

l'actualité
chimique

l'actualité chimique

Mensuel - Novembre-Décembre 2004 - N° 280-281



LE CHIMISTE ET LE PROFANE

Partager

dialoguer, communiquer

vulgariser, enseigner...



En collaboration
avec
Les Atomes Crochus



Édité par la Société Française de Chimie - ISSN 0151 9093

RÉDACTION

Rédacteur en chef : Yann-Antoine Gauduel
Rédactrice en chef adjointe : Séverine Bléneau-Serdel
Secrétaire de rédaction, maquettiste, webmestre : Évelyne Girard
Secrétaire de rédaction, activités de la SFC, manifestations : Roselyne Messal

Comité des rubriques :

Recherche et développement : Yann-A. Gauduel,
 Industrie : Gilbert Schorsch, Enseignement et formation : Michel Boyer, TP : Nicolas Cheymol,
 Comment ça marche ? : Véronique Nardello-Rataj,
 Histoire de la chimie : Marika Blondel-Mégrelis,
 Informations générales : Séverine Bléneau-Serdel,
 Manifestations : Roselyne Messal, Livres et médias : Yves Dubosc, Activités de la SFC : Roselyne Messal

Comité scientifique et de lecture : P. Arpino, A. Audibert-Hayet, B. Badet, X. Bataille, H. Belhadj-Tahar, M. Blanchard-Desce, E. Bordes-Richard, J. Buendia, M. Carrega, J.-C. Daniel, R.-E. Eastes, E. Florentin, J.-P. Foulon, J. Fournier, S. Furois, J.-F. Lambert, A. Ouali, P. Pichat, A. Picot, P. Rigny, D.N. Rutledge, F. Secheresse, E. Soulié, H. This, M. Verdaguier, P. Vermeulin, C. Viel, D. Vivien

Journalistes stagiaires : Laure Joumel, Émérance Marcoux

Partenariat : M. Poite (Fondation Internationale de la Maison de la Chimie)

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

ÉDITION

Société Française de Chimie
 250 rue Saint-Jacques, 75005 Paris
 Tél. : 01 40 46 71 64 - Fax : 01 40 46 71 61
 Courriel : ac@sfc.fr - http://www.sfc.fr

Directeur de la publication : Armand Lattes, président de la Société Française de Chimie

Imprimerie : SPEI, BP 26, 54425 Pulnoy

Maquettage articles : e-Press, Casablanca Technopark, Route de Nouaceur, Casablanca (Maroc)
 ISSN 0151 9093

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
 www.edif.fr
 Index des annonceurs : p. 1

© SFC 2004 - Tous droits réservés
 Dépôt légal : novembre-décembre 2004

Toute représentation ou reproduction, intégrale ou partielle, faite 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 2004 - L'ACTUALITÉ CHIMIQUE

(11 numéros par an)

Particuliers : France 85 € - Étranger 90 €

Institutions : France 183 € - Étranger 195 €

Lycées : France 100 € - Étranger 120 €

Membres de la SFC :

abonnement inclus dans la cotisation

Abonnement : SFC, Nadine Colliot

250 rue Saint-Jacques, 75005 Paris

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

adhesion@sfc.fr

Prix de vente au numéro : 30 € (port inclus)

Éditorial

3

Le citoyen et une société du savoir, par **Y.-A. Gauduel**

3

A propos de

8

Nobel de chimie 2004 : la dégradation contrôlée des protéines, par **L. Joumel** et **E. Marcoux**

8



Numéro spécial

10-88

Le chimiste et le profane

Partager, dialoguer, communiquer, vulgariser, enseigner...

voir sommaire détaillé page suivante

Industrie

89

Les « aventures » d'un directeur des recherches de l'industrie chimique, par **G. Schorsch**

89

Success story

« Formation, recherche, innovation... Palumed ! C'est un continuum ! », par **L. Joumel**

93

Enseignement et formation

96

Concepts de base sur les capteurs électrochimiques.

II - Les systèmes non faradiques, par **P. Fabry**

96

Fiche catalyse n° 47

105

Nitration industrielle des aromatiques, par **P. Marion**

105

En direct de l'UIC

108

Informations générales

109

Livres et médias

112

Manifestations

115

« Public images of chemistry in the XXth century ».

Pourquoi et comment les historiens des sciences s'intéressent à l'image publique de la chimie. Paris, 17-18 septembre 2004

par **B. Van Tiggelen** et **B. Bensaude-Vincent**

115

L'image de la chimie est entre vos mains, par **L. Joumel** et **R. Messal**

117

Calendrier

121

Activités de la SFC

122

Tribune libre

123

Refuser la fatalité de la désindustrialisation : le choix d'une chimie nouvelle, par **F. Guinot** et **P. Potier**

123

Index 2004

124

Index des annonceurs

Agilent Technologies	p. 5, p. 7	Glindemann	p. 92
Avocado	p. 107, IV ^e de couv.	TCI	p. 111
Bayer CropScience	p. 95	UdPPC	p. 6
EDIF	p. 52		

Un encart Euroforum est inséré sous la 1^{ère} de couverture de ce numéro

Couverture : © Marine Couderc (www.matheierearoulettes.com)



Le chimiste et le profane

Partager,

dialoguer, communiquer,

vulgariser, enseigner...

Introduction

10

Passée la porte du laboratoire..., par **F. Pellaud** et **R.-E. Eastes**

10

Passé et présent

12

Une petite histoire de la vulgarisation de la chimie, par **X. Bataille** et **G. Bram**

12

Plaidoyer en faveur du réchauffement des relations entre science et société :

de l'importance des groupes concernés, par **M. Callon**

17

Chimie et société : des relations tumultueuses, par **B. Bensaude-Vincent**

22

Vulgariser la chimie, entre le savoir et l'imaginaire, par **P. Caro**

25

Rôles et difficultés de la vulgarisation de la chimie

29

Contribuer au partage de la culture scientifique..., par **R.-E. Eastes**

29

Les apports de la didactique des sciences à la médiation scientifique, par **A. Giordan**

36

Vulgariser la chimie : obstacles et solutions, par **J.-F. Le Maréchal**, **C. Joyce**, **O. Jean-Marie** et **D. Vincent**

39

« Vive la chimie, en particulier, et la connaissance en général ! », entretien avec Hervé This, par **F. Pellaud**

44

Lorsque la vulgarisation de la chimie rejoint son enseignement

49

La place des conceptions dans la médiation de la chimie, par **A. Giordan** et **F. Pellaud**

49

La complémentarité enseignement/vulgarisation : une piste pour répondre

à la désaffection des élèves pour les études scientifiques ?, par **J.-M. Lefour** et **G. Chambaud**

53

Des chercheurs dans les classes ! par **R.-E. Eastes**

56

La médiation de la chimie en milieu scolaire : fiche technique, par **R.-E. Eastes**

60

Aspects pratiques

63

Les pièges de la médiation scientifique : proposition de « bonnes pratiques », par **R.-E. Eastes**

63

Des expériences réussies : multi-interview : J. Deferne, M. Merzagora, D. Raichvarg, C. Bied, P. Aldebert, C. Darrigan, J. Thibault, S. Furois, par **F. Pellaud**

69

Interview de Luc Allemand, rédacteur en chef adjoint de *La Recherche*, par **R.-E. Eastes**

79

Diffuser la culture scientifique et technique : l'appui des DRRT, par **D. Delcourt**

82

L'aide à la diffusion de la culture scientifique à l'étranger : les actions incitatives de l'American Chemical Society, par **G.P. Niccolai**

84

Conclusion

87

Commission Chimie et Société : le mot de la Présidente, par **A. Marquet**

87



et



ont apporté leur soutien
aux Atomes crochus
pour réaliser ce numéro.



Yann-Antoine Gauduel
Rédacteur en chef

Le citoyen et une société du savoir

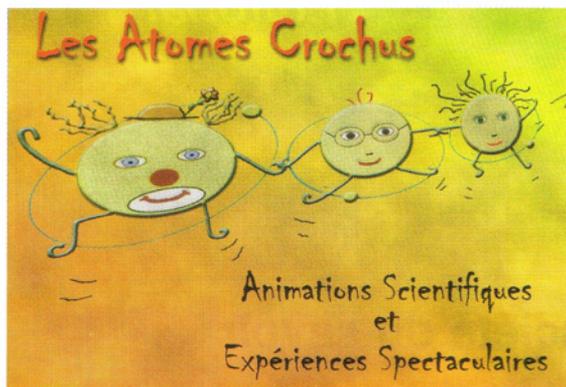
Les États généraux de la recherche viennent de s'achever par l'approbation d'une plate-forme de propositions qui, espérons-le, devrait alimenter le contenu d'une future loi d'orientation de la recherche. La tenue de ces assises grenobloises est avant tout le fruit d'un nouveau pacte souhaité entre les chercheurs eux-mêmes, véritables créateurs de savoir, et une société toujours désireuse de mieux percevoir les conséquences de nouvelles avancées technologiques ou scientifiques. Le lien unissant une découverte fondamentale à une recherche finalisée est souvent très mince, voire ténu. Dans ce numéro, vous découvrirez comment la « success story » de Palumed en est une preuve éclatante. *L'Actualité Chimique* est particulièrement honorée de la publier car au moment où l'article était en composition, nous apprenions la nomination de Bernard Meunier à la présidence du CNRS. Cette nomination est sans nul doute un encouragement pour tous les scientifiques travaillant dans les différents secteurs des sciences chimiques. Elle est également un signe fort en direction de tous les créateurs de savoir, enseignants et industriels interpellés par l'apport des innovations au service du mieux être de nos concitoyens.

L'évolution actuelle des relations entre les scientifiques et la société est à l'origine de nombreux colloques spécialisés ou de conférences grand public ; autant de moments privilégiés pour échanger des points de vue, communiquer avec le profane, participer à la divulgation des connaissances. Le congrès international « Public Images of Chemistry in the XXth Century » qui s'est tenu à Paris en septembre 2004 donne toute la mesure des enjeux sociétaux nés des multiples perceptions qu'a le citoyen d'une discipline scientifique. Bien entendu, ces perceptions ont changé entre les époques marquées par Lavoisier, Berthelot, Van't Hoff ou Pauling. L'histoire des sciences est là pour en témoigner. Mais qu'en sera-t-il de la divulgation des connaissances au cours du XXI^e siècle ?

L'Actualité Chimique a souhaité apporter sa contribution à une réflexion essentielle pour le développement d'une société du savoir. Le profane peut-il se découvrir des atomes crochus avec le monde des sciences ? En donnant une suite favorable au projet rédactionnel de Richard-Emmanuel Eastes et Francine Pellaud de concevoir un numéro thématique sur la médiation de la chimie, la rédaction s'est d'emblée sentie convaincue d'ouvrir largement les colonnes du journal à un domaine complexe pour lequel transmission, enseignement, divulgation, partage des connaissances sont les maître-mots. Existe-t-il une seule bonne pratique de la vulgarisation scientifique ou faut-il, pour améliorer la médiation, aller plus loin en envisageant de nouvelles pistes de réflexion ?

Les sciences chimiques constituent l'ossature principale de ce numéro thématique, mais les coordonnateurs ont habilement élargi le propos et les perspectives qui en découlent en faisant référence à d'autres champs disciplinaires. Ils ne pouvaient rassembler plus belles signatures pour concevoir un ouvrage collectif au service de l'information et de la communication scientifique en général et de la chimie en particulier. Que les coordonnateurs et auteurs en soient vivement remerciés et félicités.

A travers le traitement de la médiation scientifique avec différents niveaux d'analyses, l'ensemble des contributions fournit des éclairages complémentaires sur des aspects sociologiques de la connaissance, voire une approche philosophique de l'éveil du profane envers les sciences ; autant d'éclairages souvent inédits ou insoupçonnés pour les créateurs de savoir eux-mêmes et ceux qui ont en charge de le transmettre. Mais il est essentiel que ces éclairages soient bien perçus pour favoriser l'engouement des nouvelles générations et de la société toute entière envers la culture scientifique.



L'association « Les Atomes Crochus »

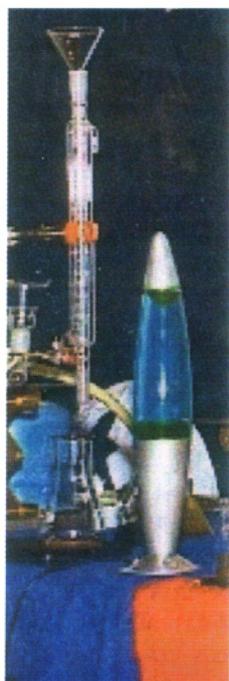
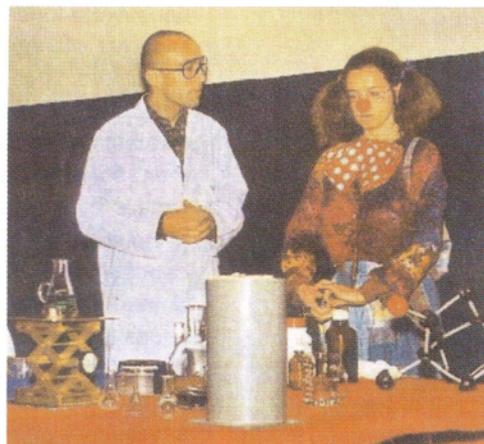
Au départ centrée sur le développement du spectacle de chimie du *Clown Molécule* et du *Professeur Spatule*, l'association **Les Atomes Crochus** s'est diversifiée au cours de l'année 2002, évoluant en cela vers les objectifs plus généraux que sont la création, le développement et la mise en œuvre d'activités de médiation scientifique diverses. Ces activités peuvent prendre la forme de spectacles et d'animations scientifiques, d'ateliers expérimentaux, de conférences interactives ou non, d'expositions et d'animations dans les musées, d'ouvrages et d'outils multimédias.

Elles s'adressent autant au grand public qu'aux élèves et enseignants du primaire, du secondaire et du supérieur, et se déroulent aussi bien dans des établissements scolaires (essentiellement au niveau primaire) que dans des fêtes de science et des événements scientifiques ponctuels.

Fondées sur les recherches les plus récentes en sciences de l'éducation, et notamment sur les résultats du Laboratoire de didactique et épistémologie des sciences (LDES) de l'Université de Genève, elles font en outre elles-mêmes l'objet de recherches approfondies dont l'objectif est double : évaluer leur pertinence en vue de les perfectionner, et accéder à une meilleure connaissance du public en vue de l'élaboration de prolongements ou d'animations nouvelles.

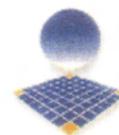
Ces recherches et les réflexions attenantes permettent la mise en œuvre d'interventions diverses dans les milieux académiques (colloques, cours universitaires etc.), ainsi que des activités de formation d'adultes à la vulgarisation scientifique (universités, workshops etc.).

Découvrez toutes les activités des Atomes Crochus sur :
<http://atomes.crochus.free.fr>



Les Atomes Crochus

Principaux partenaires :



Ecole nationale
supérieure de chimie de
Montpellier (ENSCM)

Passée la porte du laboratoire...

L'origine de ce numéro tient en quelques mots : « Mais où peut-on trouver des informations, des conseils, des idées, des considérations théoriques et pratiques pour *apprendre à vulgariser la chimie* ? Apprendre à déjouer les pièges de cette forme de communication scientifique, à en surmonter les obstacles les plus classiques et ne pas avoir sans cesse l'impression de *réinventer la poudre* ? »

Telle est la question que nous a un jour posée un collègue qui, depuis deux ans, avait décidé de prendre sur son temps de recherche pour faire partager sa passion, et dépassé l'appréhension qui l'avait jusqu'alors empêché de passer la porte de son laboratoire pour aller à la rencontre du « grand public »...

« Apprendre la vulgarisation scientifique »... La réponse à cette problématique ne s'arrête pas à une énumération de « bonnes pratiques » accompagnées de « modes d'emploi ». Car comme l'enseignement, la vulgarisation scientifique tient tout autant de l'art que des techniques de communication. Ainsi, partager ses connaissances doit d'abord être un plaisir, non seulement pour celui qui les divulgue, mais

également pour celui qui les reçoit. Un plaisir qui passe par un don de soi et une écoute de l'autre.

Pourtant, le plaisir et l'amour alliés à la technique ne semblent encore pas suffire. Une réflexion sur les objectifs de la vulgarisation est nécessaire, qu'ils soient liés au partage de la connaissance ou, de manière plus ambitieuse, à l'apprentissage de notions ou de concepts, à la lutte contre la désaffection pour les filières scientifiques voire, d'une manière plus générale, aux relations entre chimie et société... Et on ne s'adresse pas à des enfants ou à des adultes « non scientifiques » comme on s'adresserait à ses pairs. Une prise en compte des publics, des mécanismes d'apprentissage, des outils de la médiation scientifique, s'avère indispensable. Le schéma 1 présente les articulations qui relient ces différents éléments.

C'est dans cet esprit, et pour répondre à la question initiale de notre collègue, que nous nous sommes lancés dans l'aventure de la conception de ce numéro spécial. Il ne s'agit ni d'un livre de recettes, ni d'un catalogue d'actions menées ici ou là, et encore moins d'une série de préceptes didactiques théoriques.

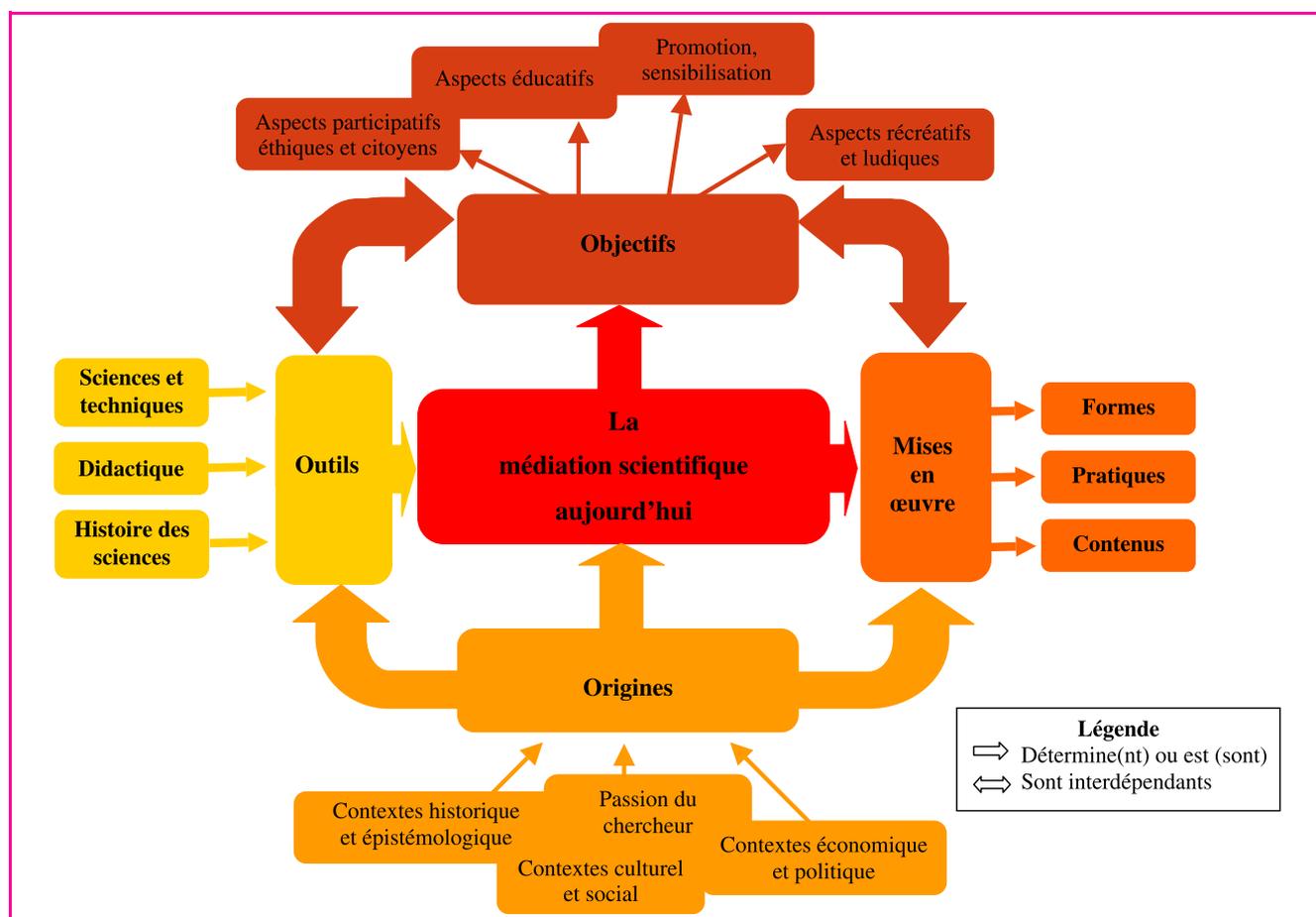


Schéma 1 - Les principaux paramètres de la médiation scientifique aujourd'hui et leurs articulations. (Eastes, Pellaud, 2004).

L'axe vertical est l'axe des « Pourquoi ? », des origines aux objectifs.

L'axe horizontal définit l'axe des « Comment ? », des outils et sources d'inspiration aux mises en œuvre.

Ce recueil d'articles tente simplement d'offrir des pistes pour mieux comprendre ce que peut signifier « vulgariser la chimie », au regard de ses origines, de ses rôles, de sa place dans les relations science-société ou de son rapport à l'enseignement.

A ce titre, *L'Actualité Chimique* apparaissait comme la revue la mieux placée pour proposer ces éléments de réflexion à la communauté des chimistes d'une part, mais également aux autres communautés de la recherche ou de la culture scientifique. Et nous profitons de cette introduction pour remercier l'ensemble de sa rédaction, dont l'immense travail n'a eu d'égal que l'enthousiasme à faire en sorte que ce numéro, malgré des niveaux de conceptualisation inhabituels et des thèmes parfois un peu éloignés des préoccupations usuelles des lecteurs, reste accessible et attrayant.

Par ailleurs, nous tenons à remercier tout particulièrement Jacques Deferne et Alain Gassener pour leur autorisation à reproduire, tel un fil rouge tout au long du numéro, les illustrations drôles et pleines de finesse de leur ouvrage, *Le monde étrange des atomes*.

On trouvera certes dans ce numéro la répétition de principes bien connus, mais également beaucoup de perspectives et d'idées nouvelles. Parallèlement, nous avons été amenés à faire un certain nombre de choix délibérés, destinés à donner une tonalité particulière au message que nous souhaitons proposer aux lecteurs de *L'Actualité Chimique*.

L'expression de « grand public » par exemple, est très usitée dans le monde de la culture scientifique. Pourtant, au moment de déterminer le titre de ce numéro, ce n'est en réalité pas par hasard que nous lui avons préféré le terme de « profane ». Car si le grand public s'éduque, telle une masse indifférenciée d'ignorances individuelles à combler, le profane peut être initié à la connaissance scientifique, participer à l'élaboration de son savoir, mieux comprendre le monde dans lequel il vit puis, s'il le souhaite, intervenir dans les débats et décisions qui portent sur l'utilisation de la science par la société.

