plaintes fondées enregistrées par le Service des inspecteurs des établissements classés du département de la Seine (1898-1945). Pourcentage des principaux inconvénients relevés (d'après [8]).

Au début du XX<sup>e</sup> siècle, la lutte contre les fumées concerne les foyers domestiques, les chemins de fer et bateaux, et les foyers industriels. Par ordonnance du 22 juin 1898, le préfet de police de Paris a interdit l'émission de fumées noires, épaisses et prolongées, mais elle ne s'applique aux communes de banlieue que très progressivement et en 1907, Paris compte encore bien peu d'usines brûlant du coke au lieu de la houille (figure 2, [9]).

Les nuisances olfactives de Paris sont telles que des commissions sont nommées par le préfet lors de trois épisodes – 1880-81, 1896 (à l'origine de la réforme du service d'inspection) et 1927-28 – qui dressent la liste des établissements les plus malodorants ([1], p. 215-227) : industries des engrais, torréfaction du cuir et de la corne, engrais organiques par fermentation, superphosphates, gadoues, etc. Mais Armand Gautier, président de la commission



Figure 2 - Cheminées industrielles à Paris en 1907 [9].

technique en 1896, dénonce plutôt la ville, les « pavages défectueux où croupit la matière organique, ces caniveaux où séjournent les eaux ménagères, ces ruisseaux contenant des matières organiques et végétales en décomposition permanente que hâtent surtout les chaleurs de l'été » [1]. Une nouvelle liste est établie en 1927 comprenant les usines d'engrais (traitement des matières de vidange et fabriques de superphosphates) comme principale cause des mauvaises odeurs à Paris, les abattoirs et usines de traitement des matières animales, les égouts, les industries chimiques et usines à gaz qui produisent des effluves se répandant à faible distance dans le quartier, et enfin les odeurs de combustion des liquides et solides des moteurs.

Le public ne semble s'intéresser au risque d'explosions que lorsque celles-ci sortent de l'enceinte de l'usine. Les explosions les plus fréquentes sont, de loin, les explosions d'acétylène liées au développement d'un nouveau secteur d'activité, pas toujours bien maîtrisé : la soudure acétylénique. Il existe également de nombreux exemples d'explosions liées à des dépôts d'hydrocarbures, en fait surtout aux rejets d'hydrocarbures dans les égouts. Ces accidents peuvent être spectaculaires (une chaussée crevée sur 150 m en 1922 à Boulogne ou 2 km de plaques d'égouts soulevées en 1944), blessant parfois des égoutiers. Souvent les inspecteurs arrivent à remonter à la source des rejets : des laveurs de vieilles perruques ou de cheveux à l'éther de pétrole pour deux accidents signalés en 1909. Les explosions les plus graves ont eu lieu dans des fabriques de poudres (14 morts à la cartoucherie Gévelot d'Issy le 14 juin 1901), et le plus spectaculaire dans la fabrique de pièces d'artifices Ruggieri à Saint-Denis le 11 mai 1907, dans l'atelier où séchaient à l'air des étoiles vertes et rouges et des étoiles-limaille, à base de chlorate : 8 500 étoiles s'enflammèrent, le feu se communiqua à d'autres salles et 5 000 pétards de chemin de fer explosèrent également. Sont dénoncées par ailleurs quelques rares explosions dans l'industrie chimique, lors d'opérations de distillation, et des explosions de matières inflammables comme le celluloid.

Si l'on comprend l'exaspération des Parisiens et de la banlieue par rapport à ces trois fléaux que sont les fumées, les odeurs et le bruit, il ne semble pas cependant que l'industrie chimique soit stigmatisée en tant que telle. L'étude d'un corpus de plaintes relatives aux déversements industriels en rivière conduit aux mêmes conclusions.

## Déversements industriels en rivière

### Corpus de plaintes en Seine-et-Marne (1927-1987)

Depuis la loi sur la pêche du 15 avril 1829 et une jurisprudence de 1859 [10], les chefs d'entreprise pouvaient être poursuivis pénalement contre leurs déversements en rivière ayant porté atteinte aux poissons. Les nombreux délits de pêches conduisent, à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle (en 1897, pour les rivières « non navigables et non flottables » gérées par l'administration des Eaux et Forêts), à la mise en place de « transactions » avec l'administration, consistant à payer une amende pour éviter le procès, et probablement désengorger les tribunaux. La loi du 9 février 1949 entérine le fait que les délits d'atteinte aux poissons sont passibles de sanction pénale, sauf en cas de pollution involontaire provoquée par des déversements industriels. Dans ce dernier cas, les industriels ont donc la possibilité de « transiger » avec l'administration. Ces méandres législatifs restent à explorer pour comprendre l'évolution du regard institutionnel sur ces atteintes à la qualité de l'eau des rivières. Leur intérêt ici réside dans

la constitution de dossiers de « transactions », instruits par les administrations concernées à partir de plaintes de pêcheurs et de fédérations locales de pêche. Un corpus de 172 dossiers concernant la Seine-et-Marne et couvrant la période 1927-1987 a été dépouillé [11]. Dans ce département disposant de 1 900 km de cours d'eau, dont quelques rivières dites « de 1<sup>ère</sup> catégorie » (à truites) comme le Lunain ou le Grand Morin, département agricole mais riche en industries agroalimentaires, métallurgiques (Cegedur), papeteries (vallée du Grand Morin), verrières (vallée du Loing) et chimiques (raffinerie de Grandpuits par exemple), la plupart des plaintes sont liées aux industries agroalimentaires et aux activités agricoles (figure 3). Ce sont des débordements de cuves de fuel domestique, des déversements d'eaux résiduaires ou de lavage de cidreries, laiteries, fromageries, des écoulements indus de pesticides ou fongicides. Seuls sept cas sur les 172 ont conduit à des poursuites pénales : une papeterie, une blanchisserie (deux fois pour fuites d'hydrocarbures), un garage, un négociant en combustible, une sablière (boues) et une entreprise chimique de régénération d'huiles de vidange. Outre les hydrocarbures et les pesticides, les plaintes relatives à des produits chimiques sont liées à des rejets de soude (deux fois une papeterie), à du cyanure (décapage de métaux), de l'eau de javel (deux fois par une usine de fabrication d'eau de javel), et du minium de plomb (chute d'un pot de peinture lors de la réfection d'un pont). Là encore, les plaintes déposées, et jugées recevables par l'administration, ne semblent pas marquer une défiance particulière des pêcheurs et des associations de pêche vis-à-vis de l'industrie chimique.

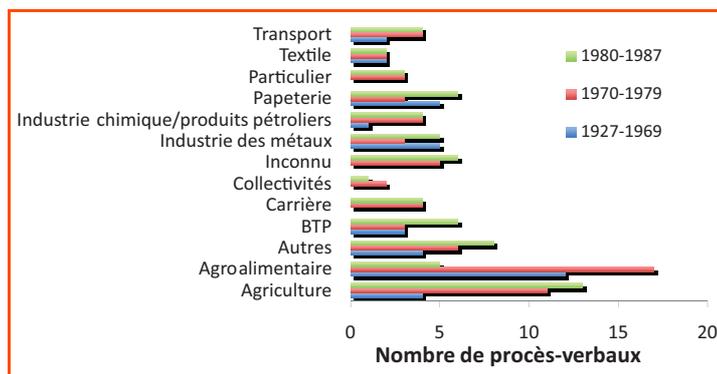


Figure 3 - Évolution du nombre de procès-verbaux par type d'activités (1927-1987).

## Conclusion

En France, les nuisances de l'industrie chimique naissante au début du XIX<sup>e</sup> siècle ont conduit à des questionnements sur la nocivité des odeurs auprès de l'Institut (1804), à un décret-loi (1810), à l'intervention d'experts, puis au fur et à mesure que l'industrie se développait, à une augmentation du nombre de plaintes de la population. Cependant, l'analyse de deux corpus de plaintes, auprès des inspecteurs des établissements classés et de la part de pêcheurs ou d'associations de pêches pour dénoncer des atteintes à la rivière, montre une très grande diversité de ces plaintes. Elles ont trait aux fumées, aux odeurs et au bruit, dénonçant plus les activités de transformation des matières de vidanges et les gadoues, c'est-à-dire les odeurs de la ville, que les nuisances de l'industrie chimique. Quant aux atteintes aux rivières, celles qui sont dénoncées sont essentiellement relatives aux

industries agroalimentaires et aux activités agricoles. Au travers de ces quelques exemples, il ne semble pas que la population française ait exprimé une défiance particulière vis-à-vis de l'industrie chimique. Ceci n'est pas en concordance avec le ressenti exprimé en 2001 lors de l'explosion de l'usine AZF de Toulouse, qui a fait ressortir une peur de la chimie qui semblait avoir été toujours présente. Mais est-ce bien de l'industrie chimique que le Français de la fin du XX<sup>e</sup> siècle a peur, ou bien de la « chimie », c'est-à-dire en fait plutôt du produit chimique qui lui a été présenté comme porteur de progrès mais qui, au moins en certaines occasions, a été porteur de maladies, déformations et mort (comme le Thalidomide) ? Le rejet de la chimie se cristalliserait donc plus sur le produit émanant de l'industrie chimique que sur le lieu de production lui-même.

L'auteur remercie Marion Cuif, Meriem Labbas et Pascal Haggemüller pour leur analyse du corpus de plaintes des pêcheurs de Seine-et-Marne (2010).

### Références

- [1] Guillerme A., Lefort A.-C., Jigaudon G., *Dangereux, insalubres et incommodes : paysages industriels en banlieue parisienne, XIX<sup>e</sup>-XX<sup>e</sup> siècles*, Champ Vallon, **2004**.
- [2] Fressoz J.B., Circonvenir les circumfusa. La chimie, l'hygiénisme et la libéralisation des « choses environnantes » : France, 1750-1850, *Revue d'Histoire Moderne et Contemporaine*, **2009**, 56-4, p. 39.
- [3] Massard Guilbaud G., *Histoire de la pollution industrielle : France, 1789-1914*, EHESS, **2010**.
- [4] Guyton de Morveau L.-B., Chaptal J.-A., Rapport demandé à la classe des Sciences physiques et mathématiques de l'Institut, *Annales de Chimie*, an XIII, 54, p. 86.
- [5] Alban J., Histoire de la manufacture de produits chimiques de Javel, *L'Act. Chim.*, janv.-fév. **1990**, p. 36.
- [6] Corbin A., *Le miasme et la jonquille : l'odorat et l'imaginaire social XVIII<sup>e</sup>-XIX<sup>e</sup> siècles*, Flammarion, **1986**.
- [7] Letté M., programme PIRVE Débordement des activités industrielles dans la cité. Études de conflits et d'interventions publiques aux XIX<sup>e</sup> et XX<sup>e</sup> siècles, **2009-2011** ([www.debordementindustriel.fr](http://www.debordementindustriel.fr) ; consulté le 11/07/2011).
- [8] Paul Adam (1856-1916), docteur es sciences, entré au service des établissements classés en 1882, où il effectuera toute sa carrière. *Rapports sur les opérations du Service d'Inspection des établissements classés dans le département de la Seine, 1898-1945*, Archives de Police de Paris.
- [9] Mouglin P., Une solution du problème des fumées : l'emploi du coke, *Chimie et industrie*, **1929**, 22, p. 462.
- [10] *Bulletin des arrêts de la Cour de cassation rendus en matière criminelle, Année 1859*, **1860**, 64, p. 47.
- [11] *Archives Nationales*, art. 19920558.



**Laurence Lestel**  
est chercheur au CNRS\*.

\* UMR 7619 SISYPHE, Université Pierre et Marie Curie, Case 123, 4 place Jussieu, F-75252 Paris Cedex 05.  
Courriel : [laurence.lestel@upmc.fr](mailto:laurence.lestel@upmc.fr)



**Science For A Better Life**



[www.bayercropscience.fr](http://www.bayercropscience.fr)  
[www.bayer.fr](http://www.bayer.fr)

# Chaptal (1756-1832) : la chimie pour la ville

André Guillerme

**Résumé** Chaptal (1756-1832) n'est pas seulement le fondateur de l'industrie chimique française. Membre de l'Institut, il est aussi le grand commis de l'État qui crée les préfets, les chambres de commerce et divers conseils dont celui de salubrité de la Seine qui, dès 1806, enquête sur les fabriques nouvelles, dangereuses, insalubres ou incommodes.

**Mots-clés** Chaptal, industrie, chimie, biographie, idéaux, artisanat, préfecture.

**Abstract** Chaptal (1756-1832), a commit chemist

Chaptal (1756-1832) is the founder of the French chemical industry. Member of the Institut de France, he is also a senior civil servant: he creates prefects order, Chamber of Commerce and Industry and a lot of Councils as the Council of Health in Seine Department which survey the setting up of dangerous, unhealthy or inconvenient new factories.

**Keywords** Chaptal, industry, chemistry, biography, ideals, crafts, France.



Médecin, Jean-Antoine Chaptal (1756-1832) est nommé à 24 ans professeur de chimie à l'École de médecine de Montpellier où, avec l'appui de son oncle médecin, il tente d'appliquer en grand la chimie de laboratoire. Il fonde l'industrie chimique et d'abord la fabrication de l'acide sulfurique. Anobli par Louis XVI, riche, il participe à la formation des salpêtriers de la Révolution et dirige la poudrerie de Grenelle. Sous le Directoire, il est la seconde fortune de France. Il est élu à l'Académie des sciences en 1796. Cinq ans plus tard, le Premier consul, Napoléon Bonaparte, le nomme ministre de l'Intérieur. Chaptal charge alors les secrétaires généraux des départements d'établir la statistique générale : topographie, climat, agriculture, histoire naturelle, hospices, population, antiquités, instruction publique, mœurs, langage, commerce, arts. Il conçoit l'exposition des produits de l'industrie nationale qui devient « une sorte de carte géographique industrielle de toute la France » [1]. Maître à penser l'espace et d'abord l'espace industriel, il sait ce qui est bon pour la ville et ce qui ne l'est pas : de l'artisanat faisons table rase, de l'industrie faisons la ville. Il promeut le creusement du canal de l'Ourcq destiné d'abord au lavage des rues de la capitale.

Chaptal est le rapporteur de la loi qui porte la création des préfets, délégués du pouvoir central dans le département, chargés « de transmettre la loi et les ordres du gouvernement jusqu'aux dernières ramifications de l'ordre social. »

L'industrie qui prend alors figure s'abrite derrière la loi-cadre du 22 germinal an XII (12 avril 1803), promue par Chaptal, qui instaure un nouvel ordre manufacturier : l'organisation des chambres consultatives de manufactures, fabriques, arts et métiers. Ces chambres départementales, composées de notables, sont appelées « à faire connaître la situation et les besoins des fabriques, à indiquer » aux préfets, donc au ministre de l'Intérieur, « les obstacles qui pourraient ralentir leurs travaux, et les moyens de les écarter ; à proposer leurs vues sur les diverses améliorations qu'il paraîtra convenable de faire, sur les procédés nouveaux à adopter, sur les perfectionnements à introduire : leur sollicitude éclairée embrassera tout ce qui peut intéresser nos manufactures, tout ce qui est propre à les élever à un haut degré de perfection, à leur assurer la supériorité sur les fabriques étrangères » [2a]. Ces chambres sont mises en relation avec la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale créée en 1801 pour « réunir à elle tous les fonctionnaires publics, les savants, les artistes, les négociants, les fabricants, enfin tous les amis des arts... pour exciter l'émulation, répandre les lumières et seconder les talents. »

Chaptal démissionne lors du coup d'État de Brumaire. Il est nommé sénateur en 1805, pair de France en 1815. Suite aux déboires de son fils, il perd fortune et meurt pauvre en 1832.

## L'ordre chimique de Chaptal

Le Rapport général d'un projet de loi sur l'instruction publique que publie Chaptal, ministre de l'Intérieur, dans *Le Moniteur Universel* du 19-27 brumaire an IX, prévoit un enseignement de la chimie et de la mécanique aux adolescents destinés aux métiers de l'industrie. Vingt ans plus tard, dans

cette forme de testament qu'est *De l'industrie française*, Chaptal reste convaincu que c'est « sur ces deux bases, mécanique et chimique, qu'il faut élever la gloire et la prospérité des arts en France... Les deux sciences qui éclairent les principales opérations de l'industrie, la chimie et la mécanique, ont porté leur flambeau dans les ateliers, et en très peu d'années on a vu fabriquer tous les genres de quincailleries, imiter les nombreux tissus de coton et de laine, composer les acides, extraire la soude du sel marin, blanchir les tissus de lin, de coton et de chanvre par des procédés plus économiques et plus prompts ; former l'alun, les couperoses... La France s'est placée de nos jours sur la première ligne des nations manufacturières et elle ne connaît pas de rivale pour les arts chimiques » [3a].

La chimie « étendra ses bienfaits sur tout ce qui intéresse le bien-être de l'homme et la prospérité des nations. Les gouvernements ne l'invoqueront jamais en vain » [3b]. Chaptal offre l'ouvrage de Guyton-Morveau aux tout nouveaux préfets et dans sa lettre d'accompagnement, il les invite « à prescrire l'emploi de ces moyens dans tous les cas où l'on pourrait présumer l'air infecté de miasmes putrides » [2b]. En 1807, il publie les quatre volumes de sa *Chimie appliquée aux arts* dédiés à l'Empereur qui doit protéger « de toute l'activité de son génie, les progrès de l'agriculture, la prospérité du commerce et la gloire des arts » [4a]. L'ouvrage promeut la chimie au rang des disciplines humanitaires et en fait « une science centrale d'où tout dérive et où tout se réunit » [4b] ; c'est elle qui « a tout dévoilé : elle a rendu le domaine des arts le patrimoine de tous. »

Le Rapport demandé à la classe des Sciences Physiques et Mathématiques de l'Institut, sur la question de savoir si les manufactures qui exhalent une odeur désagréable peuvent être nuisibles à la santé [5a], rédigé en 1805 par Chaptal et Guyton-Morveau, vice-président de la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale, pour servir de projet à une loi sur les enquêtes *commodo et incommodo*, vient consolider le propos autour des rapports entre artisanat et industrie. « Cette solution est d'autant plus urgente, elle est devenue d'autant plus nécessaire, que le sort des établissements les plus utiles, je dirais plus », écrit le rapporteur Chaptal, « l'existence de plusieurs arts, a dépendu jusqu'ici de simples règlements de police, et que quelques uns, repoussés loin des approvisionnements de la main d'œuvre ou de la consommation, par les préjugés, l'ignorance ou la jalousie, continuent à lutter avec désavantage contre les obstacles sans nombre qu'on oppose à leur développement. C'est ainsi que nous avons vu successivement des fabriques d'acides, de sel ammoniac, de bleu de Prusse, de bière et les préparations des cuirs, reléguées hors de l'enceinte des villes, et que chaque jour ces mêmes établissements sont encore dénoncés à l'autorité par des voisins inquiets ou par des concurrents jaloux.

Tant que le sort de ces fabriques ne sera pas assuré ; tant qu'une législation purement arbitraire aura le droit d'interrompre, de suspendre, de gêner le cours d'une fabrication ; en un mot, tant qu'un simple magistrat de police tiendra dans ses mains la fortune ou la ruine du manufacturier, comment concevoir qu'il puisse porter l'imprudence jusqu'à se livrer à des entreprises de cette nature ? Comment a-t-on pu espérer que l'industrie manufacturière s'établisse sur des bases aussi fragiles ? Cet état d'incertitude, cette lutte continuelle entre le fabricant et ses voisins, cette indécision éternelle sur le sort d'un établissement, paralysent, rétrécissent les efforts du manufacturier, et éteignent peu à peu son courage et ses facultés.

*Il est donc de première nécessité, pour la prospérité des arts, qu'on pose enfin des limites qui ne laissent plus rien à l'arbitraire du magistrat, qui tracent au manufacturier le cercle dans lequel il peut exercer son industrie librement et sûrement, et qui garantissent au propriétaire voisin qu'il n'y a ni danger ni pour sa santé, ni pour les produits de son sol. »*

## La production dangereuse et incommode

L'acide sulfurique obtenu dans des conditions calamiteuses pour l'environnement engendre une multitude de nouveaux procédés et de nouveaux produits. La manufacture sort de terre d'abord dans le cœur de la capitale, là où la demande est constante et soutenue, près des mines d'or et d'argent, près des élites consommatrices de potions magiques. Puis son agressivité malade, sa toxicité, sa gourmandise spatiale, la portent en périphérie, à l'écart des consommateurs. Cette chimie y devient industrielle parce que la demande – artisanale et étatique – est forte, mais aussi parce que la matière première – salpêtre, phosphate, gypse – est à portée de main et que cette manipulation est faite en très grand avec beaucoup de dextérité, de talent, de dosage et d'instrumentation. Cette chimie lourde devient alors un extraordinaire terrain d'innovation [6] ; elle devient aussi un extraordinaire terrain de pollution. Cette belle fleur toxique de l'industrie change la culture urbaine de l'odeur et de la toxicologie ; elle est, à Paris, à l'origine de la première mesure pour concilier le développement économique avec son environnement urbain. Dès 1806, en effet, le préfet de Police, Dubois, ordonne que pour tout nouvel établissement à Paris, l'entrepreneur devra faire une demande accompagnée d'« un plan figuré des lieux et des constructions projetées » [7] ; cette demande sera soumise à l'enquête *commodo et incommodo*, affichée par les commissaires de police de quartier. Les architectes de la petite voirie [8] sont chargés de certifier la conformité de l'établissement aux règles de sécurité – cheminée, plancher, toiture, accès. De fait, « aucune fabrique ne peut s'établir soit dans Paris, soit aux environs, sans une permission spéciale, laquelle n'est accordée que lorsque des personnes nommées à cet effet se sont transportées sur les lieux et ont constaté si les fours, les fourneaux, les cheminées et généralement tous les bâtiments sont construits de manière à ne donner aucune inquiétude sous le rapport de l'incendie, et si les opérations que le fabricant propose d'exécuter ne sont pas de nature à nuire aux propriétaires voisins » [5b].

En quatre ans, de 1806 à 1810, les arts et les métiers du département de la Seine font l'objet de plus de quatre-vingts rapports : huit pour les fabriques d'acide, sept pour celles du bleu de Prusse et des vernis, six pour celles de colle forte [9] et d'épuration d'huile, cinq pour les amidonneries, quatre pour les fabriques de soude. On est loin de la distinction de Chaptal et Guyton-Morveau : composé de pharmaciens et de médecins, le Conseil de salubrité, influencé par Fourcroy – autre grand maître de la chimie, topographe médical dans ses premières publications et réformateur de la pédagogie sanitaire – est particulièrement sensible aux odeurs putrides des fabriques traditionnelles et acides de la toute nouvelle chimie industrielle. S'il se situe en position d'arbitre, ce qui l'importe avant tout c'est la toxicité, la visibilité, la concentration des vapeurs, bref, leur degré de saturation. Ses avis sont généralement pris en compte par le préfet de Police et par les manufacturiers. Plusieurs fabriques ont été contraintes de modifier leur mode et leur temps [10] de

production ou de se déplacer extra-muros. Chaptal installe deux grosses fabriques, l'une aux Ternes hors barrière, l'autre à La Folie à Nanterre ; elles figurent au nombre des huit manufactures d'acide sulfurique du département de la Seine.

## Conclusion

Chaptal ne s'impose pas par sa seule puissance politique et sa présence financière. Ce savant participe activement à l'insertion sociale d'un nouvel outil de gestion scientifique, la technique. Il ambitionne de semer les fabriques nouvelles de chimie pour récolter dans les plus belles agglomérations les fruits de l'industrie qui seront ainsi guéries de leurs maux putrides. Son rôle a été déterminant pour le développement de l'industrie chimique en France au début du XIX<sup>e</sup> siècle et il a permis de déployer une réglementation qui tient compte de l'opinion des riverains des fabriques quant aux nuisances.

## Notes et références

- [1] « Éclaircissement sur le caractère et le but de l'exposition », lettre aux préfets du 22 février 1806, *Circulaires, instructions et autres actes émanés du Ministère de l'Intérieur ou relatifs à ce département de 1797 à 1821*, Paris, 1821, p. 441.
- [2] Chaptal J.-A., *Circulaires, instructions et autres actes émanés du Ministère de l'Intérieur ou relatifs à ce département de 1797 à 1821 inclus*, 2<sup>e</sup> éd., Paris, 1821, I (1797-1806), a) Arrêté du 10 thermidor an XI (29 juillet 1803), p. 294 ; b) Circulaire aux préfets, 12 germinal an XI (2 avril 1803), p. 291.
- [3] Chaptal J.-A., *De l'industrie française*, Paris, 1818, a) p. XLIV ; b) p. 281.
- [4] Chaptal J.-A., *Chimie appliquée aux arts*, 1807, I, a) p. VI ; b) p. XII.

- [5] a) Guyton-Morveau L.B., Chaptal J.A., Rapport demandé à la classe des Sciences Physiques et Mathématiques de l'Institut, sur la question de savoir si les manufactures qui exhalent une odeur désagréable peuvent être nuisibles à la santé, *Annales de Chimie*, an XIII, 54, b) *ibid.*, p. 86.
- [6] Smith J.G., *The Origins and Early Development of the Heavy Chemical Industry in France*, Clarendon Press, 1979.
- [7] Ordonnance du 12 février 1806.
- [8] La petite voirie comprend les rues, places, impasses, à l'exception des routes pénétrantes, des boulevards et des accès aux fortifications qui constituent la grande voirie confiée au service des Ponts et Chaussées ou au Génie dans les places fortes.
- [9] En 1808, il y a dix fabriques de colle forte à Paris. Voir rapport n° 84 du 10 octobre 1808, *Rapport général sur les travaux du Conseil de salubrité pendant l'année 1808*, Archives de la Préfecture de Police, Paris, semi-usuels, et François J., Prunet F., *Le conseil d'hygiène publique et de salubrité – Sa composition de 1802 à 1935*, Archives de la Préfecture de Police, 279/20, 1934.
- [10] La fabrique de soude de la Maison de Seine gérée par Pluvinet à Saint-Denis est contrainte de décomposer le sel marin seulement la nuit et s'il n'y a pas de vent, entre 22 h et 6 h. Rapport n° 50 du 21 avril 1808, *Rapport général sur les travaux du Conseil de salubrité pendant l'année 1808*, Archives de la Préfecture de Paris, semi-usuels.



### André Guillerme

est professeur au Conservatoire national des Arts et Métiers, chaire Histoire des techniques\* et chaire UNESCO « Mémoire des métiers vivants ».

\* CNAM, Chaire Histoire des techniques, case 161, 5 rue du Vertbois, F-75013 Paris.  
Courriel : andre.guillerme@cnam.fr

## > Une LIBRAIRIE SCIENTIFIQUE en ligne

Physique,  
Astronomie, Maths

Matériaux, Chimie,  
Industrie, Optique

Energie, Nucléaire,  
Radioprotection

Environnement,  
Sciences du vivant

Médecine, Dentaire, Santé

“ De l'étudiant au chercheur... ”



- > Toutes thématiques scientifiques, techniques et médicales
- > Facilité de recherche et simplicité d'utilisation
- > Tous modes de paiement sécurisés

**www.edition-sciences.com**

Un service du Groupe EDP Sciences

# La vision de la chimie par le public européen

## Les résultats des enquêtes du CEFIC

Pierre Gervason

Créé en 1972, le CEFIC<sup>(1)</sup>, Conseil européen de l'industrie chimique, anciennement Confédération Européenne des Fédérations de l'Industrie Chimique, représente l'industrie chimique européenne. Basé à Bruxelles, il réunit 22 fédérations nationales et 6 fédérations « associées ».

À ce jour, le CEFIC représente 29 000 sociétés et 1,3 million de personnes. En plus de ses activités centrales et communes à l'industrie chimique européenne, il est constitué de plus de cent groupes sectoriels traitant plus de cent-vingt familles de produits chimiques.

Parmi ses activités, une part importante est consacrée à la recherche, notamment par le biais du « Long-range Research Initiative » (LRI) qui investit plusieurs millions d'euros par an dans des programmes de recherche auprès d'universités et organismes gouvernementaux. Les sujets évalués (donc financés) portent notamment sur les impacts sanitaires des produits chimiques, les stratégies d'évaluation et l'acceptance sociétale des nouveaux produits et technologies.