De même, nous avons parfois hésité sur l'emploi des variantes de médiation, vulgarisation, communication,

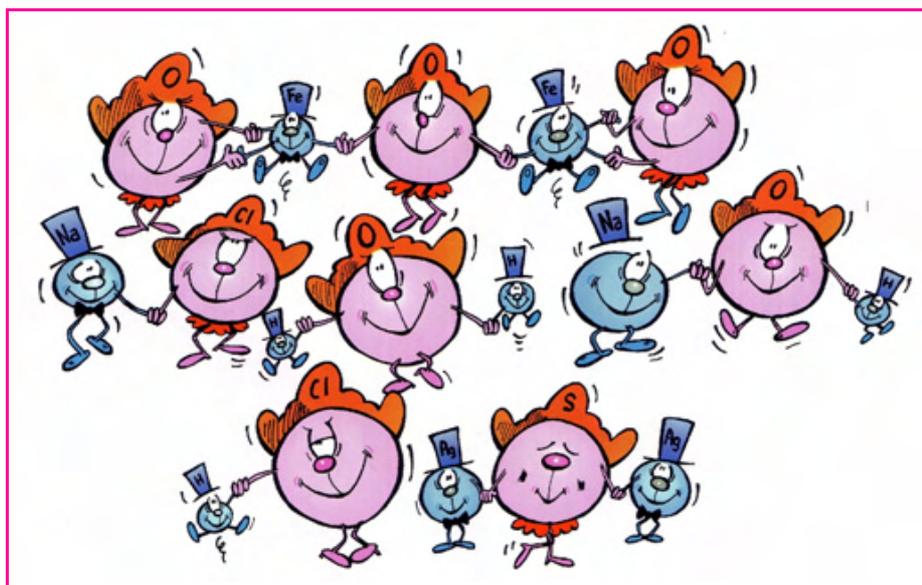
diffusion ou partage de la culture scientifique, plus ou moins contestées pour des raisons diverses. Pensant que là n'était pas la question la plus importante et bien que nous préférions le premier de ces termes, qui tend au demeurant progressivement à s'imposer [1], nous avons laissé les auteurs de ce numéro en faire un usage indifférencié, voire refuser d'en employer aucun.

Le monde d'aujourd'hui est devenu complexe, les problèmes et les enjeux multipolaires, les interrelations, les intrications omniprésentes. Les « chaînes alimentaires » ont cédé leur place aux « réseaux trophiques », les lettres aux « e-mails » contenant presque toujours des destinataires « en copie », la « croissance » au « développement durable »... Les objets constitutifs de chacun de ces systèmes sont non seulement en interactions avec tous les autres mais, comme les ordinateurs reliés à la « toile », ils sont tous impliqués dans son évolution et sont à la fois émetteurs et récepteurs. Dans ce monde transfiguré par la culture de l'Internet, où les relations interpersonnelles changent de nature, peut-être est-il donc nécessaire de reconsidérer et de revisiter la nature même de la vulgarisation/médiation scientifique. Peut-on en effet continuer à penser ses objectifs comme une nécessaire éducation d'un « grand public » malgré tout condamné à le rester, et sa pratique comme la délivrance linéaire et univoque d'un message par les initiés vers les profanes ?

C'est ce que nous espérons vous faire découvrir dans les pages qui suivent...

Francine Pellaud et Richard-Emmanuel Eastes,
coordinateurs du numéro

- [1] Pour notre part, nous préférons le terme de « médiation » à celui de « vulgarisation ». Le terme de « médiation » ne doit pas être pris dans son sens juridique, mais dans le sens d'un lien véritable, établi entre la science et la société. Placé « au milieu » des protagonistes par l'étymologie même de sa dénomination, le « médiateur » facilite les contacts de la chimie avec la société, réduit les incompréhensions, écoute les préoccupations des non-chimistes, partage et discute de ses valeurs avec eux, s'inspire de leurs conceptions pour élaborer son discours et finalement, efface les frontières entre la communauté des chimistes et ceux qui utilisent ou sont touchés par leurs découvertes.



Fe_2O_3 , NaCl , H_2O , NaOH , HCl , Ag_2S ... quelques unes des espèces chimiques représentées selon le « modèle métaphorique » de Jacques Deferne, que nous retrouverons tout au long de ce numéro et dont les clés seront divulguées progressivement.

Illustration d'Alain Gassener issue du livre de Jacques Deferne, *Le monde étrange des atomes*, La Nacelle, 1994.

Une petite histoire de la vulgarisation de la chimie

Xavier Bataille et Georges Bram

Résumé

Dans l'histoire de la chimie, il n'y a eu de diffusion massive par la vulgarisation que lorsque cette science a acquis auprès du grand public une fonction, un intérêt ; lorsque ce public s'est senti curieux de connaître ce qu'était la chimie, notamment à travers des démonstrations publiques récréatives et spectaculaires, mais aussi à travers ce que ses industries pouvaient créer, améliorant ainsi le quotidien. Cette époque charnière a été celle du milieu du XIX^e siècle. Auparavant, la chimie s'est construite, expérimentalement et conceptuellement. Après cet âge d'or où elle a été source d'espoir, la chimie a été détrônée au XX^e siècle, tenue responsable de nombreux maux.

Mots-clés

Vulgarisation de la chimie, histoire des sciences, littérature scientifique.

« *Vulgariser c'est expliquer aux non-spécialistes* » [1]. Lourde d'un vocabulaire riche et d'un nombre important de concepts indispensables à son apprentissage et à sa maîtrise, la chimie est délicate à vulgariser et longue à acquérir. Lavoisier, dans son *Traité élémentaire de Chimie*, un manuel publié en 1789, disait à ce propos : « *Aussi est-il connu que l'on apprend peu de choses dans un premier cours de Chimie ; qu'une année suffit à peine pour familiariser l'oreille avec le langage, les yeux avec les appareils, & qu'il est presque impossible de former un chimiste en moins de trois ou quatre ans* » [2].

Cette citation n'a rien perdu de son actualité. Dans les siècles passés, les difficultés rencontrées dans la définition des concepts et dans la maîtrise des expériences rendaient déjà la chimie difficile à appréhender. Bien que ce soit dans les années 1880-1890 que la vulgarisation de la chimie ait connu son apogée, on ne peut pas vraiment parler de naissance de la vulgarisation de cette science : à chaque grande époque de l'histoire, une forme de diffusion-vulgarisation s'est développée.

Des débuts difficiles

La pratique des « Arts Chymiques » remonte aux temps les plus reculés. Jusqu'au XVI^e siècle, la « Chymie » se décompose en deux branches : une « utile », développée par l'artisanat et reposant essentiellement sur la métallurgie, et une autre, l'alchimie, une pseudoscience ésotérique, celle des traités codés, empreints de mystère, d'hermétisme. Les énigmes des transformations de la matière échappant aux alchimistes, ceux-ci se réfugient derrière un langage abscons et des théories obscures marqués par la religion et la spiritualité, et dont le sens doit absolument échapper aux profanes. La pratique de l'alchimie interdit toute forme de vulgarisation.

Les XVI^e et XVII^e siècles marquent les débuts de la pratique expérimentale raisonnée que Robert Boyle (1627-1691) est un des premiers à appliquer à la chimie. En étudiant méticuleusement les états de la matière et en observant ses transformations, se dégageant peu à peu des discours mystiques, les premiers chimistes comme Jean Béguin (1550-1620), auteur du premier manuel de chimie en langue française en 1615 [3], Johann Glauber (1604-1670), Nicolas Le Fevre [4] (1610-1669), Nicolas Lémery (1645-1715), puis plus tard Pierre-Joseph Macquer [5] (1718-1784), construisent progressivement la bibliothèque des transformations chimiques effectuées sur le vivant et le minéral, mettant ainsi en place les débuts de la conceptualisation de la chimie. Ils accumulent les données, émettent des spéculations et l'ensemble de leurs observations et de leurs hypothèses sur la matière sont publiées : les chimistes commencent à diffuser leurs travaux, leurs réflexions. Leurs textes ne sont pas de la vulgarisation à proprement parler mais constituent un support de diffusion important. Des livres comme le *Cours de Chymie* de Lémery, réputé pour avoir enseigné la chimie avec une très grande clarté, connaîtra onze éditions entre 1685 et 1756 ainsi que de nombreuses traductions.

En 1666, une publication mérite d'être mentionnée : le livre de Marie Meurdrac, *La Chymie charitable et facile, en faveur des dames* (voir figure 1), réédité récemment [6]. Il est tout à fait remarquable par sa nouvelle approche : c'est le premier ouvrage de vulgarisation de chimie. De Marie Meurdrac, on connaît peu de choses. Ce livre, destiné aux



Iconographie issue du livre de vulgarisation *Les jeunes chimistes ; leçons d'un père à ses enfants*, Rouen, début XIX^e. (Coll. G. Bram).

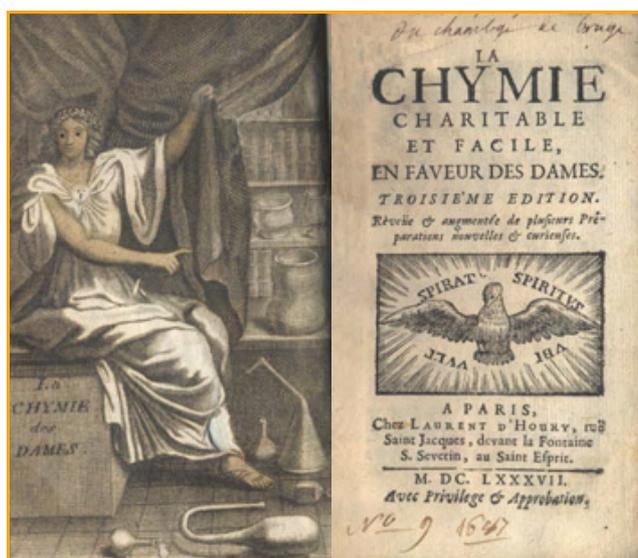


Figure 1 - Marie Meurdrac, *La Chymie charitable et facile, en faveur des dames*, Paris, 1687. (Coll. G. Bram).

femmes comme son nom l'indique, représente un très beau travail de synthèse de la chimie de l'époque. L'alchimie en est absente et la chimie y est présentée sous forme de recettes, assimilables à des modes opératoires. Dans la première partie, on y trouve un très intéressant descriptif du matériel et un glossaire reprenant le vocabulaire du chimiste ; et dans la suite, une liste de préparations médicinales et cosmétiques.

Le grand tournant de la chimie se fait au XVIII^e siècle. Georg Ernst Stahl (1660-1734) popularise la théorie du phlogistique, la première théorie autocohérente de la chimie. Elle va être largement répandue et très utilisée par les chimistes jusqu'à la fin du siècle, jusqu'à ce qu'Antoine Laurent de Lavoisier (1743-1794) en montre l'inutilité au profit de sa théorie de la combustion. Au XVIII^e siècle, les institutions enseignant la chimie n'existent pas encore. De nombreux livres sont publiés mais c'est surtout par des cours publics, dont le plus célèbre est celui de Guillaume François Rouelle (1703-1770), que la diffusion de la chimie se fait. De nombreuses personnalités assistent à ces cours, entre autres Diderot, Condorcet, Rousseau, Joseph Proust (1754-1826), et c'est aussi là que le jeune Lavoisier s'initie à la chimie, faisant déjà état d'un certain esprit critique. De Rouelle, il disait : « *Le célèbre professeur réunissait à beaucoup de méthode dans la manière de présenter ses idées, beaucoup d'obscurité dans la manière de les énoncer* » [7].

C'est à la fin du XVIII^e siècle que la chimie prend ses marques consécutivement à ce que l'on appellera plus tard la « révolution chimique », avec Lavoisier comme principal promoteur. En 1789, ce dernier rédige le *Traité élémentaire de Chimie*, considéré comme un ouvrage de diffusion de ses réflexions « révolutionnaires » et dont un grand nombre d'exemplaires est diffusé. Le concept d'*élément chimique* s'élabore, d'autres concepts s'éclaircissent, les expériences quantitatives appuient les suppositions, la nomenclature chimique apparaît et les premiers enseignements officiels de chimie se mettent en place à l'université, mais aussi dans des écoles comme l'École polytechnique : la chimie va vraiment évoluer au cours du XIX^e siècle.

Le XIX^e siècle, apogée de la vulgarisation

Une autre femme marque le début du XIX^e siècle : en 1806, Jane Haldimand Marcet [8-9] (1769-1858) publie la première des seize éditions britanniques de ses *Conversations on Chemistry*. Ce petit livre tiré à plus de 160 000 exemplaires – de nombreuses éditions pirates circulèrent aussi, ainsi que les traductions en plusieurs langues – est une référence de la vulgarisation de la chimie. Jane Marcet, inspirée par les démonstrations publiques d'Humphry Davy (1778-1829), expose à la façon de Gallée, sous forme de dialogues entre une institutrice et deux jeunes filles, ses connaissances de la chimie. Elle parle d'*affinité* et des travaux connus en ce début de XIX^e siècle sans pour autant, ce qui vaut la peine d'être noté, faire mention de la théorie atomistique de John Dalton (1766-1844). Ce livre aiguise notamment la curiosité du jeune Michael Faraday (1791-1867) et participe à son initiation à la chimie.

Peut-être marqué par Jane Marcet, Faraday est aussi l'auteur d'un petit bijou de vulgarisation : *l'Histoire d'une chandelle* (voir figure 2). Fort d'être un des plus grands physiciens et chimistes du XIX^e siècle [10], Faraday publie en 1860 ce livre reprenant une série de conférences faites devant les enfants venus assister aux conférences de Noël de la *Royal Institution* de Londres. En prenant le thème de la chandelle, Faraday expose les principales connaissances de la physique et de la chimie de ce milieu du XIX^e siècle.

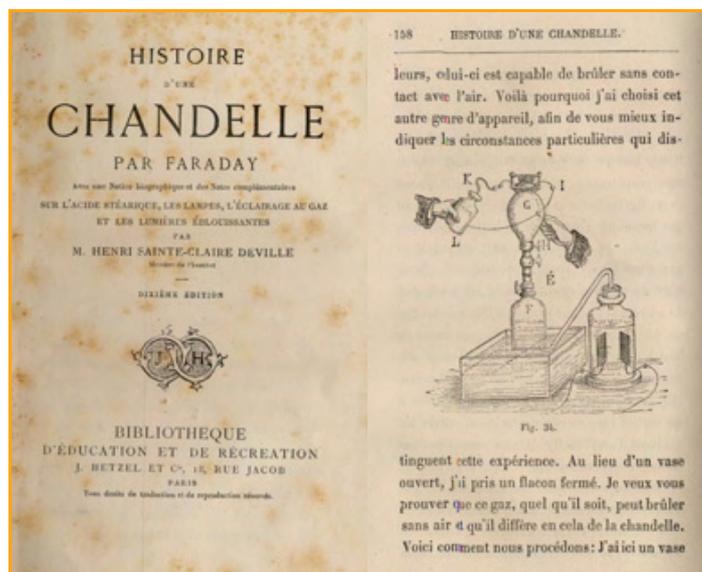


Figure 2 - Michael Faraday, *Histoire d'une chandelle*, Hetzel, Paris, non daté. (Coll. G. Bram).

C'est au cours de ce siècle que, petit à petit, l'appareil conceptuel contemporain de la chimie se met en place. Deux conséquences en découlent : le nombre de transformations chimiques connues et maîtrisées augmente, ce qui implique un nombre croissant d'applications industrielles [11]. Autre aspect, la chimie entrant dans un cadre logique, la prédictibilité, bien qu'hésitante et encore hasardeuse, peut prendre forme et permet des innovations importantes. Un exemple marquant est le développement de la chimie des colorants [12]. Les applications germent, des entreprises se

créent. Des choses impossibles deviennent accessibles. La chimie va ainsi progressivement s'introduire dans le quotidien, et c'est dès ce moment que la vulgarisation de la chimie va se développer réellement. Le terme de « chimie de tous les jours » est créé et, dans la seconde moitié du XIX^e siècle, on vulgarise à tout va. Parallèlement, le scientisme se développe : la clé des problèmes de la société se trouve dans la science. Ayant la possibilité de pouvoir tout résoudre, la chimie est auréolée de tous les espoirs : utilisée par la médecine, pour les textiles, le chauffage, l'alimentation, elle fabrique à peu de frais et à grand tonnage de nombreux matériaux, générant des plus-values considérables, induisant ainsi une dynamique économique sans précédent. La chimie provoque aussi quelques exaltations. Citons simplement Marcellin Berthelot (1827-1907) [13], apôtre de la synthèse organique et anti-atomiste par positivisme, qui prononce à l'occasion du discours du Banquet de la Chambre syndicale des produits chimiques, le 5 avril 1894, une conférence intitulée « En l'an 2000 » :

« [L]a synthèse des graisses et des huiles est réalisée depuis quarante ans, celle des sucres et des hydrates de carbone s'accomplit de nos jours, et la synthèse des corps azotés n'est pas loin de nous. Ainsi le problème des aliments, ne l'oublions pas, est un problème chimique. Le jour où l'énergie sera obtenue économiquement, on ne tardera guère à fabriquer des aliments de toutes pièces, avec le carbone emprunté à l'acide carbonique, avec l'hydrogène pris à l'eau, avec l'azote et l'oxygène tirés de l'atmosphère. Ce que les végétaux ont fait jusqu'à présent, [...] nous l'accomplissons déjà et nous l'accomplirons bien mieux, d'une façon plus étendue et plus parfaite que ne le fait la nature : car telle est la puissance de la synthèse chimique. Un jour viendra où chacun emportera pour se nourrir sa petite tablette azotée, sa petite motte de matière grasse, son petit morceau de fécule ou de sucre, son petit flacon d'épices aromatiques, accommodées à son goût personnel ; tout cela fabriqué économiquement et en quantités inépuisables par nos usines ; tout cela indépendant des saisons irrégulières, de la pluie, ou de la sécheresse, de la chaleur qui dessèche les plantes, ou de la gelée qui détruit l'espoir de la fructification ; tout cela enfin exempt de ces microbes pathogènes, origine des épidémies et ennemis de la vie humaine. [...]. L'homme gagnera en douceur et en moralité, parce qu'il cessera de vivre par le carnage et la destruction des créatures vivantes. »

C'est donc dans la seconde moitié du XIX^e siècle que fleurissent les ouvrages de vulgarisation [14]. C'est l'époque des Louis Figuier (1819-1894) et Camille Flammarion (1842-1925), la période 1880-1890 étant particulièrement prolifique. On y raconte la vie des savants, les chroniques de la vie de laboratoire, on y décrit des expériences amusantes. Chimie récréative ou chimie appliquée, toutes les facettes de cette science sont popularisées à cette époque. Voici quelques exemples :

- 1842 : *Chimie amusante* de A.D. Vergnaud (Paris) (voir figure 3),
- 1865 : *Entretiens sur la chimie* de M. Ducoin-Girardin (Tours),
- 1873 : *Les merveilles de la chimie* de M. Deherrypon (Paris),
- 1881 : *La chimie de l'Oncle Paul* de J.H. Fabre (Paris),
- 1882 : *Récréations chimiques* de A. Castillon (Paris),
- 1882 : *La matière et ses transformations* de P. Déleveau (Paris),
- 1885 : *Le monde des atomes* de W. de Fontvielle (Paris).

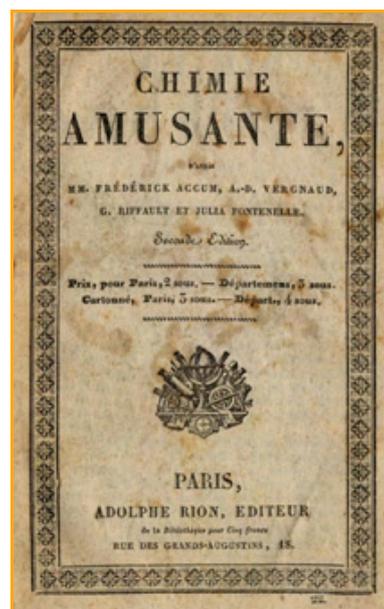


Figure 3 - *Chimie amusante*, d'après F. Accum, A.-D. Vergnaud, G. Riffault et J. Fontenelle, Paris, 1842. (Coll. G. Bram).

Ces auteurs sont souvent des polygraphes et quelquefois des chimistes de formation [15], mais aucun grand nom de la chimie du XIX^e ne se prêtera à cet exercice : la vulgarisation est un art mineur [16].

Le leitmotiv en cette fin de XIX^e siècle est que la science doit être accessible à tous, sous le plus de formes possibles, pour répondre à toutes les curiosités. Tantôt sérieuse, tantôt loufoque, la vulgarisation se fait aussi par une approche humoristique, mais elle se fait surtout *via* de nombreux supports : dictionnaires et encyclopédies, périodiques, livres illustrés, romans : la chimie est partout.

Les supports de la vulgarisation

Le XIX^e siècle voit se démultiplier le nombre de périodiques, aussi bien dans les domaines politique, artistique, littéraire, philosophique que scientifique. La chimie va bénéficier de ce nouveau vecteur. Un bon exemple est le *Moniteur de Quesneville*. Gustave Augustin Quesneville (1810-1889), chimiste élève de Louis Nicolas Vauquelin (1763-1829), lance en 1840 la *Revue scientifique et industrielle* pour l'arrêter en 1852 puis la relancer en 1857 sous le nom de *Le moniteur scientifique*, publication reprise par son fils jusqu'en 1926. L'introduction du Dr Quesneville du premier volume mérite d'être citée :

« La science est tout, c'est la connaissance de ce qui est ; tout est en elle, rien n'est en dehors d'elle. Elle appartient à tous ; c'est donc un devoir de la propager, et ce serait un crime de s'y opposer. »

Ardent défenseur de la chimie moderne, notamment de la théorie atomique à l'époque où celle-ci est fortement critiquée, il n'hésite pas à utiliser un ton polémique et laisse s'affronter les grands chimistes de l'époque comme Auguste Laurent (1808-1853) ou Charles Gerhardt (1816-1856) qui y critiquent ouvertement les théories et travaux de Justus von Liebig (1803-1873) et de Jons Jacob Berzélius (1779-1848).

Le XIX^e siècle est aussi celui des grands dictionnaires et encyclopédies populaires. De grands chimistes vont collaborer à ces collections. Ce sera le cas d'Auguste

Laurent dans l'*Encyclopédie Nouvelle* [17], de Charles Gerhardt, auteur des articles de chimie du *Dictionnaire de Bouillet* [18], mais encore de Marcellin Berthelot dans la *Grande Encyclopédie* (1885-1902). En fonction de leur approche conceptuelle de la chimie, ces différents auteurs vont utiliser dictionnaires et encyclopédies pour présenter leur discipline, mais implicitement aussi pour y diffuser leurs idées.

Enfin, au XIX^e siècle, la littérature s'empare de la science, et donc de la chimie : déjà en 1809, Goethe écrit *Les affinités électives* en appliquant la théorie de l'affinité chimique de Torbern Bergmann (1735-1784) aux relations humaines. En 1834, Balzac publie *La recherche de l'Absolu*, où il décrit l'obsession d'un chimiste pour la chimie unitaire. En 1874, Jules Verne, écrivain vulgarisateur des sciences s'il en est, publie *L'île mystérieuse*, son roman chimique par excellence. Huit ans plus tard, c'est dans *L'étoile du Sud*, moins connu mais exaltant et très documenté, qu'il expose une technique de fabrication d'un diamant gros comme le poing à partir de graphite pur. En 1880, Flaubert rédige dans son *Bouvard et Pécuchet*, quelques dialogues sur la chimie où les deux comparses dissertent, entre autre, des théories chimiques de leur époque [19] (voir encadré ci-contre).



Figure 4 - Thomas Griffiths, *Recreations in Chemistry*, Londres, 1850 (Coll. G. Bram).

Les désillusions du XX^e siècle

Le XX^e siècle voit l'aboutissement de la chimie, expérimentale et théorique, mais aussi celui du début de la chute de son image de marque. Les chimistes maîtrisent progressivement des voies de synthèse de plus en plus élaborées, développent et exploitent des techniques d'analyse de plus en plus pointues : la seconde moitié du XX^e siècle est celle des « artistes » de la chimie, mais paradoxalement, le diagnostic est brutal : le grand public ne s'est jamais aussi peu intéressé à la chimie que depuis qu'elle a commencé à produire les plus belles choses.

En effet et malheureusement, la « chimie grandiose » du XIX^e siècle va déboucher sur des applications parfois abominables : la guerre des gaz de la Première Guerre mondiale amorcera le début des désillusions. Par la suite, les explosions d'usines, la pollution, la destruction d'écosystèmes, beaucoup de faits dramatiques vont faire coller à la chimie une image négative. A travers les musées et expositions, films et reportages, livres, magazines et journaux, romans ou bandes dessinées, télévision ou radio, les chimistes vont se battre – et continuent encore à le faire – pour tenter d'informer le public et corriger cette erreur d'appréciation. Mais

Extrait de Bouvard et Pécuchet de Gustave Flaubert, 1880

Pour savoir la chimie, ils se procurèrent le cours de Regnault et apprirent d'abord que « les corps simples sont peut-être composés ».

On les distingue en métalloïdes et en métaux – différence qui n'a « rien d'absolu », dit l'auteur. De même pour les acides et les bases, « un corps pouvant se comporter à la manière des acides ou des bases, suivant les circonstances ».

La notation leur parut baroque. Les Proportions multiples troublèrent Pécuchet.

« Puisqu'une molécule de A, je suppose, se combine avec plusieurs parties de B, il me semble que cette molécule doit se diviser en autant de parties ; mais si elle se divise, elle cesse d'être l'unité, la molécule primordiale. Enfin, je ne comprends pas. »

« Moi, non plus ! » disait Bouvard.

Et ils recoururent à un ouvrage moins difficile, celui de Girardin où ils acquirent la certitude que dix litres d'air pèsent cent grammes, qu'il n'entre pas de plomb dans les crayons, que le diamant n'est que du carbone.

Ce qui les ébahit par-dessus tout, c'est que la terre comme élément n'existe pas.

Ils saisirent la manœuvre du chalumeau, l'or, l'argent, la lessive du linge, l'étamage des casseroles ; puis sans le moindre scrupule, Bouvard et Pécuchet se lancèrent dans la chimie organique.

Quelle merveille que de retrouver chez les êtres vivants les mêmes substances qui composent les minéraux. Néanmoins, ils éprouvaient une sorte d'humiliation à l'idée que leur individu contenait du phosphore comme les allumettes, de l'albumine comme les blancs d'œufs, du gaz hydrogène comme les réverbères.

Après les couleurs et les corps gras, ce fut le tour de la fermentation.

Elle les conduisit aux acides et la loi des équivalents les embarrassa encore une fois. Ils tâchèrent de l'élucider avec la théorie des atomes, ce qui acheva de les perdre.

[L]e docteur Vaucorbeil pouvait, sans doute, les éclairer.

Ils se présentèrent au moment de ses consultations.

« Messieurs, je vous écoute ! quel est votre mal ? »

Pécuchet répliqua qu'ils n'étaient pas malades, et ayant exposé le but de leur visite :

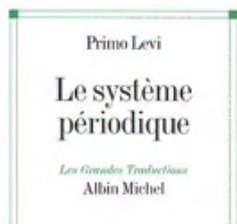
« Nous désirons connaître premièrement l'atomicité supérieure. »

Le médecin rougit beaucoup, puis les blâma de vouloir apprendre la chimie.

« Je ne nie pas son importance, soyez-en sûrs ! Mais actuellement, on la fourre partout ! Elle exerce sur la médecine une action déplorable. »

les revues grand public titrent plus souvent sur le clonage, les trous noirs et les dinosaures que sur l'hémisynthèse du Taxol®. Pourtant, quelques ouvrages exemplaires voient le jour, où la chimie occupe une place de choix. C'est ainsi que les lecteurs des ouvrages de Primo Levi (*Le Système périodique* (voir encadré), *Si c'est un homme*, *Lilith*, *Le fabricant de miroirs...*) découvrent comment sa discipline (et sa passion) a pu sauver l'auteur des camps nazis. Plus tard, c'est *Le Parfum*, *Histoire d'un meurtrier* de Patrick Süskind (1985) qui, dévoilant l'ensemble des techniques d'extraction des parfums, enseigne subrepticement les fondements de la chimie organique expérimentale. Autre exemple, en 1989, Carl Djerassi, chimiste connu pour ses travaux sur la pilule anticonceptionnelle nous invite, dans *Le dilemme de Cantor* (Balland, 1992), à découvrir les côtés obscurs de la recherche scientifique. Par ailleurs, entre « Chimie Organique sans effort » et méthode de la « Réaction Prépondérante », l'enseignement de la chimie évolue énormément, en bien, et le travail d'universitaires impliqués dans l'enseignement y est pour beaucoup. Des ouvrages de vulgarisation de

Le système périodique, Primo Levi Albin Michel, 1987 (version originale : 1975)



Le système périodique, d'inspiration largement autobiographique, est publié en 1987 chez Albin Michel. Salué aux États-Unis à sa sortie comme un chef d'œuvre par le romancier américain Saul Bellow, l'ouvrage puise sa structure, son principe ordonnateur dans le savoir de chimiste de Primo Levi. Ce sont vingt et un chapitres, ayant pour titre l'un des éléments de la table de Mendeleïev, qui sont inspirés par des moments de son existence. Il y a la guerre, le travail de recherche dans un labora-

toire, la captivité dans un camp de concentration nazi, le pénible retour à la normalité. A côté de la confrontation avec les hommes paraît celle avec la matière : tantôt hostile, tantôt amicale et salvatrice.

qualité voit ainsi le jour. On peut citer *Molécules au quotidien* de Peter Atkins (InterÉditions, 1989), *Si la chimie m'était contée* de Paul Arnaud (Belin, 2002) ou *Molécule la merveilleuse* de Lionel Salem (InterÉditions, 1979), ainsi que les nombreux ouvrages de Pierre Laszlo (comme *Miroir de la chimie*, Le Seuil, 2000, ou *Le Phénix et la salamandre : Histoires de sciences*, Le Pommier, 2004). Mais la chimie ne fait plus rêver...

Notes et références

- [1] Raichvarg D., Jacques J., *Savants et ignorants*, Le Seuil, Paris, 1991.
- [2] Lavoisier A.L., *Traité élémentaire de chimie*, Cuchet, Paris, 1793, p. xi-xii.
- [3] Béguin J., *Eléments de Chymie*, Paris, 1615.
- [4] Le Fevre N., *Traité de Chymie*, Paris, 1660.
- [5] Auteur du *Dictionnaire de Chymie* en deux volumes pour sa première édition, Paris, 1766.
- [6] Meurdrac M., *La Chymie charitable et facile, en faveur des dames*, CNRS éditions, Paris, 1999. Édition présentée et annotée par J. Jacques, reprint de l'édition de 1687 de ce livre qui connaîtra trois rééditions (1674, 1687 et 1711) et une traduction italienne.
- [7] Poirier J.-P., *Antoine Laurent de Lavoisier (1743-1794)*, Pygmalion-G. Watelet, 1993, p. 9, n. 26 et références citées.
- [8] Polygraphe, Jane Marcet sera l'auteur de nombreux ouvrages de vulgarisation : *Conversations on Chemistry, in which the Elements of that Science are Familiarly Explained and Illustrated by Experiments*, 1806 ; *Conversations on Political Economy*, 1816 ; *Conversations on Natural Philosophy*, 1819 ; *Conversations on Evidences of Christianity*, 1826 ; *Conversations on Vegetable Physiology*, 1829 ; *Essays*, 1831 ; *John Hopkins's Notions of Political Economy*, 1833 ; *The Ladies' companion to the Flower Garden*, 1841 ; *Conversations on the History of England*,

1842 ; *Conversations on Language for Children*, 1844 ; *Rich and Poor*, 1851.

- [9] Rosenfeld L., *The Chemical Work of Alexander and Jane Marcet*, *Clinical Chemistry*, 2001, 47, p. 784.
- [10] Pearce L.W., *Michael Faraday*, Chapman & Hall, 1965.
- [11] La priorité est au militaire avec la production de poudre à canon (nécessité de soufre et de salpêtre). Mais se développe aussi la production de carbonate de sodium par le procédé Leblanc et la lessive de Berthollet ou eau de Javel. Au début du XIX^e siècle, commence la production industrielle d'acides chlorhydrique et sulfurique, puis les engrais à partir de 1840, et des savons grâce notamment aux travaux de Chevreul. Aftalion F., *Histoire de la chimie*, Masson, 1988.
- [12] Bram G., Anh N.T., L'avènement des colorants synthétiques, *Pour la Science*, Hors Série, Dossier « La Couleur », 2000, 27, p. 52.
- [13] Berthelot M., *Science et morale*, Calmann-Lévy, Paris, 1896, p. 512-513.
- [14] Béguier B. (sous la direction de), *La science pour tous, sur la vulgarisation scientifique en France de 1850 à 1914*, Bibliothèque du Conservatoire National des Arts et Métiers, Paris, 1990.
- [15] On citera par exemple Louis Figuier, agrégé de pharmacie, Henry de Graffigny (1863-1934), auteur d'une thèse en chimie organique, ou Gaston Tissandier (1843-1899), chimiste au CNAM.
- [16] Une exception au début du XX^e siècle : Jean Perrin (1870-1942), prix Nobel de Physique 1926, est un des rares exemples de scientifique et de vulgarisateur. Physico-chimiste, cofondateur du Palais de la découverte et du CNRS, il va publier en 1913 *Les Atomes* où il montre que l'on peut valider l'hypothèse atomique par le calcul du nombre d'Avogadro par treize méthodes. Un livre qui, bien que difficile, deviendra un best seller. Réédition : Perrin J., *Les atomes*, *Champs Flammarion n°225*, 1993.
- [17] *Encyclopédie nouvelle, dictionnaire philosophique, scientifique, littéraire et industriel offrant le Tableau des connaissances humaines au XIX^e siècle, par une société de savants et des littérateurs, publiée sous la Direction de MM. P. Leroux et J. Reynaud*. Jacques J., Auguste Laurent (1807-1853), collaborateur de l'Encyclopédie nouvelle (1836-1841), *C. R. Acad. Sci. Paris*, 1997, 324, II-b, p. 197.
- [18] *Dictionnaire universel des sciences et des arts* de M.N. Bouillet : Articles de chimie rédigés par C. Gerhardt : 1854, refondu en 1872, articles de chimie repris par A. Gautier puis par A. Joly en 1896 jusque 1908.
- [19] Flaubert G., *Bouvard et Pécuchet*, Garnier-Flammarion n°103, 1990, p. 85-86.



X. Bataille

Xavier Bataille

est professeur de chimie à l'École Nationale de Chimie Physique Biologie de Paris (ENCPB)*.

Il a récemment participé à l'écriture du *Dictionnaire de physique et de chimie*, Nathan, 2004 (voir rubrique « Livres et médias », p. 114).



G. Bram

Georges Bram

est décédé le 21 juin 2004. Chimiste historien, collectionneur de livres anciens de chimie, il était professeur émérite de l'université d'Orsay (voir *L'Act. Chim.*, août-sept. 2004, 277-278, p. 128).

* 11 rue Pirandello, 75013 Paris.
Tél. : 01 44 08 06 50.
Courriel : xavierbataille@free.fr

La chimie ne fait-elle vraiment plus rêver ?

Plus spontanément en tout cas... Heureusement et comme nous le verrons dans la suite de ce numéro, notre époque compte encore de grands vulgarisateurs de la chimie. D'ouvrages en conférences, d'animations expérimentales en spectacles de chimie, d'articles de presse en sites Internet, ils parviennent à passionner les grands et les petits avec talent.

Mais comme s'attache à le montrer les articles suivants, plus sans une pratique consciencieuse et surtout, une réflexion approfondie, autant sur les relations qu'entretiennent la science et la société que sur les règles de la rhétorique, la pédagogie des sciences, les techniques de la médiation scientifique ou les mécanismes d'apprentissage...

Richard-Emmanuel Eastes et Francine Pellaud
Coordinateurs du numéro

Plaidoyer en faveur du réchauffement des relations entre science et société

De l'importance des groupes concernés

Michel Callon

Résumé Sciences et sociétés ne peuvent plus être considérées comme deux sphères séparées. La multiplication des groupes qui se sentent concernés par le développement des sciences et des techniques pose la question de l'organisation de leur coopération avec les chercheurs et les ingénieurs. Au modèle de l'instruction publique se substitue progressivement celui de la coproduction des connaissances.

Mots-clés **Relations science société, groupes concernés (orphelins ou affectés), coproduction des savoirs scientifiques.**

Les scientifiques n'ont jamais eu autant besoin de témoignages d'affection et de considération. Enfermés dans leurs laboratoires, l'œil fixé sur leurs souris transgéniques ou leurs nanotubes de carbone, ils éprouvent l'amer sentiment de travailler pour le bien commun sans qu'on leur en sache gré. Face aux poussées de violence, ils se sentent esseulés dans leur combat pour défendre la raison en danger. Incompris et mal aimés, parfois tentés par le repli sur soi, ils hésitent entre l'abandon et la révolte. Que faire pour sortir de cette impasse ?

Une première solution, tentante, consisterait à renouer le dialogue. Puisque rien ne va plus entre la science et la société, puisque le couple est au bord de la rupture, employons-nous à améliorer les relations des conjoints, rétablissons la communication, engageons la procédure de réconciliation. Cette option, du moins est-ce le point de vue que je voudrais défendre, semble pourtant être pire que le mal qu'elle veut soigner. Elle part de l'idée que la situation actuelle, celle d'une distinction radicale entre science et société, est la seule possible et que le seul problème est celui de la qualité des relations à instaurer. Il n'en est rien. Cette configuration, historiquement marquée, a fait son temps. Pour comprendre ce qui pourrait changer, et dans quelle direction le changement pourrait s'effectuer, il n'est pas inutile d'en rappeler brièvement les principales caractéristiques.

Sortir du face à face entre science et société

Le monde dans lequel nous vivons, ce monde qui fait de la science et de la société deux pôles distincts, deux sphères extérieures l'une à l'autre, est le fruit d'une longue évolution. Il s'est définitivement imposé à la fin de la 2^e Guerre mondiale et s'est consolidé tout au long de la Guerre froide, ce qui a amené certains historiens à parler de *modèle de la guerre froide* [1-2].

Lorsqu'il atteint une certaine forme de perfection, dans les années 1950 et 1960, ce modèle présente les traits suivants :

- Une frontière stricte est tracée entre scientifiques et décideurs politiques. La répartition des rôles qui en résulte repose sur la conviction qu'il existe un fossé infranchissable entre faits et valeurs, entre ce qui est possible et ce qui est souhaitable.

- Est affirmée et entretenue l'existence d'un public indifférencié, constitué de *profanes* qui sont tenus à distance du monde de la science et qu'il faut constamment éduquer.

- Des institutions, généralement financées sur fonds publics, ont pour mission de soutenir et de développer la recherche fondamentale dont les promesses d'applications se situent sur le long terme et sont susceptibles de faire avancer de manière significative l'humanité, tout en satisfaisant son besoin légitime de connaissance et de curiosité.

- L'État pèse lourdement, et de manière contradictoire, dans les orientations données aux sciences et aux techniques et dans le soutien qu'il leur apporte. Comme État guerrier et soucieux de puissance nationale, il lance et finance de grands programmes militaires et civils dans le domaine de l'aéronautique, du spatial et du nucléaire ; comme État providence, il s'efforce de garantir et d'améliorer le bien-être de la population.

- Les entreprises développent de puissants centres de recherche qui leur permettent de mobiliser le progrès technique et scientifique, de manière à rationaliser la production et à développer de nouveaux produits. Elles s'inscrivent dans la logique du « technological push » : la recherche et le développement sont le moteur de l'innovation.

- Dans cette configuration, les disciplines reines sont la physique et la chimie dont la maturité et le degré de diffusion permettent au *modèle linéaire*, qui propose une nette distinction entre recherche de base, recherche appliquée et développement, de s'imposer [3].

Dans ce régime, tout est en place pour fabriquer des divisions et des incompréhensions, pour opposer comme deux légions romaines au combat, les sciences et la société. Les chercheurs sont doublement isolés : d'abord des décideurs, au nom de la séparation entre faits et valeurs ; ensuite du public, au nom du caractère ésotérique et hermétique des savoirs scientifiques. Ces grands partages se déclinent sous une infinité de formes : distance entre le chercheur d'entreprise et le consommateur, entre ce même chercheur et ceux qui président aux destinées des firmes ; confinement du chercheur universitaire qui ne rencontre qu'épisodiquement les citoyens ordinaires et qui, lorsqu'il les rencontre, se transforme en professeur face à des élèves à éduquer. On comprend aisément le caractère pathogène d'un tel régime : les scientifiques sont incontournables, qu'il s'agisse, dans le court terme, de concevoir de nouveaux biens ou, à long terme, d'assurer le progrès de l'humanité ; et en même temps, ils paraissent désespérément lointains et à l'abri de toute influence. Pas étonnant que dans ces conditions, l'incompréhension, le ressentiment et la suspicion s'installent d'un côté comme de l'autre. Cette problématique communication s'exprime dans une série d'analyses ou de constats qui sonnent comme autant de reproches ou d'accusations : on parle de crise de confiance, de comportement de rejet, voire d'une société du risque qu'alimenterait l'impossible maîtrise du progrès scientifique et technologique. Cette configuration qui impose l'idée d'une séparation entre deux sphères, celle de la science et celle de la société, rend invivable le monde qui en résulte.

Pour sortir de cette spirale vicieuse, de la tragique opposition qu'elle instaure entre science et société, il faut accepter de douter de cette conception. Premièrement, en remettant en cause l'exclusion du profane (qu'il soit citoyen ordinaire ou simple consommateur), qui est généralement tenu à distance du processus d'élaboration et d'adaptation de savoirs et de technologies qui retombent sur lui sous la forme de nouveaux biens, de nouvelles connaissances ou de nouvelles conceptions du monde. Deuxièmement, en se libérant du dogme de la nécessaire séparation entre recherche scientifique et décision politique.



Figure 1 - Le siège de l'Association Française contre les Myopathies, un exemple de groupe orphelin engagé dans l'exploration de nouveaux domaines de recherche et d'innovation en collaboration avec des organismes publics de recherche tels le CNRS.

Ce changement de cap ne sera pas facile. D'abord, parce que les scientifiques ont tiré profit des institutions qui ont été mises en place dans les dernières décennies et qui leur ont permis de bénéficier d'une grande autonomie. Ensuite, parce qu'en brouillant les cartes, on peut craindre de faire disparaître les seuls remparts dont nous disposons pour contenir les poussées irrationnelles et les fanatismes. Ne serait-il pas préférable dans ces conditions d'endurer les contraintes et les limites du modèle existant de manière à éviter des malheurs encore plus grands ?

Ces hésitations et ces frayeurs ne sont plus de mise. L'histoire a tranché. La Guerre froide appartient au passé. S'il n'a jamais été facile de séparer strictement faits et valeurs, s'il n'a jamais été aisé de tenir les consommateurs et les citoyens à l'écart des affaires scientifiques et techniques, cela devient maintenant impossible. Des groupes de plus en plus nombreux se déclarent concernés par les effets des sciences et des techniques et veulent entrer dans leur contenu. Ils remettent en cause les frontières établies par les institutions ; partout ils réchauffent les relations et les échanges avec les chercheurs, les invitant à la collaboration, puis imaginant de nouvelles procédures à suivre pour préparer et prendre les décisions. Ce mouvement est d'autant plus irrésistible que ces *groupes concernés* se multiplient. Ils se constituent de manière inattendue sur les sujets les plus variés. Parfois ces groupes sont voués à une rapide disparition, parfois ils se développent au point de devenir très influents. A quoi tient leur émergence ? La réponse à cette question se trouve en partie dans les transformations majeures qui affectent le monde de l'économie et ses relations avec la recherche.

L'entrée en scène des groupes orphelins et des groupes affectés

Commençons par les marchés économiques. Leur force est de faciliter la coordination, souple et flexible, entre une multiplicité d'offres et de demandes. Cette fonction de coordination rencontre cependant des limites qui mettent en péril leur efficacité et leur légitimité. Je voudrais ici évoquer deux qui jouent un rôle essentiel dans l'émergence et le passage à l'action des groupes concernés par les sciences et les techniques.

- La première de ces limites tient au fait que plus les entreprises investissent dans la recherche et dans le développement technologique, plus elles sont amenées à labourer les mêmes terrains, à limiter leurs explorations à un petit nombre d'options dans lesquelles elles s'enferment et qui transforment des choix initiaux en décisions irréversibles. Du fait des rendements croissants de production et d'adoption, les entreprises préfèrent continuer à faire ce qu'elles savent déjà bien faire. Des problèmes, des questions et des attentes sont ignorés. Des pans entiers de savoirs et de savoir-faire restent inexplorés. Pour désigner ce phénomène, les économistes parlent de « verrouillage technico-économique » [6]. Le monde actuel, celui dans lequel nous vivons, n'est qu'un des mondes possibles parmi tous ceux qui auraient pu advenir, si d'autres choix initiaux avaient été faits. Les marchés économiques, qui cadrent ainsi de manière très étroite et pour de longues périodes les trajectoires le long desquelles ils se développent, produisent de manière continue des *groupes orphelins* qui sont laissés sur le bord du chemin : la machine économique passe à côté d'eux sans égard pour leurs préoccupations. Certains

deviennent enragés et contestent les choix exclusifs qui ont été faits : ils dénoncent la coalition des intérêts économiques et scientifiques. Les mouvements de protestation contre le tout nucléaire qui ont fleuri dans les années 1970 et 1980 s'inscrivaient dans ce registre : au-delà de la critique d'une filière énergétique particulière, ils revendiquaient pour que fussent explorées des options technologiques qui avaient été délaissées. D'autres groupes orphelins renoncent à cette stratégie de la dénonciation et du ressentiment. Ils s'engagent eux-mêmes dans l'exploration de nouveaux domaines de recherche et d'innovation. Pour montrer l'importance et la pertinence de cette seconde stratégie, il suffit de donner quelques exemples. Le premier est fourni par les associations de patients qui regroupent des personnes atteintes par des maladies... orphelines (figure 1). Confrontées à des scientifiques et à des industriels qui se désintéressent de leur sort, elles s'engagent de manière active dans les activités de recherche [7]. Un second exemple est celui des communautés qui développent les logiciels libres pour échapper aux contraintes et options de Microsoft. L'histoire de l'industrie chimique et pharmaceutique fourmille également d'exemples de groupes orphelins qui se sont battus pour permettre à des options alternatives d'exister. C'est le cas des adeptes de l'agriculture dite « bio » qui ne bénéficient pas des mêmes efforts de recherche que les utilisateurs d'engrais et d'OGM, et qui se voient donc contraints de développer eux-mêmes leurs modes de culture ; c'est également la situation dans laquelle se trouvent ceux qui préfèrent les médecines dites « parallèles » et qui n'ont d'autres solutions que de promouvoir leurs propres recherches. Ces groupes orphelins, qui sont exclus par les cadrages dominants, décident de s'intéresser activement aux sciences et aux techniques, car c'est la seule manière pour eux de sortir de l'isolement et de trouver des solutions à leurs problèmes. Souvent accusés d'irrationalisme, ils inventent des formes d'organisation qui leur permettent de s'insérer directement dans l'aventure scientifique et technique. Ils ne se contentent pas de dénoncer les forts, ils fédèrent leurs faiblesses dans le but de devenir forts à leur tour. Ils se transforment en chercheurs et en décideurs à part entière.