Le CEFIC intervient également dans la communication, objet de cet article. Cette communication s'exerce autour de l'industrie chimique, notamment des produits et des thématiques sanitaires et environnementales qui lui sont affectés.

### Le « point zéro »

Dès 1991, le CEFIC a décidé de mettre en place une enquête d'opinion pan-européenne, financée par ses adhérents, dont l'objectif majeur était de disposer d'un instrument de mesure destiné à établir une stratégie de communication en phase avec les attentes extérieures à la profession, passant par une étude de l'image de l'industrie chimique.

Réalisée dès 1992 dans huit pays européens (Allemagne, Belgique, Espagne, France, Grande-Bretagne, Italie, Norvège et Pays-Bas) auprès d'environ mille personnes par pays, cette enquête s'est d'abord attachée à cerner les attentes sociétales, indépendamment de la chimie et de l'industrie chimique, et d'établir un point de référence.

Les premières questions ont évalué la perception des grands problèmes sociétaux (chômage, santé, environnement...) ainsi que les priorités à traiter dans les années à venir (nous sommes en 1992...): pollution de l'environnement, violence, chômage, santé... La suite de l'enquête s'est attachée au traitement des sujets liés à l'industrie en général, notamment en questionnant sur la nature des industries dangereuses pour l'environnement (chimie, automobile, sidérurgie...).

Le troisième niveau de questions a abordé indirectement l'industrie chimique, faisant ressortir une demande d'augmentation des mesures de protection de la nature, un besoin de développement des énergies alternatives, une meilleure définition des priorités (pollution de l'eau et de l'air, destruction de la couche d'ozone, pollution marine, pollution chimique).

Enfin, le quatrième niveau abordait directement la chimie et l'industrie chimique: qu'est-ce qu'un produit chimique? Pour les personnes interrogées, ce sont les pesticides, peintures,

détergents, matières plastiques, engrais... (nous comparerons plus loin ces opinions avec les résultats de l'enquête réalisée en 2010, en observant une bonne continuité de la vision des produits chimiques par le public). Par ordre décroissant des réponses: l'industrie chimique doit mieux informer de ses découvertes et implications sociétales; elle demeure un danger pour les populations locales; elle n'est pas prête à réduire ses bénéfices pour protéger l'environnement; et il y a un manque global de confiance.

Cette première enquête se concluait par une évaluation de la crédibilité des vecteurs d'opinion à l'échelle européenne (en 1992). Par ordre décroissant, on trouve: Greenpeace, les scientifiques, l'université et les milieux académiques, les associations de consommateurs, les autorités locales, la police, les syndicats, les chasseurs, les partis politiques, les associations d'entreprises et les industriels...

À ce stade, il est fondamental de constater qu'il y a d'importantes différences d'opinions entre chaque pays, et cela à chaque question. Il sera donc ardu d'établir une stratégie de communication commune à toute l'Europe et sans doute préférable de la déléguer à chaque pays. Ce phénomène s'est perpétué puisque nous verrons plus loin que ces différences sont encore fortes dans les enquêtes suivantes, y compris celle réalisée en 2010.

Par exemple, en 1992, les priorités « santé » sont plus prises en compte par les pays « latins » (Espagne, France, Italie); l'environnement préoccupe plus l'Allemagne et les Pays-Bas, avec des nuances sur la pollution (Allemagne, Italie), la protection de la nature (Allemagne, France) et les énergies renouvelables (Grande-Bretagne, Pays-Bas).

### Les « pan-European survey » (PES)

Cette enquête initiale a été suivie régulièrement par d'autres enquêtes, les PES, réalisées tous les deux ans, avec un élargissement du choix des pays – évolution européenne oblige –, mais avec des techniques d'enquête similaires.

La technique d'étude est clairement définie et constante dans le temps et géographiquement. Elle est établie par une société européenne spécialisée dans les enquêtes d'opinions. Deux points formels émergent de la réalisation de l'enquête: focalisation sur l'industrie chimique, sans réévaluer implicitement les attentes sociétales *a priori*, et variation dans le nombre de pays: 7 en 1996 (départ de la Norvège), 8 en 2000 (entrée de la Suède), 9 en 2004 (Pologne) et 11 à partir de 2008 (Hongrie et République tchèque).

À raison d'environ 1 000 personnes interrogées par pays, comme dès 1992, ce sont donc sensiblement 11 000 Européens qui ont fait partie du panel.

Ces enquêtes sont donc très complètes, tant au niveau des thèmes qui sont examinés – qui vont de l'image globale de l'industrie chimique à ses enjeux sociaux-économiques, ses impacts, REACH et le « Responsible Care »... –, que des croisements qui sont faits entre les nationalités, les classes sociales, les générations, etc.

## Le PES 2010

Les résultats du PES 2010 présentés ici ont été obtenus par l'enquête réalisée de février à mars 2010. L'exhaustivité des questions posées ainsi que la complexité du traitement des croisements (nationalités, classes sociales, générations...) nous a amenés à présenter les conclusions principales essentiellement. Cependant, nous nous sommes attachés à développer les principaux résultats et leur évolution entre 1996 et 2010 sur deux points : « l'image de l'industrie chimique » et « la vision des produits chimiques », d'autant que ces deux points nous ont semblé plus représentatifs d'une opinion spontanée « à chaud ».

### Image générale de l'industrie chimique

Par rapport aux autres industries, l'industrie chimique arrive en sixième position en termes d'image, avec une légère amélioration depuis 1996. Mais elle est toujours derrière les télécommunications et l'électronique, l'alimentation, la pharmacie, l'automobile et l'électricité. Et elle reste toujours parmi les trois « dernières de la classe » avec les industries pétrolière et nucléaire.

Les différences d'appréciation déjà observées en 1992 entre les pays restent établies : amélioration de l'image comparée en Belgique, Italie et Pays-Bas, mais régression en Allemagne, Grande-Bretagne et Hongrie.

Dans l'absolu, sans mise en perspective avec d'autres industries, l'image globale de l'industrie chimique est fluctuante selon les années (... et les pays) mais s'inscrit dans une dynamique moyenne positive.

Ainsi, l'évolution sur les dernières années est positive en Allemagne, Belgique, Espagne, Italie, reste fluctuante en France (en huitième position sur onze pays en 2010), décroissante en Grande-Bretagne, Hongrie et Pologne, relativement stable aux Pays-Bas, en République tchèque et en Suède.

### La chimie, les produits chimiques

Pour le public, les produits chimiques sont vus au travers d'applications quotidiennes bien identifiées. Ainsi, par ordre décroissant d'identification, ce sont des produits pour le nettoyage et la désinfection, détergents et adoucissants, hygiène, pharmacie, cosmétique et parfums, engrais, pesticides, peintures... La comparaison de ces résultats avec ceux de 1992 montre un évident parallélisme.

Cette vision « application domestique » ne serait-elle pas due à des applications nécessitant des précautions d'emploi et de rejet bien précisées, des étiquetages « corrosif », « toxique », « dangereux pour l'environnement », des mentions « ne pas avaler », etc., mises en relation avec l'idée qu'un produit chimique est justement toxique, polluant... ?

Cependant, concernant l'équilibre entre effets positifs et effets négatifs, il ressort que la moyenne européenne est sensiblement constante et en faveur des bénéfices apportés (surtout en Allemagne, Belgique, Grande-Bretagne, Pays-Bas, Pologne, Suède), mais en faveur des effets négatifs en France et en Italie.

### Conclusions

Les conclusions proposées par le CEFIC à partir du PES 2010 sont les suivantes :

- il n'y a pas d'image européenne globale et unique de l'industrie chimique, mais une image par pays, génération, milieu social, etc. ;
- cette image a progressé graduellement dans de nombreux pays, mais a besoin de progresser dans des zones importantes (Espagne, France, Grande-Bretagne, Italie), notamment en termes d'acceptation industrielle et d'image des produits ;



La perception par le grand public des produits chimiques dans le quotidien se limite souvent aux produits d'entretien, d'hygiène, ou aux engrais et pesticides, autant d'exemples de produits pouvant être corrosifs, toxiques ou dangereux pour l'environnement. Illustration de Minh-Thu Dinh-Audouin, DR. Produits d'hygiène-parfum : © Fotolia.com/Clivia ; foule : © Fotolia.com/Michael Brown.

- des éléments extérieurs peuvent influencer ponctuellement la vision qu'a le public de l'industrie chimique, par exemple la Conférence de Stockholm sur le climat – et la médiatisation qui a suivi –, qui a présenté l'industrie chimique plus comme un problème que comme une source de solutions.

### Et la suite ?

En guise de conclusion personnelle, nous apportons quatre points en forme de questionnement à cette synthèse des PES, dans un croisement sensiblement volontairement restrictif car réduit à l'image de la chimie et de ses produits, alors que de nombreux autres croisements ont été faits, par exemple entre chimie et emploi.

Les PES bisannuels réalisés par le CEFIC, la succession régulière des résultats sur l'image durant plusieurs décennies qui en résulte et leur évolution sur une décennie peuvent-ils être un outil essentiel dans l'étude des politiques de communication spécifiques par pays, par cible, par vecteur ?

Peut-on estimer que tous les efforts de recherche, la mise au point des produits, leur fabrication, leur développement commercial, plus la communication qui est faite (ou non) autour de la chimie et des « produits chimiques » n'auraient-ils comme fatalité que d'être les véhicules d'une image de produit « d'entretien » et « dangereux », sans considération pour l'immensité d'autres applications primordiales, discrètes ou spectaculaires, pour les mesures de protection de l'homme et de son environnement, et les impacts économiques et sociaux ? Est-ce légitime ?

Cette image véhiculée et attribuée par les applications visibles ne résumerait donc la vie de la chimie que « de la paillasse à dessous l'évier » (cela est volontairement un peu provocateur de notre part...)?

Quelles sont alors les conclusions pratiques à tirer de ces constats ? Ceci est une autre histoire<sup>(2)</sup>...

(1) The European Chemical Industry Council ([www.cefic.org](http://www.cefic.org)).

(2) Voir par exemple les éléments de réflexion abordés dans les articles de Laura Maxim et de Richard-Emmanuel Eastes dans ce numéro.



**Pierre Gervason\***

est membre du Bureau de la Commission Chimie et Société.

\* 52 rue principale, F-60220 Abancourt.  
Courriel : [pierre.gervason@wanadoo.fr](mailto:pierre.gervason@wanadoo.fr)

# Chimie et société : quel dialogue ?

## Une consultation participative initiée par la commission Chimie et Société

Andrée Marquet

Cela a été dit et redit en sciences sociales depuis au moins une vingtaine d'années : l'opinion du public vis-à-vis de la science n'est pas directement corrélée à la quantité d'information scientifique qu'on lui fournit afin « de lui faire comprendre », « de le convaincre », « de faciliter l'acceptabilité », mais dépend d'une relation de confiance beaucoup plus complexe, dont les composantes sont multiples. Et pourtant, ce qu'on connaît depuis longtemps comme « le modèle du déficit » survit et semble même se renforcer dans certains discours. Selon ce modèle, le scientifique ou l'industriel devrait tenter d'« apaiser les inquiétudes du public », à travers une démarche d'explication dans laquelle les arguments techniques, formulés dans un langage accessible, jouent le rôle central. Le public est souvent présenté comme ayant une réaction émotive, « irrationnelle » vis-à-vis des risques techniques. La raison serait qu'il ne comprend pas la science, la solution qui s'impose donc est plus d'éducation et de vulgarisation.

Qu'en est-il pour nous chimistes ? Force est de constater que « la chimie » fait toujours l'objet d'attaques plus ou moins virulentes en dépit des initiatives de nombreux représentants de la profession, académiques et industriels, pour en donner une image positive. Certes, le manque de connaissances scientifiques du public est un des facteurs qui entrent en jeu et les efforts pour faire découvrir notre discipline, particulièrement nombreux en cette Année internationale de la chimie, contribueront, espérons-le, à éclairer une partie de l'opinion. Il n'est pas question de nier l'intérêt de cette activité de vulgarisation. Mais la « résistance » que nous constatons a d'autres origines : supériorité du « sachant » mal ressentie par un public éclairé dans d'autres domaines, méfiance vis-à-vis des intérêts industriels, économiques ou politiques.

La commission Chimie et Société, qui réfléchit depuis plusieurs années à ce problème difficile, a déjà organisé plusieurs colloques sur ce thème [1], mais avec un public composé pour l'essentiel de membres de la communauté scientifique. Elle tente actuellement une autre démarche. L'ambition est de trouver d'autres formes de dialogue avec les non-chimistes [2]. La première condition est que les deux parties s'adressent la parole, et essaient de comprendre l'autre. L'objectif déclaré est de retrouver les clés d'une relation plus harmonieuse, afin de mieux gérer à l'avenir les réactions contradictoires quant aux bienfaits et méfaits de la chimie. Le premier pas dans cette démarche était d'identifier les points de blocage qui existent dans les rapports actuels, mais aussi les leviers sur lesquels nous appuyer pour les faire évoluer. Il s'agissait de comprendre ensemble pour agir ensemble.

Pour ce faire, nous avons élargi le champ des personnes consultées afin d'obtenir une image des relations chimie/société complémentaire de celle qui est véhiculée par la presse ou les associations écologiques.

Ce projet, réalisé en collaboration avec l'association Culture et Liberté, qui possède une longue expérience des démarches participatives [3], est conçu en trois étapes :

- La première est une étape de consultation destinée à obtenir la représentation que les personnes interrogées savent, pensent, ressentent ou attendent. C'est cette étape qui fait l'objet de cet article.

- La deuxième, qui consiste à élaborer avec les participants volontaires des propositions de travail visant à établir des modalités nouvelles de dialogue et de coopération, est en cours.

- La troisième étape sera, une fois formulées ces propositions, ce que la communauté des chimistes en fera.

### Mise en route de la consultation

#### Quelques éléments de méthode

Sept groupes focus composés de personnes venant d'horizons différents ont été constitués : les acteurs de la santé publique, les personnels de la recherche publique (non chimistes pour la plupart), les personnels de l'industrie, les représentants d'associations (environnementales et d'éducation à la science), les « relais de communication » (journalistes et médiateurs scientifiques), les « citoyens ordinaires » et les lycéens. Le recrutement des membres de ces groupes (une cinquantaine de participants au total, tous bénévoles) s'est fait en mobilisant les réseaux des initiateurs du projet.

Chaque séance a été animée avec le support d'un logiciel de sondage délibératif (Colorvote). Les sept séances se sont déroulées de la même manière, en trois séquences :

• **Collecte des idées, remarques, constats**, que les participants ont formulés à partir de la question qui leur a été posée : « Du point de vue qui est le vôtre et compte tenu de vos fonctions, responsabilités et domaines d'intervention, qu'avez-vous envie



Montage réalisé par Minh-Thu Dinh-Audouin, DR. Table ronde : Konstantinos Kokkinis/Fotolia.com, laboratoire : © CNRS Photothèque/ROBIN Laurent, enseignante et enfant : © Nyul/Fotolia.com, supermarché : Monkey Business/Fotolia.com, usine : © Arkema.

de dire qui vous semble caractériser le mieux les rapports actuels entre la chimie et la société ? » La même question, ouverte, a été posée dans les mêmes termes à tous les groupes. La collecte s'est faite sans débat de façon à sauvegarder la spontanéité et à recueillir le maximum d'idées (saisies sous forme d'items) dans le minimum de temps (un peu moins d'une heure). Selon les groupes, entre 21 et 39 items ont été produits.

• **Sélection des items** pour rechercher ceux qui faisaient l'objet d'un consensus (favorable ou défavorable) dans le groupe et ceux sur lesquels les opinions divergeaient. La sélection s'est faite à l'aide d'un boîtier de vote individuel permettant à chacun, grâce à un code couleur, de donner son opinion [4] sur chacun des items produits par le groupe. Les votes ont duré une dizaine de minutes. Les résultats sont apparus immédiatement sous forme de diagrammes qui ont permis de visualiser les zones d'accord et les zones de désaccord.

• **Débat à partir des différences de point de vue exprimées** : le débat a duré environ 1 h 30 dans chaque groupe. Il n'avait pas pour objet de rechercher l'accord systématique entre les participants, ni de formuler des solutions, mais d'explicitier les raisons des accords et des désaccords. L'objectif était de comprendre les raisons qui faisaient qu'un même aspect pouvait être apprécié différemment. Compte tenu des échanges, des participants ont modifié tel ou tel de leurs votes. Les sept débats ont été enregistrés de façon à disposer par la suite de l'ensemble des verbatim.

Les résultats des différents groupes focus ont été thématiques et croisés. Sur la base de ce croisement, un questionnaire de 63 items a été établi, qui couvre toutes les thématiques abordées dans les sept groupes. Ce questionnaire a été adressé à l'ensemble des participants. Chacun a ainsi pu confirmer ses votes sur les items de son groupe et se prononcer sur les idées avancées par les autres. Les réponses obtenues ont été ordonnées en fonction des votes et pondérées avec les verbatim des débats.

Les items les plus significatifs sont rassemblés dans l'encadré tels qu'ils ont été exprimés, dans leur spontanéité.

### Remarques préliminaires

L'originalité de la démarche réside dans le fait :

- que les participants n'ont pas répondu à des questions préparées à l'avance par des sondeurs (dont on sait qu'elles influencent fortement les réponses), mais sur ce qu'ils ont eux-mêmes exprimé, dans leurs propres termes ;
- qu'il ne s'agit pas d'un sondage quantitatif avec réponse rapide (consultation téléphonique par exemple) : les votes finaux sur le questionnaire global, obtenus par Internet, ont eu lieu à l'issue de débats contradictoires, en laissant tout le temps de la réflexion ;
- qu'il s'agit d'un sondage délibératif, donc qualitatif, qui par ailleurs fait appel à des personnes non rémunérées, recrutées sur la base du volontariat, dans la perspective d'associer certaines d'entre elles au travail constructif ultérieur prévu dans la deuxième étape. Il est à noter – ceci est clairement apparu lors des séances de la première étape – que dans certains groupes (chercheurs, personnels de santé, relais de communication, industriels), il y avait parfois confusion entre ce que les intervenants pensaient, ou ce qu'ils pensaient « qu'une majorité de gens » pensaient. À noter aussi que dans ces groupes là, on s'adressait en même temps à des individus et à des relais d'opinions.

### Résultats

Un rapport complet s'appuyant sur les enregistrements des débats a été rédigé et est disponible sur le site de Chimie et Société (voir [1]). Nous n'en présentons ici qu'une synthèse et ne pouvons que recommander la consultation du document original rapportant les propos des participants et pointant les différences d'opinion entre les différents groupes.

L'un des principaux résultats de la consultation est que les interviewés ont très bien compris et analysé la complexité du problème

posé. Leurs avis montrent une ambivalence vis-à-vis de la chimie, donc une attitude beaucoup plus nuancée que la « mauvaise image » dont on parle souvent et qu'on pense déceler lorsque l'on propose aux citoyens des enquêtes quantitatives à réponses fermées. « *La chimie, telle Janus, peut avoir deux faces, il y a à la fois une fascination et une crainte* », disait l'un des chercheurs.

### Sur la perception de la chimie

La consultation montre tout d'abord que, spontanément, ce ne sont pas les conséquences environnementales de la chimie ou la méfiance vis-à-vis de l'industrie chimique qui ont été exprimées en priorité, mais des interrogations sur la science chimique, le métier de chimiste. La complexité de la science, son langage « inaccessible », les difficultés de sa vulgarisation posent problème, et le désir de comprendre est réel. Il est reproché aux chimistes leur silence, leur absence sur la scène intellectuelle.

Les participants ont également conscience que le fait que la chimie soit partout nuit à la perception de son rôle. « *Le terme générique « chimie » recouvre trop de champs. La chimie imprègne tellement notre quotidien que l'on finit par ne plus le savoir et qu'il devient difficile de communiquer.* »

L'opposition chimique/naturel apparaît comme un problème très important ; ils sont 90 % à penser que « *de plus en plus de gens opposent le chimique (pas bon) au naturel (bon)* ». Dans le domaine de la santé, les patients regardent la chimie comme un moyen de guérir, mais aussi comme une agression. Les malades disent oui au médicament, mais il faut leur parler de drogue sans y associer le terme chimique.

Cependant, il existe une réelle volonté de questionner la réalité de cette rupture et d'en approfondir l'origine, de mieux cerner ce qu'est le naturel et le synthétique. Les arguments avancés dans les discussions entre chimistes sur la signification du mot *chimique* ont également été avancés dans certains groupes.

L'idée que la chimie fait moins rêver que d'autres sciences a été plusieurs fois exprimée, les jeunes semblant les moins « rêveurs ».

### Sur les bienfaits et les risques de la chimie

Les participants ont fait une analyse assez objective des méfaits et des bienfaits de la chimie, même si l'irrationnel n'est pas totalement absent.

Le rôle de la chimie dans l'amélioration de la vie quotidienne, en particulier dans le domaine de la santé, est bien reconnu et apprécié : « *La chimie est peut-être la science la plus proche, parce que la plus présente dans mon quotidien. Je trouve étonnant qu'elle arrive à être si lointaine.* »

Les effets négatifs sur la santé et l'environnement sont évidemment soulignés en parallèle : toxicité, effet cancérigène, pollution de l'environnement. La proposition formulée par un agriculteur – « *La chimie est nécessaire, on ne peut pas s'en passer* » – ne recueille que 40 % d'opinions favorables, tous groupes confondus. À noter que le risque est une notion assez floue dont l'appréciation est diversement ressentie. Il apparaît cependant que la distinction entre risques diffus, potentiels, et risques industriels, catastrophes, est bien présente. Il a été plus question de pollution que de Bhopal (il faut noter que la diminution du risque chimique industriel est assez bien perçue). Les risques avérés font moins peur que les risques potentiels.

### Sur l'industrie chimique

Là aussi, les participants font la part des aspects positifs et des aspects négatifs, sans tomber dans les positions extrémistes. Les contraintes économiques de l'industrie ne sont pas ignorées, même si la façon dont elle les gère est critiquée. Les efforts faits par l'industrie chimique en matière de sécurité et d'adaptation des produits aux besoins sont reconnus. Mais sa communication est très contestée, en particulier le peu de

## Sélection des items du questionnaire et résultats des votes

\*1<sup>er</sup> chiffre : tout à fait d'accord + plutôt d'accord ; 2<sup>e</sup> chiffre : opinion mitigée.

L'ensemble des propositions soumises au vote était : Je suis tout à fait d'accord ; Je suis plutôt d'accord ; Je suis mitigé ; J'hésite ; Je suis en total désaccord ; Je suis plutôt en désaccord ; Je ne sais pas répondre ; Je ne suis pas concerné ; Je ne veux pas répondre.

Items	Résultats*
<b>La perception de la chimie</b>	
- La chimie est perçue à la fois comme quelque chose de magique et quelque chose d'inquiétant (on admire Lavoisier mais on déteste Folamour...)	88/8
- Dans le mot chimie, il y a une réminiscence du terme « alchimie », qui inquiète	20/26
- Le mot chimie contient des notions de jeu, de mystère, de goût du risque et de l'inattendu	47/26
- Le rapport des gens à la chimie a un côté irrationnel	47/18
- De plus en plus, les gens opposent le « chimique » au « naturel »	80/6
- Dans le domaine médical, les patients regardent la chimie à la fois comme un moyen de guérir, mais aussi comme une agression, une rupture de l'équilibre naturel	61/20
- Il est essentiel de comprendre la rupture entre la perception de la chimie et celle de la nature	70/8
- La chimie est englobée dans d'autres disciplines, elle n'a pas pris son indépendance	36/16
- Le statut du chimiste est moins valorisé que celui d'autres chercheurs	47/16
- La vulgarisation de la chimie est difficile	63/8
- Les gens préfèrent les sujets simples, voire binaires (positif/négatif) alors que la chimie est complexe	51/22
- On n'entend pas assez parler des chimistes et de ce qu'ils font	78/12
- Le langage des chimistes est difficilement compréhensible par les gens et ils ne font pas d'effort pour être clairs	53/32
- D'autres scientifiques font un travail aussi compliqué que les chimistes mais n'ont pas les mêmes difficultés à communiquer et à se créer une image positive	40/10
- La chimie est le parent pauvre en éducation	41/28
- Les enfants devraient être sensibilisés dès la maternelle par des expérimentations à caractère ludique	70/20
<b>Les bienfaits et les risques</b>	
- Quand on dit « produit chimique », les gens pensent toxique, cancer, destruction de l'environnement, dégradation de la santé	84/8
- La chimie participe à la pollution de l'environnement	75/8
- On trouve tous les jours des molécules nouvelles, sans prévenir les risques de leurs synergies	67/14
- En cosmétologie, les industriels communiquent plus sur le biologique que sur le chimique	77/12
- Les médias parlent plus volontiers des aspects négatifs de la chimie	67/24
- Les risques avérés font moins peur que les risques potentiels	51/27
- Il est très difficile de démontrer scientifiquement qu'un risque n'existe pas	75/6
- La perception du risque n'est pas en accord avec la diminution réelle, récente, des risques chimiques industriels	55/25
- La chimie améliore notre vie quotidienne, notamment pour les médicaments, les conservateurs, les cosmétiques, les vêtements, l'énergie et aussi... la justice	84/14
- La chimie est nécessaire, on ne peut pas s'en passer, en particulier en agriculture	39/32
<b>L'industrie chimique</b>	
- Les industries chimiques ne communiquent pas sur les risques de leurs activités	75/12
- La manière partielle et partielle de communiquer des industries chimiques provoque de la méfiance et de l'inquiétude dans le public	80/8
- Si les industriels montraient leurs installations, ils aideraient à dé-diaboliser la chimie	47/32
- Les industries chimiques ne mettent pas leurs actes en concordance avec leur discours	56/16
- L'industrie chimique part du principe que le progrès technologique est synonyme du progrès de l'humanité	73/8
- La responsabilité sociétale des entreprises s'arrête à leurs murs, c'est un déni des risques pour les autres	47/18
- Les précautions prises pour l'usage des substances chimiques en milieu confiné n'existent pas en usage de masse (37 % ne savent pas)	41/12
- L'observation des effets indésirables de la chimie devrait être indépendante de l'industrie	76/8
- Les chimistes ne sont pas forcément indépendants et ne peuvent pas décider seuls du sens de leurs travaux	51/20
- Il y a une suspicion de plus en plus forte dans le grand public vis-à-vis des relations entre le monde scientifique et le monde industriel	65/16
<b>Les citoyens et leurs attentes</b>	
- Aujourd'hui, mieux informé, le public est plus critique, on ne lui fait plus croire n'importe quoi	51/34
- Le grand public doit se prononcer sur des dossiers très compliqués, sans avoir les compétences pour le faire	59/20
- Il y a un besoin d'indicateurs de co-vigilance synchronisée pour évaluer les effets des usages des produits chimiques	73/0
- On a besoin d'une traçabilité d'une matière active (médicament, cosmétiques, produits industriels...) tout au long du cycle de vie d'un produit	96/0
- Il y a besoin d'un statut de « lanceur d'alerte » à l'identique de celui de délégué syndical	57/18
- Les effets de la chimie, négatifs ou positifs, dépendent des usages que l'on en fait	73/6
- Le citoyen a aussi la responsabilité d'être cohérent dans ses choix de vie (consommation, activité professionnelle, éducation des enfants, etc.	88/10
- On a besoin d'explorer des solutions alternatives à l'usage de la chimie	77/8
- En France, on est davantage dans la réparation des effets négatifs que dans leur prévention	51/22
- La catastrophe semble nécessaire pour relancer le débat et faire valoir la place des citoyens	43/37
- Il y a une part de responsabilité des collectivités dans l'anticipation du risque	75/18
- Les élus abordent la question des risques en déléguant aux experts et en suivant leur avis	69/14

communication sur les risques des produits (insuffisance, partialité...) et suscite la méfiance du public. Elle est accusée de ne pas mettre ses actes en accord avec ses discours.

Il s'est manifesté une demande forte d'instances d'évaluation des effets indésirables de la chimie indépendantes de l'industrie.

Il y a aussi une suspicion vis-à-vis des relations entre le monde scientifique et le monde industriel, l'indépendance du premier étant mise en doute. Pour autant, le fait qu'il soit difficile, spécialement en chimie, de séparer la recherche de ses applications est bien reconnu (et on connaît surtout les applications...).

### Les citoyens et leurs attentes

Le grand public, pourtant de mieux en mieux informé et plus critique, a conscience de ne pas disposer des données suffisantes, ni de la compétence pour analyser des dossiers très compliqués.