• La seconde limite de la coordination marchande que je voudrais considérer correspond à ce qui est connu sous le terme de « d'externalités » et que l'on peut aussi nommer « débordements ». Les plus visibles de ces débordements sont les pollutions ou les relâchements toxiques qui altèrent notre environnement et nuisent à nos santé. Les débordements ont en commun de toucher des groupes qui ne sont pas directement impliqués dans les activités économiques qui en sont la source. Ces *groupes affectés*, lorsqu'ils commencent à prendre conscience de l'origine de leurs maux et à en identifier les responsables, se mobilisent. Si l'affaire s'avère sérieuse, ils entrent dans l'espace public pour faire entendre leurs voix et demander que ces débordements soient maîtrisés. Il peut s'agir de pollutions chimiques qui affectent insidieusement les riverains d'une usine, comme dans le cas de la baie de Minamata au Japon, ou d'événements soudains et violents comme les explosions de Bhopal en Inde ou de l'usine AZF à Toulouse. Dans d'autres circonstances, comme à Seveso, ce sont des fûts toxiques dont chacun cherche à se débarrasser. Ou, tel le DES (diéthylstilboestrol), des médicaments dont les effets secondaires n'affectent pas ceux qui les absorbent mais la génération suivante. Parfois, des gènes se répandent et



Figure 2 - Les actions de la Commission de Recherche et d'Information Indépendantes sur la Radioactivité (CRIIRAD) illustrent bien l'existence de groupes affectés.

Bruno Chareyron, physicien nucléaire, effectuant des contrôles radiométriques dans le Mercantour afin de détecter la contamination laissée par l'accident de Tchernobyl. ©CRIIRAD (www.criirad.org).

contaminent des récoltes ; des ondes électromagnétiques sont suspectées de provoquer des troubles de santé ; des sols sont durablement pollués par des activités industrielles ; des boues produites par le retraitement des eaux usées sont épandues et créent des nuisances de voisinage ; dans les régions reculées de l'Amazonie, le mercure et le cyanure utilisés par les orpailleurs stérilisent les terres ; des infrastructures aéroportuaires suscitent la colère des villages voisins ; des prions sautent sans prévenir d'une espèce à une autre ; des virus se répandent ; des gaz à effet de serre perturbent les climats et les CFC détruisent la couche d'ozone. La prise de conscience commence avec des alertes données par des individus isolés que des événements inédits et inexplicables inquiètent. Parfois, la rumeur se dégonfle rapidement. Parfois, elle prend de la consistance. Des enquêtes et des investigations sont entreprises par les groupes affectés eux-mêmes qui se heurtent souvent à l'inertie des institutions, mais parviennent quelquefois à intéresser les chercheurs et à les rallier à leur cause (figure 2) ; des solutions sont proposées, débattues, et les choses finissent par rentrer dans l'ordre ; mais le feu reprend ailleurs et la même histoire se répète, sur d'autres dossiers.

Ces deux défaillances des marchés provoquent l'émergence renouvelée de groupes concernés par les sciences et les techniques, la première en favorisant l'apparition de groupes orphelins et la seconde celle de groupes affectés. Ces mécanismes ne sont pas nouveaux, mais leur intensité et leur fréquence d'apparition se sont considérablement accrues au cours des dernières années. Les raisons de cette amplification sont nombreuses. Certaines tiennent aux marchés économiques eux-mêmes et notamment aux formes d'organisation en réseaux qui se généralisent : on peut montrer que les interdépendances créées et les flux générés accroissent à la fois les phénomènes de verrouillage et l'occurrence de débordements qui sont toujours de plus en plus difficiles à cadrer. D'autres sont dues à l'évolution des sciences et à la transformation des hiérarchies disciplinaires. C'est vers ces dernières que je voudrais me tourner.

Chimie, biologie... des sciences qui favorisent l'émergence de groupes concernés

Les sciences physiques, longtemps dominantes, travaillent pour l'essentiel sur des objets propres, aux contours bien définis, et aux comportements raisonnablement prévisibles. Repris par l'industrie, les objets de la physique n'ont alimenté et n'alimentent que de manière sporadique les débordements économiques : un lingot d'acier, bien refroidi, peut être parfaitement localisé et contenu ; de même pour un poste de télévision ou un lecteur optique lorsqu'ils sortent du laboratoire pour s'installer dans le salon des ménages français.

Les êtres sur lesquels travaille la chimie, et qu'elle met en circulation, ont quant à eux des propriétés très différentes de ceux que la physique amène à l'existence. Comme le dit le vocabulaire de la discipline, leur principale caractéristique est d'agir et de réagir, de manifester des affinités ou des répulsions mutuelles, de se combiner, de catalyser certains processus. Alors que la physique s'adresse à une nature dont elle s'efforce d'explicitier les lois et les structures sous-jacentes, la chimie s'emploie à transformer la nature, produisant constamment de nouvelles entités [8]. Du même coup, elle est confrontée à une difficulté majeure : cadrer à l'avance le comportement des êtres qu'elle fabrique et qui n'arrêtent pas de surprendre, de réagir de manière inattendue. Pas étonnant que la notion de pollution soit associée aux industries chimiques. Comme la chimie est partout et que ses objets envahissent notre vie de tous les jours, le travail de contrôle et de vigilance devient herculéen. La menace de fuites inopinées se généralise.

Les sciences biologiques, notamment dans leurs développements récents liés aux biotechnologies et à la génomique, font franchir un degré supplémentaire à la production de débordements et par voie de conséquence à la production de groupes affectés. D'abord parce que les entités sur lesquelles travaillent ces sciences et qu'elles mettent en circulation sont vivantes et donc largement imprévisibles, et ceci malgré toutes les précautions que l'on peut prendre. Spinoza disait qu'on ne sait pas ce que peut un corps ; on pourrait ajouter en le paraphrasant qu'on ne sait pas ce que peut un gène, surtout lorsqu'il interagit avec d'autres gènes et qu'il est pris dans les innombrables interactions décrites par la protéomique. Toutes ces entités – gènes, protéines – continuent à vivre leur vie, contaminent, se répliquent, deviennent résistantes, se font transporter sur des vecteurs qui y vont parfois de leurs propres débordements. La vie qui est innovation et création permanente, la vie sauvage qui échappe par certains de ses aspects à l'entreprise de domestication, fait irruption dans l'industrie.

J'ai parlé jusqu'ici de débordements. Mais il faudrait également considérer la contribution spécifique des différentes sciences aux phénomènes de verrouillage. Contentons nous de souligner, sans entrer dans les détails et en s'en tenant aux sciences de la vie, que les biotechnologies et l'alliance qu'elles scellent entre informatique et génomique, contribuent puissamment à la production de groupes orphelins. La puissance de traitement de l'information de l'une, mise au service de la finesse analytique de l'autre, conduit à la singularisation des êtres humains et fait de chaque personne un être différent des autres, à qui sont proposées des offres spécifiques en matière de soins ou d'alimentation. Cette éventualité se transforme progressivement en réalité avec la montée en puissance de la « pharmacogénomique » qui va

permettre une adaptation fine et continue entre les thérapies et les profils individuels. Face à une diversité qu'elle contribue à amplifier et qui sert de base à l'individualisation croissante des demandes, l'industrie fera des choix. Les profils rares seront exclus et se retrouveront orphelins. Les sciences de la vie alliées à l'industrie promettent de devenir ainsi de puissantes sources de verrouillages.

Des groupes concernés qui s'intéressent aux sciences et aux techniques

Ces brèves observations aident à comprendre pourquoi les *groupes concernés*, qu'ils soient orphelins ou affectés, vont émerger à une cadence de plus en plus rapide. Luttant pour sortir de l'exclusion ou pour endiguer les débordements qui les touchent, ils vont se mêler activement des affaires scientifiques et techniques. Du même coup, le *modèle de la guerre froide*, avec ses strictes divisions, va devenir ingérable. Il n'y a plus d'un côté la science et de l'autre côté la société, et entre les deux des interactions et des échanges que l'on voudrait pacifier à tout prix. C'est dans le même mouvement que de nouvelles connaissances et de nouveaux objets sont produits et diffusés, et que de nouveaux groupes apparaissent. Sciences et sociétés sont coproduites ; elles constituent les résultats toujours fragiles et provisoires d'un même processus. Pour comprendre leurs relations, il faut donc accepter de se transporter au cœur de ce processus, pour se placer en amont, là où, à travers controverses et conflits, prennent forme les connaissances et se décident les problèmes à étudier. Chaque nouvelle molécule, chaque nouveau vecteur utilisé pour l'insertion d'un gène, chaque nouvelle nanotechnologie est grosse d'un ou de plusieurs groupes concernés, orphelins ou affectés, qui vont s'intéresser à eux pour les refaçonner, en changer les comportements et les propriétés. La physique parle maintenant d'objets « intriqués », chacun gardant les traces de ses interactions avec l'autre. On pourrait utiliser cette métaphore pour décrire les liens entre sociétés et sciences : les groupes concernés sont intriqués avec les sciences, ou plutôt avec certains objets fabriqués et étudiés par les sciences. Il n'est plus question de savoir si le public aime ou non les sciences en général, mais de déterminer à quels êtres fabriqués par les sciences tel ou tel groupe, orphelin ou affecté, va s'intéresser et s'attacher, pour le meilleur plutôt que pour le pire.

Cette vision nous invite à prendre congé du *régime de la guerre froide*, des institutions qu'il nous a imposées et du *modèle linéaire* auquel il nous a fait croire. Nous entrons dans un nouveau régime, celui des intrications et des attachements, celui des groupes concernés qui n'arrêtent pas d'émerger et deviennent des acteurs à part entière des sciences et des techniques. Aucun des rôles précédents ne leur convient : ils sont profanes mais en même temps prêts à se lancer dans les investigations, ils sont consommateurs mais désireux de se mêler de la conception des produits et des services qui leur sont destinés. Symétriquement, les spécialistes et les chercheurs professionnels sortent de leur confinement. Ils entendent coopérer avec les groupes concernés quand ceux-ci mettent en lumière des problèmes ou des phénomènes passés inaperçus. Ils ne croient plus à la distinction d'un autre âge entre faits et valeurs, et aiment à se transformer en experts qui rassemblent les savoirs disponibles, établissent des états de l'art, et élaborent des

recommandations raisonnables, même si elles ne sont pas assurées à 100 %. Bref, les grands partages s'amenuisent et les frontières se brouillent. L'idée même qu'il existe une société et que cette société se tient aux marges de la science ne tient plus. La reconnaissance de cette nouvelle configuration appelle de nouvelles institutions, de nouvelles formes d'organisation et de nouvelles procédures [9]. Celles-ci sont déjà en gestation et font l'objet de nombreuses expérimentations. Les groupes concernés n'ont pas été inactifs ; ils ont beaucoup inventé et testé. Un peu partout ils se sont mobilisés pour faire reconnaître les problèmes auxquels ils sont confrontés ; ils ont exigé de ne pas être tenus à l'écart des recherches à entreprendre ; ils ont milité pour avoir leur mot à dire lorsqu'il s'agit de mettre en circulation les êtres concoctés dans les laboratoires. Ce qui est en jeu, c'est qu'ils soient reconnus comme coproducteurs des sciences et de leurs applications. La société s'est déplacée. Longtemps exilée aux marches de la science, elle vient s'installer en son cœur. Sachons l'accueillir dignement.

Notes et références

- [1] Pestre D., *Science, argent et politique*, INRA, 2003.
- [2] Pendant la Guerre froide, la puissance militaire et spatiale ainsi que l'efficacité économique ont constitué des armes décisives dans les affrontements internationaux. Pour s'assurer de la coopération indispensable des chercheurs et ne pas avoir à tenir compte officiellement de leurs avis, les « États-nationaux » ont imaginé une sorte de contrat qui assurait aux scientifiques une forte autonomie en échange de leur neutralité. C'est le cadre institutionnel qui a permis à ce contrat de tenir, ce que l'on peut convenir d'appeler *modèle de la guerre froide*.
- [3] Le *modèle linéaire* décrit l'innovation comme un processus séquentiel qui commence avec la recherche de base pour se terminer, après des phases de recherche appliquée et de développement, par la commercialisation et la diffusion d'un nouveau produit ou d'un nouveau procédé. Ce modèle est bien résumé par le fameux slogan de l'exposition

universelle de Chicago en 1933 : « La science découvre, l'industrie applique et l'homme suit ». Cette conception qui a présidé à la rédaction du manuel de Frascatti pour construire les statistiques nationales de recherche et développement a été critiquée au cours des années 1980 [4-5].

- [4] Kline J., Rosenberg N., An overview of innovation, *The positive sum strategy*, R. Landau, N. Rosenberg (eds), The National Academies Press, Washington DC, 1991.
- [5] Latour B., *La science en action*, Gallimard, 1995.
- [6] Callon M., Cohendet P., Réseau et coordination, Paris : *Economica*, 1999.
- [7] Rabeharisoa V., Callon M., *Le Pouvoir des malades. L'Association française contre les myopathies et la Recherche*, Presses de l'École des Mines de Paris, 1999.
- [8] Moscovici S., *Essai sur l'histoire humaine de la nature*, Flammarion, Paris, 1977.
- [9] Callon M., Lascoumes P., Barthe Y., *Agir dans un monde incertain. Essai sur la démocratie technique*, Seuil, 2001.

NDLR : Un autre article de ce numéro concerne « L'accompagnement scientifique et technologique » des enseignants du primaire par les scientifiques (voir page 56). Cette pratique nous semble s'inscrire particulièrement bien dans ce modèle de coproduction des savoirs : le scientifique n'intervient pas devant les élèves, il accompagne l'enseignant. Professionnels de la science et professionnels de l'éducation unissent leurs connaissances et compétences pour faire émerger une pratique pédagogique nouvelle qui, si elle est menée convenablement, porte ses fruits. Voir à ce sujet le site du colloque ASTEP : <http://www.ens.fr/astep/>



Michel Callon

est professeur à l'École des Mines de Paris et chercheur au Centre de Sociologie et de l'Innovation*.

En plus des références citées dans l'article, il a récemment écrit *The Laws of the Markets*, Blackwell, 1998.

* Tél. : 01 40 51 91 97.

Courriel : michel.callon@ensmp.fr

Question de la rédaction à Michel Callon

Richard-Emmanuel Eastes :

Dans ces conditions, à quoi pourrait ressembler la vulgarisation scientifique ? Quelle est sa place et quelles sont ses caractéristiques principales ? Le terme même de vulgarisation est-il adapté et ne sous-tend-il pas le modèle linéaire ? Dans ce cas, comment faut-il nommer l'activité susceptible de la remplacer et quelle est sa nature ?

Michel Callon :

La notion de vulgarisation scientifique est étroitement liée au modèle linéaire. Elle part de l'hypothèse qu'il existe un fossé entre les scientifiques et les profanes, entre ceux qui savent et le public ignorant. Pour que la science puisse se développer, et pour que la société profite du progrès qu'elle engendre, le fossé doit être comblé. La vulgarisation est une des solutions possibles : elle s'emploie à susciter la curiosité des profanes et incite les spécialistes à consacrer du temps à l'instruction de ces derniers.

Dans le modèle de la coproduction, les acteurs stratégiques sont les groupes concernés, qu'ils soient orphelins ou affectés. Confrontés à des problèmes qui sont existentiels, ils sont prêts à s'engager dans des activités de recherche et d'expérimentation. Du même coup, les activités de vulgarisation, sans pour autant disparaître, passent au second plan. Le défi à relever est celui de l'organisation d'une coopération équilibrée et productive entre groupes concernés et spécialistes. Les modalités des collaborations, leur durée ainsi que l'identité des partenaires, dépendent de la nature des dossiers à traiter. Ces deux modèles, celui de l'instruction et celui de la coproduction, se distinguent notamment par la manière dont ils considèrent le public. Dans le premier cas, le public est indifférencié et constitue une cible passive : la rencontre avec la science et les scientifiques se fait dans un espace pacifié auquel chacun doit pouvoir accéder. Dans le second cas, « le » public disparaît au profit d'une multitude de groupes concernés, dont les cycles de vies peuvent être très courts et les centres d'intérêts très variables. Dans le premier cas, le bien public dépend de la diffusion la plus large des savoirs scientifiques ; dans le second cas, il est lié à la capacité des groupes concernés à faire entendre leurs voix et à mener à bien leurs investigations. L'organisation de l'instruction cède devant celle de la confrontation des points de vue et de la discussion des orientations de recherche. L'accès au savoir scientifique est moins crucial que l'accès aux ressources nécessaires à la réalisation de recherches coopératives.

Chimie et société : des relations tumultueuses

Bernadette Bensaude-Vincent

Résumé

Il y a cinquante ans à peine, vers le milieu du XX^e siècle, la chimie évoquait le progrès, la santé et la prospérité. Rien ne va plus. Aujourd'hui, la chimie est mal aimée du public : elle évoque la pollution, les nuisances, les dangers. Dans les sondages sur les cotes de popularité des différentes filières technologiques, elle vient en dernier, tout en bas de l'échelle, plus bas même que le nucléaire. La profession, jadis honorable, voire prestigieuse, n'attire plus les brillants étudiants, alors même que la chimie offre des perspectives de carrières attrayantes. Que se passe-t-il ? Faut-il une vigoureuse campagne de communication pour résoudre la crise ? Cet article, qui aborde la question dans une perspective historique, suggère que la situation actuelle appelle d'autres remèdes.

Mots clés

Publicité, naturel, artificiel.

Parce qu'elle présente une double face, science de la nature et industrie, la chimie est très sensible aux fluctuations de l'opinion publique. Chacun de nous est directement concerné, car la chimie produit des biens d'usage et de consommation dont dépendent la santé et le confort moderne, et qui affectent sévèrement notre environnement.

Quant à la science, si étroitement liée à notre univers quotidien par ces millions de produits chimiques, elle est opaque au public, lointaine, peuplée de noms barbares désignant des molécules réputées toutes puissantes. De son passé alchimique, cette science a gardé la dimension ésotérique. Elle connote irrésistiblement des processus complexes et obscurs, une sorte de magie de la matière qui a le pouvoir de nous affecter.

Ainsi sommairement résumée, la situation semble pouvoir être analysée en termes d'incompréhension par le public. Et c'est ainsi que les compagnies industrielles, les sociétés savantes et associations professionnelles ont coutume d'affronter le problème. Les professionnels de la chimie, sûrs de leur bon droit et nostalgiques d'un âge d'or, ne cessent de déplorer l'attitude du public. Leur réflexe est de lancer à grands frais des campagnes de publicité destinées à « redorer leur blason » ou des entreprises de vulgarisation destinées à convaincre chacun de nous que **sans** la chimie, on croupirait dans la misère et la maladie. Servante industrielle, la chimie procure des engrais pour nourrir une population sans cesse en expansion, des vêtements légers, colorés et bon marché, des molécules merveilleuses pour soulager les maux et combattre les fléaux. Bref, on cherche par là à rétablir l'équation chimie = santé, prospérité, progrès, qui accompagna l'essor des produits synthétiques tout au long du XX^e siècle.

Chimistes en croisade

Il est bon, en effet, de rappeler que les produits chimiques ne se sont pas imposés d'eux-mêmes sur le marché. Si les colorants synthétiques ont évincé les colorants naturels comme la garance et l'indigo, si les matières plastiques ont remplacé les matériaux naturels comme le bois ou l'écaille, si les fibres synthétiques ont

supplanté le coton, la laine et la soie, ce n'est pas grâce à leur supériorité intrinsèque. L'essor des synthétiques est étroitement solidaire du développement de la publicité, des campagnes de marketing comme des campagnes de vulgarisation. C'est même le milieu des chimistes américains qui inspira la première association professionnelle de communication scientifique. En 1919, pour tenter d'effacer l'association de la chimie avec la mort issue de la participation des industries chimiques à la Première Guerre mondiale (avec les explosifs et les gaz de combat), l'American Chemical Society a créé la première agence de presse scientifique, le « News Service », pour informer le public des avancées de la chimie.

De leur côté, les industriels de la chimie se lancent dans une véritable « croisade » pour conquérir les faveurs du public [1]. Par exemple, le 15 mai 1940, pendant que les nations européennes sont plongées dans la guerre, les citoyens américains sont invités à s'extasier sur les prouesses de la chimie. Sur une grand-place est exposé le modèle géant d'une jambe de femme pesant deux tonnes et galbée dans un bas de nylon. Dès le lendemain, des milliers de femmes se précipitent dans les grands magasins pour acheter ces nouveautés qu'une habile publicité métamorphosa en symboles de modernité [2]. Or ces campagnes, qui évoquent l'« âge d'or » pour les industries chimiques, mobilisent le public comme une masse de consommateurs dociles et naïfs.

C'est ce même public supposé naïf qui semble aujourd'hui rejeter tout ce qui est chimique en l'assimilant hâtivement à tout ce qui est « non naturel ». Cette polarisation qui dresse face à face le chimique et le bio comme l'antinaturel et le naturel crée une situation singulière et assez paradoxale : comment une science de la Nature peut-elle devenir dans l'esprit du public l'ennemi, ou du moins l'opposé, de la Nature ? Dès lors, il semble logique que les chimistes déplorent l'ignorance et l'irrationalité du public en rappelant que « tout est chimique dans la Nature », y compris le vivant, et que la chimie ne peut donc être considérée comme non naturelle. Contre l'association de la Nature et de la pureté, ils ont beau jeu de rappeler que le pur s'obtient par chimie tandis que les produits naturels sont

toujours impurs, mélangés, et donc finalement moins fiables et potentiellement dangereux.

Mais ces arguments rationnels répétés à satiété ne peuvent rien contre les attitudes du public dans la mesure où ils ne s'attaquent pas à la racine du problème. Car les sciences en général, et la chimie en particulier, ne procèdent pas d'une « raison pure ». Elles participent d'une culture et d'une société dont dépend leur légitimité. Si la chimie a pu devenir un symbole de modernité, c'est parce qu'elle a diffusé en même temps que des denrées matérielles innombrables, des valeurs fortes et des modèles de civilisation. Le fameux slogan lancé par le géant de la chimie américaine Du Pont dans les années 1930 « *Better things, for better living through chemistry* » (de meilleurs produits, pour une meilleure vie par la chimie), escortant des affiches, des expositions et des campagnes de presse, a non seulement dénoué l'association de la chimie avec la mort, mais a aussi réussi à présenter la chimie comme un art de vivre. Un art de vivre qui revient plus ou moins à évaluer la position sociale d'un ménage par son taux de consommation et le degré de civilisation d'une nation par son produit national brut.

Les rapports actuels entre les chimistes et le public nécessitent donc plus qu'une nouvelle opération de communication faisant appel à des slogans et des images. Ils exigent de s'interroger sur qui est le public et en même temps de reconsidérer les pratiques de la chimie. « *Comment traiter le public ?* », cette question n'est pas séparable de cette autre question : « *Comment traiter la Nature ?* ».

Une culture du factice

Selon le philosophe des sciences François Dagognet, l'invasion des fibres synthétiques a « *définitivement coupé les liens qui nous reliaient encore à la terre, aux herbes et aux prés* ». Cela ne veut pas dire que la chimie aurait rompu avec un état de nature. Les fibres dites naturelles comme la laine ou la soie sont tout aussi factices au sens étymologique de « faites par l'Homme » ou manufacturées, parce que leur usage requiert un long processus d'élaboration et mille opérations complexes. La chimie a longtemps désigné ces arts qui, tels la verrerie, la teinturerie, le tannage... consistaient à transformer et apprêter des produits extraits de la Nature pour les faire servir aux usages des humains. Le travail de collecte des produits animaux et végétaux fut longtemps la base des arts chimiques. Le terme ammoniac garde la mémoire de ce temps puisque – à ce que l'on dit – il vient du temple d'Ammon où l'on s'approvisionnait en fiente de chameau (ou d'animaux herbivores se nourrissant de végétaux salés) que l'on faisait sécher au soleil du désert. Le sel ammoniac (chlorure d'ammonium) constituait un ingrédient essentiel des teintures, des traitements de surfaces métalliques, et contribuait également à la fabrication des médicaments. De même, les tissus étaient obtenus à partir de fibres végétales (coton, chanvre, lin) ou animales (soie, laine) et teintés à l'aide de colorants naturels empruntés aux trois règnes : minéral, végétal (garance, indigo) et animal (pourpre) [3]. Cette rapide évocation de la chimie dans une économie préindustrielle n'exprime pas une nostalgie de l'artisanat. Au contraire, elle vise à

souligner qu'avant même l'essor des produits de synthèse, la chimie fut toujours associée au factice. Mais c'est précisément pour cela qu'elle fut cultivée et promue sur la scène académique comme science utile au bien public. Au siècle des Lumières, alors que la soude ou l'alun factices commençaient à se substituer aux produits extraits de la Nature, les chimistes s'imposent comme personnages clés pour la prospérité économique des États. La chimie fut plus que jamais goûtée du public. A Paris, les cours de chimie, initialement destinés à la formation des apothicaires et médecins, attiraient une foule de curieux et de mondains. La chimie faisait partie de la sociabilité mondaine et de la culture de salon. Elle était pratiquée par une foule d'amateurs éclairés, par des « philosophes » comme Rousseau et Diderot et par des femmes, qui fabriquaient elles-mêmes les cosmétiques ou les produits d'entretien. Le factice fut toujours associé à la chimie et servit sa promotion. C'est comme culture de l'artifice que la chimie conquiert sa place et sa renommée dans notre civilisation. Tout au long de leur histoire, depuis les alchimistes médiévaux qui tentaient de fabriquer de l'or dans leurs laboratoires, les chimistes n'ont cessé de se battre pour la légitimité et la dignité des artifices. Aucune des sciences de la nature n'a autant œuvré pour la promotion et la valorisation des techniques. C'est sans doute la contribution majeure de la chimie à notre civilisation.

Mais cette promotion se paye au prix fort. Car l'artifice est une valeur extrêmement ambivalente : le factice évoque moins les exploits des techniques humaines que le faux, le frelaté. Pour donner aux artifices des lettres de noblesse, il ne fallut rien moins que transmuter les valeurs fondamentales associées à tout ce qui relève de la nature. On comprend mieux alors les « préjugés » dont les chimistes se disent victimes. Ils ont des racines culturelles profondes.

Chimique ou naturel ?

De plus, tous les artifices ne sont pas aussi acceptables. Il en est qui détruisent la Nature et semblent la mépriser. Au lieu de repousser avec mépris la disjonction courante entre chimique et naturel, cherchons à retrouver sur quoi elle se fonde. Les dégâts causés par les industries chimiques ne datent pas d'aujourd'hui, pas plus que les alarmes contre la pollution. On a singulièrement perdu la mémoire des âpres luttes que causa le développement de l'industrie chimique lourde au XIX^e siècle parce que ces controverses ne parvinrent pas à ébranler la robuste foi dans le progrès technique. On est même parvenu à faire du spectacle des gigantesques cheminées qui crachent des fumées noires un symbole de prospérité et une mesure du degré de civilisation



Un exemple de paysage industriel chimique : l'usine BASF de production d'acide acrylique (Freeport, Texas). ©BASF.

d'un pays. Cependant, n'oublions pas le choc que fut pour les habitants de certaines localités de Provence ou du Lancashire l'installation d'une soudière ou d'une fabrique d'ammoniac qui transformait soudain la campagne. Le rejet des fumées nauséabondes dans l'air s'accompagne paradoxalement d'une concentration de population toujours plus dense d'ouvriers, toujours plus malades ou souffreteux. N'oublions pas que la pollution des rivières fut la règle et non l'exception puisque les industries chimiques s'implantaient précisément à proximité des rivières pour rejeter leurs déchets.

Alors même que le chimiste devenait un professionnel de l'hygiène et de la sécurité alimentaire, alors même que la chimie s'imposait comme moteur du progrès de la pharmacie et des engrais artificiels dont on pouvait penser alors qu'ils résoudraient le problème de la faim dans le Monde, la chimie soulevait des clameurs d'indignation en Angleterre, comme sur les rives du Rhin ou celles du Rhône. Évidemment, les eaux jaunâtres ou verdâtres des fleuves perdaient un peu de leur couleur face aux juteux bénéfiques que permettait la fabrication en masse de nouveaux produits de synthèse. La puissance des entreprises chimiques, tout comme l'attitude ambivalente de la population locale qui devait son emploi et sa prospérité à l'usine qui l'employait, ont sans doute affaibli les alarmes. Nous connaissons toujours de tels conflits d'intérêts. Mais les mouvements de protestation ne peuvent être ignorés. En 1962, Rachel Carson, une scientifique américaine spécialiste de biologie marine, publie *Silent Spring*, une fable construite sur la vision d'une campagne bucolique dont la vie fut anéantie par l'usage du DDT. Plus d'insectes, plus d'oiseaux, plus d'harmonie. Le message est clair. La chimie tue, elle élimine toute trace de vie, parce qu'elle est en lutte contre la Nature, au lieu d'être à son écoute. L'ouvrage fit grand bruit et fonctionna si bien comme sonnette d'alarme qu'on le considère aujourd'hui comme l'origine de l'écologie environnementale. Cet épisode est important car il souligne la solidarité entre l'essor d'une pensée écologique et la diabolisation de la chimie. Le mécanisme de rejet se renforce quand le danger annoncé par Carson à propos des pesticides est étendu à l'ensemble de l'économie de consommation et de gaspillage des ressources, quand de la préservation de la vie sur Terre, on est passé à la préservation de la planète elle-même. Dès lors, la chimie, avec ses produits de grande consommation à base de pétrole, apparaît sous la figure du prédateur qui ne tient pas compte de la Nature. Le mouvement d'écologie industrielle instruisant le procès de l'économie « cow-boy » qui exploite les ressources sans égard pour ce qui reste derrière elle, cible précisément toutes les productions chimiques qui produisent en masse des produits éphémères, démultipliant les flux matériels et les prélèvements d'énergie comme de matière sur la planète. A force d'accumuler des produits et des déchets nettement visibles et partout présents, la chimie se trouve, à nouveau, responsable de méfaits sur l'environnement, et une nouvelle fois désignée comme ennemie de la nature.

On voit donc que la dichotomie « chimique ou naturel », avec toutes les connotations qu'elle véhicule – poison, souillure, nuisance et ravage – ne procède pas de l'ignorance ou de la crédulité d'un public ignare et assez ingrat pour rester aveugle à tout ce qu'il doit à la chimie. Elle repose sur un trait historique de l'industrie chimique, à savoir son développement dans le contexte d'une économie visant la production de masse et la société de consommation. Si l'administration massive de gaz ou pesticides associa

chimie à une puissance aveugle, brutale et stupide, si la consommation en masse de produits jetables associa la chimie à l'immoralité, aux notions de vanité, de superficialité et d'inauthenticité, alors, pour changer l'image de la chimie, n'est-il pas raisonnable de changer les pratiques de synthèse, de production et de commercialisation ? C'est moins la chimie elle-même qui est en cause que le système économique et social dans lequel elle s'est développée.

Le temps des croisades où les compagnies chimiques redoraient leurs blasons en finançant des campagnes publicitaires est donc révolu. La stratégie des chimistes honteux qui tentent de cacher sous des périphrases la réalité de leur production en éliminant le mot « chimique » de leur slogan parce qu'il semble maudit du public paraît tout aussi naïve. Elle revient toujours à traiter le public comme une masse de consommateurs crédules qui se laisse aisément duper. C'est dans un contexte historique et culturel global que l'on doit se demander comment réconcilier le public avec la chimie. On a quelque espoir alors de voir émerger une chimie plus respectueuse du public et de l'environnement. Alors les chimistes qui ont été depuis des siècles d'ardents défenseurs de la culture technique seront bien placés pour calmer les folles ambitions suscitées par de toutes nouvelles technologies, pour rappeler que tout artefact a une finalité, qu'il est fabriqué pour un but bien précis et non pas pour le plaisir de regarder en tremblant ce que fera un automate auto-reproducteur ou un clone humain. Forts de leur expérience séculaire dans la culture des artifices, instruits par quelques accidents et par les problèmes que suscite toute transgression de la frontière entre le naturel et l'artificiel, les chimistes ont acquis une sagesse, une culture humaniste de l'artifice qui doit aujourd'hui se faire entendre haut et fort.

Références

- [1] Rhees D.J., Corporate advertising, public relations and popular exhibits: the case of Du Pont, *Industrial Society and its Museums 1890-1990*, B. Schroeder-Gudehus (ed.), Harwood Academic Publishers, Londres, 1993, p. 67.
- [2] Handley S., *Nylon, The Story of a Fashion Revolution*, The Johns Hopkins University Press, Baltimore (MD), 1999.
- [3] Nieto-Galan A., *Colouring Textiles. A History of Natural Dyestuffs in Industrial Europe*, Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, Boston, 2001.

Pour en savoir plus

- Dagognet F., *Rematérialiser, Matières et matérialismes*, Vrin, Paris, 1985.
- Meikle J.L., *American Plastic. A Cultural History*, Rutgers University Press, New Brunswick, 1995.
- Bensaude-Vincent B., *Faut-il avoir peur de la chimie ?*, Collection Les empêcheurs de penser en rond, Seuil, Paris, à paraître en 2005.



Bernadette Bensaude-Vincent

est professeur d'histoire et de philosophie des sciences à l'Université Paris X-Nanterre*.

Ses ouvrages récents sont *La science contre l'opinion : histoire d'un divorce* (Seuil, Paris, 2003), *L'émergence d'une science des manuels. Les livres de chimie en France (1789-1852)* (ouvrage en collaboration avec A. Garcia

et J.R. Bertomeu, Éditions Archives contemporaines, 2003), *Cent mots pour commencer à penser les sciences* (I. Stengers coll., Seuil, Paris, 2003), *Se libérer de la matière ? Fantômes autour des nouvelles technologies* (INRA Éditions, Paris, 2004) et *Faut-il avoir peur de la chimie ?* (coll. Les empêcheurs de penser en rond, Seuil, Paris, à paraître).

* Courriel : bensaude@u-paris10.fr

Vulgariser la chimie, entre le savoir et l'imaginaire

Paul Caro

Résumé La vulgarisation de la chimie est une action sociale qui tient d'une part de l'idéologie et d'autre part, d'une pratique qui doit s'accommoder d'un usage adroit de la séduction en raison de la concurrence entre les sciences. La chimie a la réputation d'être une science très difficile et sa diffusion par l'éducation – formelle comme informelle – demande une stratégie spécifique.

Mots-clés Chimie, culture, économie, média, vulgarisation scientifique.

La chimie, science fermée

Le médecin Gabriel François Venel (1723-1775) dans l'article « Chymie » de la *Grande Encyclopédie* de Diderot et d'Alembert (Paris 1753, tome III, p. 409) a parfaitement défini le caractère fermé du savoir chimique :

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

Deux cent cinquante ans plus tard, « le grand peuple » est assez conscient de l'importance qu'a prise « l'industrie » de la chimie, mais pour le reste, « la langue, les lois, les mystères », il est tout aussi ignorant qu'au milieu du XVIII^e siècle. Venel avait conscience de l'obscurité des discours chimiques de l'époque et du manque général de clarté des conceptions des « savans » qui rendaient leur exposition au public extrêmement difficile, sauf sous la forme de recettes de métier dans lesquelles n'intervenait nulle « philosophie » naturelle. Il avait d'ailleurs un rêve, qui s'est réalisé avec Lavoisier, et qui a transformé la « chymie » en science structurée et logique. Il écrit assez prophétiquement :

« *Il est clair que la révolution qui placeroit la Chimie dans le rang qu'elle mérite, qui la mettroit au moins à côté de la Physique calculée ; que cette révolution, dis-je, ne peut être opérée que par un chimiste habile, enthousiaste, & hardi, qui se trouvant dans une position favorable, & profitant habilement de quelques circonstances heureuses, sauroit réveiller l'attention des savans, d'abord par une ostentation bruyante, par un ton décidé & affirmatif, & ensuite par des raisons, si ses premières armes avoient entamé le préjugé.* »

« L'ostentation bruyante » souhaitée est probablement le premier appel historique à une vigoureuse popularisation de la chimie, encore que le public visé reste celui des « savans ». Lavoisier a parfaitement réussi à imposer la chimie comme science parmi eux, encore que d'un point de vue de pouvoir académique, elle ait été toujours plus ou moins subordonnée à la physique...

La chimie, pierre angulaire du progrès

Les disciplines scientifiques formées à la fin du XVIII^e siècle et au début du XIX^e ont fait, depuis, l'objet d'un

enseignement et d'un perfectionnement systématiques qui ont contribué à la révolution industrielle, favorisé le progrès matériel et la santé publique et développé le pouvoir de l'humanité d'agir sur la « Nature ». Ce que la science et l'industrie ont essentiellement produit, ce sont des prothèses qui étendent les capacités du corps humain, lui fournissant des outils qui sont des extensions mécaniques visuelles ou auditives du corps. On peut très facilement construire un vibrant éloge de la chimie à partir de toutes les transformations du savoir théorique et pratique dont l'humanité a profité depuis l'époque de Venel. On peut tout aussi bien critiquer la science pour avoir transformé l'Homme et la Nature en les éloignant de plus en plus des conditions d'existence originelle, courant qui apparaît au moment même de la parution de la *Grande Encyclopédie*, avec Jean-Jacques Rousseau notamment.

Si la science affiche une vitrine triomphante où se rangent sagement les différentes disciplines, elle n'en reste pas moins une Tour de Babel dont les habitants ne se comprennent pas entre eux. Ce ne sont pas seulement les chimistes qui sont isolés des autres, comme le suggère Venel, car la discipline chimie a éclaté en de multiples spécialités qui sont autant de tours d'ivoire. Les chimistes s'ignorent les uns les autres à mesure qu'ils avancent plus loin dans leurs découvertes. L'encyclopédisme en chimie est une utopie. Les chimistes forment de petits groupes qui partagent un savoir impénétrable aux autres. Ils sont à peine mieux placés que le grand public pour comprendre les travaux faits par leurs collègues dans une spécialité qui leur est étrangère. Pourtant ils ont, en principe, l'avantage d'une langue originelle commune dont les bribes fournissent un cadre général qui permet de reconnaître un mot, une expression, un instrument. Par exemple, tous les chimistes connaissent le sens du mot « molécule » alors que moins de 20 % des gens dans la population générale ont une notion un peu précise de ce qu'elle peut être... Outre le vocabulaire, ce qui unit les chimistes, c'est l'usage de la vaste panoplie d'une instrumentation commune, de la chromatographie au synchrotron (voir figure 1). Les progrès en chimie se font souvent par l'importation de l'instrumentation d'une discipline dans une autre. Les instruments sont la voie royale d'accès au savoir et ils s'emploient dans une foule d'études très différentes. Ce sont eux qui permettent la découverte de phénomènes nouveaux, non imaginés.

Les études de chimie

Tous les chimistes ont suivi une formation qui a passé par l'enseignement secondaire avant les universités, les écoles,



Figure 1 - Vue aérienne de l'European Synchrotron radiation Facility (ESFR) de Grenoble. ©Studio de la Revirée.

les IUT, les formations spécialisées. Ils y ont appris cette « langue chimique commune » préalable à l'entrée en spécialités. Malheureusement, les programmes des lycées et collèges s'appuient sur les « détails », sans exposer les problèmes ou les « inventions » qui sont à la pointe des recherches contemporaines ou des réalisations actuelles de l'industrie. Ils sont construits sur l'exploitation de savoirs anciens, la plupart du temps au niveau des connaissances de la fin du XIX^e siècle. C'est un défaut permanent. On sait que l'enseignement français a eu du mal à admettre l'existence des atomes, enjeux d'un conflit idéologique au sein de la communauté scientifique (dans les années 1920, on n'enseignait pas la théorie atomique à l'École Normale par fidélité à la pensée de la poignée de puissants mandarins chimistes opposés aux atomes...). Presque chaque chimiste déplore l'absence dans les « programmes » de mentions de sa propre spécialité... Il faut donc admettre que l'enseignement ne contribue que très peu à la connaissance de la science contemporaine, et par conséquent à la diffusion d'une culture scientifique. Il fournit un cadre formatif à travers lequel on moule les bons esprits sur l'abstrait, au risque de provoquer la chute de l'intérêt des autres et de tuer l'imaginaire.

Actuellement, on s'efforce de rendre les curriculums plus acceptables en y incluant des composantes moins formelles comme les travaux d'intérêt personnel (IDD, TPE ou TIPE [1]). Un effort énorme est conduit par toutes sortes d'institutions publiques (musées, universités, académies, organismes de recherche) ou privées (associations) pour retenir l'attention des jeunes par une éducation scientifique informelle qui prend souvent des formes ludiques et dont l'un des objectifs est d'inciter les jeunes gens à s'inventer des rôles dans des métiers de chercheurs.

La part du culturel dans le développement économique

L'autre objectif est culturel : il s'agit par la vulgarisation de la science de conforter l'existence d'une opinion publique favorable à l'entreprise de développement scientifique et industriel. L'histoire montre que la révolution industrielle du XIX^e siècle n'a été possible en Europe que par le lent travail de promotion de la science auquel se sont livrés les

chercheurs depuis le milieu du XVII^e siècle par toutes sortes de moyens, du roman de science fiction aux discussions de café [2]. L'idée d'un progrès nécessaire, lancée par les encyclopédistes des Lumières, a été acceptée et confortée par l'opinion publique (surtout à l'époque du scientisme triomphant entre 1850 et 1895). Non sans résistances car en Europe (mais pas dans les Amériques ni en Asie), un courant contraire s'exprime depuis le Romantisme au nom de la défense de la « Nature » ou de la critique du « rationnel » [3].

Les deux formes de la vulgarisation de la science [4]

Pendant longtemps, la vulgarisation a été vue comme un complément de l'enseignement exprimant les choses dans un langage plus simple. Il s'agissait de combler un déficit de connaissances chez un public naturellement enclin à soutenir les sciences dans l'esprit du progrès et supposé « avide » de savoir. Les musées des sciences, l'une des premières formes urbaines inventées par la communauté scientifique pour faire connaître, aimer et apprécier ses travaux, ont été conçus initialement (Muséums d'Histoire Naturelle ou Conservatoires des Arts et Métiers) comme des lieux où les « merveilles » de la science et de la technique sont présentées pour éblouir et convaincre, et, accessoirement, pour être des supports d'apprentissage. Ils ont peu à peu formellement évolué vers une mission complémentaire de participation à l'éducation notamment par la présentation d'expériences (vocation initiale du Palais de la Découverte reproduisant les grandes expériences des cours de la Sorbonne, mais aussi « vitrine » d'une communauté de chercheurs professionnels naissante). Les grands musées se sont installés dans la réalité urbaine comme des monuments dédiés symboliquement au pouvoir de la Connaissance (une fonction de temple antique).

Plus récemment s'est imposée l'idée que la vulgarisation devait contribuer aux débats d'idées, à fournir des réponses aux questions, doutes et interrogations. Le musée peut alors être un lieu où scientifiques et public sont mis en contact pour un dialogue face à face, ou un lieu qui pratique une muséologie orientée vers les questions posées par les usages de la science et de la technique plus que par l'exposé du fond des connaissances exploitées par une application. C'est le cas par exemple aujourd'hui des présentations de la Cité des Sciences et de l'Industrie (figure 2) ou de la nouvelle aile du Science Museum de Londres. Il s'agit donc de mettre en scène le débat autour des sciences. Les « cafés des sciences », souvent organisés par la communauté scientifique, proposent des débats d'une manière tout à fait informelle dans des lieux « communs ». Dans une société vraiment démocratique, l'opinion doit pouvoir se former même si la base scientifique d'une question ne peut être comprise. Cette situation irrite souvent le milieu scientifique, soucieux que le jugement s'appuie sur l'exactitude logique. Or, c'est précisément une nécessité que nient depuis toujours les milieux qui s'opposent culturellement à l'approche scientifique expérimentale et rationnelle (voir l'opposition entre Goethe et les newtoniens sur la question des couleurs). L'ignorance générale des principes les plus élémentaires de la chimie rend le dialogue extrêmement difficile dans le cas où des questions de chimie sont impliquées. Par exemple, les notions de pureté, de dose, sont très difficilement comprises : on insiste sur le 0 % ou on oppose *naturel* à *artificiel*... La barrière est sociale et culturelle, elle incarne l'état d'esprit de Rousseau et de Goethe.



Figure 2 - La Cité des Sciences et de l'Industrie (Paris 19^e). ©Michel Lamoureux.