La grande majorité des participants réclame une traçabilité d'une matière active (médicaments, cosmétiques, produits industriels...), tout au long de son cycle de vie. Plus généralement, leur besoin de comprendre le déroulement du processus, du laboratoire de recherche à l'innovation technologique, est fortement exprimé. Ils ne savent pas jusqu'à quel stade le choix appartient au chercheur, à partir de quel moment sa responsabilité, au moins morale, pourrait être engagée, qui fait les choix d'application du résultat de ses recherches, à quel moment et selon quelles procédures les industriels interviennent. C'est très vraisemblablement cette connaissance qui pourrait permettre aux citoyens et aux associations de mieux voir où, quand et sur quoi ils pourraient engager le dialogue et apporter leur contribution.

C'est ce qui se dégage également de l'enquête Ipsos réalisée pour *La Recherche* et *Le Monde* [5], qui révèle que « 80 % des sondés estiment que les citoyens sont insuffisamment informés et consultés. »

Des indicateurs de co-vigilance pour évaluer les effets de l'usage de produits chimiques sont réclamés et le rôle positif des lanceurs d'alerte est souligné.

Une forte majorité a conscience que le public détient une part de responsabilité, et que les effets des produits chimiques dépendent de l'usage que l'on en fait. Ils affirment que le citoyen a aussi la responsabilité d'être cohérent dans ses choix de vie.

Les personnes consultées ont pointé, mais sans en débattre vraiment, les aspects politiques et le rôle des pouvoirs publics. C'est un aspect qui devrait être retravaillé. Notons que la directive REACH est apparue comme peu connue.

Il faut également souligner que le discours selon lequel le progrès technologique est synonyme de progrès de l'humanité ne passe pas toujours très bien.

### Conclusion

Cette étude ne prétend pas constituer un diagnostic exhaustif. Certains propos, certaines affirmations mériteraient sans doute d'être complétés par d'autres points de vue, comme ceux d'élus ou de représentants d'agences de contrôle.

Il importe de rappeler que les propos tenus dans les différents groupes renvoient sans nul doute à des observations objectives, mais aussi à des appréciations plus subjectives, mais elles sont aussi à prendre en compte. L'intérêt est que nous disposons là d'une expression directe d'un groupe varié de citoyens, non relayée par des professionnels de la communication.

Les éléments qui émergent de la consultation sont le fruit des réflexions personnelles et du dialogue des différents acteurs entre eux. C'est maintenant entre eux et les chimistes que le dialogue doit s'engager. Ceci implique que les chimistes acceptent de se remettre en question sur certains points, ne campent pas sur leurs certitudes et qu'ils élargissent leur conception de ce dont ils sont redevables à la société : est-ce seulement faire des recherches dont les applications seront utiles, même si c'est cela

leur principale fonction ? Est-ce seulement porter la bonne parole technique ? Où est-ce aussi être ouvert au dialogue en acceptant au départ les positions des autres ?

Dans l'enquête Ipsos mentionnée ci-dessus, une minorité seulement répond par l'affirmative à la question « Avez-vous confiance dans les scientifiques pour dire la vérité sur les résultats et les conséquences de leurs travaux ? » Même si on est en désaccord avec cette opinion, elle devrait nous faire réfléchir sur la façon dont nous sommes perçus et sur ce qui est à faire.

Dialoguer suppose également l'ouverture d'esprit de nos interlocuteurs. Il n'y aura aucun progrès dans la compréhension mutuelle sans ce préalable.

### Perspectives

À l'issue de cette consultation, deux axes de travail se dégagent :

- *Définir ensemble les termes d'une « bonne communication »*, que ce soit sur la science, le métier, la genèse des produits fabriqués. Il faudrait pour cela intégrer les représentations des uns et des autres, y compris leur part de « ressenti », qui est un élément à ne pas négliger. Il conviendrait aussi certainement de choisir les champs de préoccupations les plus propices à une communication concertée, la nature des messages à faire passer, les mots et les vecteurs les plus appropriés.

- *Harmoniser les démarches d'éducation, de sensibilisation et de vulgarisation*. À quelques exceptions près, il y a peu de contacts entre l'école et les autres moyens d'éducation. Enseignants, chercheurs, associations d'éducation scientifique, journalistes interviennent chacun à leur manière, avec des supports différents. Il serait sans doute utile à tous d'examiner ensemble comment les harmoniser.

Des groupes de propositions, comprenant des participants au projet, ont été constitués et ont commencé à travailler. Il est prévu d'y adjoindre d'autres interlocuteurs, dont des chimistes, et appel est fait à ceux qui ont envie de participer à cette réflexion.

Une **journée de rencontre** impliquant des participants à la consultation est prévue le **7 décembre à la Maison de la Chimie** à Paris, dans le but d'élargir et d'approfondir ce débat.

L'auteur remercie *Laura Maxim* pour sa contribution à l'organisation de cette consultation et pour sa réflexion sur ses résultats.

### Notes

- [1] Un compte rendu de ces colloques est consultable sur le site de Chimie et Société ([www.maisondelachimie.asso.fr/chimiesociete](http://www.maisondelachimie.asso.fr/chimiesociete)).
- [2] Une première démarche a déjà été effectuée, en 2008-2009, à travers une enquête auprès d'un certain nombre d'associations, dont les résultats sont également consultables sur le site de Chimie et Société et dans *L'Actualité Chimique* (Gervason P., Quelle image le mouvement associatif français a-t-il de la chimie ? Retour sur l'enquête de la commission Chimie et Société, 2009, 335, p. 45).
- [3] Culture et Liberté Paris, 12 rue Salvador Allende, F-92000 Nanterre. ([clparis@vallona.org](mailto:clparis@vallona.org)).
- [4] Je suis tout à fait d'accord ; Je suis plutôt d'accord ; Je suis mitigé ; J'hésite ; Je suis en total désaccord ; Je suis plutôt en désaccord ; Je ne sais pas répondre ; Je ne suis pas concerné ; Je ne veux pas répondre.
- [5] *Le Monde* du 16 juin 2011.



#### Andrée Marquet

est professeur émérite à l'Université Pierre et Marie Curie (UMR 7203 UPMC/CNRS/ENS) et présidente de la Commission Chimie et Société\*.

\* 28 rue Saint-Dominique, F-75007 Paris.  
[www.maisondelachimie.asso.fr/chimiesociete](http://www.maisondelachimie.asso.fr/chimiesociete)  
 Courriel : [andree.marquet@upmc.fr](mailto:andree.marquet@upmc.fr)

# REACH : un outil pour améliorer le dialogue entre chimie et société

Bernard Sillion

Jusqu'au XX<sup>e</sup> siècle, la culture scientifique était l'apanage d'une minorité cultivée qui considérait que l'amélioration des conditions de vie était due principalement aux avancées technologiques issues des découvertes scientifiques. Un exemple bien connu concerne la découverte de la lampe électrique. Pourtant, certaines avancées technologiques sont nées d'une démarche de préservation de l'environnement et parfois, de protection de certaines espèces. Par exemple, afin de sauvegarder les éléphants, dont les défenses étaient utilisées, les boules de billard en plastique furent inventées aux États-Unis vers 1870.

L'industrie chimique a débuté par la production de grands intermédiaires d'origine minérale (acides, bases) et de produits issus du règne végétal (acide acétique, savons, dérivés de la cellulose), et assez rapidement, des matériaux organiques de synthèse « résines », que l'on ne reconnaissait pas encore comme polymères, ont été industrialisés. En 1844, Charles Goodyear transformait le latex « sans grand intérêt » en caoutchouc pour les pneumatiques. En 1910, Leo Baekeland découvrait les résines formo-phénoliques qui allaient connaître un immense développement dans le domaine des isolants. Cependant, ce n'est qu'en 1919 que Hermann Staudinger introduisait la notion de molécule géante qui permettait de commencer à expliquer les propriétés de ce que l'on allait appeler polymères pour les scientifiques et « matières plastiques » pour le grand public. Et ce n'est qu'à partir de 1930 que les polymères présentant des propriétés prédites et obtenues que nous connaissons aujourd'hui ont commencé à se développer.

## Le progrès : un sujet à risques ?

Si la culture du progrès technologique a clairement dominé les XIX<sup>e</sup> et XX<sup>e</sup> siècles, on a vu assez vite apparaître un questionnement sur les risques liés à ce progrès. Dès le XIX<sup>e</sup> siècle, quelques personnes n'ont-elles pas exprimé leur effroi sur ce que pouvait provoquer la « vitesse » des premiers trains sur l'organisme !

Cependant, plus près de nous, dans le domaine de la chimie, les inquiétudes sociétales ont trouvé des justifications scientifiques dont témoignent les trois exemples suivants :

- En 1907, la compagnie Chisso s'installe à Minamata au Japon. En 1932, son procédé de production de l'acétaldéhyde utilise de l'oxyde de mercure et rejette des résidus de catalyseur dans la mer. Vingt ans après, on constate des désordres du système nerveux chez certains animaux et dans les populations de pêcheurs. C'est seulement en 1959 que le lien entre la maladie et l'ingestion de dérivés du mercure est établie.

- Les polychlorobiphényles (PCB) présentent d'excellentes propriétés diélectriques et une remarquable stabilité thermique et chimique ; ils ont donc été largement utilisés dans l'industrie électrique comme condensateurs ou isolateurs et comme fluides caloporteurs. Malheureusement, une quantité importante de ces molécules a été rejetée dans l'environnement, s'accumulant dans les organismes vivants, en particulier dans les graisses des poissons. Ce phénomène a été bien observé, notamment en France.

- Le dichlorodiphényltrichloroéthane (DDT) a été employé dans les années 1940 pour lutter contre le paludisme en éliminant les moustiques. On estime qu'il a sauvé des millions de vies en Afrique – rap-

pelons que l'on mourrait aussi du paludisme en Corse avant la Libération. Cependant dès 1962, les risques sur le développement de certaines colonies d'oiseaux étaient mis en évidence et le produit fut interdit aux États-Unis.

Ces trois exemples montrent bien la difficulté d'apprécier l'effet à long terme des substances chimiques sur la santé humaine et l'environnement, même si dans le cas du DDT, un bilan très positif sur la santé humaine doit être souligné.

La chimie a su résoudre rapidement des problèmes importants posés aux sociétés en développement : les engrais et les pesticides ont amélioré quantitativement les productions agricoles, les tensioactifs de synthèse ont pris le relais des savons d'origine naturelle qui auraient été insuffisants pour faire face à la demande, les matières plastiques





Depuis l'entrée en vigueur de la réglementation REACH, les industriels sont face à des responsabilités de plus en plus contraignantes : ils sont tenus d'évaluer et de gérer les risques présentés par les substances qu'ils produisent et utilisent, aussi bien pour la santé humaine que pour l'environnement. © Arkema/ARYA Ravi.

à douter que les découvertes scientifiques et leurs applications industrielles soient systématiquement synonymes de progrès.

## REACH : un outil contre le risque

Sous la pression des diverses organisations manifestant leurs craintes, l'Union européenne a pris conscience de la nécessité d'un contrôle de l'innocuité des produits mis sur le marché, et dès 1960, elle a adopté un certain nombre de textes, en particulier la directive 67/548/CEE du 27 juin 1967 relative à la classification, l'emballage et l'étiquetage des substances dangereuses. En 2001, la production mondiale de produits chimiques était de 400 millions de tonnes par an. Environ 100 000 substances étaient enregistrées dans le marché européen, dont 10 000 produites en quantité supérieure à 10 t/an et 20 000 en quantités comprises entre 1 et 10 t/an.

Le *Livre blanc*, publié le 27 février 2001, établi par les services des Ministères de l'Environnement des quinze pays de l'Union et quelque 150 responsables politiques, industriels, scientifiques et représentants d'ONG, a constitué véritablement l'acte fondateur de la réglementation REACH (enRegistrement, Évaluation et Autorisation des substances CHimiques). Les principaux objectifs de cette réglementation, qui est entrée en application le 1<sup>er</sup> juin 2007, sont les suivants :

- protéger la santé humaine et l'environnement,
- améliorer la compétitivité de l'industrie chimique européenne,
- améliorer la transparence,
- diminuer les tests sur les animaux.

et leurs additifs ont trouvé de multiples applications dans la vie quotidienne...

Cependant, il existe un revers de médaille : l'utilisation de grandes quantités de substances chimiques présente un risque de pollution diffuse incontrôlée, susceptible d'induire des dangers pour la santé humaine et l'environnement (produits cancérigènes ou perturbateurs endocriniens, modificateurs des équilibres écologiques...).

Dans la deuxième partie du XX<sup>e</sup> et au début de ce siècle, l'opinion publique est progressivement passée d'une confiance quasiment aveugle dans le progrès technologique en matière de chimie à une forme de défiance, voire pour une minorité à un rejet massif. Dans le monde associatif, l'image de la chimie est bien plus fortement associée aux notions de pollution et de toxicité qu'aux avantages matériels procurés dans la vie de tous les jours.

Cette évolution dans la perception de la chimie est due pour une grande part aux questionnements des organisations associées aux interrogations publiques de scientifiques sur l'effet des pollutions diffuses évoquées ci-dessus, mais aussi à la survenue d'événements fortement médiatisés où les produits chimiques ont été mis en cause. Rappelons les souvenirs atroces dus à l'utilisation des gaz de combat durant la Première Guerre mondiale, mais aussi plus près de nous, les peurs de guerre chimique durant la Guerre froide et lors du conflit en Irak. Les accidents chimiques (Seveso, Bohpal, AZF...), les pluies acides dues aux centrales thermiques, l'eutrophisation des lacs par les additifs phosphorés des lessives... ont aussi contribué à l'émergence d'une vision négative de la chimie.

L'accumulation de ces événements – pollutions diffuses et accidents graves – a fait que l'opinion publique s'est mise

### L'enregistrement des substances

Toute substance seule dans la préparation d'un produit doit être enregistrée auprès de l'Agence européenne des produits chimiques à Helsinki (ECHA) si elle est mise sur le marché en quantité supérieure à 1 t/an (voir *tableau*). Il convient de transmettre à l'Agence un dossier technique comprenant des informations sur les fabricants ou importateurs, sur la substance, ses propriétés physico-chimiques et toxicologiques, ses utilisations, sur la classification et l'étiquetage. Pour les composés produits à entre 1 et 10 t, des informations concernant l'exposition éventuelle sont à fournir, ainsi qu'un rapport sur la sécurité chimique pour les substances produites à 10 t/an et plus. Ces dossiers d'enregistrement sont adressés par les industriels (ou importateurs) qui mettent les produits sur le marché.

### L'évaluation des substances

L'ECHA examine la conformité des dossiers et peut demander des informations complémentaires. En fonction des dangers possibles, des quantités produites, des risques

#### Calendrier d'enregistrement des substances chimiques par quantité de production ou d'importation.

\*Y compris les substances cancérigènes, mutagènes, toxiques pour la reproduction (CMR) de plus de 1 t/an.

Tonnage par an	1 à 10 t	jusqu'à 100 t	100 à 1 000 t	≥ 1 000 t
Estimation du nombre de substances	30 000	4 600	2 800	3 600
Délai d'enregistrement après le 1 <sup>er</sup> juin 2007	11 ans	11 ans	6 ans	3 ans*
Évaluation de la sécurité chimique	non	oui	oui	oui

d'expositions, l'Agence définit des critères d'évaluation et le comité d'États membres choisit l'État qui sera chargé d'évaluer la substance.

### L'autorisation ou les restrictions

Aucune des substances figurant sur l'annexe XIV du règlement ne peut être mise librement sur le marché : cancérogènes (catégorie 1 ou 2\*), mutagènes (catégorie 1 ou 2), toxiques pour la reproduction (catégorie 1 ou 2), substances persistantes bioaccumulables ou toxiques (annexe XIII) et perturbateurs endocriniens. Les autorisations ne sont accordées que si les risques sont maîtrisés. Cependant, il peut y avoir des exceptions si les avantages socio-économiques l'emportent sur le risque et que des solutions de remplacement sont étudiées. Les autorisations sont alors temporaires. Le dossier de demande doit indiquer en particulier le rapport sur la sécurité chimique, l'analyse des solutions de remplacement et l'analyse socio-économique. Les utilisateurs de substances dangereuses sont tenus d'informer l'Agence.

### Où en sommes-nous ?

On estime actuellement que pour 86 % des substances chimiques mises sur le marché, les informations relatives à leur toxicité sont insuffisantes, voire inexistantes. Selon la Commission européenne, 3 % des substances chimiques ont été testées avant l'application du règlement REACH.

Après la première phase d'enregistrement qui s'est achevée le 30 novembre 2010, l'ECHA a reçu 24 675 dossiers concernant les substances les plus dangereuses (CMR : cancérogènes, mutagènes, toxiques pour la reproduction) fabriquées ou importées à 1 t/an ou plus par entreprise, les substances très toxiques pour l'environnement aquatique fabriquées à 100 t/an ou plus et toutes les substances mises sur le marché à plus de 1 000 t/an.

### Et après ?

En 2018, environ 30 000 produits chimiques produits ou commercialisés à plus d'une tonne par an seront enregistrés auprès de l'ECHA... ou ne seront plus sur le marché. La commercialisation de certains produits sera soumise à autorisation et certaines restrictions seront décidées par l'Agence.

Le règlement REACH implique un profond changement de culture vis-à-vis de la mise sur le marché des produits chimiques. Le principe de base est le suivant : pas de données = pas de marché, et la charge de la preuve de l'innocuité des produits incombe désormais à celui qui le commercialise, mais sous le contrôle de l'Agence qui peut exiger des tests complémentaires.

En outre, l'information sur les produits doit parcourir toute la chaîne du producteur au consommateur, et ce dernier (ou les associations qui le représentent) doit pouvoir obtenir l'information qu'il souhaite.

L'éclairage qui sera donné sur les produits chimiques implique un effort considérable dans les domaines de la toxicologie et de l'écotoxicologie afin de simplifier les procédures de caractérisation et de diminuer les expérimentations animales, mais aussi dans le domaine de la chimie pour la substitution des produits bannis et pour le développement de produits et de procédés éco-compatibles.

Cet effort conduira à une innovation plus sûre pour l'homme et son environnement. Il suppose une intégration efficace des différentes disciplines, dont la toxicologie et l'écotoxicologie, au niveau de la recherche et du développement. C'est en ce sens que l'on doit considérer le règlement REACH comme un véritable accélérateur de la compétitivité. Il est en outre certain que la plus grande clarté qui sera faite en ce qui concerne les propriétés physico-chimiques et toxicologiques des produits mis sur le marché va contribuer à améliorer la confiance d'une société utilisatrice.

\* Un cancérogène de catégorie 1 est une substance que l'on sait être cancérogène pour l'homme ; un cancérogène de catégorie 2 est une substance devant être assimilée à une substance cancérogène pour l'homme ; un cancérogène de catégorie 3 est une substance préoccupante pour l'homme en raison d'effets cancérogènes possibles.



#### Bernard Sillion\*

a été directeur de recherche à l'IFP, puis directeur du Laboratoire des matériaux organiques du CNRS à Solaize, président du Groupe Français des Polymères et de la division de Chimie industrielle, vice-président de la SCF et rédacteur en chef de *L'Actualité Chimique*. Il a animé l'expertise collective CNRS sur REACH.

\* Courriel : b.sillion@sca.cnrs.fr

## Chimie 2.0 : « Si on parlait CHIMIE ! » Un projet de l'Institut de chimie du CNRS



La chimie, omniprésente dans notre vie quotidienne, est un pilier des progrès industriels et sociétaux du XX<sup>e</sup> siècle. Elle souffre cependant d'une image en décalage avec son impact réel. Ainsi, le CNRS a décidé de proposer une nouvelle pratique de communication pour améliorer l'image de la chimie en nouant un véritable dialogue entre le milieu scientifique et les citoyens : le site Chimie 2.0, librement inspiré du web 2.0.

Ce nouveau site a été lancé en juin dernier. Il rassemble l'actualité des recherches menées en chimie dans les laboratoires du CNRS sous quatre grandes thématiques (énergie, environnement, santé et patrimoine). Sa particularité : un dialogue possible entre chercheurs et non-scientifiques, un partage de savoirs et des regards croisés. Pour chaque article, un forum de discussion est proposé. Il est étroitement associé à l'exposition itinérante du CNRS « Chimie 2.0 », en ligne sur le site.

Contacts : Christophe Cartier dit Moulin (ccartier@cnrs-dir.fr) et Jonathan Rangapanaiken (jonathan.rangapanaiken@cnrs-dir.fr).

[www.cnrs.fr/chimie2\\_0](http://www.cnrs.fr/chimie2_0)

# Le rôle de la communauté scientifique dans le débat sur la dangerosité des substances chimiques

Andrée Marquet

La préparation et la publication du règlement REACH ont donné lieu à un débat de grande ampleur auquel les consommateurs et les ONG ont largement participé, débat dont la portée dépasse de loin les aspects réglementaires de REACH. Les institutions scientifiques y ont contribué en suscitant la rédaction de deux rapports :

- *Comment les chercheurs peuvent-ils répondre aux enjeux de REACH ?* [1], expertise collective pilotée conjointement par le CNRS (à la demande des Ministères de l'Écologie et de l'Industrie) et l'INERIS (mandaté par l'ANR) ;

- *Le rôle de la communauté scientifique dans le débat sur les substances chimiques* [2], demandé au comité d'éthique du CNRS (COMETS) par le directeur général du CNRS.

Si les titres de ces deux rapports laissent prévoir un recouvrement, ils ont évidemment des finalités différentes. Le premier est surtout centré sur les avancées techniques à réaliser pour répondre aux problèmes posés et formule les recommandations qui en découlent. Le second insiste sur les dimensions éthiques, les valeurs explicites, mais aussi implicites véhiculées par le débat.

Une autre différence importante, c'est que le premier a été pensé, comme il se doit, par les chimistes et leurs collègues des disciplines voisines impliquées, alors que le rapport du COMETS est le fruit d'une réflexion complètement pluridisciplinaire. Il ne s'agit pas des chimistes et de la chimie vus par eux mêmes, mais des chimistes vus par les autres disciplines, ce qui fait une énorme différence quand il est question de dépasser les problèmes techniques. Ceci apporte un élargissement certain des points de vue, même si un rassemblement de scientifiques de toutes disciplines n'est pas représentatif des diverses composantes de la société.

Le point de départ de la réflexion du COMETS a été la constatation d'une absence quasi totale de la recherche publique dans le long débat qui a précédé la promulgation du règlement, qui fut le résultat d'un affrontement entre les associations écologiques et les industriels, arbitré par les politiques. De nombreux chimistes « académiques » ne savaient pas ce qu'était REACH alors qu'il était déjà entré en vigueur au 1<sup>er</sup> juin 2007... La recherche publique n'a-t-elle pas été invitée à participer au débat, ou n'a-t-elle pas répondu de manière suffisamment active ? Il ne s'agit pas de polémiquer ni de revendiquer. C'est un fait.

Ce qui a semblé important au COMETS, c'est d'examiner **en quoi la communauté de la recherche publique est concernée par l'application du règlement REACH, autrement que d'un point de vue intellectuel et citoyen**. Au prime abord, ce n'est pas évident, le texte ciblant avant tout

les acteurs de la chaîne de production, d'approvisionnement et d'utilisation des substances chimiques, et du fait que ce sont les industriels qui sont invités à produire les connaissances manquantes sur les produits.

Pourtant, la communauté académique a largement son mot à dire. Ceci relève de la responsabilité commune à tous les scientifiques qui n'ont pas le droit de se désintéresser des conséquences de leurs travaux, ni de ce qu'ils peuvent apporter à la société. Que dire d'un physicien nucléaire insensible aux problèmes posés par les centrales nucléaires, d'un climatologue qui ne se sent pas concerné par le débat sur le réchauffement climatique, ou d'un biologiste ignorant les problèmes posés par les OGM ? L'effet des substances chimiques sur la santé et l'environnement est un problème de société du même ordre.

Ce qu'on attend de la communauté scientifique, c'est en premier lieu **la production de connaissances**. L'un des objectifs fixés par REACH aux industriels est de fournir les données nécessaires concernant l'innocuité... ou la toxicité des substances enregistrées. Mais la recherche publique doit s'investir pour concevoir, en amont, de nouvelles substances, de nouveaux procédés, de nouvelles méthodes d'analyse, de nouveaux tests et outils de prévision de la toxicité, ceci dans une approche interdisciplinaire.

Cette exigence est maintenant bien comprise d'une grande majorité de chimistes et de leurs associations, ils sont conscients de leur responsabilité dans ce domaine. Le développement durable est devenu une idée force. Il faut juste souhaiter que cela corresponde dans tous les cas à un objectif réel et non à un simple habillage, et que les institutions accompagnent et stimulent ce mouvement.

Mais ce qu'on attend des scientifiques ne se limite pas là. Avoir contribué à la mise au point d'un procédé plus propre ou avoir trouvé une voie de synthèse utilisant des matières premières renouvelables ne signifie pas qu'on soit quitte de ce que l'on doit à la société. Sur ce plan, la prise de conscience apparaît beaucoup moins forte.

Ce qui est en jeu dans la réglementation REACH, et plus généralement dans l'analyse de l'impact des substances chimiques sur la santé et l'environnement, c'est **l'évaluation et la prévision des risques**, et le problème est loin d'être simple. Il est de bon ton de persifler sur le principe de précaution. Certes, son utilisation abusive est source de polémiques bien compréhensibles, mais il ne suffit pas de ricaner. Le risque existe, les incertitudes sont grandes, mais il faut vivre, prendre des décisions et agir. Gouverner l'incertitude est la situation à laquelle les politiques sont confrontés en permanence.

Sur quoi et sur qui repose cette évaluation du risque ? Essentiellement sur l'**expertise** [3]. Qui sont les experts ? Ce ne sont pas uniquement les experts patentés auprès des tribunaux ou membres des comités *ad hoc*. Est-ce que tout chercheur a vocation à être expert ? Probablement pas, recherche et expertise sont deux fonctions différentes, mais il serait souhaitable qu'un plus grand nombre d'entre nous s'engagent dans cette tâche difficile. L'évaluation du risque dans le domaine qui nous occupe est un problème très complexe. Contrairement à ce qui se passe dans le cas du médicament, où la dose et le niveau d'exposition sont déterminés par la prescription, les données restent très imprécises dans le cas des polluants présents dans l'environnement et le débat scientifique sur la relation dose-réponse dans le cas des faibles doses, par exemple, est toujours largement ouvert. Nous sommes dans le champ de la science, et il faudrait développer la recherche sur ces sujets où il y a clairement un déficit de connaissance. Quant à ceux qui n'ont pas vocation à officier comme experts, il est de leur responsabilité de faire circuler les informations issues de leurs travaux et de jouer le rôle de lanceurs d'alerte, dans les circuits adéquats évidemment, pas forcément immédiatement dans le grand public.

Mais cette fonction d'expertise n'est pas uniquement scientifique et technique ; elle a une dimension sociale et politique. L'expertise scientifique comme aide à la décision est de plus en plus sollicitée, par les politiques au premier chef, mais également par les associations de citoyens. Elle est en même temps de plus en plus contestée par ceux qui ne l'ont pas commandée. C'est dire si les chercheurs qui y participent et la conduite de l'expertise doivent être « irréprochables » s'ils veulent être crédibles et pouvoir peser dans les débats de société.

Les conditions minima d'une expertise honnête impliquent une discussion collective et contradictoire, l'affichage clair des limites de la connaissance scientifique, une totale transparence des débats faisant apparaître les avis minoritaires, ainsi qu'une indépendance vis-à-vis des parties impliquées.

Les débats récents sur la toxicité de certains médicaments mis sur le marché apportent une foule d'informations sur les liens qui peuvent exister entre l'industrie pharmaceutique et les chercheurs, les praticiens et même ceux qui sont chargés des contrôles. L'utilisation des déclarations de conflits d'intérêts reste très ambiguë.

Tout ceci fournit des éléments de réflexion aux citoyens et révèle que leur méfiance vis-à-vis des experts pourrait bien être justifiée.