Le rôle des médias

Le vecteur le plus puissant et le plus efficace de vulgarisation scientifique est constitué par l'ensemble des médias. En Europe, 60 % des citoyens obtiennent leurs informations scientifiques par le biais de la télévision (mais 45 % de la population européenne déclare ne pas s'intéresser du tout à la science) [5]. De nombreux quotidiens, hebdomadaires ou mensuels ont des pages consacrées aux sciences. L'Internet devient un moyen d'information apprécié par ceux qui ont des questions spécifiques, par exemple en médecine. Mais les médias (et l'industrie du spectacle en général) posent des conditions : ils ne s'intéressent aux matières scientifiques que dans la mesure où elles peuvent permettre de composer un récit attractif capable de retenir l'attention des lecteurs. Il y a des règles pour la composition de tels récits qui, en général, font appel aux procédés littéraires mis en œuvre dans la littérature populaire et notamment dans les contes [6-7].

Les romans de science fiction (les voyages dans la Lune ou le Soleil) ont permis dès le milieu du XVII^e siècle de faire comprendre le système de Copernic [8]. Aujourd'hui, l'industrie du spectacle utilise largement des scénarios inspirés de travaux de laboratoire pour créer des œuvres de fiction grand public construites sur des bases scientifiques qu'elles contribuent à faire connaître [9]. Quand bien même d'ailleurs leur travail implique de considérables distorsions, comme par exemple les histoires de dinosaures, d'impact de la Terre par un astéroïde ou plus récemment les procédés nanotechnologiques (le roman « best seller » *La Proie* de Michael Crichton, oct. 2003). Il y a aussi des exemples de films utilisant la chimie comme ressort dramatique [10].

La chimie est un cas particulier à cause de ses personnages : les chimistes peuvent être de bons ou de mauvais héros, des étourdis, des apprentis sorciers... Idem pour les produits chimiques. La chimie est surtout exploitée par les bandes dessinées [11]. L'évolution du récit dépend souvent de l'exactitude du déchiffrement d'un grimoire (allusion à son langage complexe et réservé à une élite), une mauvaise lecture entraînant la faute qui permet de lancer l'histoire. L'autre grande action du chimiste est la possibilité de provoquer des

métamorphoses : les personnages sont changés en pierre, en animal, ou déplacés dans l'espace, voire le temps. Le secours vient du bon héros qui concocte dans son chaudron la potion magique permettant le retour à la normale. Explosion et chaudron traduisent la double action de la décomposition et de la synthèse qui permettent d'agir sur les choses. La chimie est un *pouvoir*, mais un pouvoir dangereux et un pouvoir secret qui n'est pas partagé par le plus grand nombre parce que pour l'acquérir, il faut *savoir*. Être capable de manipuler un savoir peu ordinaire confère du prestige (c'est ce que recherche l'apprenti sorcier). Il peut donc être souhaitable de devenir chimiste (voir à ce propos l'enquête de l'American Chemical Society en 2000 [12]).

Stratégies pour la vulgarisation de la chimie

Il y a eu beaucoup de débats, aux États-Unis en particulier, à propos des contenus à évoquer dans l'enseignement général [13]. On constate qu'il ne reste pratiquement rien dans l'esprit des gens des enseignements de chimie qu'ils ont suivis à l'école. Nous sommes donc en face d'un échec de l'enseignement dont il faudrait quand même tirer les conséquences. Que faut-il tenter de faire saisir d'essentiel ? Souvent, l'enseignement suit les lignes historiques de la découverte et commence par exemple par l'analyse de l'air et de l'eau. Évidemment, sur cette route, on n'arrive jamais au contemporain... Faut-il alors tenter de projeter directement le contemporain ? Faut-il tenter d'utiliser des concepts abstraits mais unificateurs comme par exemple l'association à chaque atome et à chaque molécule d'une série d'états excités sans l'existence desquels le monde ne serait pas perceptible ? Cela peut expliquer la transparence de l'eau comme la couleur des choses, l'existence de l'effet de serre et de bien d'autres affaires connues du public, des aurores boréales au laser et à la télévision.

Un autre exemple, presque tragique, est celui de l'échec de l'enseignement de la classification périodique des éléments, encore inconnue après plus d'un siècle. En tant qu'acteurs du monde matériel, les éléments sont peu connus, à l'exception de ceux qui ont une importance historique avec des noms qui diffèrent dans chaque langue comme l'or, l'argent, le fer, le plomb, le cuivre, l'étain... et de ceux qui sont connus à cause de leurs propriétés

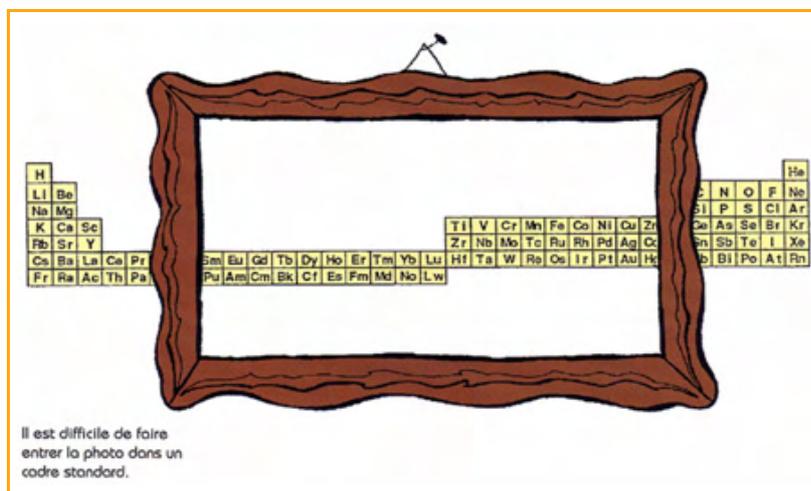


Figure 3 - Une idée pour justifier la forme de la classification périodique. Deferne J., *Le monde étrange des atomes*, La Nacelle, 1994. Illustration : Alain Gassener, DR.

physiologiques comme le calcium, le magnésium, le sodium ou l'oxygène... Or, on peut profiter de la « personnalité » affirmée des éléments pour présenter leurs propriétés et leur place dans notre vie quotidienne. On peut en faire un « jeu de cartes » ou un « jeu de rôles ». Il est vraiment regrettable que le silicium par exemple ne soit pas du tout connu alors que nous vivons dans « l'âge du silicium »... Sur ce point particulier, il faut remercier l'éducation scientifique informelle d'avoir tenté des efforts et inventé des outils didactiques [14-15].

Sans attendre que l'enseignement daigne modifier ses programmes, de tels sujets peuvent plus facilement être repris dans des actions de vulgarisation, appuyées par des institutions ou des associations désireuses de combler les déficits de connaissances des jeunes ou du public. Quelques uns des sujets abordés peuvent aussi bien servir d'éléments de base pour des débats (par exemple autour de l'effet de serre). A mon avis, il faut partir résolument de ce qui est important dans la connaissance contemporaine plutôt que de s'attacher aux prestigieuses vieilles lunes. On peut donner l'exemple du jeu de construction inventé par Jean-Marie Lehn à partir des structures supramoléculaires qui a eu beaucoup de succès (Moleko®, CNRS Éditions, 1998, voir figure 4).

Terminons avec Venel lorsqu'il souligne, dans la conclusion de son article « Chymie » de la *Grande Encyclopédie*,

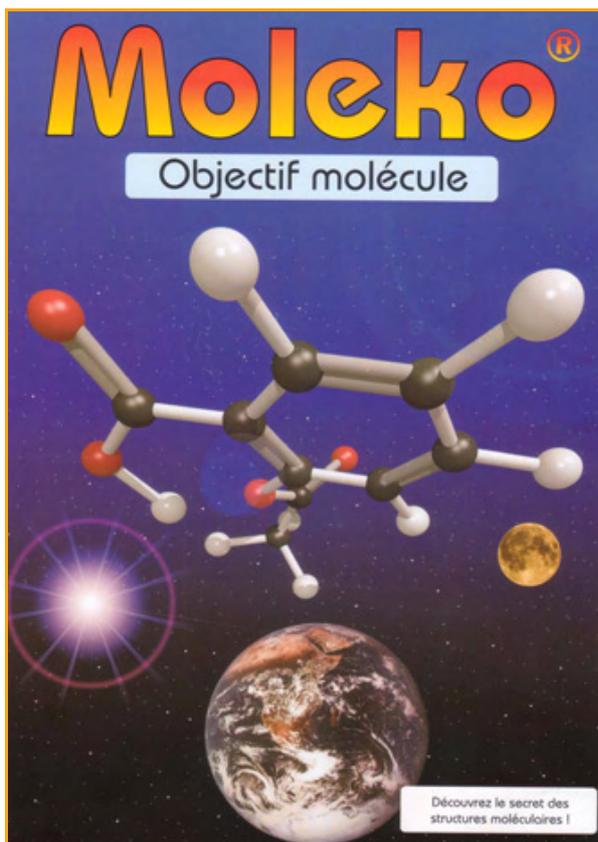


Figure 4 - Moleko® : la chimie, un jeu de société ! (Jean-Marie Lehn, CNRS Éditions, 1998).

le caractère romanesque et passionnel de la chimie et des chimistes :

« C'est la nécessité de toutes ces connaissances pratiques, les longueurs des expériences chimiques, l'assiduité du travail & de l'observation qu'elles exigent, les dépenses qu'elles occasionnent, les dangers auxquels elles exposent, l'acharnement même à ce genre d'occupation qu'on risque toujours de contracter, qui ont fait dire aux Chimistes les plus sensés, que le goût de la Chimie étoit une passion de fou. »

Notes et références

- [1] NDLR – IDE : Itinéraires De Découverte (collège), TPE : Travaux Personnels Encadrés (lycées) et TIPE : Travaux d'Initiative Personnelle Encadrés (classes préparatoires).
- [2] Mokyr J., *The Gifts of Athena*, Princeton University Press, 2002.
- [3] Voir le chapitre VI de la référence [2] : « The Political Economy of Knowledge: Innovation and Resistance in Economic History » p. 218-284, et aussi Hadot P., *Le Voile d'Isis*, Essai sur l'histoire de l'idée de Nature, Gallimard Essais, Paris, 2004, en particulier p. 150-164, « La critique de l'attitude prométhéenne ».
- [4] L'état de la vulgarisation des sciences en Europe est décrit dans deux rapports récemment produits par la DG Recherche à Bruxelles : *Benchmarking Report on Public Understanding of Science*, DG Research, Bruxelles 2002, et chapitre 7 « The cultural context of recruitment for research careers » du rapport *Europe needs more scientists* publié par la division Science Société de la DG Recherche à Bruxelles en novembre 2004. Le chapitre 2 de ce rapport contient des données quantitatives sur la désaffection des jeunes étudiants pour la science, en particulier la physique et la chimie.
- [5] *Eurobaromètre 55.2*, décembre 2001, DG Recherche, Bruxelles.
- [6] NDLR - Citons par exemple, dans le domaine de la chimie, les « contes scientifiques » des Atomes Crochus ou, dans le domaine des mathématiques, Smullyan R., *Les énigmes de Shéhérazade*, Flammarion, 1998.
- [7] Caro P., Science in the Media between Knowledge and Folklore, in *The Communication of Science to the Public, Science and the Media*, Fondazione Carlo Erba, Milano, 1996, p. 111-132 ; voir aussi Les procédés littéraires du récit dans la vulgarisation scientifique écrite et télévisée, in *Science en bibliothèque* (sous la direction de F. Agostini), Éditions du Cercle de la Librairie, Paris, 1994, p. 125-140.
- [8] Ross A.M.E., *Luminaries in the Natural World, The Sun and the Moon in England 1400-1720*, Peter Lang Publishing, New York, 2001.
- [9] NDLR – Un récent article de *Nature* (Knight J., Hollywood or bust, 12 août 2004, vol. 430) traite justement de cette question.
- [10] Wink D.J., Almost Like Weighing Someone's Soul, Chemistry in Contemporary Film, *Journal of Chemical Education*, avril 2001, 78, n° 4, p. 481.
- [11] Caro P., Faut-il psychanalyser la chimie ? Entre sorcières et fées : fantômes et mythes dans la représentation publique de la chimie, *L'Act. Chim.*, avril-mai 1995, p. 5.
- [12] Chapter 7, « Science and Technology; Public Attitudes and Public Understanding of Science », in *USA Indicators Report 2000*, NSF, Washington D.C., p. 7-29 et 7-30, 2002 (www.nsf.gov/sbe/srs/seind02/c7/c7s3.htm#perceptions).
- [13] National Research Council, *Inquiry and the National Science Education Standards. A Guide for Teaching and Learning*, National Academy Press, Washington D.C., 2000 (www.nap.edu/readingroom/books/nses/html).
- [14] NDLR – Nous ne pouvons résister au plaisir de citer ici l'ouvrage de Jacques Deferne (*Le monde étrange des atomes*, La Nacelle, 1994), illustré par Alain Gassener, qui nous sert de fil rouge tout au long de ce numéro et qui illustre parfaitement ce propos, comme en témoigne la figure 3.
- [15] STUniversity et CCSTI Grenoble, « Silicapolis », L'univers de la microélectronique, CD-Rom, STMicroelectronics et CCSTI Grenoble, 1998-2000.



Paul Caro

est directeur de recherche honoraire au CNRS.

* Courriel : 100530.2140@compuserve.com

Contribuer au partage de la culture scientifique...

Richard-Emmanuel Eastes

Résumé

L'implication du chercheur dans des actions de « médiation scientifique » comporte une véritable dimension culturelle, qui dépasse la simple reformulation de connaissances académiques. C'est pourquoi la vulgarisation scientifique ne s'improvise pas : comme l'enseignement, c'est un art qui nécessite travail et réflexion préalables, même si l'intuition et le « sens du public » y jouent un grand rôle. En retour, le partage de la culture scientifique est source d'apprentissages personnels et professionnels extrêmement fructueux pour le chercheur.

Mots-clés

Vulgarisation, médiation et partage de la culture scientifique, objectifs, moyens, réflexion, apprentissages, bénéfiques.

Quel scientifique épris de sa discipline n'a jamais éprouvé ce vif plaisir que procure la réponse à une question profane, qu'elle soit posée par un enfant, un ami curieux, un journaliste ou même un collègue spécialiste d'un autre champ de connaissances ?

En se risquant à cet exercice parfois périlleux qui consiste à simplifier une connaissance théorique sans la dénaturer, à compenser l'inutilité des concepts, trop éloignés du quotidien de l'interlocuteur [1], par des images et des métaphores, sans pour autant introduire d'idées fausses, à peser ses mots pour éviter les acronymes barbares, les « faux amis » et les termes hermétiques, le scientifique se fait en quelque sorte « médiateur » entre la science et la non-science, entre son monde à lui et les savoirs, les idées préconçues et les systèmes explicatifs préexistants [2] du néophyte.

Mis à part les activités d'enseignement et de formation, les voies de cette « médiation scientifique » sont tour à tour nommées « vulgarisation » ou « communication » scientifiques, « diffusion » ou « dissémination » des savoirs, « partage des connaissances », « diffusion de l'information scientifique et technique »... Qu'importe. Dans le cas du chercheur en prise avec un individu ou un public non scientifique, il s'agira simplement de partager une culture que l'on peut certes qualifier de « scientifique », mais qui relève bien de la culture universelle de notre civilisation actuelle ; de lever un instant le voile sur un monde perçu invariablement comme inaccessible et fascinant, voire parfois ésotérique et menaçant ; de donner, ne serait-ce qu'un instant, l'accès à ce qui constitue à la fois une démarche de pensée, un système de représentation et d'explicitation du monde [3], une somme de connaissances en perpétuelle réactualisation, une organisation internationale de personnes partageant les mêmes systèmes de pensée (la « communauté scientifique ») et une activité humaine source des innovations technologiques qui emplissent notre quotidien [4].

Mais que peut-on attendre de ce partage de la culture scientifique, pour le citoyen non scientifique et pour l'institution ? A quelles fins vulgariser sa discipline et quels moyens choisir pour y parvenir ? Cette pratique est-elle susceptible d'enrichir celui qui s'y essaye et dans quelle mesure ? C'est à ces trois questions que nous nous proposons de répondre dans cet article.

Les rôles de la médiation scientifique

Dépasser la simple

« transmission de connaissances »

D'un point de vue strictement éducatif, la médiation scientifique peut évidemment servir à la transmission des connaissances, que ce soit par la reformulation et la simplification des lois et théories, ou par la présentation d'informations scientifiques actualisées. Dans les activités expérimentales qu'elle est susceptible de mettre en œuvre, elle peut également proposer une initiation à la démarche scientifique et une formation à l'expérimentation, en créant une relation à l'objet, à l'expérience et au phénomène. Au-delà de l'expérience, la mise en évidence de la nécessité de recourir à l'abstraction pour décrire et expliciter certains phénomènes peut enfin permettre une initiation à la théorisation des phénomènes (par la justification de l'élaboration d'outils conceptuels et formels), à la modélisation (par l'introduction des notions d'approximation et de modèle) et à la simulation (par l'explicitation des modèles numériques et informatiques).

Pourtant, en limiter les rôles à ces aspects purement « scolaires » (dans le sens péjoratif du terme, qui existe malheureusement) serait extrêmement réducteur. D'aucuns pensent même que là ne réside pas (plus ?) l'essentiel des enjeux de la vulgarisation scientifique qui, dans le cas contraire, ne se différencierait pas réellement des activités de formation scientifique professionnelle. En effet, dans le cadre des activités ponctuelles de médiation scientifique, la focalisation sur les contenus académiques ne peut que limiter l'établissement de liens entre les connaissances disciplinaires et la mise en perspective du savoir (aspects historiques, épistémologiques, éthiques, pratiques...), cette lacune conduisant à l'acquisition de connaissances ponctuelles et désincarnées, difficiles à mobiliser plus tard, dans d'autres circonstances.

En outre, l'assimilation de concepts et de lois nécessite une lente maturation, une appropriation progressive des outils et modèles élaborés par les scientifiques, parfois au cours de siècles de tâtonnements et de perfectionnements, pour représenter l'univers. Dans le cadre d'une activité de vulgarisation et faute de disposer du temps nécessaire à

cette maturation, la tâche s'avère donc toujours utopique, bien qu'elle soit souvent privilégiée par les scientifiques vulgarisateurs.

Mais alors... qu'attendre de la médiation scientifique ?

Pour nous y retrouver, revenons un instant au titre de cet article... et réfléchissons à ce qui pourrait constituer les objectifs d'un « partage de la culture scientifique ».

Un rôle « éducatif »... au sens large

En premier lieu, et pour ne pas supprimer totalement le rapport du vulgarisateur au savoir académique, supposons que, plutôt que de se placer au niveau de l'acquisition des connaissances scientifiques, il tente simplement de stimuler la mobilisation et l'ajustement des connaissances préexistantes. En favorisant l'établissement de nouveaux liens entre ces savoirs préalables, en les mettant en perspective dans le cadre de questions touchant à la vie quotidienne ou aux débats science et société, il est ainsi susceptible de permettre la consolidation des savoirs individuels, tout en stimulant l'intérêt et la confiance en eux des interlocuteurs.

Par ailleurs, de par sa rigueur et sa pratique de la mesure, le chercheur peut contribuer à une certaine éducation à la « vérité » scientifique : formation au décodage et au tri de l'information, sensibilisation à la mesure et à la relativité des grandeurs... autant d'aptitudes qui deviennent de plus en plus nécessaires dans un monde où les informations sont non seulement omniprésentes, mais également souvent subjectives et contradictoires. Dans le même ordre d'idée, la médiation scientifique pourra même, sous ses formes les plus interactives, contribuer à une certaine « formation de l'esprit » en éveillant la curiosité et l'esprit d'observation, en développant le sens critique, les capacités de raisonnement et d'investigation.

Mais laissons-là ces aspects encore très didactiques pour approcher une dimension fondamentale de la médiation scientifique : le rapport à la science. Car c'est bien ce dont il s'agit lorsque nous parlons plus haut de « lever le voile sur un monde inaccessible et fascinant, voire parfois ésotérique et menaçant ».

Clarifier la « relation à la science »

Aussi le scientifique, en s'adressant à un public profane, devrait-il selon nous avoir comme principal objectif la clarification de la relation de ses interlocuteurs à la science : objectivation de l'image de la recherche et du chercheur, discussion des bénéfices et des effets pervers du progrès, enjeux éthiques et citoyens des recherches fondamentales et appliquées, enjeux sociaux et économiques des applications technologiques... Car ce sont ces questions qui véhiculent le plus d'interrogations, de craintes, voire d'idées préconçues auprès du « grand-public ». Mais si au contraire le scientifique choisit, par soucis de simplicité ou pour plus facilement susciter l'admiration, de se réfugier dans une présentation formelle et académique, il contribuera à isoler encore un peu plus le citoyen de la science et de la communauté scientifique, en se rendant lui-même inaccessible.

Or, la médiation scientifique est susceptible de relayer les médias, parfois même avec davantage de pertinence, pour traiter des questions d'éthique et de citoyenneté et pour faciliter les débats démocratiques liés aux problèmes de société. Et dans certains cas, au-delà de l'éthique et des rapports science-société, le partage de la culture scientifique pourra

encore revêtir un rôle métaphysique, en permettant la clarification des valeurs et la lutte contre les superstitions et les fanatismes. Face au déclin des religions, ce sera même, aux côtés de l'école, un autre de ses rôles fondamentaux.

Dans bien des circonstances pourtant, les fonctions de la médiation scientifique évoquées jusqu'ici pourront paraître encore un peu trop « sérieuses ». Celles d'une activité organisée pour des enfants, hors du temps scolaire par exemple, ne seront généralement pas de se substituer à l'école et les apprentissages n'en constitueront pas nécessairement les objectifs prioritaires. Et en effet, les formes actuelles de la vulgarisation scientifique tendent de plus en plus vers ce que l'on pourrait appeler la « mise en appétit de sciences », qui consiste simplement à stimuler l'imagination créatrice et le désir de comprendre, à transmettre la passion de la connaissance et le goût d'apprendre. L'école, justement, faisant le reste...

La mise en « appétit de science »

Car est-il possible de transmettre beaucoup plus que sa passion en une courte séance, souvent ponctuelle, d'interaction avec le public ? Et parvenir à mettre ce public en « appétit de science », n'est-ce pas déjà beaucoup ?

Dans ces cas-là, il ne s'agira plus alors ni de favoriser l'acquisition de savoirs, ni même de construire une réflexion sur la science, mais simplement de faciliter l'accès ultérieur du public à la connaissance, en lui montrant les voies possibles et en lui procurant la motivation nécessaire [5]. On pourra alors finalement considérer la vulgarisation scientifique comme un outil de familiarisation, d'incitation, de récréation et d'émerveillement.

La science, mise en scène comme objet de culture, pourra alors être utilisée à des fins ludiques et spectaculaires tout en donnant un accès à une certaine intelligibilité du monde : celle que les hommes que l'on nomme « scientifiques » ont construite au cours des siècles par l'observation raisonnée et l'invention d'outils conceptuels qui permettent en retour d'agir sur notre monde. Et dans certains cas, cette intelligibilité pourra même procurer des plaisirs nouveaux, tel celui que l'on ressent lorsque, levant les yeux au ciel par une nuit claire et sans lune, on parvient à distinguer l'étoile, la nébuleuse ou la planète que l'on a appris à reconnaître le jour même, lors d'une visite au planétarium de sa région.

N'éprouve-t-on pas une jouissance particulière à déguster un bon vin lorsque l'on parvient à en distinguer les arômes subtils et la provenance, après avoir appris à les reconnaître ? La capacité de pouvoir différencier les plantes, les coquillages, les oiseaux, les roches et les parfums lors d'une randonnée ne procure-t-elle pas une satisfaction supplémentaire, une véritable impression d'appartenance à l'Univers ? Hubert Reeves, dans la préface du livre de Bernard Pellequer *Petit guide du ciel* [6], écrit ainsi : « Reconnaître les étoiles, c'est à peu près aussi utile (ou inutile...) que de savoir nommer les fleurs sauvages dans les bois. [...] La vraie motivation est ailleurs. Elle est de l'ordre du plaisir. Le plaisir de transformer un monde inconnu et indifférent en un monde merveilleux et familier. Il s'agit d'« apprivoiser » le ciel, pour l'habiter et s'y sentir chez soi ». Aussi la vulgarisation scientifique prend-elle probablement son sens véritable dans ce pouvoir extraordinaire de transformer la vision en regard, l'ouïe en écoute, le goût et l'odorat en imprégnations et plus généralement, les perceptions en plaisirs.

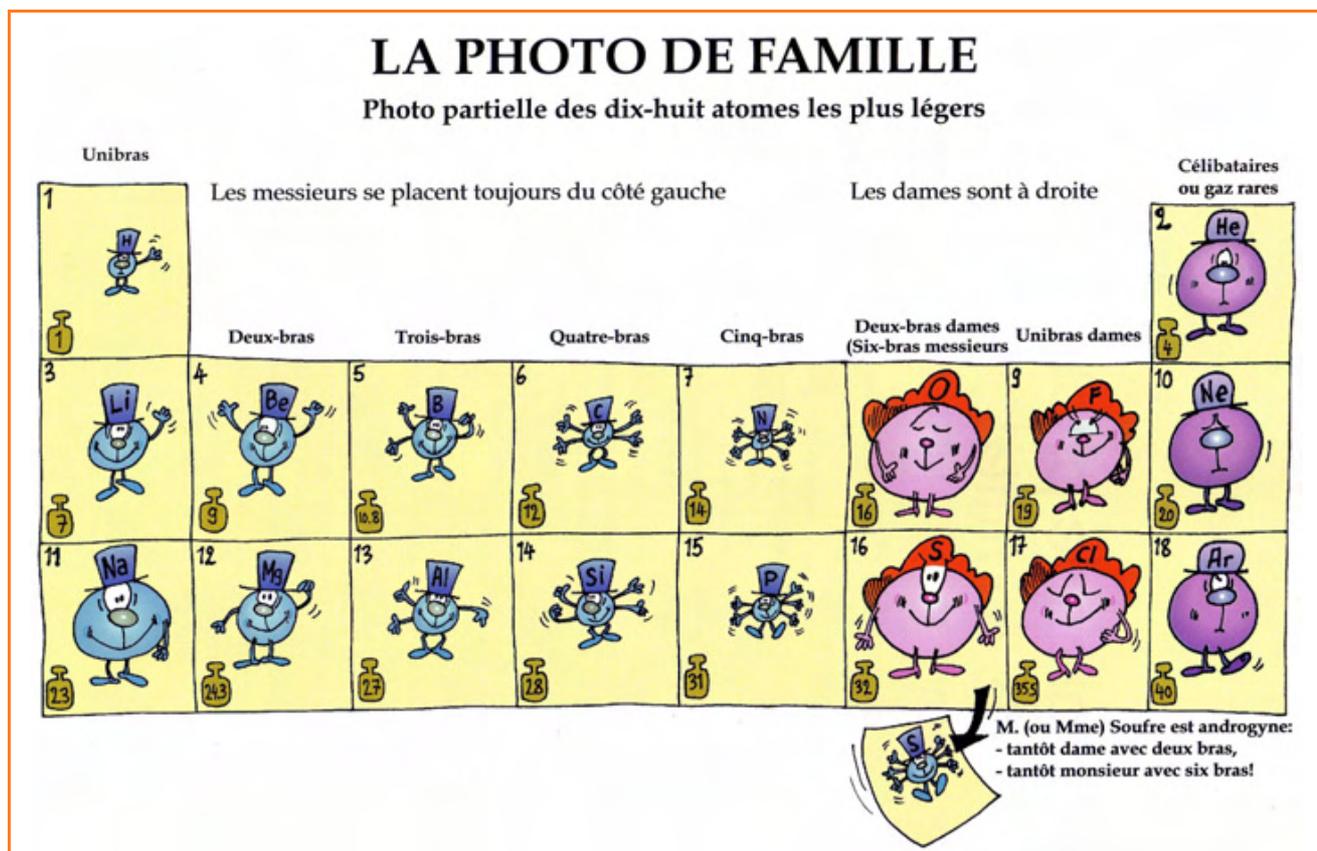


Figure 1 - Une initiation à la classification périodique... Exemple d'illustration ouvrant, par l'humour, des perspectives d'apprentissages ultérieurs. Deferne J., *Le monde étrange des atomes*, La Nacelle, 1994. Illustration : Alain Gassener, DR.

Ainsi, vulgariser pourra à la fois signifier transmettre des connaissances, susciter d'autres formes de raisonnement, éveiller la curiosité et le sens critique, donner un aperçu de la vie du scientifique, faciliter le débat démocratique sur des problèmes de société, instruire à la « complexité » et à la relativité de la « vérité scientifique », mettre en « appétit de savoirs », répondre à des interrogations éthiques ou métaphysiques, divertir, faire rire ou rêver... C'est pourquoi une réflexion préalable ne pourra qu'aider le scientifique à adapter au mieux son approche de la vulgarisation aux objectifs qu'il souhaite atteindre à travers le rapprochement, la « médiation », qu'il opère entre la science et le public.

L'art de la vulgarisation scientifique

Une attitude courante passe souvent par l'adoption d'un mode de vulgarisation « intuitif » [7] où, partant d'une formule conforme à sa personnalité et à ses convictions, à ses conceptions sur la science et le public, à ses connaissances et aux moyens dont il dispose, le scientifique élabore progressivement son discours, le confronte à différents publics et aboutit finalement à une formule qui « fonctionne ».

Si cette approche permet en effet de concevoir relativement facilement des activités de vulgarisation efficaces, il est toutefois bien difficile à ce stade de préciser en quoi, justement, la formule « fonctionne ». Bien souvent, l'activité élaborée intuitivement touche peu ou prou l'ensemble des multiples fonctions de la médiation

scientifique évoquées plus haut ; c'est pourquoi quel que soit le public, en effet, elle peut plaire. Pourtant, cette expression *a priori* de ce que le vulgarisateur croit intéresser son public, en des termes qui lui semblent à lui compréhensibles, risque de conduire à des présentations qui au bout du compte ne s'adressent plus à personne et qui, au-delà de leur aspect distrayant, manquent de pertinence.

Qu'est-ce que « vulgariser » ?

Pour mieux comprendre les difficultés que pose la pratique de la vulgarisation scientifique, fondons-nous sur la comparaison avec une autre forme de médiation scientifique, connue de tous dans la mesure où quiconque a grandi dans notre société a eu l'occasion de s'y confronter : l'enseignement des sciences. En effet, trois différences fondamentales distinguent *a priori* la vulgarisation scientifique de l'enseignement des sciences et déterminent à elles seules à la fois ses spécificités et les écueils auxquels se heurtent tous les scientifiques lorsqu'ils tentent de s'adresser à un public profane : le public, la nature de son implication et surtout, la durée de la relation qu'il est possible d'entretenir avec lui.

En premier lieu, si le public scolaire est toujours constitué d'élèves regroupés par tranches d'âges et par niveaux de connaissances similaires, le public du vulgarisateur est très souvent extrêmement hétérogène. Hétérogénéité des âges, des connaissances, des conceptions, des motivations et, plus généralement, des cadres de référence. Cette caractéristique fondamentale nécessite de porter une

attention extrême à la diversité des publics et ne permet pas de faire appel aux concepts scientifiques élaborés qui seraient considérés comme des prérequis dans une séquence d'enseignement portant sur le même sujet.

En deuxième lieu, si le public de l'enseignant est presque toujours totalement captif [8], ce n'est pas le cas de la majorité des situations de vulgarisation scientifique où, si le public est captif, c'est de toute façon par un choix délibéré de sa part. Qu'il s'agisse de l'article journalistique ou de l'animation expérimentale, cela impose par suite au vulgarisateur de s'attacher, plus encore que l'enseignant, à identifier les centres d'intérêt de ses interlocuteurs pour pouvoir véritablement y accrocher son discours, à susciter leur questionnement et stimuler leur curiosité pour ne pas perdre leur motivation et enfin, à adapter à tout moment la progression de ses propos à leur progression intellectuelle... sous peine de les voir passer à l'article suivant ou quitter la salle. En outre, contrairement à l'enseignant qui attendra de l'élève qu'il compense ce qu'il n'aura pas compris en classe par un travail personnel et bibliographique, le vulgarisateur ne pourra compter que sur la courte séance durant laquelle il établira le contact avec le public et il ne pourra pas se permettre de le « perdre en route ».

Ce point nous amène à la troisième grande différence entre vulgarisation scientifique et enseignement des sciences : le temps. En effet, compte tenu des circonstances dans lesquelles se déroulent les deux types de médiation, les fenêtres temporelles dont disposent respectivement le vulgarisateur et l'enseignant pour inscrire leurs séquences d'interaction avec le public ont des largeurs extrêmement différentes. Si l'enseignant dispose d'une durée de l'ordre de l'année pour apprendre à connaître ses élèves et leurs conceptions, instaurer avec eux une relation de confiance, les engager dans un projet pédagogique, le vulgarisateur ne dispose généralement que de quelques heures, au mieux, pour cerner son public et délivrer son message.

Une approche « pointilliste »

Ainsi, l'enseignant a la possibilité d'introduire graduellement les notions dont il a besoin au cours d'une progression



Figure 2 - Chimie... naissance d'une passion. Photographie : S. Querbes et les Atomes Crochus pour Lancôme International.

nourrie par l'assimilation permanente de nouveaux concepts et de nouvelles connaissances. Connaissant ses élèves et se fondant éventuellement sur leurs conceptions, il peut adopter une démarche arborescente et ciblée, posant consciemment des jalons pour construire les connaissances, telles des pierres que l'on poserait une à une et l'une derrière l'autre dans un ruisseau pour pouvoir le traverser. Par suite, chaque leçon nécessite des prérequis, un enchaînement de définitions, de mises en relation, une digestion lente des lois établies et de leurs conditions d'application, la prise de notes, un travail personnel subséquent... autant d'outils dont le vulgarisateur ne peut bénéficier.

Au contraire, ce dernier devra se contenter d'une approche pointilliste et ne pourra en général se fonder que sur un minimum de prérequis. Même s'il parvient à faire émerger les conceptions du public, il devra adapter son discours au plus grand nombre, posant inconsciemment ses jalons « un peu partout », non plus pour construire mais pour enrichir et relier les connaissances, comme on poserait de temps à autre une pierre dans un ruisseau, au hasard, dans l'espoir que grâce à celles qui s'y trouvent déjà, la traversée soit bientôt possible.

Conformément aux fonctions de la vulgarisation scientifique évoquées dans la première partie de l'article, cela se traduira essentiellement par des éclairages sur la science et ses enjeux, sur la recherche et ses applications, sur le progrès, ses effets pervers et la manière d'y remédier [9], sur les aspects éthiques et métaphysiques qu'elle permet d'aborder. Expositions, conférences, tables rondes, articles et, mieux encore, bars des sciences, seront les modes de vulgarisation scientifique privilégiés pour atteindre ces objectifs.

Les visites de laboratoires et autres portes ouvertes ou stands lors des festivals et fêtes de science, malgré tous les écueils qu'elles présentent en termes d'adaptation aux cadres de référence et aux préoccupations des visiteurs, pourront elles aussi jouer un rôle informatif très pertinent en permettant un accès à la science « en train de se faire ».

Le rôle « incitatif » de la vulgarisation scientifique pourra également s'exercer sans problème majeur dans les conditions qui sont celles de sa pratique, telles que nous les avons définies plus haut : expériences spectaculaires et contre-intuitives [10], défis expérimentaux, science et magie, science au quotidien, histoire des sciences, arts et sciences, anecdotes, humour, analogies et métaphores, utilisation de la publicité, de l'Internet, des médias... autant d'outils qui permettent à la fois de motiver, de donner du sens et de contextualiser les savoirs.

Dans les activités dites « interactives », c'est-à-dire laissant au public un espace d'expression ou d'expérimentation, une certaine « construction » de savoirs pourra même être entreprise, surtout si elle est individualisée et permet au vulgarisateur d'appuyer ses explications sur les conceptions de ses interlocuteurs [11]. Ce sont ces activités qui auront l'impact éducatif (au sens large défini plus haut) le plus fort et qui seront à l'origine des plus grandes motivations, étant celles qui permettent au participant de s'impliquer le plus largement.

L'apport de la didactique des sciences

Plus généralement, il est possible de transposer à la vulgarisation scientifique les résultats des recherches sur l'acte d'apprendre [12] qui mettent en évidence l'ensemble

des paramètres indispensables à l'acquisition de nouveaux savoirs [13].

Et en effet, les résultats de la didactique des sciences pourront enrichir la pratique du scientifique, professionnel de la science mais pas nécessairement de sa communication. C'est ainsi qu'il apprendra à connaître ses interlocuteurs, à identifier leurs cadres de référence et à faire émerger leurs conceptions. Il pourra ainsi adapter son vocabulaire et son niveau de conceptualisation, apprendre à éviter les acronymes et à reconnaître les « faux amis » [14]. Il comprendra que le passage de la réalité à l'abstraction suscite parfois d'énormes difficultés pour le non-scientifique, mal habitué à cet exercice pourtant familier pour le chercheur. Il acceptera peut-être de réduire l'importance qu'il accorde généralement à la précision des termes et des connaissances, lorsqu'il se rendra compte de leur relative inutilité auprès de publics qui souhaitent assimiler des savoirs simplement opératoires ou lorsqu'il comprendra qu'elles sont parfois source de confusions et de blocages, tout comme certaines analogies et métaphores, dont il percevra les limites.

Et c'est peut-être dans les livres de didactique des sciences qu'il trouvera une partie des réponses aux questions qu'il se pose au sujet des écueils qu'il rencontre dans sa pratique.

L'approche « phénoménologique »

Bien entendu, dans nombre de circonstances, le développement des aspects non académiques de la vulgarisation scientifique ne suffiront pas et le scientifique voudra « expliquer », soit parce que le public lui en fera la demande, soit parce que son intervention sera centrée sur telle connaissance, sur tel concept, sur telle théorie qui nécessiteront des développements abstraits. Cependant, à cause du peu de temps dont il disposera pour introduire les « prérequis » cités plus haut, il lui faudra trouver des solutions simples pour éviter les pièges du langage spécifique, de la formalisation et de l'abstraction, du temps d'assimilation des nouveaux concepts et des définitions. Dans la plupart des cas, il s'appuiera sur des images, métaphores et analogies, et tentera de décrire en les simplifiant, les modèles théoriques qu'il utilise lui-même pour décrire le monde. Toutefois, métaphores et simplifications présentent des risques importants et peuvent notamment conduire à l'introduction d'idées fausses ou procurer la fausse impression de comprendre.

C'est pourquoi les explications les plus accessibles et les moins dangereuses seront souvent celles qui suivent une approche dite « phénoménologique » (par opposition à l'approche « théorique »), où les concepts scientifiques et les modèles sont évacués au maximum et remplacés par l'observation et la description de phénomènes courants. Plutôt que de reformuler les lois et les théories en essayant d'introduire rapidement des concepts souvent inaccessibles, le vulgarisateur revisite les phénomènes grâce à l'emploi des mots et des concepts de tous les jours [15]. Fort de ses connaissances théoriques, il procède à une « dé-théorisation » de ses connaissances pour prodiguer un discours exempt d'autant de points de blocage et d'incompréhension.

Cette approche, telle que la pratiquait par exemple R. Feynman dans ses ouvrages de vulgarisation, nécessite certes une compréhension parfaite, presque une imprégnation, des phénomènes par le scientifique. Elle n'est en outre

ni prédictive, ni quantitative. Mais elle permet une réelle compréhension du public, au lieu de la transmission d'un « pseudo savoir » fondé sur la mémorisation de termes scientifiques ou de théorèmes désincarnés. Notons d'ailleurs que bien des sciences neuves emploient cette approche avant d'inventer les concepts qui leur permettront, plus tard, de formuler des lois ; de nos jours par exemple, la thermodynamique des tas de sable fait encore défaut en physique des milieux granulaires, ce qui empêche d'explicitier théoriquement l'expérience de la ségrégation des grains de tailles différentes [16].

Finalement, si la vulgarisation scientifique, tout comme l'enseignement d'ailleurs, nécessite sans aucun doute des qualités qui s'apparentent au don et au « sens du public », il est une réflexion et un travail auxquels le scientifique qui souhaite « aller plus loin » ne peut se soustraire. Ces trois ingrédients (don, réflexion, travail), ne peuvent par suite qu'induire la comparaison avec l'art, comme l'écrit F. Pellaud : « *Trouver des mots qui parlent sans déformer, des images qui permettent de visualiser sans masquer, des métaphores qui soient de véritables aides à penser, sans pour autant créer de trop grands blocages conceptuels, voilà où réside tout l'art du vulgarisateur.* »

Les bénéfices liés au partage de la culture scientifique

Après avoir abordé les différentes fonctions de la médiation scientifique, on peut s'interroger sur ce que le partage de la culture scientifique apporte non plus cette fois au public, à l'interlocuteur, au lecteur, mais au scientifique lui-même. Pour ce faire, nous nous appuyons sur les caractéristiques de la vulgarisation scientifique dégagées dans la partie précédente.

Apprendre à communiquer

En s'obligeant à connaître son public avant de s'adresser à lui, en adaptant son vocabulaire à d'autres cadres de référence, en s'habituant à écouter pour prendre connaissance des conceptions de ses interlocuteurs, en construisant son discours à partir de leurs réactions, en s'astreignant à formuler ses propos simplement, le scientifique qui décide de s'investir dans une activité de médiation scientifique apprend en premier lieu à communiquer. Il apprend à écouter pour mieux parler, il découvre qu'il existe d'autres formes de pensée que la sienne et apprend à les accepter. Mais plus important encore, il apprend à construire son discours non plus à partir de son propre point de vue et de ses conceptions sur « ce qu'il faut leur apprendre », mais à partir des conceptions de ses interlocuteurs, de leurs interrogations, de leurs centres d'intérêt et de leurs besoins.

S'il est enseignant, nul doute que ces apprentissages lui seront utiles dans la pratique de son activité. Mais dans tous les cas, il pourra en bénéficier sur de multiples plans, non seulement lorsqu'il s'adressera à ses collègues, mais également dans sa vie de tous les jours.

Se remettre en question

Mainte fois au cours de la confrontation avec le « grand public », le scientifique se verra soumettre des questions inédites et insolites, qui ne manqueront pas de le déstabiliser :

- *Est-ce que la chimie, c'est de la magie ?*

- Comment faudrait-il faire pour ne plus du tout polluer ?
- Pourquoi dans les thermomètres médicaux, le mercure ne redescend-il pas, contrairement aux autres thermomètres ?

Autant de questions qui le surprendront, soit parce qu'il n'y aura jamais été confronté au cours de ses études spécialisées (chimie et magie), soit parce que leur formulation même dénotera une mécompréhension des notions auxquelles elles font référence (pollution). Ces questions sont particulièrement fréquentes avec les enfants, qui s'interrogent sur des phénomènes que les adultes ont fini par considérer comme normaux et qui, par suite, ne suscitent plus leur curiosité (thermomètres).

Bien souvent, ces questions insolites surgiront de la rencontre entre les connaissances du scientifique et des cadres de référence très différents du sien. A ce titre, elles seront autant d'amarres à saisir pour engager le dialogue avec ceux qui les posent :

- Quelles relations établiriez-vous vous-même entre chimie et magie ?
- Quelle signification donnez-vous au verbe « polluer » ? Pensez-vous polluer l'atmosphère en expirant du dioxyde de carbone ?
- Avez-vous déjà comparé les diamètres des tubes des différents thermomètres que vous citez ? Et l'espacement des graduations ? Pourquoi ceux des thermomètres médicaux sont-ils si fins ?

Dans ces circonstances, le vulgarisateur sera souvent amené à se poser de nouvelles questions, voire à remettre en question ses propres systèmes explicatifs :

- Mais finalement, quelles sont les articulations entre chimie et magie ?
- Et que signifie réellement « polluer » ?
- Cette histoire de thermomètre... c'est incroyable ! Je ne l'avais jamais remarqué !

Tenu de s'exprimer avec des mots simples, il se rendra notamment compte qu'il ne sait expliquer certains phénomènes sans faire appel à tout un arsenal de concepts ou de théorèmes, dont les conditions d'applications sont régies par des règles très strictes et par suite... qu'il n'a pas vraiment compris. Quel physicien sait par exemple expliquer spontanément pourquoi une balle de ping-pong adopte une position d'équilibre stable dans le flux d'air vertical d'un sèche-cheveux (figure 3), sans faire appel au théorème de Bernoulli [17] ?

Mieux encore, en imaginant des expériences pour illustrer (*a priori* simplement) des phénomènes courants comme la solubilité du sel dans l'eau et la non-solubilité du poivre, il se trouvera parfois confronté à des situations extrêmement perturbantes, où le sel trouble l'eau à tel point qu'on ne sait plus s'il est dissout ou non, où le poivre non seulement colore l'eau mais en outre, se sépare en trois fractions qui respectivement coulent, surnagent et flottent entre deux eaux... Et c'est dans ces moments qu'il se rendra compte que la vision qu'il a de la réalité est parfois très idéalisée [18], soit parce que les expériences de démonstrations qu'il lui aura toujours été donné d'observer auront été soigneusement conçues pour illustrer un phénomène précis sans effets secondaires [19], soit parce que dans ses propres expériences de recherche, il aura toujours pris soin d'employer des substances purifiées et des matériels calibrés et standardisés.

Prendre du recul...

Mais le scientifique sera également parfois amené à présenter des connaissances ou des expériences inédites



Figure 3 - Exemple d'expérience contre-intuitive illustrant l'effet Venturi : la « lévitation » très stable d'une balle dans le flux d'air d'un sèche-cheveux.

Photographie : B. Pellequer pour *Les Atomes Crochus*, juillet 2001.

pour lui [20], auxquelles il prendra beaucoup de plaisir et desquelles il pourra apprendre beaucoup [21]. Il lui faudra en outre souvent effectuer de réelles recherches bibliographiques et conduire des réflexions élaborées lors de la préparation de ses séquences de vulgarisation.

C'est ainsi que le chercheur, sortant du strict cadre de ses recherches, s'adressant à un public profane, répondant à des questions portant sur la nature et les enjeux de ses recherches (« Mais alors en fait, ce que vous faites, ça va servir à quoi ? »), sera amené à prendre du recul sur ses propres activités, à replacer sa discipline dans un contexte élargi, à intégrer la science dans une problématique sociétale.