En ce qui concerne l'impact des produits chimiques, les problèmes sont beaucoup plus diffus que ceux qui concernent le médicament. Les niveaux d'exposition sont très flous, et ce sont des populations et non des individus qui sont concernés. De plus, les structures d'expertise suscitées par REACH commencent seulement à se mettre en place. En chimie tout particulièrement, le lien historique et culturel fort entre la recherche académique et l'industrie pose problème aux observateurs non chimistes, qui s'interrogent sur l'indépendance des chercheurs. C'est dire l'ampleur de la tâche.

Évaluer le risque est une chose, contribuer à l'**appréciation du risque acceptable** en est une autre. À l'heure du rapport Stiglitz [4], il ne devient plus anachronique de s'interroger sur les valeurs à l'aune desquelles on doit juger de l'état d'une société et des progrès qu'elle devrait faire. L'essor économique n'est pas l'unique objectif.

Voici quelques questions éthiques formulées dans le rapport du COMETS :

- Quel niveau de risque la société est-elle prête à accepter ?
- Quelle est, pour la société dans son ensemble, l'utilité de telle ou telle substance chimique ou des articles qui la contiennent ?
- Peut-on ou non choisir de s'en passer ? Avec quelles conséquences économiques et sociales ?
- D'autres options sont-elles envisageables ? Quels en seraient l'efficacité et le coût économique ?
- En cas de risque avéré, le courir est-il utile d'un point de vue collectif ?
- Comment ce risque se distribue-t-il dans les différentes catégories de la population et à qui profite-t-il ? Ceux qui y sont exposés en sont-ils conscients et l'acceptent-ils librement ?

Les chimistes ne peuvent se désintéresser de ces questions. Certes, elles les dépassent largement, et c'est à l'ensemble de la communauté scientifique, tout particulièrement aux sciences humaines et sociales, d'apporter des éléments de réflexion et de construire le débat, mais les chimistes se doivent d'y participer.

Vis-à-vis d'une opinion publique souvent méfiante par rapport à la communication de l'industrie chimique, la communauté académique devrait jouer un rôle de relais entre la science fondamentale, l'industrie, les politiques et les citoyens. Un dialogue direct avec les citoyens et leurs associations représentatives doit être établi. Parmi les tâches les plus urgentes, il faudrait s'attacher à montrer les limites de la science dans son état présent et expliquer que de ce fait, les contradictions entre experts (qui posent un gros problème à l'opinion publique) sont, à un certain niveau, inévitables. Il faudrait aussi ne pas oublier nos responsabilités vis-à-vis des étudiants, génération sur laquelle on devrait pouvoir compter pour faire évoluer mentalités et structures. Comme l'a souligné le prix Nobel de chimie 1991 Richard Ernst [5], les principes éthiques souvent invoqués par les décideurs sont rarement suivis en pratique. Les scientifiques ont un rôle à jouer pour rappeler en permanence l'exigence éthique.

## Références

- [1] *Comment les chercheurs peuvent-ils répondre aux enjeux de REACH ?*, Rapport des travaux menés en 2008 et 2009 dans le cadre de l'expertise collective du CNRS et l'atelier de réflexion prospective de l'ANR sur REACH. Rapport ANR-ENERIS-CNRS-APESA ([www.agence-nationale-recherche.fr/documents/uploaded/2009/rapport\\_reach2009.pdf](http://www.agence-nationale-recherche.fr/documents/uploaded/2009/rapport_reach2009.pdf)).
- [2] *Le rôle de la communauté scientifique dans le débat sur les substances chimiques. Recommandations du COMETS à l'occasion de la mise en œuvre du règlement REACH* ([www.cnrs.fr/fr/organisme/ethique/comets/index.htm](http://www.cnrs.fr/fr/organisme/ethique/comets/index.htm)).
- [3] *Les nouveaux enjeux de l'expertise scientifique*, Colloque des 14-15 mai 2008 à la Maison de la Chimie, Paris. Documents et vidéos accessibles en ligne ([www.maisondelachimie.asso.fr/chimiesociete/index.php/les-colloques/expertise-scientifique-mainmenu](http://www.maisondelachimie.asso.fr/chimiesociete/index.php/les-colloques/expertise-scientifique-mainmenu)).
- [4] Stiglitz J.E. *et coll.*, Rapport de la Commission sur la mesure des performances économiques et du progrès social ([www.stiglitz-senfitoussi.fr/documents/rapport\\_francais.pdf](http://www.stiglitz-senfitoussi.fr/documents/rapport_francais.pdf)).
- [5] Ernst R.R., The responsibility of scientists, a European view, *Angew. Chem. Int. Ed.*, **2003**, 42(37), p. 4434.



### Andrée Marquet

est professeur émérite à l'Université Pierre et Marie Curie (UMR 7203 UPMC/CNRS/ENS) et présidente de la Commission Chimie et Société\*. Elle a été membre du COMETS (2007-2011).

\* 28 rue Saint-Dominique, F-75007 Paris.  
[www.maisondelachimie.asso.fr/chimiesociete](http://www.maisondelachimie.asso.fr/chimiesociete)  
Courriel : [andree.marquet@upmc.fr](mailto:andree.marquet@upmc.fr)

# Changer l'image négative de la chimie

## De l'acceptabilité au dialogue

Laura Maxim

Une préoccupation importante pour un certain nombre de chimistes, qu'ils soient chercheurs ou industriels, est l'image négative de leur métier, qui persiste en dépit des longues années de « stratégies de communication » ou de vulgarisation de la science. Est-ce que l'industrie chimique n'a pas su « exploiter dans le bon sens » les résultats de ses enquêtes d'opinion, et trouver les bonnes paroles et sujets pour s'adresser au public ? Les chercheurs n'ont-ils pas su choisir les bons ressorts émotionnels ou supports éducatifs pour faire changer d'avis le grand public ?

Les tentatives de réponses font émerger deux manières de penser les relations entre chimie et société :

- Une première approche, structurée autour de l'idée d'« acceptabilité », vise à l'éducation et à la vulgarisation en direction du grand public. Donner de justes informations doit permettre aux citoyens de mieux comprendre la chimie et de dissiper les malentendus ou les images négatives associées à la science et à l'industrie. L'important dans cette approche est d'aider le grand public à prendre conscience des progrès dont la chimie est porteuse dans la vie quotidienne. Ce message positif est accompagné d'appels à une meilleure diffusion de la chimie en tant que science, jusque dans ses aspects ludiques.

- Une deuxième approche, qui peut être appelée « dialogique », considère que les relations entre chimie et société vont au-delà d'une question d'image, et constituent surtout une question de fond. Comme pour d'autres sciences, il s'agit d'un changement nécessaire dans les pratiques des chercheurs et des industriels. Ceci doit passer également par un changement institutionnel, dans l'évaluation et la gestion des risques chimiques. Ces évolutions vont des configurations d'acteurs impliqués dans les politiques de recherche et d'innovation, jusqu'à la démocratisation de la connaissance en matière d'évaluation des risques chimiques, en passant par l'ouverture de la gestion de ces risques à la société civile. Étant fondée sur un changement dans les pratiques de production de connaissances, l'approche dialogique appelle également un nouveau modèle de recherche et innovation en chimie.

Nous analysons ces deux courants de pensée de façon comparative, selon deux axes qui nous paraissent structurants : le concept de communication et l'image que les chimistes se font du public.

### Le concept de communication

« Communiquer, c'est négocier et cohabiter », note le sociologue Dominique Wolton, directeur de l'Institut des sciences de la communication du CNRS [1]. C'est « *autant partager ce que l'on a en commun que gérer les différences qui nous séparent. C'est pourquoi la communication devient*

*une des grandes questions de la paix et de la guerre de demain* »..., voire de la paix et de la guerre d'aujourd'hui pourrait-on dire en regardant les nombreuses controverses associées aux questions de risque environnemental ou de santé.

La théorie de la communication proposée par Dominique Wolton nous paraît particulièrement pertinente pour illustrer le courant de pensée dialogique. Car ce qu'il met en avant est justement le fait que, bien sûr, il n'existe pas de communication sans information, mais la communication est plus difficile car elle suppose une relation avec l'autre, avec le « récepteur ». Porter un regard attentif sur le récepteur, qui a très souvent des connaissances, des valeurs, une expérience de vie, des désirs ou des objectifs très différents de ceux de l'émetteur, change complètement la manière de concevoir la communication.

Il s'agit donc de construire une relation qui permette la cohabitation avec un récepteur qui est différent de soi-même et qui va le rester. Car « *le rôle des récepteurs est croissant. Les récepteurs négocient, filtrent, hiérarchisent, refusent, acceptent les innombrables messages qu'ils reçoivent, que nous recevons quotidiennement. Le récepteur, qui n'a jamais été passif, est de plus en plus actif pour résister au flux d'information qui s'adresse à lui. On devrait d'ailleurs parler plutôt de récepteur-acteur pour souligner la dimension dynamique que requiert cette fonction. [...] Rien de plus simpliste que les innombrables discours plus ou moins hostiles à la communication qui dévalorisent le statut du récepteur, toujours soupçonné d'être un peu stupide et facilement manipulable* » [1].

Par différence, la construction de l'acceptabilité vise à trouver les bonnes paroles et les bons paradigmes psychologiques et techniques pour amener l'autre à penser comme soi-même. Dans ce paradigme, communication et information sont synonymes car le public doit être « convaincu » de la justesse des actions et paroles des émetteurs. L'idée centrale est là de mettre en avant surtout les bénéfices de la chimie dans la vie quotidienne, aujourd'hui et potentiellement dans le futur, idée inspirée par la conviction que le public ne les perçoit pas assez bien. Parler des risques chimiques amènerait le public à douter de ces bénéfices et à rendre encore plus négative l'image de la chimie. De cette idée résulte le choix d'une transmission sélective d'information, qui ignore les aspects liés aux risques pour exploiter les forces motrices d'opinion positive.

Mais l'approche sélective « positivante » n'est-elle pas vouée à l'échec, justement par le fait qu'elle ignore cette dualité, positif/négatif, de l'opinion du récepteur ? Une partie de plus en plus importante du grand public est aujourd'hui critique vis-à-vis des informations qu'elle reçoit. Tronçonner le sujet qui l'intéresse pour ne traiter que d'une partie, n'est-ce pas une stratégie qui peut finalement engendrer encore plus de méfiance ?



L'approche dialogique de la communication : communiquer, ce n'est pas seulement informer, c'est surtout entrer en relation (partager, négocier donc cohabiter) avec un récepteur-acteur. © Endostock/Fotolia.com (gauche), Yuri Arcurs/Fotolia.com (droite).

En tout cas, dans les deux approches, le rapport des paroles aux « faits » reste ambigu. Ce n'est pas parce que l'on ne les évoque pas que les risques chimiques disparaissent, mais ce n'est pas non plus parce qu'on en parle qu'il y a une réalité derrière les paroles.

## L'image du public

L'approche par l'acceptabilité est fondée sur ce que la littérature anglo-saxonne a appelé le « modèle du déficit », qui fait l'hypothèse que la méfiance du public vis-à-vis de la technologie est une conséquence directe de son manque d'information et de compréhension. L'analyse de Burningham *et coll.* en 2007 [2], basée sur une enquête empirique dans quatre compagnies chimiques en Grande-Bretagne, montre que les membres du grand public sont vus par l'industrie comme étant soit des « consommateurs », soit des « voisins », dont les préoccupations devraient être apaisées.

Mais bien que l'on pratique l'éducation du public depuis longtemps, les controverses autour de l'innovation sociotechnique (OGM, nanotechnologies, insecticides systémiques, etc.) ne disparaissent pas, voire se multiplient et se durcissent. Le public semble ignorer « certains » arguments techniques : alors que le Département britannique de la santé affirmait que le risque d'attraper l'encéphalopathie spongiforme en mangeant de la viande de veau était très réduit, voire insignifiant, les ventes de viande se sont écroulées. Alors même que le Ministère de la Santé recommandait en 2010, suite aux avis des structures d'expertise internationales comme l'OMS, la vaccination contre le virus H1N1, le nombre de Français qui ont suivi cette recommandation est resté réduit.

Le modèle du déficit est critiqué depuis une vingtaine d'années par des chercheurs étudiant la dimension sociale de la science et de la technologie [3]. Ils ont insisté sur le fait que le public n'est pas un réceptacle passif d'information, qui change d'opinion au fur et à mesure que son niveau de connaissances scientifiques évolue. Selon ces chercheurs, la perception publique de la science et de la technologie est fortement dépendante non seulement du contexte culturel, mais aussi de jugements de valeur sur ce qui mérite d'être vécu et ce qui mérite d'être sacrifié, l'importance de l'argent et de la consommation par rapport à la vie familiale, professionnelle et sociale, les formes d'organisation politique souhaitables, le pouvoir de contrôle sur ses propres actions, la confiance dans les puissants du monde, des valeurs telles que la sacralité de la nature, de la vie...

Car le public (le citoyen « lambda ») et la société civile (ONG) n'ignorent plus que la science produit aujourd'hui des réagencements des rapports du pouvoir et de l'organisation

sociale. Pour comprendre les réactions vis-à-vis de la science, il est important d'étudier le public, mais aussi l'institution scientifique, et les autres institutions qui utilisent la science pour leur légitimité ou leur profit. Alors que le manque de connaissances scientifiques du public est un des facteurs qui entrent en jeu, la « résistance » à certaines expressions de la science et de l'innovation peut trouver ses origines dans la méfiance vis-à-vis des intérêts industriels ou politiques qu'elles légitiment, ou encore dans la méfiance vis-à-vis des institutions qui s'adressent au public en « parlant science ».

Pour les tenants du modèle dialogique, sans comprendre la nature et les attentes de son interlocuteur-récepteur, la communication n'est qu'illusion. Considérer les valeurs du public comme des barrières, c'est refuser la légitimité des visions du monde de son interlocuteur. C'est s'interdire finalement la communication, car ne pas reconnaître ces valeurs ne les fait pas disparaître.

Le public pèse les bénéfices et les risques pour se forger une opinion. L'attitude qui l'invite à croire sans se poser de questions est en décalage avec le caractère informé d'une partie importante du public européen contemporain, avec sa capacité critique et son désir d'être impliqué dans les choix sociotechniques qui concernent sa consommation, sa santé et son environnement [4].

Pour conclure, on peut constater que les deux modèles de communication entre science, industrie et public – le modèle de l'acceptabilité et le modèle dialogique – coexistent à présent. La question de la communication en rapport avec la chimie dépasse largement celle de l'information ou celle des techniques de communication, et ne peut être comprise que par référence à deux formes différentes d'existence socioculturelle des sciences et techniques et deux visions de la relation sciences/techniques/société.

## Note et références

- [1] Wolton D., *Informé n'est pas communiquer*, CNRS Éditions, 2009.
- [2] Burningham K., Barnett J., Carr A., Clift R., Wehmeyer W., Industrial constructions of publics and public knowledge: a qualitative investigation of practice in the UK chemicals industry, *Public Understand. Sci.*, 2007, 16, p. 23.
- [3] Irwin A., Wynne B., *Misunderstanding Science? The Public Reconstruction of Science and Technology*, Cambridge University Press, 1996.
- [4] L'étude annuelle sur la consommation durable de TNS/Ethicity (2010) montre que 74 % des Français souhaitent connaître l'impact environnemental des produits qu'ils achètent (Fontaine C., Affichage environnemental : de l'expérimentation à la généralisation ?, *Journal de l'Environnement*, 8 mars 2011).



**Laura Maxim** est chargée de recherche à l'Institut des Sciences de la Communication du CNRS\*.

\* Institut des Sciences de la Communication du CNRS, 20 rue Berbier du Mets, F-75013 Paris.  
Courriel : [laura.maxim@iscc.cnrs.fr](mailto:laura.maxim@iscc.cnrs.fr)

# Chimie et société : les origines de la défiance

Richard-Emmanuel Eastes

Comme l'ont montré plusieurs des précédents articles de ce numéro, les décennies d'après-guerre ont été marquées par les évolutions très rapides : de la chimie et de ses applications d'une part, de la société et de ses valeurs d'autre part. Ces évolutions ont eu pour conséquence une forte évolution du rapport entre la chimie et la société, notamment dans les relations qu'elles entretiennent avec la nature, le corps et, d'une manière générale, le vivant.

À juste titre, industriels et universitaires sont par suite préoccupés par une certaine défiance du public envers leurs activités, dans laquelle ils semblent même parfois voir une atteinte à leur légitimité. La forte charge émotionnelle portée par les problématiques qu'engendre le secteur de la chimie est en effet à la source de diverses formes de défiance, qui parasitent les discours de ses acteurs dont les arguments peinent à recueillir l'écoute escomptée.

En resituant les relations chimie/société dans le cadre plus large des relations science/société, cet article tente par suite de répondre aux questions suivantes :

1. *Quels sont les origines de cette défiance et les mécanismes de sa production, qui rendent inefficace le recours à la seule objectivité des faits auprès des responsables politiques, des médias et du grand public ?*
2. *Quelles sont les spécificités de la chimie (et notamment de l'industrie chimique) dans ses difficultés de dialogue avec la société ?*

Nous commencerons par montrer que les fondements des difficultés observées relèvent très généralement du fait de société, en ce sens que ces difficultés affectent de nombreux

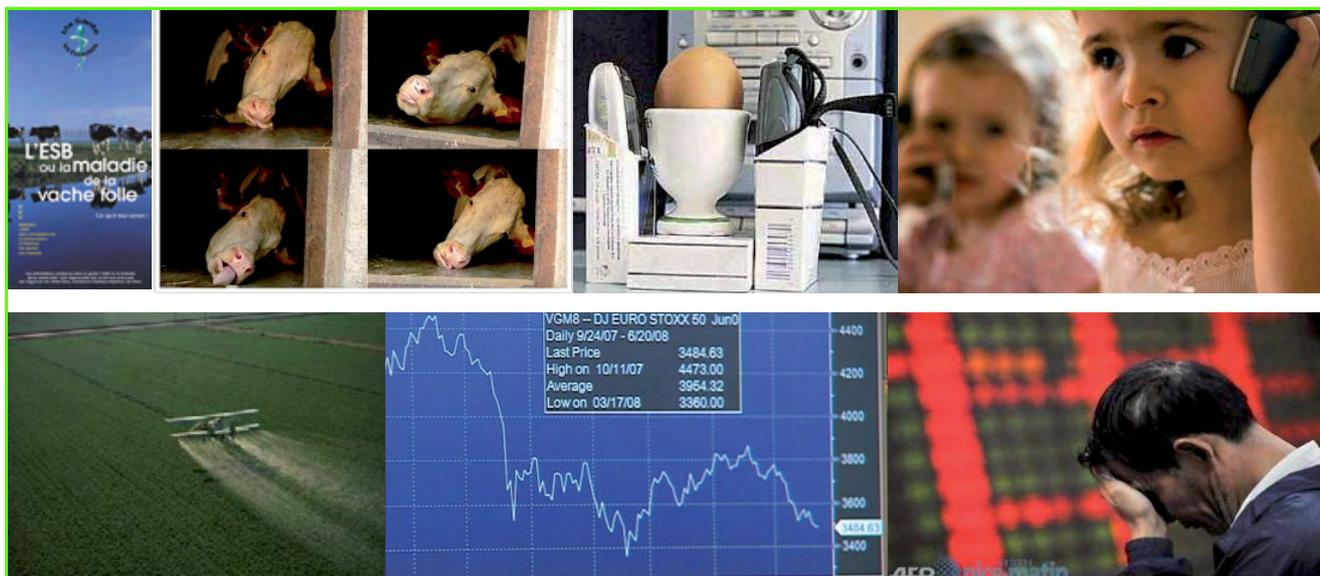
autres secteurs, dont nous énoncerons les particularités communes. Nous nous concentrerons ensuite sur certaines caractéristiques de l'industrie chimique, qui s'avèrent propres à susciter des formes de défiance à son égard.

En retour, l'identification de ces caractéristiques et des mécanismes de production de cette défiance nous aura permis de reconnaître les leviers sur lesquels faire porter des actions de communication significatives, destinées à contrer ces mécanismes. Plus que comme des recommandations, il conviendra de prendre ces idées comme des aides à penser et des sources de nouvelles stratégies de communication.

## Un problème de société

Qu'ont en commun la défiance pour l'industrie chimique, la « crise de la vache folle » des années 1990, la crise financière actuelle, les inquiétudes liées aux possibles dangers de la téléphonie mobile, le rejet total des OGM par une partie de la population française (et son équivalent qu'est l'engouement pour le « bio »), la polémique autour des « trous noirs » produits par le « large hadron collider » (LHC, ou grand collisionneur de hadrons en français), celle de son coût au regard de ses dysfonctionnements, le scandale de l'amiante et la désastreuse réputation des pesticides ?

Rien, *a priori*, si l'on se contente de comparer les domaines d'applications concernés. Pourtant, tous les secteurs dont ces exemples relèvent partagent des caractéristiques communes au regard de leur organisation et des valeurs qu'ils interrogent. C'est pourquoi nous considérons



Qu'ont en commun avec la chimie les problèmes de société évoqués par ces images ?

que les affres de la chimie ne sont que l'un des aspects d'un problème de société bien plus général, que nous entendons détailler ici.

## La production de la méfiance

### Des secteurs et des applications spécialisés

Tous ces secteurs mettent en œuvre des connaissances, compétences et technologies ultra-spécialisées, impliquant des équipes de chercheurs et d'ingénieurs dont les compétences individuelles sont souvent insuffisantes pour saisir tous les aspects de la question, nécessitant un travail collaboratif extraordinaire, le recours massif à l'informatisation en termes logistiques et une organisation inédite de la conception, du travail et de la production.

Autant de caractéristiques qui donnent au citoyen une impression d'inaccessibilité au niveau de sa propre compréhension, de perte de contrôle en termes d'action démocratique et surtout, d'insécurité en matière de maîtrise des risques de dérives, de débordements, voire d'emballement. Des impressions confortées par les exemples de la crise de la vache folle et de la crise financière, pour ne citer qu'eux.

### Des secteurs et des applications extensifs

Tous ces secteurs sont en outre inscrits dans des processus de mondialisation, contrôlés par des multinationales dont les sièges, les capitaux et les fournisseurs se situent souvent à l'étranger, régulés par des organismes internationaux et soumis à des marchés intercontinentaux. Une fois les choix technologiques réalisés, les règles définies et les relations commerciales mises en place, il arrive même que des verrouillages forts s'installent durablement, comme en témoignent l'installation des antennes relais ou les innombrables flocages à l'amiante installés durant des décennies.

Ils dépassent ainsi souvent de loin le niveau auquel le citoyen a l'impression de pouvoir exprimer un avis, exercer un contrôle et proposer des évolutions, seul, par l'intermédiaire d'une ONG ou grâce à la représentation de ses élus. Là encore en résulte une impression de perte de contrôle et d'inéluctabilité, propres notamment à alimenter les « théories du complot ». Théories qui d'ailleurs, en vertu des informations dont on dispose, ne sont pas toujours totalement dépourvues de sens si l'on considère le cas de l'amiante ou les ententes entre opérateurs de téléphonie mobile.

### Des secteurs et des applications lucratifs

En vertu des deux premières caractéristiques ci-dessus, tous ces secteurs sont en outre éminemment lucratifs. Les sommes engagées sont colossales, autant en termes d'investissements que de distribution, comme en attestent les budgets des firmes engagées dans le développement de médicaments, des bio- ou des nanotechnologies.

Or le citoyen sait bien que lorsqu'il s'agit de nourrir et de soigner la planète ou d'équiper des milliards d'êtres humains avec des téléphones portables, les risques pris par les investisseurs les placent dans des schémas d'obligation de réussite. De quoi alimenter l'inquiétude et la suspicion à l'égard de la capacité des firmes concernées à tenir compte des risques, avérés ou potentiels, que présentent leurs pratiques et leurs produits.

Ces trois caractéristiques, partagées avec la chimie industrielle par tous ces secteurs, contribuent en se renforçant mutuellement à alimenter diverses formes de méfiance à l'égard de leur ensemble. Mais cette méfiance seule serait encore gérable sans une seconde grande catégorie de ressentis à l'égard de ces secteurs, qui alimentent les peurs et le rejet.

## La production des peurs et du rejet

### Des secteurs et des applications invasifs

Les applications et implications de ces divers secteurs ne sont pas uniquement extensives. Par leur propension à pénétrer tous les aspects de nos vies (en témoignent, à des niveaux différents, la crise financière et l'omniprésence du téléphone portable), à ne pas toujours faire la preuve de la traçabilité nécessaire et à se dérouler parfois à l'insu des citoyens (dans leurs assiettes, dans leurs murs ou sur leur épargne), ils peuvent tous être considérés comme éminemment invasifs.

Faute des connaissances et des informations nécessaires, c'est souvent l'imaginaire du citoyen qui les lui fournit, alimenté par les rumeurs et les fausses théories. Lorsqu'il ne s'agit pas de campagnes de publicité orchestrées par des entreprises elles-mêmes, comme s'y est compromis de manière très « moderne » ce fabricant d'oreillettes *bluetooth* en créant un *buzz* à partir d'un *hoax* vidéo où l'on voyait divers groupes d'amis, dans le monde entier, fabriquer du popcorn à l'aide de leurs téléphones portables.

Rien d'étonnant alors à ce que surviennent des peurs, souvent injustement qualifiées « d'irrationnelles » par les spécialistes. Des peurs, et du rejet pour les plus effrayés.

### Des secteurs et des applications intimes

Assiettes, murs, porte-monnaie, cerveaux, bouche des enfants, voire appareils génitaux... autant de lieux ou organes intimes affectés ou potentiellement menacés par les OGM, l'amiante, les éthers de glycol, le bisphénol A, les pesticides, les micro-ondes, jusqu'à nos relations interpersonnelles bousculées par l'invasion des technologies mobiles. Ces secteurs agissent donc au niveau de l'intime de l'individu, c'est-à-dire de ce qu'il a de plus précieux et de plus propre.

Les peurs et le rejet produits par leur caractère invasif sont donc encore renforcés par les atteintes à l'intimité, potentielles ou avérées, dont ils sont lourds. Or à ce niveau extrêmement sensible, le consommateur abandonnera souvent tout esprit critique au profit d'une attitude de « précaution » qui pourra cette fois, réellement, friser l'irrationnel. Et parfois même en toute connaissance de cause.

Pourquoi prendre le risque de consommer un produit qui présente un danger potentiel, fût-il incertain et le fruit de l'imagination de quelques-uns relayé par les médias, s'il est possible d'en consommer un autre ? Ou même de le faire interdire ? Les exemples sont nombreux qui sont éclairés par cette analyse, de la maman bannissant les biberons en plastique au profit de récipients en verre, au scientifique incrédule quant aux effets néfastes des téléphones portables mais refusant tout de même d'en confier un, même temporairement, à son jeune enfant... jusqu'à la protection des abeilles nourricières, garantes de l'harmonie de la nature dans l'imaginaire collectif, contre des insecticides peut-être un peu trop rapidement incriminés.



Figure 2 - 1965- 1988 : l'évolution des valeurs naturalistes en France (sur une idée d'Armand Lattes).

### Des secteurs et des applications « contre-nature »

L'évocation des abeilles nous conduit à une caractéristique supplémentaire, partagée par tous ces secteurs et fortement liée à leur spécialisation. Tous, en effet, évoquent des substances synthétiques si actives qu'elles en deviennent violentes (Roundup®), des dérégulations marchandes et financières si artificielles qu'elles en deviennent iniques (*sub-primes*), des appareillages monumentaux destinés à hisser l'homme au niveau de créateur (LHC), des objets si perfectionnés qu'ils en deviennent presque magiques et inquiétants (fours micro-ondes)... Or d'artificiel à contre-nature, il n'y a qu'un pas, franchi allégrement lorsque des farines animales sont par exemple introduites dans l'alimentation d'animaux domestiques herbivores.

Or dans une société de plus en plus empreinte de valeurs naturalistes, autant en réaction aux menaces qui pèsent sur l'environnement qu'à la colonisation du monde par les objets artificiels, le « contre-nature » est amené à susciter toujours plus de réactions épidémiques et de recherches de solutions alternatives (l'agriculture biologique, voir biodynamique dans sa forme extrême, en étant le meilleur exemple). Ce qui est en œuvre ici n'est donc plus de l'ordre de la peur. Mais ces valeurs ne conduisent pas moins à de nouvelles réactions de rejet, contre lesquelles les arguments rationnels ne peuvent pas beaucoup.

Ces trois nouvelles caractéristiques, elles aussi partagées avec la chimie par tous ces secteurs, contribuent donc en se renforçant mutuellement à alimenter les peurs et le rejet à l'égard de leurs applications.

### La production de la défiance

#### La question du risque subi

L'analyse serait toutefois incomplète si nous n'évoquions pas un autre paramètre qui est celui du risque subi, c'est-à-dire non choisi (ou au moins librement accepté), par le citoyen. On distingue en effet trois catégories de risques, au regard de la manière dont ils sont considérés par celui qui les subit :

- Le risque *choisi* est délibérément pris par un individu ; il concerne par exemple la pratique d'un sport (ski, moto, parapente). À l'extrême, c'est le risque du joueur de « roulette russe ». On s'en prémunit par la *prudence*.
- Le risque *accepté* est pris en toute connaissance de cause, parce que c'est nécessaire ; il s'applique à la conduite d'une voiture, à la prise de médicaments. On s'en prémunit par la *prévention*.
- Le risque *subi* est pris par l'individu sans qu'il en soit informé, sans qu'il puisse choisir de s'y exposer ou non. C'est le risque de l'accident industriel, du « médicament tueur » ou

des « pesticides dans l'assiette ». On s'en prémunit par la *précaution* (éventuellement élevée au rang de principe).

Or c'est la troisième catégorie de risque qui porte l'acceptabilité la plus faible, indépendamment du niveau (de l'intensité) du risque. Ainsi, s'il est un secteur qui partage un bon nombre des six caractéristiques évoquées plus haut (bien que la première et la dernière dans une moindre mesure seulement) et souffre pourtant moins que les autres de cette défiance, du moins dans une partie de la population, c'est bien celui du commerce de la cigarette, souvent évoqué par les chimistes pour fustiger l'irrationalité de la société. À tort : il est aisé de comprendre pourquoi celui qui accompagne la consommation de la cigarette est mieux toléré. En effet, dans ce cas précis, le risque pris par le consommateur est connu et accepté, ce qui fait toute la différence avec les risques latents, incertains et cachés, voire dissimulés que nous évoquons plus haut.

### Méfiance + peurs + rejet + risque subi = défiance

Comme le résume la figure 3, méfiance, peurs et rejet se conjuguent et se renforcent spontanément pour produire une défiance généralisée, et notamment lorsqu'ils constituent (ou donnent l'impression de constituer) un risque subi.

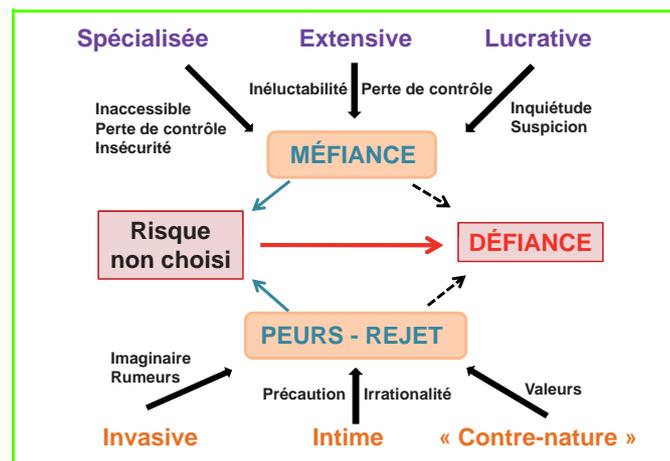


Figure 3 - Les mécanismes de production de la défiance par une activité qui possède les caractéristiques indiquées en haut et en bas de l'image.

### Des secteurs qui se contaminent mutuellement

Dans une économie mondialisée, globalisée, spécialisée, capitalisée, délocalisée et informatisée, c'est un sentiment général de défiance légitime qui se développe à l'égard de tous les secteurs susceptibles de renforcer ces ressentis ; et donc, en particulier, de la chimie. Ainsi, la théorie du complot, pour ne citer qu'une des conséquences de cette défiance, se développe invariablement à l'égard des chimistes, des diffuseurs d'antennes relais ou des fabricants d'OGM, accusés de collusion avec les « politiques » et les scientifiques, lorsque ce n'est pas avec les tribunaux.

Or à chaque fois que l'un de ces secteurs se rend coupable, effectivement ou non, d'un travers ou d'un débordement, c'est ce sentiment de défiance général qui se renforce à l'égard de tous les autres, et d'autant plus fortement que ces derniers endossent plus largement les six caractéristiques évoquées ci-dessus. C'est pourquoi la crise financière, tout autant que le scandale du Mediator®, est paradoxalement

susceptible d'entraîner un effet négatif sur l'ensemble des systèmes mondiaux libéraux, voire même, de manière générale, sur les secteurs hautement spécialisés.

### Le cas de l'industrie chimique

À cet égard, les industries de la chimie souffrent de plusieurs handicaps :

- elles possèdent les six caractéristiques évoquées ci-dessus et suscitent donc la défiance par toutes les voies possibles ;
- elles subissent également, par conséquent, les conséquences des débordements de tous les autres secteurs ;
- elles ont besoin de faire oublier des événements, des rumeurs et des acteurs forts déplaisants pour son image, du scandale de la baie de Minamata à l'accident d'AZF, en passant par l'utilisation de l'agent orange au Vietnam ou à la catastrophe de Bhopal ;
- elles entretiennent des liens avec d'autres secteurs eux aussi considérés comme suspects dans l'opinion publique, tels que l'agriculture intensive où des firmes ternissent par leur arrogance l'image de toute une filière, et où la mort des abeilles et la question des « résidus de pesticides » dans les nappes phréatiques renvoient invariablement à la responsabilité des chimistes.

### Pistes pour casser la spirale de la défiance

Chacun des secteurs, et non pas seulement celui de la chimie, aurait par suite intérêt à tenir compte des éléments qui précèdent lors de l'élaboration des actions et des stratégies destinées à influencer leur perception dans la société, et à y intégrer les quelques pistes de réflexion suivantes.

#### Communiquer sur chacune des six caractéristiques

Avoir à l'esprit chacun de ces leviers d'action peut sans nul doute permettre de penser des actions de communication plus ciblées sur les véritables interrogations du public. Des actions qui rassurent bien entendu, mais également des actions qui, dans leur message, prennent soin de ne pas inquiéter plus encore, en respectant les peurs et valeurs de la société contemporaine. Bien plus, « communiquer » peut être entendu dans un sens qui dépasse la volonté « d'expliquer pour rassurer » : un sens qui consiste aussi à écouter et à dialoguer avec la société civile, pour mieux encore comprendre ses préoccupations.

#### Influencer ses pratiques

En effet, cette écoute et ce dialogue sont susceptibles de permettre d'identifier des innovations et des pratiques qui, pour des raisons de valeurs, de compréhension ou de risque subi ne sont pas acceptables pour la société. Peut-être alors

sera-t-il préférable de ne pas s'y engager, ou du moins pas trop vite, voire d'élaborer d'autres voies plus en accord avec les aspirations des citoyens. Pour étrange qu'elle puisse paraître, cette démarche ne se rapproche pas moins d'un rapport savoir/société d'un nouvel ordre et d'un nouveau genre, dont l'avènement est souvent considéré comme aussi inéluctable qu'indispensable.

### Mener des actions phares

Mieux encore, quelques actions phares bien ciblées et destinées à tenter d'inverser le cercle vicieux de la production de la défiance pourraient être imaginées pour faire renaître la confiance. Car même au plus profond de la crise, les hommes sont prompts à oublier les griefs et les déboires, comme le prouvent les nombreux cas de renaissances d'hommes politiques, même après des condamnations graves par la justice.

Ainsi, toute action coordonnée par les acteurs majeurs d'un secteur et destinée à montrer à la société que ses valeurs sont considérées, que les innovations sont sous contrôle et l'intimité préservée, sera susceptible de briser la spirale de la défiance. Pour ne citer qu'un exemple, une action telle que la mise en place pour les enfants du label JaMaDu des magasins COOP en Suisse<sup>(1)</sup> fait très certainement plus pour l'image de l'agriculture que toute autre campagne explicative des bienfaits de ses innovations technologiques.

### Conclusion

L'objectif de cet article était de faire émerger les mécanismes de production de la défiance du consommateur, à l'égard de divers secteurs mondialisés dont la chimie moderne et industrielle fait partie. Cette approche théorique a par suite permis de formuler quelques recommandations générales relatives à la gestion de leur image. Pour autant, il serait dommage de limiter l'application de la compréhension de ces mécanismes à la simple gestion de l'image de la chimie. Bien plus, ce doit être une première étape pour comprendre les raisons d'une crédibilité non acquise d'avance, et un premier pas vers une communication fondée sur le dialogue et non plus sur le prosélytisme.

(1) [www.jamadu.ch/philosophie-fr.htm](http://www.jamadu.ch/philosophie-fr.htm)



#### Richard-Emmanuel Eastes\*

est agrégé de chimie à l'École normale supérieure et directeur de l'Espace des sciences Pierre-Gilles de Gennes (ESPCI ParisTech). Chercheur associé à l'Institut d'histoire et de philosophie des sciences (Université Paris 1) et au Laboratoire de didactique et épistémologie des sciences (Université de Genève), il a fondé le groupe R&D Traces et préside l'association Les Atomes Crochus.

\* Courriel : [richard-emmanuel.eastes@ens.fr](mailto:richard-emmanuel.eastes@ens.fr)

### Index des annonceurs

Bayer	p. 27	Fondation de la Maison de la Chimie	p. 51
Chimie et Société	p. 8, 2 <sup>e</sup> de couv.	GlaxoSmithKline	p. 57
EDIF	p. 51	Servier	p. 23
EDP Sciences	p. 30	Universcience	4 <sup>e</sup> de couv.
EuCheMS	encart		

Régie publicitaire : EDIF, Le Clemenceau, 102 avenue Georges Clemenceau, 94700 Maisons-Alfort.

Tél. : 01 43 53 64 00 – Fax : 01 43 53 48 00 – [edition@edif.fr](mailto:edition@edif.fr) – [www.edif.fr](http://www.edif.fr)

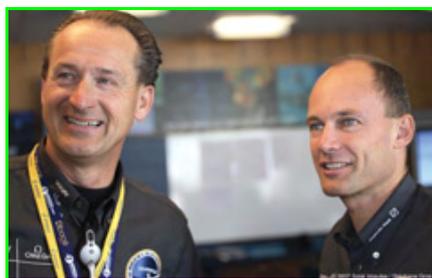
# Solar Impulse : un avion porteur de messages

Roselyne Messal

**F**aire voler un avion, de jour comme de nuit, rien qu'avec l'énergie solaire. Un scénario de science fiction à la Jules Verne ? Non, un formidable défi technologique, porté par une équipe passionnée qui a su motiver partenaires, ingénieurs et chercheurs pour les embarquer dans une belle aventure scientifique et humaine, où la chimie est en première ligne.

## Décollage du projet

© Solar Impulse/Stéphane Gros.



André Borschberg et Bertrand Piccard.  
« Il faut aimer prendre des risques et être passionné...  
Pour moi, Solar Impulse, c'est 18 h de travail par jour » (B. Piccard).

Deux hommes sont à l'origine du projet et en assurent le développement : Bertrand Piccard, psychiatre, aéronaute – le communicateur – et André Borschberg, pilote professionnel, ingénieur de l'EPFL et titulaire d'un master en science du management – le manager.

Il faut rappeler que dans la famille Piccard, l'exploration et le développement scientifique sont une tradition : Auguste, le grand-père, accédait à la stratosphère à bord d'un ballon à gaz ; Jacques, le père, explorait les abysses. Pionnier du vol libre et aviateur dans l'âme, Bertrand réalisera avec l'anglais Brian Jones en 1999 le premier tour du monde en ballon sans escale. À deux doigts d'échouer par manque de carburant, c'est là qu'il prendra conscience de la nécessité de réduire la dépendance aux énergies fossiles et de promouvoir les énergies renouvelables. L'idée d'un avion solaire est lancée. Restait à convaincre les bons interlocuteurs du bien-fondé du projet. Cela se fera au cours de rencontres décisives. Dès 2003, l'École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL) donne son feu vert et sera le conseiller scientifique. Après avoir rencontré Bertrand lors du 140<sup>e</sup> anniversaire du groupe, Solvay s'engage dans le projet, convaincu que ce défi aéronautique sera un formidable tremplin pour l'innovation (à noter que les relations de Solvay avec la famille Piccard ne datent pas d'hier : Auguste Piccard participait avec Albert Einstein et Marie Curie aux Conseils de physique créés en 1911 par Ernest Solvay). Et d'autres partenaires suivront : Dassault-Aviation comme conseiller aéronautique, Omega, Deutsche Bank, Schindler, Bayer Material Science, Altran, Swisscom, l'Association internationale du transport aérien (IATA)...

l'exploration et le développement scientifique sont une tradition : Auguste, le grand-père, accédait à la stratosphère à bord d'un ballon à gaz ; Jacques, le père, explorait les abysses. Pionnier du vol libre et aviateur dans l'âme, Bertrand réalisera avec l'anglais Brian Jones en 1999 le premier tour du monde en ballon sans escale. À deux doigts d'échouer par manque de carburant, c'est là qu'il prendra conscience de la nécessité de réduire la dépendance aux énergies fossiles et de promouvoir les énergies renouvelables. L'idée d'un avion solaire est lancée. Restait à convaincre les bons interlocuteurs du bien-fondé du projet. Cela se fera au cours de rencontres décisives. Dès 2003, l'École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL) donne son feu vert et sera le conseiller scientifique. Après avoir rencontré Bertrand lors du 140<sup>e</sup> anniversaire du groupe, Solvay s'engage dans le projet, convaincu que ce défi aéronautique sera un formidable tremplin pour l'innovation (à noter que les relations de Solvay avec la famille Piccard ne datent pas d'hier : Auguste Piccard participait avec Albert Einstein et Marie Curie aux Conseils de physique créés en 1911 par Ernest Solvay). Et d'autres partenaires suivront : Dassault-Aviation comme conseiller aéronautique, Omega, Deutsche Bank, Schindler, Bayer Material Science, Altran, Swisscom, l'Association internationale du transport aérien (IATA)...

## De la chimie jusqu'au bout des ailes

Premier partenaire principal dès 2004, Solvay engage une dizaine de ses ingénieurs pour développer ou optimiser de nouveaux produits et matériaux. Car le défi est de taille : faire voler un avion uniquement à l'énergie solaire nécessite de résoudre deux problèmes majeurs : la propulsion et le poids

de l'appareil. La chimie et les plastiques vont contribuer à résoudre ces problèmes, en particulier dans la chaîne énergétique, la structure et l'allègement de l'avion.

L'énergie solaire est captée par des cellules au silicium dont l'assemblage forme l'extrados de l'aile qui subit contraintes et déformations, variations de températures et radiation solaire. Pour les protéger, ces cellules sont encapsulées dans des films à base de polymères fluorés. Les batteries bénéficient d'un liant PVDF (polyfluorure de vinylidène) pour les électrodes et de FIEC (carbonate d'éthylène monofluoré) pour l'électrolyte.

Le poids minimum de l'avion est atteint grâce aux fibres de carbone et aux mousses. Des mousses isolantes pour températures extrêmes (de + 40 à - 60 °C) en polyuréthane optimisé grâce à un solvant fluoré habillent le cockpit et les quatre logements des batteries. Des pièces mécaniques ultra-résistantes rentrent dans la structure de l'avion : les longerons d'aile et les stabilisateurs arrière sont conçus en nid d'abeille pris en sandwich entre deux voiles de fibre de carbone. Le polyamide-imide, l'un des composants clés de cette

## Solar Impulse HB-SIA



© Solar Impulse/Reuters/Christian Hartmann/Pool.

- Envergure : 63,40 m (la taille d'un Airbus A340) ; longueur : 21,85 m ; hauteur : 6,40 m
- Poids : 1 600 kg (celui d'une voiture familiale) – cinq fois plus léger qu'un planeur classique
- La puissance d'un scooter : 4 moteurs à hélices de 10 CV
- Alimentation : 11 628 cellules solaires ; 400 kg de batteries
- Vitesse moyenne : 70 km/h
- Altitude max. : 8 500 m

Vous voulez supporter Solar Impulse ? Adopter une cellule solaire de l'avion ? Ou tout simplement en savoir plus :  
[www.solarimpulse.com](http://www.solarimpulse.com)

structure, confère à l'ensemble d'exceptionnelles performances mécaniques. Les pièces en métal sont, si possible, remplacées par des polymères ultra-performants, beaucoup plus légers (pièces du tableau de bord, boîtiers de commande, paliers, axes, charnières...) et ultra-résistants (vis, écrous, rondelles). La lubrification des systèmes est assurée par des graisses synthétiques adaptées aux différentes températures (jusqu'à -60°C) grâce à un perfluoroéther.

Enfin, les phases de conception et de développement ont fait appel aux calculs de comportement pour lesquels Solvay a un savoir-faire spécifique au niveau des matériaux (encapsulation des cellules photovoltaïques, collage par colles époxydes) ou de la structure de l'avion (panneaux solaires, bord d'attaque des ailes...).

Au final, Solvay aura développé plus de onze produits et une vingtaine d'applications pour plus de 6 000 pièces que l'on retrouvera dans l'avion.

Depuis mars 2010, des chercheurs de Bayer Material Science ont rejoint l'équipe de Solar Impulse et travaillent sur les structures en matériaux légers et le rendement énergétique (mousses polyuréthanes pour isolation du poste de pilotage, capotage des moteurs et des ailes). L'implication de Bayer devrait être nettement plus importante dans le second prototype, avec par exemple une verrière de cockpit ultralégère (pas plus de 20 kg) capable de résister à des écarts de températures extrêmes, ou encore des nanotubes de carbone destinés à stabiliser la structure et à en réduire le poids.

Le récent rachat par Total de SunPower, la société californienne qui a fourni les cellules solaires, devrait inciter le groupe à devenir partenaire.

## La revanche d'Icare...

Au total, 70 ingénieurs et techniciens, épaulés par une centaine d'experts et de conseillers, auront concrétisé le projet. De la conception à la construction du prototype, tout aura été pensé pour optimiser au maximum les performances de l'avion, tout en intégrant les contraintes de poids et les impératifs de résistance aux conditions que subissent le matériel et le pilote en altitude. Toutes les pièces ont été allégées et testées jusqu'à leurs limites. Il aura fallu un an d'études, quatre ans de conception, deux ans de construction et un an de tests, avec beaucoup de pression pour toute l'équipe, pour que le rêve devienne réalité. Les quelque 12 000 cellules solaires intégrées dans l'aile alimentent en énergie renouvelable quatre moteurs électriques qui chargent de jour les batteries lithium-polymère, permettant à l'avion de voler de nuit.

Le 7 avril 2010, avec deux ans de retard sur les prévisions de vol, le pilote d'essai Markus Scherdel décolle de Payerne (Suisse) et vole pendant 87 min, atteignant l'altitude de 1 600 m. Les 7 et 8 juillet, aux commandes pendant plus de 26 h, André Borschberg effectue le vol solaire le plus long et le plus haut de l'histoire. Ce vol nocturne, sans carburant, était crucial pour démontrer la capacité de l'appareil à être autonome de jour comme de nuit. C'est une véritable prouesse technique et humaine, et la Fédération aéronautique internationale le ratifie de trois records du monde.

Les premiers vols internationaux suivent : en juin 2011, l'avion relie Payerne-Bruxelles, puis Paris, où le public découvre au 49<sup>e</sup> Salon du Bourget la « belle libellule solaire », invitée d'honneur aux côtés des plus grands.



**Pari réussi !** Après les premiers vols motorisés des frères Wright (1903), la première traversée sans escale New York-Paris (Lindbergh, 1927) le début du transport aérien en avion à réaction (1952), le premier vol commercial d'un avion supersonique (Concorde, 1976), la traversée de la Manche à bord d'un avion solaire (1981), le premier vol d'un avion de ligne propulsé par des moteurs à hydrogène (un Tupolev en 1988), **un nouveau pas dans l'histoire de l'aviation vient d'être franchi** : Solar Impulse est le premier avion solaire à voler de nuit (Borschberg, juillet 2010).

© Solar Impulse/Keystone Pool/Dominic Favre.

L'équipe s'est lancée un prochain défi : rééditer les grandes premières de l'aviation en effectuant en 2013 vols transatlantique et transcontinental et faire le tour du monde avec escales dès 2014 – les deux pilotes se relayeront lors des cinq étapes prévues. Un second prototype (HB-SIB), intégrant les enseignements du premier, est déjà en préparation (pilote automatique, meilleure protection des cellules photovoltaïques pour éviter les courts-circuits en cas de pluie...).

## Solar Impulse : une vitrine technologique, mais aussi un symbole

Bien sûr, il n'est pas question aujourd'hui de penser à remplacer nos avions de ligne. Mais cet avion, produit d'une collaboration européenne exemplaire, est une merveille technologique et la démonstration des prouesses de la recherche. Sans l'apport de la chimie et des nouveaux matériaux, un tel projet n'aurait jamais abouti. Les innovations peuvent être transposées à d'autres domaines de la vie quotidienne (énergie solaire, isolation, batteries, automobiles...) et trouveront sans doute aussi leur place dans l'avion du futur, qui pourrait être une sorte d'avion hybride où des piles embarquées à bord remplaceraient une partie du carburant actuel...

Au-delà de l'exploit technologique et aéronautique, cet avion a aussi une portée symbolique : « *Solar Impulse n'a pas été construit pour transporter des passagers, mais pour transporter des messages. Le premier, c'est qu'il n'y a rien d'impossible et que cet avion en est la démonstration.* » Le second, c'est « *qu'avec Solar Impulse, l'écologie a pris une nouvelle dimension* » (B. Piccard). C'est une démarche scientifique, mais aussi politique et philosophique, destinée à sensibiliser les décideurs et la société sur la possible mise en œuvre de solutions aux problèmes énergétiques et environnementaux.

*L'auteur remercie l'équipe de Solar Impulse et de Solvay pour leur accueil lors du Salon du Bourget, et tout particulièrement Bertrand Piccard, André Borschberg et Claude Michel (directeur du partenariat Solvay/Solar Impulse) rencontrés le 22 juin 2011.*



**Roselyne Messal**

est journaliste à *L'Actualité Chimique*\*.

\* SCF, 28 rue Saint-Dominique, F-75007 Paris.  
Courriel : [redaction@lactualitechimique.org](mailto:redaction@lactualitechimique.org)  
[www.lactualitechimique.org](http://www.lactualitechimique.org)

# « Images de chimistes »

## Un concours des jeunes chimistes aquitains pour un autre regard sur notre discipline

Gabriel Loget, Lisa Peyrard, Virginie Ung et Thomas Abadie

Des clubs de jeunes chimistes existent maintenant depuis plusieurs années dans la plupart des sections régionales de la Société Chimique de France. En janvier 2011, un club s'est créé en Aquitaine, porté par un Bureau constitué de deux doctorants, d'une élève-ingénieure de l'ENSCBP et d'un étudiant en master de chimie à l'Université Bordeaux 1. Ce club dynamique a organisé fin février, comme première action visant à se faire connaître auprès des jeunes chimistes aquitains, un concours d'images intitulé « Images de chimistes ».

Le but de ce concours, ouvert aux jeunes chimistes pour cette première édition, est d'allier science et création artistique. « Nous voulions un concours qui s'adresse à des chimistes de tous les niveaux, des étudiants en licence jusqu'aux post-doctorants, en passant par les IUT, masters, BTS et doctorants » insiste l'un des membres du Bureau. Et pour assurer en effet une totale liberté d'expression aux participants, tout type d'image pouvait être soumis, allant du cliché de microscopie optique jusqu'aux créations personnelles les plus originales. Les organisateurs souhaitaient également profiter de cette occasion exceptionnelle que représente l'Année internationale de la chimie pour offrir au grand public une vision nouvelle de la chimie, à travers le regard de jeunes chimistes.

En un mois, plus d'une cinquantaine d'images ont été reçues, la majorité provenant de doctorants. Bien que la plupart des images soient des clichés de microscopie optique ou électronique, de nombreuses créations personnelles très originales ont été soumises, allant du « light painting » jusqu'à la réalisation de « cartoons » sur la chimie, montrant le réel investissement de la plupart des participants pour cet évènement.

Les trois images lauréates désignées par un jury composé de huit jeunes chimistes aquitains sont à découvrir sur la figure 1.

Le premier prix est une image obtenue par microscopie électronique à balayage (MEB) montrant un dépôt de billes de silice réalisé par la technique de Langmuir-Blodgett. Son auteur, Matthias Heim, utilise cette technique pour fabriquer des électrodes macroporeuses ayant des applications dans les domaines des capteurs et des systèmes de conversion d'énergie. La fabrication des matrices comprend un transfert des billes de silice de la surface de l'eau sur un substrat solide. Avant de recouvrir toute la surface, la déposition des billes commence partiellement en produisant des structures dendritiques qui sont très esthétiques. Sur ce cliché, on voit donc l'interface entre les billes isolantes foncées et le substrat d'or plus clair. « J'ai coloré l'image, elle me faisait penser à une peinture » commente Matthias Heim.

Étonnement, le deuxième prix attribué à Thomas Guillemet n'a rien de biologique : il s'agit en fait d'une image MEB d'une fibre de carbone au sein d'une matrice de cuivre dendritique oxydée, avec des filaments d'oxyde de cuivre visibles sur les dendrites. Ce mélange de poudre de cuivre et de fibres de carbone a été obtenu en utilisant la technique du coulage en bande (« tape-casting ») dans le but de fabriquer des matériaux composites pouvant être utilisés comme dissipateurs de chaleur dans les circuits électroniques de puissance.

Le troisième prix est un « light painting ». Catherine Adam a créé ces lignes de lumière dans le paysage quotidien d'un chimiste en utilisant une source de lumière et un long temps d'exposition.

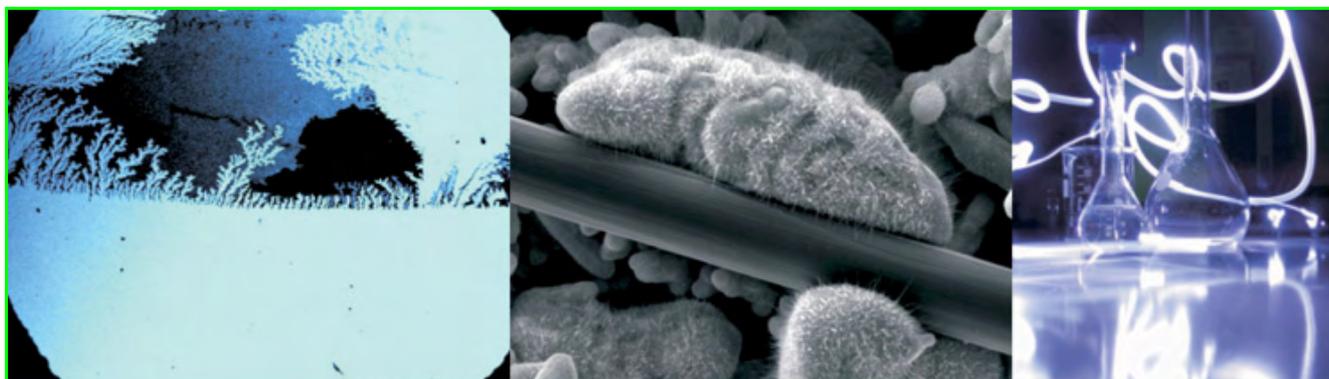


Figure 1 - Les trois images primées.

De gauche à droite : « Hiver en mai » (image MEB de M. Heim, doctorant), « Fibre de carbone prise au piège d'une patte de cuivre » (image MEB de T. Guillemet, doctorant) et « Un génie en bouteille » (« light painting » de C. Adam, doctorante).

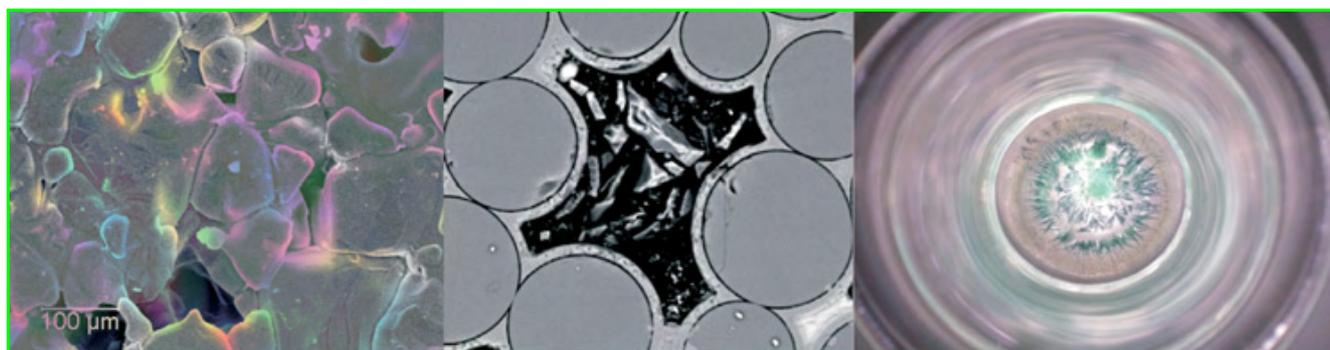


Figure 2 - Trois autres images sélectionnées.

De gauche à droite : « Frittage entre grains » (image de microscopie optique recolorée de B. Figuière, élève-ingénieur), « La France poreuse » (image MEB de A. Griesser, doctorante) et « L'au-delà : enfer ou paradis ? » (photographie de S. Lafargue, étudiante en 2<sup>e</sup> année de master).

Parmi les images proposées, huit autres ont été sélectionnées (voir figure 2).

Les projets sélectionnés ont été présentés à la Journée de l'école doctorale des sciences chimiques de Bordeaux, où des prix allant jusqu'à 100 € ont été remis aux trois lauréats, et une exposition itinérante se déplace dans différents laboratoires, des lieux universitaires aquitains durant l'année 2011.

Suite au succès de cette initiative, le concours pourrait bien s'élargir lors des éditions suivantes et s'ouvrir à un public plus vaste, notamment aux lycéens et collégiens, avec des thèmes qui pourraient être imposés. Nous espérons que ce projet qui s'est révélé fructueux perdurera et permettra aux jeunes chimistes de s'exprimer et de montrer leur science avec un autre regard, contribuant ainsi à promouvoir l'image de la chimie auprès du grand public.



G. Loget



L. Peyrard



V. Ung



T. Abadie

**Gabriel Loget**<sup>1</sup> (auteur correspondant) est président, **Lisa Peyrard**<sup>1</sup>, vice-présidente, **Virginie Ung**<sup>2</sup> et **Thomas Abadie**<sup>3</sup>, membres, du club de jeunes chimistes de la section Aquitaine de la Société Chimique de France\*.

\* [www.societechimiquedefrance.fr/fr/aquitaine.html](http://www.societechimiquedefrance.fr/fr/aquitaine.html)

<sup>1</sup> Doctorants à l'Institut des Sciences Moléculaires, UMR CNRS 5255, Groupe Nanosystèmes analytiques, Université Bordeaux 1, Institut Polytechnique de Bordeaux, 16 avenue Pey Berland, F- 33607 Pessac.

Courriels : gabriel.loget@enscbp.fr ; lpeyrard@enscbp.fr

<sup>2</sup> Étudiante en 2<sup>e</sup> année à l'École Nationale Supérieure de Chimie, de Biologie et de Physique de Bordeaux, 16 avenue Pey Berland, F-33607 Pessac.

Courriel : gung@enscbp.fr

<sup>3</sup> Étudiant de 1<sup>ère</sup> année de Master « Chimie de l'environnement et qualité » à l'Université de Bordeaux 1.

Courriel : thomas.abadie@etu.u-bordeaux1.fr



FONDATION DE LA MAISON DE LA CHIMIE

Réservez votre journée pour le colloque

## Chimie et nature

25 janvier 2012

Maison de la Chimie - 28 rue Saint-Dominique (Paris)

Des experts scientifiques et industriels des sciences de l'atmosphère, de la terre, de l'eau et des substances naturelles débattront avec des chimistes sur l'apport de la chimie pour une meilleure compréhension de la nature, pour la protéger, économiser ses ressources, et pour s'en inspirer au service de l'homme.



Photos: Fotolia

# Une réflexion sur les éléments chimiques : leur division en quatre classes

Albert Hérold

**Résumé** Les éléments chimiques sont actuellement divisés en métaux et non-métaux. Les premiers possèdent des caractères communs qui permettent de les ranger en une classe unique. Les non-métaux sont bien trop divers pour faire de même. Il est donc proposé de les diviser en trois classes. Les *gaz nobles* qui n'existent qu'à l'état atomique forment d'évidence une classe unique. Les vingt éléments restants sont environ cinq fois moins nombreux que les métaux, mais ils sont capables de former entre eux un nombre quasi infini de composés et en forment aussi avec les métaux. Ainsi présents dans toute la chimie (hors les intermétalliques), ils méritent le nom de « panéléments » (du grec  $\pi\alpha\sigma$ , tout). L'hydrogène qui en fait partie étant classé à part, les panéléments peuvent être divisés en « *antimétaux* » et *métalloïdes*. Les antimétaux ont des propriétés physiques et chimiques en tout point opposées à celles des métaux. Les métalloïdes, solides et conducteurs de l'électricité, sont les éléments les plus proches des métaux ; ils s'en distinguent cependant par leurs structures et par la croissance de leur conductivité électrique avec la température.

**Mots-clés** Métaux, gaz nobles, panéléments, métalloïdes, antimétaux.

**Abstract** A reflexion about the chemical elements: their division in four classes

The chemical elements are at present divided in metals and non-metals. The first have a series of common characters so that they may be ranged in a single class. On the contrary, the very diverse non-metals have to be divided in three classes. The *noble gases* which exist only in atomic state evidently form a well definite class. Although the twenty elements other than the metals and the noble gases are about a fifth of the metals, they are able to form together almost infinite compounds, and they form also many compounds with the metals. Present in all the chemistry (except the intermetallic compounds), they deserve to be names "panelements" from the Greek  $\pi\alpha\sigma$ , the whole. Hydrogen which is a panelement may be ranged alone. Then, the panelements may be divided in two classes: the "*antimetals*" and the *metalloids*. The physical and chemical properties of the antimetals are quite opposite to those of the metals. The metalloids are similar to the metals by their solidity and their electrical conductivity, but they differ in their structures and in the increase of their electrical conductivity with temperature.

**Keywords** Metals, noble gases, panelements, antimetals, metalloids.

Durant une longue période, les éléments chimiques ont été divisés en métaux et métalloïdes. Lors de son exposé à la manifestation commémorative du centenaire du prix Nobel de Henri Moissan, le 10 novembre 2006 à la Maison de la Chimie à Paris, le professeur Neil Bartlett, chimiste reconnu pour la fluoration des gaz nobles, a parlé du fluor comme d'un métalloïde. Cependant, la terminaison « oïde » suggère une analogie avec les métaux. Or les gaz nobles, l'azote, l'oxygène et les halogènes n'ont de commun avec les métaux que le fait d'être, comme eux, des éléments chimiques. Aussi la tendance actuelle est-elle de diviser les éléments en métaux et non-métaux.

Or, comme il sera précisé plus loin, les premiers possèdent, au-delà de leurs différences, un ensemble de caractères communs permettant de les regrouper en une classe unique sous le nom de « métaux », ce qui n'exclut pas les subdivisions. Il n'en est pas de même pour les « non-métaux » : cette expression fourre-tout désigne un ensemble d'éléments bien trop divers pour former une classe unique. Il apparaissait donc souhaitable de les diviser en plusieurs classes bien définies, mais les connaissances nécessaires

n'ont été disponibles qu'en 1964, suite à la parution simultanée de trois manuels de chimie minérale se complétant entre eux [1-3].

La répartition des non-métaux en trois classes n'en a pas moins demandé bien des réflexions sur les éléments chimiques : le présent mémoire fait suite à une première ébauche parue dans *L'Actualité Chimique* [4], puis à une note aux *Comptes Rendus de l'Académie des sciences* [5].

Avant d'aborder la division des non-métaux, il convient de rappeler les caractères spécifiques des métaux qui représentent plus des trois quarts des éléments.

## La classe des métaux

Les éléments que nous appelons métaux présentent entre eux de très grandes différences de propriétés physiques et chimiques. Ainsi le mercure est liquide à température ambiante alors que le tungstène fond au-dessus de 3 400 °C. Les métaux alcalins s'oxydent rapidement à l'air : le césium peut s'enflammer. Ils réagissent violemment avec l'eau alors que l'argent, l'or, le platine restent inaltérés.

Qu'ont-ils en commun ? Qu'est-ce qui les distingue des autres éléments ? La réponse se trouve dans leurs structures et les propriétés qui s'y rattachent.

### Structures et propriétés physiques

À l'état solide, les métaux sont constitués d'un agrégat de microcristaux, orientés en tous sens. La plupart cristallisent dans les systèmes cubique à faces centrées, hexagonal compact et cubique centré. Dans les deux premiers, chaque atome est entouré de douze autres. Dans le troisième, chaque atome forme huit liaisons courtes et six liaisons de 15 % plus longues. Dans tous les cas, le nombre de liaisons par atome (nombre de coordination, NC) est supérieur au nombre d'électrons de valence. Il y a donc nécessairement résonance des électrons entre les différentes liaisons selon les conceptions de Linus Pauling [6]. De ces données résulte un ensemble de propriétés qui caractérisent l'état métallique :

- Contrairement à la liaison covalente, la liaison métallique n'est pas dirigée.

- Les électrons peuvent passer d'un atome à l'autre et par suite se déplacer dans la masse du métal, d'où une conductivité électrique élevée. Celle-ci diminue lorsque l'on augmente la température du fait des oscillations des atomes qui gênent le mouvement des électrons.

- Lorsqu'un métal est soumis à une contrainte qui dépasse sa limite élastique, les plans atomiques très compacts glissent les uns sur les autres par l'intermédiaire des dislocations : le métal se déforme sans se rompre. Cette aptitude à la déformation plastique, qui rend les métaux malléables et ductiles, est plus marquée pour la structure cubique à faces centrées que pour les structures cubique centrée et hexagonale compacte dans lesquelles les plans de glissement sont moins nombreux.

- La cohésion des réseaux métalliques est assurée par un seul type de liaison forte, la liaison métallique. Les métaux forment donc des solides homodesmiques [7] (du grec « desmos » : lien), même si quelques métaux s'écartent un peu des structures idéales décrites ci-dessus. Parmi les éléments non métalliques, seuls le bore, le silicium et le germanium sont homodesmiques. Les autres éléments contiennent à la fois des liaisons fortes, majoritairement covalentes, et des liaisons faibles de type van der Waals.

### Du point de vue chimique

Les métaux se comportent comme des donneurs capables de céder tout ou partie de leurs électrons de valence à des éléments plus électronégatifs, devenant ainsi des cations. Ce caractère s'affaiblit le long des lignes du tableau périodique en même temps qu'augmente le nombre d'électrons de valence. En effet, l'électronégativité selon Pauling varie de 0,7 pour Cs et 0,8 pour Rb jusqu'à 2,2 pour les éléments des triades et atteint 2,4 pour l'or, une valeur égale à celle du sélénium. Ces derniers métaux dont on ne connaît pas de vrais cations ne sont évidemment pas des donneurs ; ils n'en sont pas moins considérés comme des métaux. Par conséquent, le caractère métallique d'un élément est essentiellement fondé sur ses propriétés physiques.

### La classe des gaz nobles

Ces éléments qui occupent la colonne 18 du tableau périodique possèdent une couche électronique complètement saturée ( $2e^-$  pour He,  $8e^-$  pour les autres). De ce fait,

leur activité chimique est extrêmement faible. Seuls les plus lourds (Kr, Xe) ont pu être oxydés par le fluor ou d'autres réactifs très électronégatifs. Incapables de s'associer en molécules, ils n'existent qu'à l'état atomique. À basse température, ils cristallisent dans des structures comparables à celles des métaux mais dont la cohésion n'est assurée que par des forces de van der Waals. Ces divers caractères les distinguent de tous les autres éléments ; ils forment ainsi une classe bien définie.

### Un ensemble d'éléments d'une importance capitale : les « panéléments »

En dehors des métaux et des gaz nobles, on dénombre vingt autres éléments, nombre que l'on peut ramener à dix-huit si l'on exclut le polonium et l'astate, éléments radioactifs intéressants en eux-mêmes mais trop rares pour jouer un rôle important en chimie.

À l'exception de l'hydrogène, ces dix-huit éléments se situent dans les colonnes 13 à 17 du tableau périodique. Ce sont B / C Si Ge / N P As Sb Bi / O S Se Te / F Cl Br I. C'est un groupe trop disparate pour constituer une classe, mais les gaz nobles étant inactifs vis-à-vis des métaux, il est d'évidence que tout composé chimique – à l'exception des intermétalliques – en contient au moins un. Présents dans toute la chimie, ne méritent-ils pas d'être nommés « panéléments », néologisme tiré du grec  $\pi\alpha\sigma$  qui signifie tout, la totalité ?

L'hydrogène a été logiquement rangé dans les panéléments, mais il possède des caractères particuliers qui seront rappelés en fin d'article. On peut alors diviser les panéléments restants en deux classes : les « antimétaux » et les « métalloïdes » [8].

### La classe des antimétaux

Les sept antimétaux – N O S F Cl Br I – forment des molécules binaires  $X_2$  que l'attraction de van der Waals tend à rassembler d'autant plus qu'elles sont plus lourdes : à la température ordinaire,  $N_2$ ,  $O_2$ ,  $F_2$  et  $Cl_2$  sont gazeux,  $Br_2$  est liquide,  $I_2$  est solide. Le soufre aussi se solidifie en cristaux dont le plus simple a la structure octogonale  $S_8$ .

À l'état liquide et à l'état solide, les antimétaux sont des isolants électriques car la liaison de van der Waals ne permet pas le transfert d'un électron d'une molécule  $X_2$  à une autre. Cette propriété qu'ils partagent avec les gaz nobles les distingue radicalement des métaux.

L'électronégativité selon Pauling des sept éléments appelés antimétaux varie de 2,5 pour le soufre et l'iode à 4 pour le fluor. De ce fait, ils réagissent – souvent de façon très vive – avec les métaux en capturant leurs électrons de valence : les métaux deviennent cations et les antimétaux anions.

Leurs propriétés tant physiques que chimiques se trouvent ainsi à l'opposé de celles des métaux, ce qui justifie le néologisme « antimétaux ».

### La classe des métalloïdes

Sous ce nom, qui implique des analogies avec les métaux, sont classés les éléments B / C Si Ge / P As Sb Bi / Se Te. Pour les réunir en une même classe, il convient de considérer chacun d'eux sous sa variété allotropique stable du point de vue thermodynamique. Il s'agit toujours d'une variété

cristallisée, mais celle-ci n'est pas toujours la plus abondante : le graphite est abondant mais pas le phosphore noir.

Leurs structures sont très différentes de celles des métaux :

- Le bore hexagonal, le silicium et le germanium aux structures cubiques de type diamant sont des solides homodesmiques tridimensionnels dont les liaisons, essentiellement covalentes, sont dirigées. Il en résulte une grande rigidité et dureté (celle du bore approche celle du diamant).

- Les autres métalloïdes sont au contraire hétérodesmiques : ils contiennent à la fois des liaisons covalentes fortes et des liaisons de type van der Waals. Ainsi les cristaux élémentaires de graphite sont faits d'un empilement de feuillets plans hexagonaux en nids d'abeille faiblement liés entre eux. La structure hexagonale est à la fois hétérodesmique et bidimensionnelle. En effet, les liaisons covalentes fortes présentes dans les plans hexagonaux sont absentes dans la direction perpendiculaire.

- Les éléments de la colonne 15 (P As Sb Bi), de structure rhomboédrique, sont aussi constitués d'un empilement de feuillets, mais ceux-ci sont plissés selon la forme « chaise », bien connue en chimie organique.

- Enfin, le sélénium et le tellure ont une structure (1D) en spirale qui se projette en un triangle équilatéral sur un plan perpendiculaire à son axe. Il est clair qu'à l'échelle d'un microcristal, les propriétés physiques des structures 2D et 1D sont fortement anisotropes. Mais à l'échelle macroscopique, l'orientation en tous sens des microcristaux a pour effet de moyenniser les grandeurs physiques.

Toutes ces structures différentes de celles des métaux et différentes entre elles ont en commun la présence de liaisons covalentes fortes. De ce fait, les métalloïdes sont des solides d'autant plus stables du point de vue mécanique et thermique qu'ils contiennent moins de liaisons de van der Waals.

Une autre propriété de la liaison covalente est de donner aux métalloïdes une certaine conductivité électrique. Celle-ci est due à des électrons qui sautent de la bande de valence à la bande de conduction sous l'effet des oscillations thermiques des atomes. Elle augmente donc avec la température à l'inverse de celle des métaux. La conductivité des métalloïdes augmente aussi sous l'action de radiations électromagnétiques telles que la lumière. Le sélénium, particulièrement sensible, a été largement utilisé dans les cellules photovoltaïques et les photocopies.

Le graphite et les carbones apparentés se singularisent [8]. En effet, par sa structure et la plupart de ses propriétés physiques, le graphite fait partie des métalloïdes, mais il possède des porteurs de charge, électrons et trous, qui lui donnent un comportement métallique. Maximale vers le zéro absolu, sa conductivité électrique diminue lorsque la température s'élève. Elle passe par un minimum au-delà de 600 K puis augmente lorsque de nouveaux électrons passent dans la bande de valence du fait de l'agitation thermique, rejoignant ainsi les autres métalloïdes.

De l'ensemble de leurs propriétés physiques, on peut conclure qu'en accord avec leur nom, les métalloïdes sont les éléments les plus proches des métaux, mais qu'ils s'en distinguent néanmoins nettement par leurs structures et leur conductivité électrique.

Sur la chimie des métalloïdes : situés entre les métaux et les antimétaux, ces éléments sont à la base d'une chimie extrêmement riche où dominent le carbone, le silicium, le bore et le phosphore. Si diverse qu'elle soit, cette chimie comporte des aspects spécifiques qui la distinguent de celle des

métaux et des antimétaux : le caractère fréquemment modéré des réactions et le rôle important de la liaison covalente.

### Le cas de l'hydrogène

Dans le cadre de cet article, nous avons très logiquement rangé l'hydrogène parmi les dix-huit éléments les plus actifs de la chimie, pour lesquels le néologisme « panélément » a été proposé. Mais le dihydrogène  $H_2$  n'appartient à aucune des quatre classes définies ici. Il est proche des antimétaux par sa structure binaire et sa volatilité, mais s'en distingue par sa faible électronégativité (2,1) et son aptitude à former à la fois des anions, dans les hydrures ioniques, et des cations en solution aqueuse.

Dans le cadre du tableau périodique, l'atome H est situé au sommet de la première colonne au-dessus des alcalins, monoatomiques comme lui. Mais il en diffère profondément par ses propriétés physiques et chimiques. Aussi, cet élément inclassable serait-il bien placé loin des autres et conformément à son électronégativité, vers le milieu de la première ligne du tableau – une disposition qui a déjà été proposée [9].

### Conclusion

Malgré leur grande diversité, les éléments chimiques dans leur variété allotropique stable, et à l'exception de l'hydrogène, ont été répartis en quatre classes : métaux, gaz nobles, antimétaux et métalloïdes. Cette disposition est fondée principalement sur les propriétés physiques des éléments, mais complétées pour chaque classe par un condensé des propriétés chimiques.

En remplaçant le fourre-tout des non-métaux par trois classes dotées de noms significatifs, elle fait œuvre à la fois scientifique et sémantique. Les remarques relatives à l'équilibre entre les panéléments et les métaux cinq fois plus nombreux s'inscrivent naturellement dans un article qui, à côté de ses aspects scientifiques, se veut aussi pédagogique.

### Références

- [1] Wiberg E., *Lehrbuch der Anorganischen Chemie*, Walter de Gruyter, 1964.
- [2] Hackspill L., Besson J., Hérold A., *Chimie Minérale*, Presses Universitaires, 1964.
- [3] Michel A., Bernard J., *Chimie Minérale*, Masson, 1964.
- [4] Hérold A., Remarques et propositions relatives à la nomenclature des éléments chimiques, *L'Act. Chim.*, fév. 1999, p. 33.
- [5] Hérold A., An arrangement of the chemical elements in several classes inside the periodic table according to their common properties, *C.R. Chimie*, 2006, 9, p. 148.
- [6] Pauling L., *La Nature de la Liaison chimique et la Structure des Molécules et des Cristaux*, Chap. 11, Presses Universitaires de France, 1949.
- [7] Evans R.C., *Chimie et Structure cristalline*, Trad. de J. Bardolle, Dunod, 1954.
- [8] *Les Carbones* par le Groupe Français d'Étude des Carbones, Tome 1, Masson, 1965, p. 377.
- [9] Atkins P., *General Chemistry*, Scientific American Books, 1992.



**Albert Hérold**

est professeur honoraire à l'Université Henri Poincaré Nancy 1\*.

\* Université Henri Poincaré Nancy 1, 6 rue E. Albert, F-54520 Laxou.  
Courriel : PrA.Herold@gmail.com

# Les luminophores à base de terres rares

Depuis leur découverte en Suède à la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle, les terres rares sont devenues incontournables dans de nombreuses applications, souvent très liées au développement durable, à tel point qu'elles constituent aujourd'hui l'une des ressources mondiales les plus stratégiques.

## Les terres rares

Cette famille est composée des quinze lanthanides, du lanthane ( $Z = 57$ ) au lutécium ( $Z = 71$ ), auxquels s'ajoutent, par affinités chimiques, le scandium et l'yttrium. Dans l'expression « terres rares », la notion de rareté reflète peu leur abondance naturelle qui est équivalente à celle du cuivre dans le cas du cérium ; elle exprime surtout les difficultés techniques, et donc historiques, pour les obtenir pures. Les terres rares sont relativement bien réparties sur le globe, mais le plus souvent à des concentrations trop faibles pour que leur exploitation minière soit économiquement rentable. Aujourd'hui, la Chine en produit 97 % alors qu'environ seulement 30 % des réserves mondiales y sont répertoriées, ce qui se traduit par une pression économique très forte.

Pour voir apparaître des applications industrielles de composés à base de terres rares, il a fallu attendre l'émergence d'un procédé chimique de séparation, complexe mais industrialisable, l'extraction liquide-liquide, mis au point chez Rhodia au milieu du siècle dernier. Dès lors, il a été possible de préparer des matériaux parfaitement purs et d'étudier leurs propriétés chimiques et physiques. Celles-ci sont intimement liées à leur configuration électronique qui, dans l'état trivalent, est  $[Xe]4f^n$ , où  $n$ , le nombre d'électrons 4f, varie de 0 à 14. Les orbitales 4f ont pour caractéristique principale d'être internes et donc protégées par des orbitales externes 5s et 6p. Il en résulte que la nature de la liaison chimique et le champ cristallin modifient peu les niveaux d'énergie des orbitales atomiques 4f, ce qui confère aux lanthanides des propriétés magnétiques et optiques uniques exploitées dans de nombreuses applications, comme par exemple les aimants permanents de forte puissance, l'éclairage basse consommation, les systèmes de visualisation (écrans LCD, PDP), ou encore dans certains équipements médicaux.

## À la lumière des terres rares

Deux des applications éminentes des terres rares sont la visualisation et l'éclairage basse consommation. Les évolutions de ces deux technologies sont étroitement liées et découlent de la mise au point de luminophores émettant efficacement une lumière monochromatique rouge, verte ou bleue sous une excitation UV (ou électronique). En effet, si l'on souhaite moduler les tonalités de la lumière blanche (blanc « chaud » ou blanc « industrie ») et obtenir un rendu des couleurs proche de la lumière du jour, il est nécessaire d'effectuer la synthèse additive de ces trois couleurs primaires qui correspondent aux maxima de sensibilité des capteurs de l'œil.

Les premières substances inorganiques luminescentes utilisées au début du siècle dernier furent la willemite  $Zn_2SiO_4 \cdot Mn^{2+}$ , un composé existant à l'état naturel et émettant dans le vert, et le tungstate de calcium  $CaWO_4$  comme émetteur bleu. Ils ont été remplacés dès les années 50 par la chlorapatite  $Ca_5(PO_4)_3Cl \cdot Sb^{3+}, Mn^{2+}$  qui émet dans le blanc.

Cette dernière a permis de mettre au point les premiers tubes fluorescents ayant une efficacité lumineuse notable, mais avec un rendu des couleurs médiocre.

La révolution de la visualisation et de l'éclairage s'est produite autour des années 60 avec l'avènement des terres rares et la possibilité d'utiliser les ions  $Eu^{3+}$  et  $Tb^{3+}$  comme émetteurs rouge et vert respectivement. Cette avancée a permis la commercialisation des luminophores  $Y_2O_3:Eu^{3+}$  et  $Y_2O_2S:Eu^{3+}$  pour les écrans de visualisation cathodiques. Ce principe a été étendu à l'éclairage, avec le développement des lampes fluorescentes dont le rendement lumineux dépasse largement celui des ampoules à incandescence. Les luminophores les plus couramment utilisés sont aujourd'hui  $Y_2O_3:Eu^{3+}$  pour le rouge,  $(La,Ce)PO_4:Tb^{3+}$  et  $CeMgAl_{11}O_{19}:Tb^{3+}$  pour le vert, et  $BaMgAl_{10}O_{17}:Eu^{2+}$  pour le bleu (figure 1). Dans le cas des ions  $Eu^{3+}$  et  $Tb^{3+}$ , les transitions électroniques 4f-4f, même si elles sont interdites par les règles de sélection (règles de Laporte), permettent d'obtenir des émissions suffisamment intenses pour être utilisées pour l'éclairage. De plus, les émissions de lumière se produisent sous la forme de raies fines (écranage vis-à-vis du champ cristallin), ce qui permet de mieux régler la couleur d'émission des lampes. En revanche, les transitions 4f-4f, interdites, ne peuvent assurer l'absorption de l'excitation incidente qui conditionne le rendement énergétique du système ; c'est donc le rôle principal de la matrice hôte des ions luminescents.

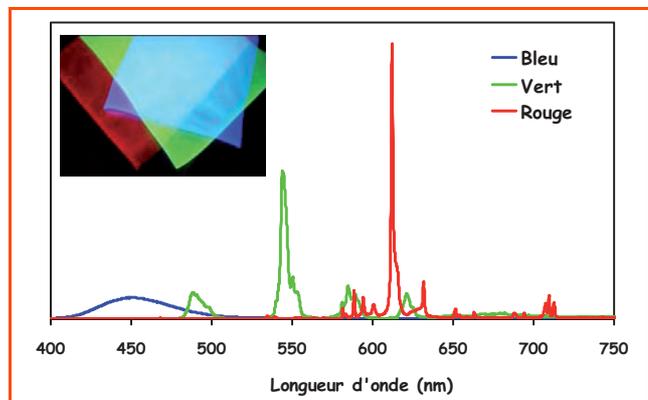


Figure 1 - Spectre d'émission d'un mélange de trois luminophores (bleu, vert et rouge) correspondant à une émission blanche (insert) sous excitation UV.

Dans le cas du luminophore  $(Y, Eu)_2O_3$ , la lumière UV est absorbée efficacement via un transfert de charge  $O^{2-} \rightarrow Eu^{3+}$ . L'énergie est ensuite relaxée vers les orbitales 4f des ions  $Eu^{3+}$ , ce qui conduit à l'émission rouge (raies fines centrées autour de 611 nm).

Pour les luminophores  $(La, Ce, Tb)PO_4$  et  $(Ce, Tb)MgAl_{11}O_{19}$ , le principe est légèrement différent : la lumière UV est absorbée par les ions  $Ce^{3+}$  (transition 4f-5d permise par les règles de Laporte), puis transmise de proche en proche (via le réseau des ions  $Ce^{3+}$ ) aux orbitales 4f des ions  $Tb^{3+}$  à partir desquelles l'émission verte peut avoir lieu, autour de 543 nm.

Dans le cas du luminophore bleu  $BaMgAl_{10}O_{17}:Eu^{2+}$ , l'émission est réalisée à partir d'euprium divalent via une

absorption et réémission directe des photons par une transition permise de type 4f-5d. L'absorption est intense et le spectre d'émission, situé dans le bleu, est élargi par l'action du champ cristallin sur les orbitales 5d. Dans les diodes blanches électroluminescentes (LED), le luminophore  $Y_3Al_5O_{12} \cdot Ce^{3+}$  émet dans le jaune sous une excitation bleue selon le même principe (transition 4f-5d de l'ion  $Ce^{3+}$ ).

Une fois la composition chimique du luminophore identifiée (couple matrice/émetteur), sa mise en œuvre doit être optimisée pour être exploitable dans la lampe. Les paramètres à contrôler sont de deux ordres. Certains affectent directement le rendement intrinsèque de luminescence : la nature du réseau hôte (composition et structure cristallographique), la concentration en dopant qui doit être parfaitement ajustée (sous risque d'extinction par concentration), la pureté en éléments exogènes comme certaines terres rares ou le fer (nécessité de matières premières extrêmement pures, au-delà de 99,99 %). D'autres paramètres affectent l'efficacité globale du matériau dans la lampe comme la cristallinité, la répartition granulométrique, la morphologie (figure 2) ou l'état de surface...

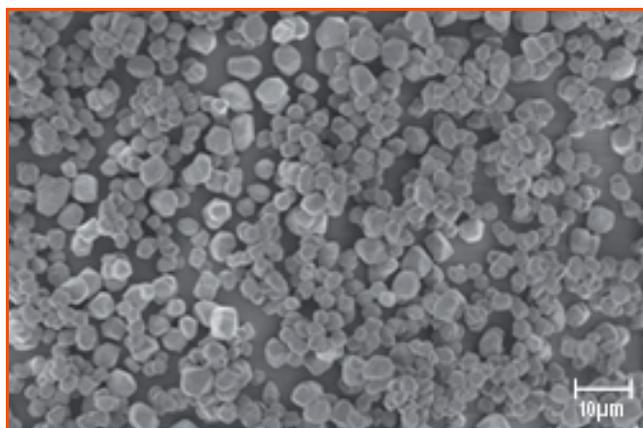


Figure 2 - Cliché de microscopie électronique à balayage d'un luminophore utilisé dans les lampes trichromatiques.

La maîtrise de la chimie est donc un élément primordial pour réaliser ces poudres luminescentes qui permettront d'obtenir des éclairages efficaces à faible consommation énergétique. Le contrôle de la synthèse et des propriétés extrinsèques des luminophores a permis récemment, dans certains cas, de doubler leur rendement de luminescence.

Lors de la préparation des lampes, les trois poudres de luminophores rouge, vert et bleu sont mélangées dans un milieu aqueux, puis déposées sur le tube en verre en une couche d'épaisseur pouvant varier de 20 à 60 µm. La quantité de luminophores représente quelques grammes par lampe, ce qui peut paraître modeste au regard de la consommation globale mondiale en terres rares. Cependant, celles utilisées pour l'éclairage figurent parmi les moins abondantes et les plus coûteuses : le terbium, l'euporium et l'yttrium. Il est donc nécessaire de chercher d'une part à minimiser leur quantité dans chaque lampe, et d'autre part à recycler les poudres utilisées dans les lampes usagées (et les écrans) afin d'en minimiser l'impact environnemental et de s'assurer une indépendance stratégique à l'égard de ces

matières premières. Il convient également de récupérer le mercure présent en très faible quantité dans les lampes pour produire les rayonnements UV.

### Développement durable et recyclage

Depuis quelques années, les lampes trichromatiques usagées sont collectées puis triées et traitées par des sociétés spécialisées qui en valorisent ensuite les différents composants (verre, métaux, plastiques, mercure). Les poudres luminescentes, concentrées en terres rares, sont quant à elles mises en décharge, ce qui peut paraître assez paradoxal.

Grâce à un nouveau procédé de recyclage désormais opérationnel à l'échelle industrielle en France, ces poudres pourront désormais être recyclées dans leur totalité. Cette filière originale de recyclage des poudres luminescentes, mise au point par Rhodia et ses partenaires, ouvre de nouvelles perspectives environnementales et économiques à l'échelle européenne (figure 3).

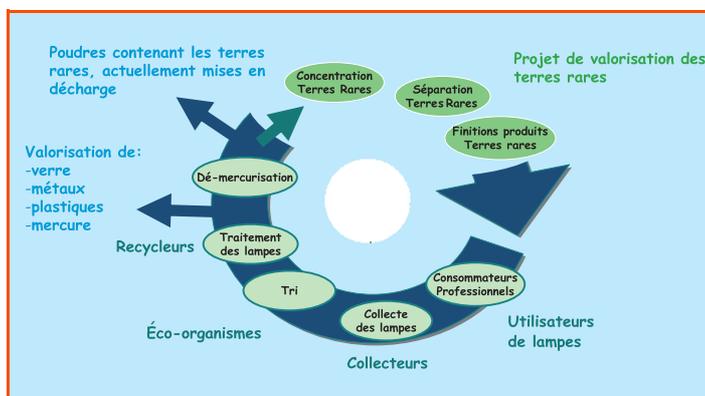


Figure 3 - Filière du recyclage des lampes et future valorisation des terres rares.

Le mélange de poudres collectées subira un traitement mixte hydro/pyrométallurgique permettant de récupérer un concentré de terres rares, exploitable comme un minerai : à la suite d'une attaque chimique et d'une séparation en milieu solvant, des lanthanides séparés et très purs sont obtenus (99,99 %). Ces terres rares de recyclage entreront ensuite dans la fabrication de nouveaux luminophores, de qualité identique aux produits initiaux.

Cet exemple montre que des professionnels responsables et convaincus (industriels et universitaires) peuvent faire de la chimie un levier décisif du développement durable, en optimisant l'exploitation des ressources naturelles dont l'homme dispose encore.

#### Pour aller plus loin

- www.rhodia.com
- Cascales C., Maestro P., Porcher P., Saez Puche R., Lanthane et lanthanides, *Encyclopédie Universalis*.
- Larcher O., Verdier S., Rohart E., Harlé V., Allain M., *Innovative Materials for Diesel Oxidation Catalysts, with High Durability and Early Light-Off*, Society of Automotive Engineers (special publication), SP-1942, 2005-01-047, 6 avril 2005.
- Blasse G., Grabmeier B.C., *Luminescent Materials*, Springer-Verlag, 1994.
- Shionoya S., Yen W.M., *Phosphor Handbook*, CRC Press, 1998.

Cette fiche a été préparée par **Valérie Buissette**, chef de projet et expert scientifique en synthèse minérale, et **Thierry Le Mercier**, responsable du laboratoire des matériaux inorganiques et expert scientifique en luminescence, chez Rhodia Recherches et Technologies, 52 rue de la Haie Coq, F-93308 Aubervilliers Cedex (valerie.buissette@eu.rhodia.com ; thierry.le-mercier@eu.rhodia.com). Les fiches « Un point sur » sont coordonnées par un comité éditorial mené par Jean-Pierre Foulon, Véronique Nardello-Rataj et Michel Quarton (contact : bleneau@lactualtechimique.org).



## Distinctions

## Les Médailles 2011 du CNRS

## Médailles d'argent



• **Thierry Buffeteau**, directeur de recherche au sein du groupe Spectroscopie moléculaire de l'Institut des sciences moléculaires (Université Sciences et Technologies Bordeaux 1),

pour le développement des techniques de modulation de polarisation en spectroscopie infrarouge. Pionnier en Europe dans ce domaine, il a créé le premier montage de spectroscopie par réflexion (PMIRRAS, « polarization modulation infrared reflection-absorption spectroscopy ») afin de caractériser et déterminer les orientations moléculaires dans des films ultra-minces ou des monocouches déposées sur des substrats métalliques. Ces travaux, déjà récompensés par la Médaille de bronze du CNRS (1993) et le prix de la division Chimie physique de la SCF (2001), ont eu un impact très important, débouchant sur la commercialisation d'un instrument sans équivalent en spectroscopie IR polarisée de transmission. En 2000, il étudie un autre domaine : le dichroïsme circulaire vibrationnel (VCD), qui permet de sonder finement la matière. Le montage original qu'il a développé est l'un des plus performants au monde. Dès 2010, il complète cette approche par la mise en place d'un système de mesure de l'activité optique Raman qui lui permet d'avoir une approche unique et complémentaire. Ses expériences de VCD couplées aux calculs *ab initio* adéquats fournissent des informations sur les interactions entre molécules, permettant entre autres la détermination de configurations absolues de systèmes chiraux dans l'étude de systèmes variés (biomolécules chirales, cryptophanes, assemblées de molécules amphiphiles, protéines membranaires...). Ses travaux ont notamment fait la lumière sur les propriétés optiques et mécaniques de matériaux biologiques comme les protéines des toiles d'araignée.



• **Mir Wais Hosseini**, directeur du Laboratoire de tectonique moléculaire du solide (Institut Le Bel, Université de Strasbourg), pionnier de l'utilisation des concepts

de la chimie supramoléculaire pour élaborer des matériaux moléculaires dont la structure et les propriétés sont gouvernées par la nature des briques moléculaires les constituant et par leurs modes d'auto-assemblage\*. Ses travaux ont notamment apporté une contribution majeure pour l'élaboration de solides hybrides possédant des structures



et des propriétés prédéfinies. Par la synthèse d'une grande variété de polymères de coordination, il a montré que des topologies particulièrement intéressantes comme des réseaux nanotubulaires de doubles hélices ou un arrangement 2D de type tresse pouvaient être ainsi accessibles. Par des approches similaires et en utilisant des briques moléculaires rigides ou comportant des centres de chiralité, des solides poreux ou polaires ont été préparés, montrant ainsi tout le potentiel de cette démarche. Son activité a également porté sur l'élaboration d'entités supramoléculaires très originales et dotées de propriétés remarquables comme des borocryptants caractérisés par une grande affinité et sélectivité envers les cations alcalins. Ses travaux sur des moteurs moléculaires originaux ou sur la mise en œuvre de l'approche de tectonique moléculaire sur des surfaces se distinguent une fois de plus par leur originalité et leur ambition scientifique.

\*Voir son article « La tectonique moléculaire : des complexes hôte-substrat aux architectures complexes » paru début 2011 dans *L'Act. Chim.* (348-349, p. 36, en accès libre sur le site).

## Médailles de bronze

• **Karine Alvarez**, chercheuse au Laboratoire d'architecture et fonction des macromolécules biologiques (Université de la Méditerranée-Aix-Marseille 2), responsable de l'activité chimie de l'équipe « Réplication virale : structure, mécanismes et drug-design » dont la thématique générale est l'étude structure-fonction de la machinerie répliquative de plusieurs virus pathogènes majeurs pour l'homme (VIH-1, rougeole, dengue, virus West Nile, SRAS, hépatite C). Dans l'objectif du groupe de concevoir et de synthétiser des antiviraux contre les virus pour lesquels il n'existe pas de traitement

et des antiviraux plus performants que ceux déjà utilisés en thérapie, elle a contribué à mettre en place la synthèse chimique au laboratoire, préfigurant la création d'une équipe émergente intitulée « Chimie médicinale antivirale » dont elle est responsable. Ses recherches se développent selon trois axes principaux : conception, synthèse et étude des propriétés antivirales d'analogues de nucléotides de type  $\alpha$ -thiophosphonates actifs contre le VIH et le VHB ; mise au point d'une chimiothérapie contre les flavivirus ; synthèse de dinucléotides modifiés inhibiteurs de la polymérase NS5B du virus de l'hépatite C.

• **Cyril Aymonier**, chercheur dans le groupe Fluides supercritiques de l'Institut de chimie de la matière condensée de Bordeaux, pour ses travaux sur les matériaux nanostructurés avancés en milieux fluides supercritiques, à la frontière de la chimie, de la science des matériaux et des procédés. Cette approche pluridisciplinaire lui a permis de devenir un spécialiste déjà reconnu dans le domaine de la synthèse en milieu supercritique. Il a aussi accompagné le développement de la start-up Innoveox (prix Potier 2010) et anime le groupe « Réactivité chimique en milieux fluides supercritiques ».

• **Simona Bennici**, membre du groupe Énergies propres et renouvelables à IRCÉLYON, pour l'utilisation et le développement de méthodes calorimétriques originales, permettant le suivi de la chaleur de réaction pour appréhender des mécanismes réactionnels, des cinétiques, et envisager la mise au point de nouveaux catalyseurs. Son objectif : lever des verrous technologiques pour la production et le stockage de l'hydrogène en tant que vecteur énergétique (recherche

de nouveaux catalyseurs et étude de leur réactivité avec l'eau, étude de l'impact de polluants gazeux sur les performances des piles à combustible de type PEM, étude de la production d'hydrogène par reformage catalytique pour une production embarquée).

• **Tsuyoshi Kato**, chercheur au Laboratoire Hétérochimie fondamentale et appliquée (Université Paul Sabatier Toulouse 3), pour la synthèse, la caractérisation et l'évaluation de la réactivité de composés incluant des hétéroéléments des groupes 13 à 15 (en particulier P et Si), à la frontière entre chimie organique et chimie inorganique, avec des prolongements dans le domaine des polymères. Ses travaux, basés sur l'étude de la structure et de la réactivité d'espèces hautement réactives, en particulier les ylures/carbènes stables qu'il utilise en organocatalyse et dans les matériaux silicones, allient de façon exemplaire la recherche fondamentale aux applications en collaboration avec les entreprises : synthèse de carbodiphosphoranes cycliques, de bis-ylures mixtes de phosphore et de soufre, synthèse et étude de la réactivité du premier phosphonio silaylure, utilisation des NHC comme catalyseurs de la polymérisation des isocyanates avec des alcools pour former des uréthanes avec une bonne sélectivité.

• **Rémi Métivier**, chercheur au Laboratoire photophysique et photochimie supramoléculaires et macromoléculaires (ENS Cachan), pour ses recherches sur des molécules et matériaux photocommutables à base de photochromes organiques ayant pour objectif de détecter et modifier l'état d'un commutateur avec le minimum de photons. Parmi ses résultats significatifs : la fabrication de nanoparticules de photochromes organiques par ablation laser, qui permet d'obtenir des suspensions aqueuses stables possédant de bonnes qualités optiques, et l'effet d'amplification de la photocommutation dans les systèmes photochromes fluorophore- $\pi$ s. Ses travaux ont montré la possibilité « d'allumer ou d'éteindre » plusieurs molécules fluorophores en commutant une seule molécule photochrome et, réciproquement, de stimuler la photocommutation du photochrome en présence de fluorophores.

• **Vincent Monteil**, chercheur au Laboratoire de chimie, catalyse, polymères et procédés (ESCE Lyon), pour le développement de nouvelles méthodes de polymérisation à l'interface entre la polymérisation par catalyse de coordination et la polymérisation radicalaire. Son objectif : élaborer de nouveaux copolymères constitués de séquences oléfines apolaires (éthylène, propylène...) et de séquences vinyliques polaires (acrylates...), synthèse qui reste à ce jour un véritable défi scientifique. En parallèle, il travaille sur la catalyse, encore controversée, de polymérisation des oléfines de type Ziegler-Natta. Une des finalités de ces travaux est de conférer à ces catalyseurs un caractère monosite,

ce qui serait une autre avancée dans le domaine ! Il a récemment développé de nouveaux catalyseurs bimétalliques pour remplacer des dérivés de l'étain, toxiques, en polymérisation des silicones et étend aujourd'hui son approche à la chimie des polyesters et des polyuréthanes.

**Pour en savoir plus et découvrir les autres actualités de l'Institut de chimie, rendez-vous sur [www.cnrs.fr/inc](http://www.cnrs.fr/inc)**

**Alain Tressaud,**  
« 2011 ACS Award for creative work in fluorine chemistry »



Ce prix de la division du Fluor de l'American Chemical Society a été remis à Alain Tressaud (qui se trouve entre la présidente de l'ACS, Nancy B. Jackson, et le représentant d'Honeywell, Andrew Poss) le 29 mars dernier à Anaheim (Californie) lors du 241<sup>e</sup> congrès de l'ACS. Il est le premier Français à recevoir cette distinction. © Peter Cutts.

Les activités d'Alain Tressaud, directeur de recherche émérite à l'Institut de chimie de la matière condensée de Bordeaux (CNRS/Université de Bordeaux 1), couvrent des domaines très variés de la synthèse, de la caractérisation et des applications des matériaux fluorés. On peut citer les fluorures ferro- et ferrimagnétiques transparents, les composés d'intercalation du graphite comme conducteurs électroniques performants, les composés à anions mixtes comme pigments colorés et catalyseurs, la modification des propriétés de surface de matériaux variés par traitements fluorés ou par plasmas.

En 2002, le CNRS lui a confié la direction du Réseau français du fluor pour promouvoir les activités liées au fluor et aux produits fluorés dans l'ensemble des secteurs de la chimie, des sciences du vivant, des nouvelles technologies (micro-électronique, optoélectronique), de l'environnement, et pour favoriser les échanges entre les établissements publics et l'industrie.

Auteur de plus de 330 publications dans des revues internationales, plus de 50 conférences invitées dans des congrès internationaux, 60 séminaires sur invitation dans des universités ou groupes industriels, de nombreux chapitres d'ouvrages, 12 brevets avec des industries françaises (Thomson-CSF, Rhône-Poulenc Chimie, Rhodia, FAB, Areva), rappelons qu'il a coordonné le beau numéro spécial de *L'Actualité Chimique* « Fluor et produits fluorés à l'aube du XXI<sup>e</sup> siècle » à l'occasion du centenaire du prix Nobel d'Henri Moissan (oct.-nov. 2006, 301-302).

## La chimie au quotidien

### 2011 : 20<sup>e</sup> édition de la Fête de la science

Du 12 au 16 octobre prochain, la science sera à l'honneur partout en France. L'événement, qui fête ses 20 ans d'existence, sera placé sous le signe de la chimie, Année internationale oblige ! De nombreuses animations vous attendent. À cette occasion notamment, quatre grandes institutions parisiennes – le Muséum national d'Histoire naturelle, le Musée des arts et métiers, le Palais de la découverte et le Musée du quai Branly – vont proposer au public une « enquête scientifique et technique » portant sur les œuvres de leurs collections en lien avec la chimie (du 12 octobre au 31 décembre).

• Pour en savoir plus sur les manifestations près de chez vous : [www.fetedelascience.fr](http://www.fetedelascience.fr)

### « Projet M<sup>2</sup>C »

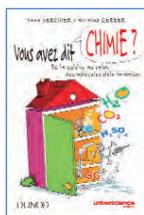
Un jeu vidéo pour partir à la découverte des métiers de la chimie



Après Superkimy, destiné aux 7-11 ans, la Fondation de la Maison de la Chimie et l'Union des Industries Chimiques proposent un nouveau jeu interactif sous forme d'intrigue policière pour faire découvrir les métiers de la chimie aux 13-18 ans. En menant leur enquête au pays de la chimie, les jeunes joueurs abordent ainsi les fonctions de R & D, de marketing ou de production... et les grands domaines d'application de la chimie du XXI<sup>e</sup> siècle.

• En accès libre sur [www.projetm2c.com](http://www.projetm2c.com)

## Livres



**Vous avez dit chimie ?  
De la cuisine au salon,  
des molécules plein la maison**

Y. Verchier, N. Gerber  
168 p., 14,90 €  
Universcience/Dunod,  
2011

Dans ce livre, qui présente un aperçu des applications récentes de la chimie, les auteurs ont utilisé un excellent « langage de vulgarisation ». Il est destiné à un public d'adolescents d'une quinzaine d'années, mais les adultes et les professeurs de chimie des lycées y trouveront matière à proposer des exercices de lecture pour approfondir et « décortiquer » scientifiquement les sujets abordés.

Cet ouvrage est découpé en sept chapitres d'égale importance. On y aborde les aspects les plus divers de la chimie en regardant les objets qui nous entourent dans notre habitat. Dans chaque chapitre, on trouve un petit « mémo » et des « expériences à faire à la maison » en toute sécurité, avec du matériel non spécialisé. Des encadrés très clairs apportent un éclairage sur des problèmes actuels avec des chiffres précis ou des explications historiques, même parfois inédites dans des ouvrages scolaires de chimie.

Je voudrais citer quelques points que je trouve particulièrement réussis : la fluorescence bien expliquée (et l'origine du mot aussi !) ; l'importance relative de la caféine comparée dans le café et le thé très simplement introduite ; la très amusante recette des cookies ; le tableau des différentes formes galéniques de l'aspirine très bien présenté ; la savoureuse discussion de l'existence ou non du fer dans les épinards...

Des phénomènes et des techniques récentes sont abordés avec facilité, mais toujours en veillant à rester exact : l'explication des capteurs photovoltaïques est très astucieuse, tout comme la présentation des écrans à cristaux liquides. Des aspects pratiques très divers sont évoqués : on y apprend par exemple comment fabriquer son compost ou comment réaliser un spectroscope à l'aide d'un CD !

Mais on peut indiquer aussi, à mon avis, quelques points négatifs : l'absence d'un index à la fin du livre ; la classification périodique qui aurait mérité plus de soin dans la présentation et la numérotation des colonnes

(p. 33) ; la nomenclature NPK des engrais présentée de manière trop simplifiée. On peut aussi regretter l'absence d'explication sur l'origine des mots anode et cathode dans la pile de Volta ou des piles à combustible dans ce chapitre.

Je voudrais terminer cette « critique » par une chaude recommandation de faire lire ce livre à des élèves de 3<sup>e</sup> mais aussi de niveau supérieur pour leur montrer ce qui se cache dans cette excellente vulgarisation des auteurs ! Ce petit livre est un excellent document d'accompagnement de l'exposition « Vous avez dit chimie ? », présentée actuellement au Palais de la découverte à Paris, puis à Strasbourg et Rennes et pendant quatre années dans de nombreuses autres villes\*.

**Jean-Pierre Foulon**

\*Voir *L'Act. Chim.*, 2011, 353-354, p. 135.



**Pierre-Gilles de Gennes,  
gentleman physicien**

L. Plévert  
367 p., 23 €  
Belin, 2009

Cette première biographie de Pierre-Gilles de Gennes, signée par la journaliste scientifique Laurence Plévert, se base sur une vingtaine d'entretiens, ainsi que sur de nombreux témoignages de collègues et amis. De fait, elle est extrêmement bien documentée et reconstitue avec précision le parcours scientifique du prix Nobel français.

La description de son enfance et de ses jeunes années au lycée montre comment naît sa vocation pour la physique. Celle de ses années d'École normale, de sa thèse au CEA et de son premier séjour aux États-Unis éclaire son orientation ultérieure vers la physique théorique et le développement de sa méthode de travail, non classique pour les physiciens de l'époque :

identification des points clés et simplification des modèles, pour ne garder que l'essentiel.

P.-G. de Gennes commence alors à constituer un réseau de collègues au niveau international, qu'il étendra tout au long des années qui suivront. Le récit de ses premières années de professeur à Orsay montre comment il crée sa première équipe sur la supraconductivité, en associant théoriciens et expérimentateurs : c'est un modèle du genre, pouvant inspirer les jeunes chercheurs lisant ce livre. Après d'importants succès, mais ne prévoyant plus de développements spectaculaires à court terme, il crée, toujours à Orsay, une nouvelle équipe sur les cristaux liquides. Nommé au Collège de France, il crée cette fois-ci un laboratoire sur la physique des polymères. Toujours sous son impulsion, les thématiques du laboratoire évolueront par la suite vers d'autres domaines : microémulsions, mouillage, adhésion, pour ne mentionner que les plus importants. Durant ce parcours, il établit des liens forts avec les chimistes, puis avec l'industrie. Il accepte ensuite de diriger l'ESPCI et réussit à en rajeunir les structures. Il y implante des laboratoires de biologie qui, pour lui, est le domaine d'avenir, et où physiciens et chimistes doivent jouer un rôle important – le chapitre correspondant est fort instructif. Viennent ensuite la consécration du Nobel, puis les années où il parcourt les lycées de France afin de susciter des vocations scientifiques, et la « retraite » à l'Institut Curie, où il aborde enfin la biologie.

Le livre, bien écrit, est passionnant de bout en bout. La science y est très présente, ceci ayant été le vœu de P.-G. de Gennes, mais reste accessible aux non-spécialistes. Il décrit également le contexte familial et personnel (il inclut une série de belles photos), en lien avec le parcours scientifique. Pour tous ceux qui l'ont approché, ce livre sera à la fois éclairant et émouvant. Il inspirera par ailleurs, non seulement les jeunes lycéens, mais aussi les scientifiques, jeunes et moins jeunes, grâce à l'exemple exceptionnel donné par ce scientifique exceptionnel.

**Dominique Langevin**

Nous vous invitons à lire trois autres analyses sur [www.lactualitechimique.org](http://www.lactualitechimique.org) (fichier pdf en téléchargement libre via le sommaire en ligne de ce numéro) :

- **Les précheurs de l'apocalypse** (J. de Kervasdoué), par Josette Fournier.
- **Phénomènes de transfert en génie des procédés** (J.-P. Couderc, C. Gourdon, A. Liné), par Jacques Bousquet et Daniel Schweich.
- **Arrow pushing in organic chemistry. An easy approach to understanding reaction mechanisms** (D.E. Levy), par Xavier Bataille.

## Grands prix SCF 2011

### Prix Pierre Süe

#### • Jean-Marie Tarascon



Professeur et directeur de l'Institut de chimie de Picardie (Université d'Amiens), Jean-Marie Tarascon a effectué ses études supérieures à Bordeaux, puis une thèse au Laboratoire de chimie

du solide sous la direction de J. Etourneau et P. Hagenmuller où il travaille de 1978 à 1982 sur les supraconducteurs, notamment les phases de Chevrel. Après un postdoctorat à Cornell puis aux Bell Laboratories à Murray Hill, il est embauché à Bellecore aux États-Unis où il participe à l'aventure des supra YBaCuO (1983-1989), avant de diriger le groupe « Stockage de l'énergie ». En 1994, appelé par le professeur Figlarz, il revient en France à Amiens et dirige le Laboratoire de réactivité et chimie du solide associé au CNRS (1995-2008). Il en fait un centre de reconnaissance internationale d'inventivité et de compétences sur les batteries – d'abord  $\text{LiMn}_2\text{O}_4/\text{C}$ , puis tout plastique ions-Li PVDF avec un électrolyte DMC (brevet exploité par plus de 25 producteurs) – et plus récemment de nouveaux types d'électrodes ( $\text{CoO-LiFeSO}_4$ ). Leader du réseau européen d'excellence ALISTORE, qui regroupe plus de vingt partenaires, il dirige le RI auquel le réseau a donné naissance.

Co-auteur de 520 publications, auteur de 69 brevets dont plusieurs sont exploités, il a donné plus de 300 conférences invitées. Cité plus de 26 000 fois, il a eu en 2004 l'Award ISI comme faisant partie des 25 Français les plus cités de 1984 à 2004.

Il a reçu de nombreux prix dont six prix internationaux pour l'invention de la batterie tout plastique, la Médaille Volta en 2002, la Médaille d'or de l'Université de Picardie. Membre de l'Académie des sciences depuis 2004, il a été nommé en 2010 à la chaire Énergie du Collège de France.

Le prix Süe récompense ses contributions importantes à la chimie du solide et à l'électrochimie, et son implication vers l'industrie dans un domaine très prometteur pour l'avenir.

### Prix Achille Le Bel

#### • Marc Fontecave



Après des études à l'ENS de Cachan et une agrégation de sciences physiques, Marc Fontecave entre au CNRS en 1981 et passe sa thèse sous la direction du professeur D. Mansuy (ENS Paris, 1984). Chargé de recherche à

l'Université René Descartes (1985-1988), il est nommé professeur en 1988 à l'Université Joseph Fourier (Grenoble) où il développe un groupe de biochimie, à l'interface de la biologie et de la chimie des organométalliques. Ses travaux sur les métalloprotéines, les métalloenzymes et les composés organiques à base de métaux à activité biologique le font reconnaître dans différents secteurs : antitumoraux, antioxydants, bioremédiation... Directeur de l'Institut des métaux en biologie, puis de l'Institut de recherche des techniques du vivant au CEA de Grenoble,

ses travaux les plus récents portent sur les hydrogénases, les matériaux moléculaires pour la production de l'hydrogène et la fonctionnalisation des NTC.

Auteur de 270 publications, co-auteur de six brevets, cités 8 300 fois, il a donné plus de 280 conférences. Membre du Comité national du CNRS et de l'IUF, élu à l'Académie des sciences en 2005, il est actuellement professeur au Collège de France.

Ce prix récompense ses contributions marquantes à la biochimie et à la chimie moléculaire.

## Assemblée générale ordinaire de la Société Chimique de France (Paris, 5 juillet 2011)

L'Assemblée générale statutaire de la SCF s'est tenue au siège social de l'association le 5 juillet dernier. Une vingtaine de participants étaient présents, mais par le renfort des pouvoirs adressés au président Olivier Homolle et à plusieurs participant(e)s, elle a représenté 444 adhérents.

• Dans son rapport moral, le président a évoqué les faits marquants de l'année 2010 :

- la nomination de deux chargés de mission : d'une part pour les relations de la SCF avec les étudiants et doctorants, et d'autre part pour l'Année internationale de la chimie 2011 ;

- la mise en place d'une journée de remise solennelle des prix SCF, qui a réuni les lauréats 2008 et 2009 et qui, devant son succès, sera reconduite en 2011 ;

- la participation de la SCF, avec ChemPubSoc Europe et Wiley-VCH, à l'organisation du symposium « Frontiers of chemistry: from molecules to systems », manifestation au fort impact international qui a réuni plus de 600 participants à la Maison de la Chimie ;

- la tenue du premier séminaire SCF qui a réuni les responsables des entités opérationnelles, y compris les clubs de jeunes sociétaires, les membres du Conseil d'administration et du Bureau. Des discussions très riches et vivantes se sont dégagées six messages principaux et sept actions à mettre en place prioritairement en 2011. Un second séminaire sur le même principe sera organisé à l'automne 2011 ;

- la très forte implication, à tous les niveaux, de la SCF dans la préparation de l'Année internationale de la chimie, en concertation avec les différents partenaires du Comité Ambition Chimie (CAC).

• Dans son rapport financier, le trésorier par intérim a présenté les résultats de l'exercice 2010 qui dégage un résultat bénéficiaire de 12 045,08 €, à comparer à un résultat également positif de 17 507,33 € au titre de l'exercice précédent. Cette diminution s'explique par l'augmentation des charges immobilières, des frais de réunions internes et des subventions, en partie compensée par l'abaissement des coûts de production et de distribution de *L'Actualité Chimique*.

Le montant total du bilan au 31 décembre 2010 est en léger accroissement par rapport à celui constaté à la fin de l'exercice précédent : 3 520 k€ à comparer à 3 422 k€. Les immobilisations corporelles et financières (2 991 k€) sont en sensible augmentation (2 857 k€ en 2009), ce qui confirme des finances saines. Il est donc proposé de soumettre à l'Assemblée générale l'affectation suivante du bénéfice au compte « fonds associatifs sans droit de reprise » pour un montant, conformément aux statuts, de 17 624,77 € et au compte « report à nouveau » le solde, soit - 5 579,69 €.

Enfin, le trésorier présente le projet de budget 2011 qui se veut à l'équilibre. Après avoir donné quitus de leur mandat aux membres du Conseil d'administration, l'Assemblée générale a adopté les deux autres résolutions relatives à l'affectation du bénéfice et au budget prévisionnel 2011.

Les rapports correspondant aux présentations du président et du trésorier ainsi que les trois résolutions peuvent être consultés par les membres de la SCF à leur page personnelle.

La discussion générale a porté sur le problème des adhésions pour lesquelles une lente érosion est constatée. Il est proposé que la SCF poursuive ses actions internes envers les « seniors » et les « juniors » mais tisse aussi des relations plus fortes avec les DRH des entreprises et avec les organismes tels que le CNRS. Il est également recommandé de s'appuyer sur les clubs de jeunes sociétaires pour sensibiliser les responsables de laboratoires à l'importance socioprofessionnelle de notre association, mais aussi de renforcer la mise en valeur des membres de la SCF, notamment dans le domaine des prix et grands prix de la SCF.

**Le Bureau de la SCF**

## Prix binationaux 2011

**Prix franco-britannique**• **Stephen Mann**

Professeur à l'Université de Bristol, dont il dirige le Centre de chimie et de la matière organisée, Stephen Mann est un spécialiste de la synthèse et de la caractérisation des solides complexes. Il s'est progressivement tourné vers les structures biologiques auto-assemblées et la biominéralisation dont il est devenu l'un des meilleurs experts (bactéries magnétostatiques et microcristaux dans les algues et les microorganismes). Membre du comité éditorial de plus de dix journaux internationaux, dont *Chem Solid State*, *J. of Material Chemistry*, *Angewandte*, conférencier international, il a séjourné au Collège de France en 2005.

Ce prix récompense ses travaux sur la biominéralisation et la chimie bio-inspirée et ses collaborations avec la communauté française.

• **Graham J. Hutchings**

Professeur à l'Université de Cardiff, Graham J. Hutchings dirige l'Institut de catalyse (l'un des plus importants d'Angleterre). Outre la catalyse, ses thématiques regroupent l'oxydation et l'hydrogénation par les métaux, les catalyses Fisher-Tropsch, l'oxydation du butane, la catalyse sélective pour les oléfines légères et les composés en C1. Membre de plusieurs comités éditoriaux dont *Catalysis Today*, *Applied Catalysis*, *New J. of Chemistry*, *Gold Bulletin*, il est éditeur en chef de *Catalytic Science*.

Ce prix lui est attribué pour ses travaux remarquables en catalyse au cours d'une carrière à la fois industrielle et académique, et pour ses collaborations nombreuses et riches avec la communauté française – UPMC, Strasbourg (Kienneman) et IRCE de Lyon (Volta).

**Prix franco-italien**• **Maurizio Peruzzini**

Maurizio Peruzzini dirige l'Institut de chimie des composés organométalliques du Centre national de recherche à Florence. Ses travaux portent sur l'activation de petites molécules organiques et inorganiques, la fonctionnalisation des composés phosphorés, les hybrides des métaux de transition, les complexes moléculaires, les matériaux pour le stockage de l'hydrogène, les alkynes et vinylidines, les complexes organométalliques pour la catalyse homogène, les techniques d'hydrodésulfuration et la RMN sous pression. Co-directeur du Firenze Hydrolab, il est responsable pour l'Italie du « Marie Curie Research Program » et coordonne près de vingt programmes COST et d'échanges européens. Il est membre du Bureau éditorial de *Eur. J. Inorg. Chem.*, *Organometallic*, *Green and Sustainable Chem*, *Open Catalysis Journal*, *Open Inorg. Chem J.*, *Research*

*Letter in Inorg. Chem.*, *Physical Chemistry News*.

Ce prix récompense ses travaux en chimie des organométalliques et ses relations riches et suivies avec la communauté des chimistes français (conventions franco-italiennes COST et INTAS, collaborations avec Dixneuf et Bruneau à Rennes, Majoral et Caminade au LCC Toulouse, responsable d'un GDRI France-Italie-Russie).

**Prix franco-polonais**• **Krzysztof Matyjaszewski**

De nationalités polonaise et américaine, professeur à l'Université américaine Carnegie Melon, K. Matyjaszewski est un expert mondial dans le domaine des polymères : matériaux hybrides, mécanismes de croissance, polymères ATRP, polymérisations radicalaires contrôlées, ingénierie moléculaire, macromolécules complexes, polymères blocs, polymères hybrides pour l'optoélectronique ou le biomédical... Éditeur de *Progress in Polymer Science*, *Control European Journal Chemistry*, il fait partie du Bureau éditorial de *Chem Centr. J.*, *Chines J. Polymer Sc.*, *Intern. J. of Applied Chem.*, *J. Inorg. Organometal. Polymer*, *J. Nano Structure Polymer*, *Macromol. Chem. Phys.*, *J. Polymer Sc.*

Lauréat de nombreux prix internationaux, auteur de 38 brevets américains et de 117 autres internationaux, il a été de nombreuses fois invité comme professeur à Paris, Strasbourg et Bordeaux et de nombreuses publications illustrent ces collaborations (43 885 citations, dont 3 037 sur les polymères ATRP !).

Ce prix lui est attribué pour ses travaux remarquables en sciences des polymères et les avancées industrielles qu'ils ont permises, ainsi que pour ses fortes collaborations avec les équipes françaises.

## Prix des divisions 2011

**Enseignement-Formation**• **Florence Boulch et Virginie Hornebecq**

Le prix a été attribué conjointement à deux jeunes enseignantes-chercheuses qui se sont particulièrement investies dès le début de leur carrière. Dès leur arrivée à l'Université de Provence, il leur a été demandé d'enseigner la thermodynamique à des étudiants de licence de biochimie (cours, TD et TP). Cet enseignement était pour elles particulièrement nouveau, dans une spécialisation qui n'était pas la leur (elles appartiennent à la

section 33 du CNU). Leur secret est peut-être d'avoir travaillé dès le départ en équipe pour découvrir la richesse d'un enseignement qui recouvrait à la fois la biologie et la chimie physique et faire face ensemble aux difficultés liées à l'interdisciplinarité. Elles ont, en très peu de temps, non seulement mis en place un cours magistral ainsi que son application en TD, mais aussi une série de TP – rien n'existait auparavant.

Elles enseignent, en anglais, la chimie du solide dans le master Erasmus-Mundus « Materials for energy storage and conversion », à des étudiants de plus de dix nationalités différentes. Leur passion pour l'enseignement les a conduites à créer plusieurs projets scientifiques et à s'impliquer dans des actions de vulgarisation scientifique. Elles sont chacune auteure d'un chapitre de la 6<sup>e</sup> édition du *Cours de Chimie Physique* publié dans la série « Les cours de Paul Arnaud » et co-auteurs de la 3<sup>e</sup> édition des *Exercices Résolus de Chimie Physique* dans la même série.

À côté d'une activité d'enseignement très soutenue, elles ont eu, dans leur domaine de compétences, une activité de recherche importante qui s'est traduite par de nombreuses publications.

La division a voulu récompenser des jeunes enseignants-chercheurs qui ont montré par leur enthousiasme combien il est exaltant de mener une double carrière d'enseignant et de chercheur, souhaitant ainsi encourager de jeunes maîtres de conférences à ne pas avoir peur de développer leur activité d'enseignant à côté de leur activité de recherche.

**Nous reviendrons dans un prochain numéro sur les prix des divisions :**

**Chimie de coordination**

**Jean-Cyrille Hierso** (Institut de chimie moléculaire, Université de Bourgogne).

**Chimie industrielle**

**Pierre Le Cloirec**, **Benoît Boulinguez** (ENSCRennes) et **Albert Subrenat** (École des Mines, Nantes).

**Chimie organique**

- Prix de la division : **J. Antoine Baceiredo** (Institut de chimie de Toulouse).

- Prix Acros : **Gwilherm Evano** (Institut Lavoisier de Versailles).

- Prix enseignant-chercheur : **Franck Suzenet** (Institut de chimie organique et analytique, Orléans).

- Prix de thèse : **Marc-Olivier Simon** (Université Mc Gill, Montréal).

- Prix de thèse Abbott-Fournier : **Amandine Guérinot** (Université du Québec).

- Prix de thèse Dina Surdin : **Yann Trolez** (ENSC Rennes).

- Prix industriel : **Samir Jegham** (Sanofi).

## Coups d'œil en régions

### Bienvenue chez les Ch'imites !

Caen, 16-17 juin

Caen a fêté la chimie en juin dernier et invité scolaires et grand public à découvrir les métiers de la chimie, des expériences ludiques et pédagogiques, des images de la chimie, à jouer avec la chimie et à écouter deux grands chimistes – Gérard Férey (Médaille d'or 2010 du CNRS) et Armand Lattes (ancien président de la SCF).



*Chimie de Diane* : ce fil de cuivre, plongé dans une solution de nitrate d'argent (incolore), se recouvre après réaction de cristaux d'argent alors que le cuivre passe dans la solution qui prend alors la couleur bleue caractéristique des ions  $\text{Cu}^{2+}$ . Cette expérience, inventée par les élèves du lycée de La Ferté-Macé (Orne), a été couronnée par le prix des lycées. *L'arbre des grands chimistes* : sur les branches stylisées, chaque feuille correspond à une date marquante pour un chimiste célèbre. *Déclassification* : inspirée de Vasarely, la « déclassification », réalisée par les élèves de CE1 de l'école de la Polle à Cherbourg, a reçu le prix des écoles primaires. *L'équipe d'animation*. *Le petit train* : petits et grands s'émerveillent devant un petit train en lévitation sur des rails supraconducteurs.

Photos : © ENSICAEN/Muriel Strebel.



### « Entrée en matière » : événement grand public au Trocadéro

La matière, une substance qui compose tout corps ayant une réalité tangible ? Mais que de mondes divers et variés à explorer ! Des atomes aux galaxies, des cellules aux neutrinos, une évidence s'impose : la matière recouvre des formes, des états et des échelles multiples. Venez la découvrir avec

« Entrée en matière », un événement grand public et gratuit organisé par le CNRS, avec le concours de ses partenaires, et qui rassemble dans les jardins du Trocadéro à Paris du **19 au 30 octobre 2011** une exposition, des animations, des projections de films et des conférences. Une invitation à explorer la matière sous toutes ses formes, parfois inédites, inattendues, de l'infiniment grand à l'infiniment petit. Une belle entrée en matière pour la sonder sous tous ses aspects !

• [www.cnrs.fr/entree-matiere.fr](http://www.cnrs.fr/entree-matiere.fr)

### Un grand cru pour la chimie !

« Chimie et terroir »  
Beaune, 19-21 mai

En mai dernier, trois jours ont été consacrés à la découverte des plantes, du vin, de l'alimentation et de la chimie amusante, avec à la clé démonstrations, expositions, conférences et spectacles. Une bande dessinée a été également réalisée par B. Masson et C. Gros (voir p. 8).

• Plus de photos sont à découvrir sur :  
[http://chimieterroir.u-bourgogne.fr/Chimie\\_Terroir/En\\_photos.html#81](http://chimieterroir.u-bourgogne.fr/Chimie_Terroir/En_photos.html#81)

### La chimie en fête en Midi-Pyrénées

Au programme des festivités : la chimie des feux d'artifice, une initiation à la chimie par la cuisine, du théâtre (*Les lueurs de la rue Cuvier*), un tableau périodique artistique, au total plus d'une vingtaine d'actions scientifiques, ludiques et artistiques tout au long de l'année pour parler de la chimie et se rencontrer.

• [www.chimie2011.fr/regional/midi-pyrenees](http://www.chimie2011.fr/regional/midi-pyrenees)

**Vous trouverez programmes détaillés  
et comptes rendus de ces manifestations  
sur [www.chimie2011.fr](http://www.chimie2011.fr)  
et [www.lactualitechimique.org](http://www.lactualitechimique.org)  
(via le sommaire de ce numéro).**



#### « Chimie et terroir »

• *Atelier « Chimie et vin »* : la cave aux arômes, ou comment découvrir dans des ballons en verre les familles d'arômes qui font la renommée des vins de Bourgogne, blancs ou rouges (sous-bois, miel, fleurs, fruits, épices...). *Agrumes* : présente à la fois sur les vins très jeunes (pamplemousse, citron) et sur les vins « vieux » de grande facture (écorce d'orange), la note « agrumes » est propre aux vins blancs non élevés en fûts (Bourgogne aligoté, Chablis, Mâcon...). *Fruits rouges* : sur les sols calcaires de Bourgogne, le Pinot noir développe les premières années des notes de fruits rouges et noirs très marquées (cassis, cerise, framboise, mûre, baies sauvages...). *Fruits confits* : après le vieillissement, ces arômes prolongent ceux des fruits rouges. *Florales* : les touches de fleurs blanches (tilleul, camomille, églantine, oranger...) apportent aux vins blancs des arômes frais et d'une grande finesse, leur donnant élégance et subtilité.  
Photos : Marie-Claude Vitorge, DR.

• *Autour de la chimie et de l'alimentation* : fruits et légumes. Photo : Christine Stern, DR. *Jeux scientifiques autour de la chimie*. Photo : Ewen Bodio, DR.



#### La chimie en fête en Midi-Pyrénées

*Un buffet en cuisine moléculaire*, préparé par les élèves des lycées Quercy-Rouergue de Souillac et Renée Bonnet de Toulouse. *Démonstration de cuisine moléculaire*, par Hervé This. « *Un élément, une classe* » : 53 classes de 3<sup>e</sup> ont créé une illustration des éléments du tableau périodique sur châssis entoilé. Le « *tableau chimique* » a été présenté le 31 mai à l'INP-ENSIACET de Toulouse. Photos : © Françoise Viala (IPBS/CNRS-Université de Toulouse).

**5 octobre 2011**   
**Journée « Chimie et physique pour le futur »**

Paris  
 • [http://sfp.in2p3.fr/expo/Conf2011/Chimie/110621\\_Programme\\_Chimie\\_physique\\_pourlefutur\\_labelisse.pdf](http://sfp.in2p3.fr/expo/Conf2011/Chimie/110621_Programme_Chimie_physique_pourlefutur_labelisse.pdf)

**5 octobre 2011**   
**« Soirée Chimie »**

Lille  
 Thème : « Vers une chimie de formulation verte ».  
 • [veronique.rataj@univ-lille1.fr](mailto:veronique.rataj@univ-lille1.fr)

**5-6 octobre 2011**  
**Training course on polymer durability**

Aubière  
 • [www.cnep-ubp.com/training2011.html](http://www.cnep-ubp.com/training2011.html)

**5-7 octobre 2011**  
**Biotech 2011**  
**International fair and conference on biotechnologies**

Milan (Italie)  
 • [www.life-med.com/en\\_lfm/index\\_btc.asp](http://www.life-med.com/en_lfm/index_btc.asp)

**5-8 octobre 2011**  
**19<sup>th</sup> International conference on bioencapsulation**

Amboise  
 • <http://bioencapsulation.net>

**9-13 octobre 2011**   
**PCET 2011**  
**From biology to catalysis**

Chaveignes  
 • <http://pcet2011.dr2.cnrs.fr>

**11-13 octobre 2011**  
**FROST 3**  
**3<sup>rd</sup> Frontiers in organic synthesis technology**

Budapest (Hongrie)  
 • [www.frost2011.com](http://www.frost2011.com)

**12-14 octobre 2011**  
**5<sup>e</sup> Journées jeunes chercheurs de la SFIS (Société Française des Isotopes Stables)**

Brest  
 • <http://www.ifremer.fr/pso/Actualites/Journees-jeunes-chercheurs-SFIS-2011>

**13 octobre 2011**  
**Gestion des biofilms**  
**Enjeux industriels**

Romainville  
 • [http://adebiotech.org/colloque\\_biofilms](http://adebiotech.org/colloque_biofilms)

**16-21 octobre 2011**  
**JEPO 39**

**39<sup>e</sup> Journées d'études des polymères**  
 ValJoly  
 • <http://umet.univ-lille1.fr/Animation/JEPO39>

**17-21 octobre 2011**   
**JFJPC 12**

**12<sup>e</sup> Journées francophones des jeunes physico-chimistes**  
 Saint-Nectaire  
 • <http://ubpweb.univ-bpclermont.fr/CONGRES/jfjpc12>

**18-21 octobre 2011**  
**Aquitaine conférence sur les polymères**

Arcachon  
 • <http://conferences.aquitaine.fr>

**20-21 octobre 2011**  
**« Demain, vers une chimie choisie »**

Lyon  
 • [www.ttschem.fr](http://www.ttschem.fr)

**23-26 octobre 2011**  
**59<sup>e</sup> Congrès de l'UdPPC**

Montpellier  
 Thème : « Sciences et innovations technologiques ».  
 • <http://montpellier2011.udppc.asso.fr>

**27-28 octobre 2011**  
**Literature and chemistry**

Bergen (Norvège)  
 • [www.uib.no/fg/litt\\_vit](http://www.uib.no/fg/litt_vit)

**27-29 octobre 2011**  
**ITMC'2011**

**International conference on intelligence textiles**  
 Casablanca (Maroc)  
 • [www.itmc.ma](http://www.itmc.ma)

**4-6 novembre 2011**  
**21<sup>e</sup> Rencontres CNRS Jeunes « Sciences et citoyens »**

Poitiers  
 • [www.cnrs.fr/sciencesetcitoyens](http://www.cnrs.fr/sciencesetcitoyens)

**7-10 novembre 2011**   
**Alg'n' Chem 2011**

**Algae, new resources for industry?**  
 Montpellier  
 • [www.ffc-asso.fr/algncchem](http://www.ffc-asso.fr/algncchem)

**9 novembre 2011**   
**Journée du club Histoire de la chimie**

Paris  
 Thème : « La pharmacie dans les ouvrages de chimie (XVII-XX<sup>e</sup> siècles) ».  
 • [danielle.fauque@u-psud.fr](mailto:danielle.fauque@u-psud.fr)

**15-16 novembre 2011**  
**Évaluation des expositions de l'homme via son environnement**

Romainville  
 Colloque Adebiotech et INERIS.  
 Thème : « Nouveaux outils et aide à la décision ».  
 • [www.colloque.env-sante.adebiotech.org](http://www.colloque.env-sante.adebiotech.org)

**21-24 novembre 2011**  
**GFP 2011**  
**40<sup>e</sup> Colloque du Groupe français d'études et d'applications des polymères**

Pau  
 Thèmes : énergies ; environnement, développement durable et valorisation de bioressources ; composites et mise en œuvre.  
 • <http://iprem-epcc.univ-pau.fr/live/GFP2011>

**22-24 novembre 2011**  
**Chimie pour un développement durable**

**Colloque Recherche de la Fédération Gay-Lussac**  
 Strasbourg  
 Thème : « Procédés, énergie et environnement ».  
 • <http://colloquefgl.u-strasbg.fr>

**24 novembre 2011**  
**SciTech Europe**  
**Advancing research, innovation and collaboration**

Bruxelles (Belgique)  
 • [www.publicserviceevents.co.uk/187/scitech-euope](http://www.publicserviceevents.co.uk/187/scitech-euope)

**27 nov.-1<sup>er</sup> décembre 2011**   
**Fray international symposium**  
**Metals and materials processing in a clean environment**

Cancun (Mexique)  
 • [www.flogen.com/FraySymposium](http://www.flogen.com/FraySymposium)

**12-14 décembre 2011**  
**GCI 2011**  
**A greener chemistry for industry**

Villeneuve d'Ascq  
 • [www.ensc-lille.fr/actu/GCI2011/index\\_eng.html](http://www.ensc-lille.fr/actu/GCI2011/index_eng.html)

Vous trouverez de nombreuses autres manifestations sur le site de la SCF : [www.societechimiquedefrance.fr](http://www.societechimiquedefrance.fr), rubrique **Manifestations**.

## Abonnement 2011 (numéros spéciaux inclus)

Cochez la case qui correspond à l'abonnement auquel vous voulez souscrire :

	Abonnement papier + électronique*		Abonnement électronique seul*		Abonnement multiple**
	France	Étranger	France / Étranger		France / Étranger
Particuliers	<input type="checkbox"/> 95 €	<input type="checkbox"/> 100 €	<input type="checkbox"/> 55 €		(pour les lycées et les institutions) <input type="checkbox"/> 400 €
Lycées	<input type="checkbox"/> 110 €	<input type="checkbox"/> 130 €	<input type="checkbox"/> 70 €		<input type="checkbox"/> 400 €
Institutions	<input type="checkbox"/> 195 €	<input type="checkbox"/> 205 €	<input type="checkbox"/> 155 €		<input type="checkbox"/> 400 €

\* Courriel obligatoire \*\* Adresse IP obligatoire (cet abonnement correspond à un abonnement papier + dix abonnements électroniques + l'accès aux archives de la revue)

## Complétez votre collection

Les sommaires de tous les numéros peuvent être consultés sur notre site [www.lactualitechimique.org](http://www.lactualitechimique.org)

**Numéros spéciaux** également disponibles en **version électronique** sur le site à un tarif préférentiel

- Chimie et société (sept. 2011) : 24 €
- La chimie prépare notre avenir, vol. 2 (juin-juil.-août 2011) : 32 €
- La chimie prépare notre avenir, vol. 1 (janv.-fév. 2011) : 32 €
- La chimie mène l'enquête (juin-juil.-août 2010) : 32 €
- Chimie et développement durable. L'engagement des écoles de la Fédération Gay-Lussac (fév.-mars 2010) : 32 €
- Adolphe Pacault, un acteur majeur dans la renaissance de la chimie physique en France (déc. 2009) : 24 €
- Electrochimie & Art, Environnement, Santé, Nanosciences... (fév.-mars 2009) : 32 €
- Les cosmétiques. La science au service de la beauté (oct.-nov. 2008) : 15 €
- Chimie organique physique. Hommage à Jacques-Émile Dubois (juin-juil. 2008) : 15 €
- Chimie et patrimoine culturel, vol. II (avril 2008) : 15 €
- La photochimie pour transformer la matière (mars 2008) : 15 €
- Chimie et patrimoine culturel, vol. I (oct.-nov. 2007) : 15 €
- La photochimie pour mieux vivre (mai-juin 2007) : 15 €
- Fluor et produits fluorés à l'aube du XXI<sup>e</sup> siècle (oct.-nov. 2006) : 15 €
- Les matériaux carbonés (mars-avril 2006) : 15 €
- Chimie moléculaire et nanosciences (oct.-nov. 2005) : 15 €
- Sciences chimiques et déchets radioactifs (avril-mai 2005) : 15 €
- Le chimiste et le profane (2004) : 15 €
- Chimie et environnement (2004) : 15 €
- La chimie dans les sciences médicales (2003) : 15 €
- Les isotopes stables (2003) : 15 €
- Quoi de neuf en chimie organique ? (2003) : 15 €
- La chimie des substances renouvelables (2002) : format papier épuisé
- La catalyse enzymatique (2002) : 15 €
- Quoi de neuf en catalyse ? (2002) : 15 €
- Les matériaux (2002) : 15 €
- L'hydrogène, carburant propre ? (2001) : 15 €
- Magnétisme moléculaire (2001) : 15 €
- La femtochimie (2001) : 15 €
- Nourrir les hommes, hier et demain (2000) : 15 €
- La chimie combinatoire (2000) : 15 €
- Chimie et vie quotidienne (1999) : 15 €



### Achat à l'unité hors numéros spéciaux

11 € pour les numéros avant 2010 ; 20 € à partir de 2010  
(à partir de 2005, ces numéros sont également disponibles en version électronique sur le site)

Numéro(s) souhaité(s) :

### Hors-séries "L'Actualité Chimique - Livres", co-édités et diffusés par EDP Sciences

- La chimie et l'habitat (à paraître fin 2011)
- La chimie et le sport (janv. 2011) : 24 €
- La chimie et l'alimentation (oct. 2010) : 24 €
- La chimie et l'art (juin 2010) : 24 €
- La chimie et la santé (janv. 2010) : 19 €
- La chimie et la mer (sept. 2009) : 24 €
- Radiation chemistry (mai 2008) : 59 €

À commander chez votre libraire  
ou directement sur [www.edition-sciences.com](http://www.edition-sciences.com)



## Bon de commande

Nom ..... Prénom .....  
 Adresse (pour les particuliers, préciser l'adresse personnelle) .....  
 Code Postal ..... Ville ..... Pays .....  
 Tél ..... Fax ..... Courriel .....  
 Adresse IP (pour l'abonnement multiple) .....

**Montant total de la commande (frais de port inclus) :**

### Mode de règlement

- sur facturation (joindre obligatoirement le bon de commande)
- par chèque bancaire ou postal libellé à l'ordre de la SCF  souhaite recevoir une facture acquittée
- par virement bancaire ou postal

France Société Générale Paris Seine Amont, 03081/00037265820/87 CCP Paris 30041 Compte 070786U020/90  
 Étranger IBAN FR7630003030810003726582087 Swift.Sogefrpp

- par carte bancaire (Visa, Eurocard Mastercard)   Validité /
- Cryptogramme visuel (les trois derniers chiffres du numéro imprimé au dos)

**L'Actualité Chimique**

**SCF, Service Abonnement, 250 rue Saint-Jacques, 75005 Paris. Tél. : 01 40 46 71 66 - Fax : 01 40 46 71 61.**  
[adhesion@societechimiquedefrance.fr](mailto:adhesion@societechimiquedefrance.fr) - [www.lactualitechimique.org](http://www.lactualitechimique.org)

universcience présente



# chimie?

Exposition  
**vous avez dit**  
DU 7 JUIN  
AU 30 OCT 2011

**Palais**  
DÉCOUVERTE

[www.universcience.fr](http://www.universcience.fr)  
**PALAIS DE LA DÉCOUVERTE**  
AV. FRANKLIN ROOSEVELT  
75008 PARIS

Art et Photo: Michaël Batailly