Il rencontrera d'autres systèmes explicatifs que les siens et apprendra à les respecter, puis à s'en enrichir. Incité à contextualiser ses connaissances livresques puis à les lier à la vie quotidienne et aux enjeux de société, il lui faudra en fournir des éclairages nouveaux sous des angles souvent multidisciplinaires qui éclaireront ses propres conceptions de la recherche.

Nul doute que dans ces conditions, la pratique du chercheur, comme celle de l'enseignant le cas échéant, bénéficiera largement des efforts qu'il lui faudra fournir en ce sens.

Conclusion

Ainsi, la médiation scientifique comporte une véritable dimension culturelle, qui dépasse la simple reformulation de connaissances académiques. Elle n'est pas qu'une affaire de transmission de contenus, comme on le croit souvent lorsque l'on s'y investit en tant que chercheur. Même si l'intuition et le « sens du public » y jouent un grand rôle, elle nécessite une réelle réflexion parallèle à sa pratique en vertu des multiples fonctions qu'elle peut revêtir et des nombreuses formes qu'elle peut prendre, ainsi qu'une recherche permanente d'adaptation aux publics rencontrés. Qui plus est, elle constitue une source d'apprentissages personnels et professionnels déterminants dans la vie d'un chercheur.

Ces sujets sont encore peu étudiés par les chercheurs en sciences de l'éducation et certains constituent les thèmes des recherches que nous menons au Laboratoire de didactique et épistémologie des sciences de l'Université de Genève [22]. Gageons que grâce à la demande croissante du public en matière de diffusion de l'information scientifique, ces thèmes seront amenés à se développer largement dans un proche avenir.

Notes et références

- [1] On parlera couramment de « cadre de référence » de l'interlocuteur, qui constitue le cadre de pensée et d'interprétation du monde qu'il s'est construit au cours de son vécu. Il est extrêmement dépendant du milieu familial et socioculturel dans lequel l'individu a grandi et conditionne la manière dont ce dernier reçoit, analyse et stocke les informations nouvelles.
- [2] On parlera généralement de ses « conceptions » : idées préconçues, images mentales, réseau sémantique, modes de raisonnement préexistants : autant de structures mentales à « déconstruire » et sur lesquelles il faut pourtant s'appuyer pour permettre l'appropriation d'un savoir plus élaboré. Voir Giordan A., Girault Y., Clément P., *Conceptions et connaissance*, Peter Lang, 1994.
- [3] Il est en effet possible de considérer la science comme un système de représentation du monde parmi d'autres, tels que ceux que proposent la philosophie, les arts ou les religions... fait que l'on oublie trop souvent dans nos sociétés technologiques.
- [4] Dans la suite du texte, nous emploierons indifféremment les termes de « partage de la culture scientifique », « médiation » et « vulgarisation » scientifiques. Le premier sera employé dans son sens le plus large (comme dans le titre de l'article), le second permettant d'insister sur le lien que le scientifique établit entre la science et le public, le troisième faisant plutôt référence à la pratique du scientifique face ou en relation avec un public.
- [5] Une telle approche est parfaitement illustrée par Alain Gassener dans le livre de Jacques Deferne (*Le monde étrange des atomes*, La Nacelle, 1994) qui nous sert de fil rouge tout au long de ce numéro (figure 1).
- [6] Pellequer B., *Petit guide du ciel*, Éditions du Seuil, 1990.
- [7] Dans un autre article, nous parlons à ce sujet de vulgarisation « à tâtons » : Eastes R.-E., De l'utilité de la reformulation du discours scientifique, *La Lettre des Sciences Chimiques du CNRS*, janvier 2002.
- [8] On définit généralement un public « captif » comme établissant une relation au savoir sous l'influence d'une certaine forme d'autorité, voire contre son gré, sans pouvoir ni s'en échapper, ni le remettre en question (le public scolaire est « captif » par excellence). Nous préférons à cette définition celle qui consiste à considérer qu'un public « captif » est un public qui n'a plus la possibilité de s'échapper du lieu où se déroule la séance de médiation, quand bien même il s'y est rendu délibérément : salle de classe certes, mais aussi salle de spectacle, salle de conférence, visite guidée d'un musée... La notion de « captivité » caractérise alors la situation instantanée vécue par le public, cette situation conditionnant directement sa relation au savoir proposé dans l'activité de médiation.
- [9] Remarquons à ce propos que les conditions dans lesquelles se déroulent les activités de vulgarisation scientifique légitiment *a posteriori* les fonctions que nous lui attribuons, qui dépassaient la simple « transmission » de connaissances académiques.
- [10] Eastes R.-E., Pellaud F., Un outil pour apprendre : l'expérience contre-intuitive, *Le Bup*, numéro spécial *Regards didactiques*, juillet-août-sept. 2004, 866, p. 1197.
- [11] C'est le cas des expériences proposées par Ebullisciences à Vaulx-en-Velin, des ateliers de l'association Graine de Chimiste, des animations de l'association Les Atomes Crochus (animations de vulgarisation scientifique et expériences spectaculaires, Paris, association loi 1901 ; <http://atomes.crochus.free.fr>) ou des rencontres de l'association 1, 2, 3 Sciences (Antony, 123-sciences@wanadoo.fr).
- [12] Voir notamment les recherches du Laboratoire de didactique et épistémologie des sciences, Université de Genève : Giordan A., de Vecchi G., *L'enseignement scientifique : comment faire pour que « ça marche » ?*, Z'édicions, Nice, 1994.
- [13] Nous considérons ce terme au sens large : savoirs-connaissances, savoirs-faire (démarches), savoirs-être (attitudes) et savoirs sur le savoir. Voir Giordan A., *Apprendre !*, Belin, 1998.
- [14] Pour le non-spécialiste, la « cellule » évoque par exemple plus un compartiment rigide et fermé qu'un organe déformable et perméable, siège d'échanges et de transformations multiples.
- [15] (a) Eastes R.-E., Pellaud F., Comment « déconceptualiser » les sciences ou les vertus de « l'approche phénoménologique », *Actes des XXV^e Journées Internationales sur la Communication, l'Éducation et la Culture Scientifiques et Industrielles*, A. Giordan, J.-L. Martinand, D. Raichvarg (éds), Chamonix-Mont-Blanc, 2003, p. 113 ; (b) Chanut E., Hvass-Faivre d'Arcier M., Mais comment tiennent-ils en l'air ?, *Actes des XXV^e Journées Internationales sur la Communication, l'Éducation et la Culture Scientifiques et Industrielles*, A. Giordan, J.-L. Martinand, D. Raichvarg (éds), Chamonix-Mont-Blanc, 2003, p. 145 ; (c) Bozzi P., *Fisica ingenua : studi di psicologia della percezione*, Garzanti, 1998 ; et articles cités dans ces trois références.
- [16] (a) Guyon E., Troadec J.-P., *Du sac de billes au tas de sable*, Éditions Odile Jacob, Paris, 1994 ; (b) Duran J., La physique du tas de sable, *Revue du Palais de la Découverte*, janvier 1995, 224 ; (c) Guyon E., Hulin J.-P., *Granites et fumées*, Éditions Odile Jacob, 1997.
- [17] Voir par exemple Kierlik E., Courty J.-M., Dépression sous la coque, *Pour la Science*, mars 2002, 293.
- [18] A ce sujet, évoquons encore l'exemple de cet étudiant de l'École normale supérieure qui, lors d'une séance d'accompagnement scientifique d'une institutrice, s'était rendu compte que l'eau qu'il croyait conductrice de l'électricité ne permettait pourtant pas à l'ampoule de s'allumer lorsqu'on intégrait un verre d'eau dans un circuit électrique alimenté par une pile.
- [19] Notons que ce travers apparaît essentiellement dans l'enseignement secondaire, notamment à cause de la spécificité et de la standardisation du matériel spécifique produit par les fournisseurs de matériel pédagogique. Dans l'enseignement primaire en revanche, la démarche proposée par *La Main à la Pâte* (<http://www.inrp.fr/lamap/>) tend à réduire ce problème.
- [20] Telle cette séance extraordinaire où nous avons pu observer un glaçon de mercure et vérifier qu'il ne flottait pas sur son liquide.
- [21] C'est ainsi que nous avons entendu Georges Charpak lui-même, observant des instituteurs étudier la période de pendules fabriqués à l'aide d'un boulon suspendu à une ficelle, s'interroger sur la difficulté qu'il y avait à distinguer les erreurs de mesure des écarts à l'idéalité fournie par le modèle descriptif du phénomène observé.
- [22] LDES, <http://www.unige.ch/fapse/SSE/teachers/giordan/LDES/>



Richard-Emmanuel Eastes

est membre du groupe Diffusion des Savoirs de l'ENS (Paris), président de l'association Les Atomes Crochus, directeur du Service des concours scientifiques inter-ENS* et chercheur au Laboratoire de didactique et d'épistémologie des sciences (Université de Genève).

* Service des concours inter-ENS, Bâtiment Laplace – ENS Cachan, 61 avenue du Président Wilson, 94235 Cachan Cedex.
Tél. : 01 47 40 74 30. Fax : 01 47 40 74 31.
Courriel : emmanuel.eastes@ens.fr
Les Atomes Crochus : <http://atomes.crochus.free.fr>
Page personnelle : <http://eastes.free.fr/reeastes.htm>

SFC Eurochem Nancy 2005
29 août-1^{er} septembre 2005

Prochain congrès de la Société Française de Chimie

Des sessions communes sont prévues avec :
la Société Française de Génie des Procédés (SFGP) et la Société Française de Métallurgie et de Matériaux (SF2M).

• Contact : Yves Fort.. Tél. : 03 83 68 47 81. Fax : 03 83 68 47 85. Courriel : Yves.Fort@sor.uhp-nancy.fr

Les apports de la didactique des sciences à la médiation scientifique

André Giordan

- Résumé** Quelles régularités peut-on repérer dans l'élaboration des savoirs, tant chez les jeunes que les moins jeunes ? Quelles contraintes s'exercent dans un processus d'enseignement scolaire ou, de façon générale, dans tout système de diffusion des connaissances ? Voici quelques-unes des questions qu'aborde la didactique. Mais les réponses qu'elle apporte ne concernent pas seulement le milieu scolaire. Elles sont valables pour toutes situations dans lesquelles un médiateur, qu'il soit enseignant ou vulgarisateur, tente de « faire passer » un message.
- Mots-clés** **Didactique des sciences, culture scientifique, gestion de la complexité, place des sciences dans et hors de l'école.**

L'appropriation de savoirs scientifiques et techniques est un facteur essentiel de la compétitivité économique et du rayonnement industriel d'une société, mais pas seulement... Le doublement des savoirs scientifiques en moins de dix ans et l'évolution très rapide des techniques tendent à déstabiliser nos valeurs éthiques et culturelles. Les nouveaux matériaux, le développement des technologies de communication et de traitement de l'information (télématique, informatique, robotique...), la maîtrise des biotechnologies sont en train de modifier nos modes de production et de consommation. Les nouveaux défis auxquels nous sommes confrontés (protection de la biosphère, nouvelles épidémies, mondialisation de l'économie...) réclament de nouveaux repères.

C'est dans ce contexte qu'il faut envisager un partage de la connaissance scientifique qui, par sa contribution à l'évolution de nos visions du monde, fait partie intégrante de notre culture. Appelée à jouer un rôle déterminant, elle devient une source d'invention et de créativité pour les prochaines années. Elle peut offrir à chaque individu, en plus du plaisir d'apprendre, les moyens d'une réflexion éclairée sur les enjeux technologiques et l'évolution sociale de demain. C'est de la démocratie même dont il s'agit. Aucune démocratie ne fonctionne véritablement tant qu'il n'existe pas de débat sur le type de développement souhaité.

L'école n'est plus l'unique lieu d'appropriation des connaissances

Cette transformation des relations science-société n'est pas seulement l'affaire des spécialistes. Elle devrait également – et essentiellement – passer par l'école. Malheureusement, lorsqu'on demande aux jeunes si les sciences les intéressent, ils répondent presque invariablement par la négative. Et de fait, il faut bien l'avouer, en Europe, l'élève est fréquemment dégoûté par les sciences, notamment dans l'enseignement secondaire. Cela n'a rien d'étonnant. Les choix pédagogiques actuels ont donné à cette approche un abord plutôt rébarbatif, nécessitant de la mémorisation, un vocabulaire abscons et moult formules mathématiques. Les programmes, les méthodes, les cours de sciences ne prennent pas en compte suffisamment le plaisir qu'a le jeune de découvrir et de comprendre. Les sciences font même peur,

voire créent un sentiment d'exclusion ; elles sont trop utilisées comme éléments de sélection.

Dès lors, cet enseignement rend impossible le projet de faire acquérir un optimum de culture scientifique au plus grand nombre. Bien plus, cet enseignement trop rapidement abstrait, notamment en chimie, et sans signification pour leur vie, menace la qualité de la culture à faire acquérir.

Face à cette situation, il est heureux de se rappeler que l'école, aujourd'hui, n'est plus l'unique lieu d'appropriation des connaissances. Les médias, et notamment la presse et la télévision, ont toute leur place, à condition que ces dernières ne se limitent plus à l'événementiel et au spectaculaire. Des musées, des cités des sciences, des centres dédiés à la culture scientifique et technique (les CCSTI par exemple) et de nouvelles associations de partage des savoirs ont été créés, qui ont aujourd'hui un rôle irremplaçable, au même titre que les cafés scientifiques et philosophiques, les conférences « grand public » et les festivals (tels que la *Fête de la Science*) ou les rencontres *Sciences et Citoyens* (du CNRS par exemple).

Ces moments de partage ne devraient pas avoir pour but de faire élaborer les connaissances. Leur challenge est avant tout de mettre les personnes en situation de s'interroger et de comprendre. Encore faut-il que les stratégies de médiation scientifique soient porteuses de sens, et pour cela, qu'elles partent des questions, des démarches des individus. Les interrogations du public ne sont pas des ignorances à combler, elles sont des passages obligés.

La didactique des sciences

Attardons-nous tout d'abord sur ce qu'est réellement la « didactique ». Il existe en premier lieu plusieurs branches de ce que l'on appelle la « didactique des disciplines ». Très souvent liée à une discipline particulière (on parlera de didactique des mathématiques, de la chimie ou du français...), chacune d'entre elles s'attache à l'étude spécifique d'un enseignement [1]. Mais pour notre part, nous préférons considérer la didactique au sens large, non pas comme « l'étude de la manière dont on enseigne » (l'enseignement), mais plutôt comme « l'étude de la manière dont on apprend » (l'*apprendre* [2]). Ce faisant, nous élargissons

notre vision de la discipline à l'ensemble des facteurs qui contribuent à faciliter l'accès aux savoirs de tous les « apprenants » [3], c'est-à-dire de toutes les personnes, adultes ou enfants, qui se trouvent confrontées à un savoir nouveau, que celui-ci leur soit proposé dans une situation d'enseignement ou de vulgarisation (voir *figure*).

A partir de cette définition, plusieurs questions se posent : Quelles régularités peut-on repérer dans l'élaboration des savoirs, tant chez les jeunes que les moins jeunes ? Quelles contraintes s'exercent dans un processus d'enseignement scolaire et, de façon générale, dans tout système de diffusion des connaissances ? Quels sont les choix possibles pour faciliter l'*apprendre*, le *comprendre*, la *mobilisation* des savoirs ? Quels sont les savoirs pertinents pour devenir « opérationnel » dans la société actuelle ? Voilà quelques-unes des questions pour lesquelles la didactique des sciences, branche récente de la recherche, a forgé problématiques, modèles explicatifs et méthodes originales.

Son objet : tenter d'objectiver dans la mesure du possible le processus de diffusion, et surtout d'appropriation des savoirs à l'école et hors de l'école. Née dans les années 1960 avec la didactique des mathématiques, la recherche en didactique a connu un fort développement à partir des années 70. Phénomène essentiellement francophone à l'origine, elle rencontre aujourd'hui un retentissement international. Des groupes de travaux, des instituts, puis des chaires ont été fondés dans plusieurs universités ; des enseignements ont été introduits dans des formations universitaires. Des journées d'étude, des colloques et des congrès internationaux, fréquentés par un nombre croissant de chercheurs et de formateurs d'enseignants, ont été institués. Quelques revues et autres publications diverses ont également vu le jour.

Avec le recul, on constate que ces préoccupations peuvent être regroupées en trois ensembles de questions :

1. Quoi enseigner et pourquoi ?
2. Comment enseigner ? Où ? Par qui ? Quand ? Avec quel coût (en personnel et en équipements) et quel rapport « qualité-prix » ?

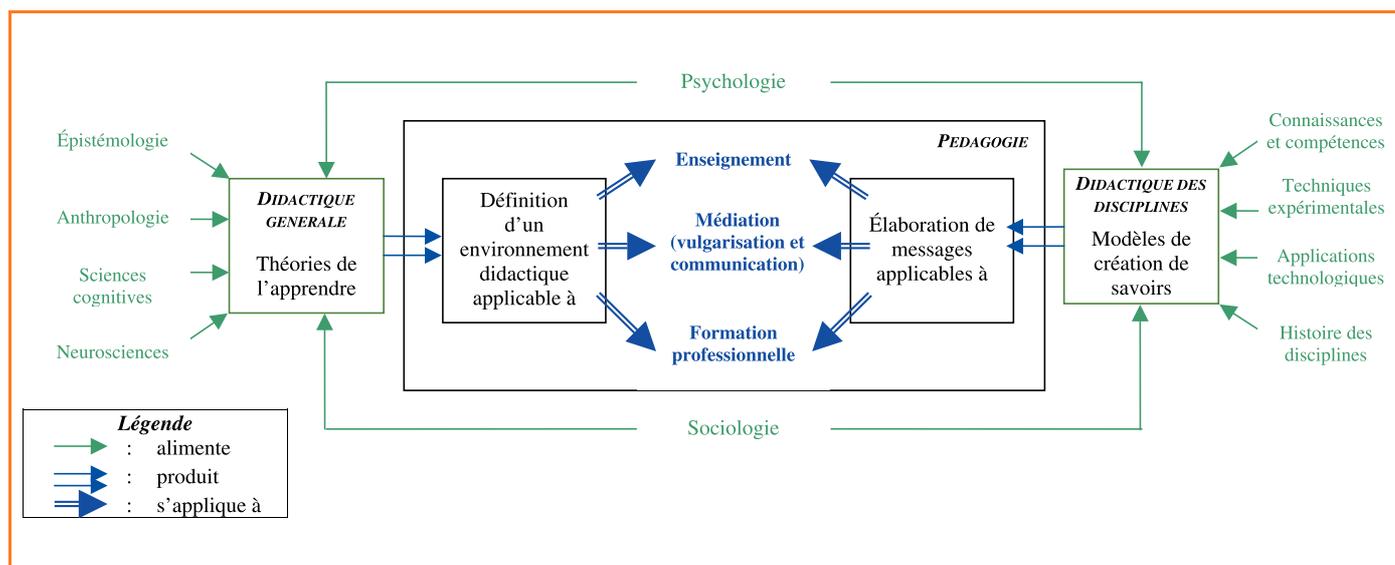
3. Comment mettre en place un changement institutionnel ? Quels investissements faire (outils, ressources, structures...) dans la formation des personnels ?

Les apports de la didactique à l'enseignement et à la médiation des sciences sont multiples. Ses principaux succès portent sur la connaissance de l'apprenant et sur les modèles de l'apprendre [4]. De plus, ses concepts reformulent nombre de questions éducatives, notamment les finalités et le fonctionnement habituel de l'école.

Apprendre...

La didactique des sciences a mis au jour le fait que l'élaboration d'une connaissance ou l'appropriation d'une compétence ne procède ni d'un modèle transmissif (le savoir ne peut se transmettre frontalement d'un enseignant à un apprenant), ni d'un modèle additif (une nouvelle notion ne s'additionne pas directement aux connaissances antérieures ; chaque notion nouvelle provoque une réorganisation de ces connaissances [5]). Ces constats remettent en question tout le fonctionnement de l'enseignement tel qu'il se pratique aujourd'hui et qui part de l'idée que l'individu construit son savoir, notamment par l'action. Si ce modèle – le constructivisme – permet d'appréhender une partie de la réalité de l'apprendre, il s'avère trop frustré pour en décrire sa complexité. Car l'apprenant apprend au travers de ce qu'il est et à partir de ce qu'il sait déjà. Ainsi, avant tout enseignement ou activité de médiation, ce dernier possède généralement un bagage conceptuel qui va déterminer en grande partie sa capacité à comprendre et à appréhender un savoir nouveau.

L'organisation de la pensée et l'apprentissage d'un savoir procèdent uniquement d'un processus mental de l'apprenant, où apprendre est autant évacuer des savoirs peu adéquats que s'en approprier d'autres. C'est le résultat d'une transformation multiple – transformation de questions, d'idées initiales, de façons de raisonner habituelles – dans lesquelles des activités de construction et de déconstruction interfèrent. Les activités de mise en réseau apparaissent prioritaires, de même que celles d'émergence de sens.



Les articulations de la didactique et de la pédagogie.

Didactique générale et didactiques des disciplines s'appuient respectivement sur les théories de l'apprendre et la création des savoirs à enseigner et médiatiser, qui en sont leurs pierres angulaires. Elles alimentent la pédagogie dans toutes les situations éducatives et culturelles (Eastes - Pellaud - Giordan, 2004).

Cette idée de transformation, connue sous le terme générique de *modèle allostérique de l'apprendre* [6], s'est ainsi peu à peu imposée. Ce modèle met l'accent sur les cheminements, sur les processus, sur les capacités de transférer une connaissance acquise dans une situation nouvelle, sur un certain degré d'autonomie face aux apprentissages. Un savoir ne se substitue aux présupposés de la personne que si cette dernière y trouve du sens et apprend à le mobiliser. Pour cela, elle doit se sentir concernée ou questionnée. Elle doit être confrontée à des situations qui l'interpellent, à des informations qui l'aident à penser, etc.

Les obstacles et les pièges de la médiation scientifique

Par ailleurs, les recherches en didactique ont contribué à poser la question de l'efficacité des méthodes utilisées par les différents types de médiation. Ainsi, des grilles d'analyse ont été produites pour établir l'efficacité des programmes et des pratiques en cours, analyser le statut et les finalités des actions entreprises, définir des objectifs réalistes en fonction des potentialités des élèves (niveau de formulation ou niveau d'exigence), identifier les stratégies pédagogiques ou médiatiques (situations, interventions et aides didactiques, etc.) adaptées à chaque « pool » d'objectifs, fabriquer des ressources pour l'évaluation (grille d'analyse élève, grille d'analyse stratégie, etc.), produire des outils pour la formation des enseignants et des médiateurs (grille d'analyse des conceptions [7], grille d'analyse des obstacles ou des objectifs-obstacle, etc.), veiller à la cohérence d'ensemble de la démarche. Ces évaluations ont grandement contribué à mettre en évidence les obstacles et les pièges de la médiation scientifique ; R.-E. Eastes a notamment identifié ces problèmes [8], dont les principaux sont liés :

- Au vocabulaire : notamment l'usage de mots courants réemployés par la science dans un tout autre sens, l'emploi de termes spécialisés et de détails non situés qui donnent une fausse impression de comprendre.
- Au cadre de référence : par exemple, l'existence de références décalées entre le scientifique et l'apprenant, pouvant conduire à l'utilisation de concepts, de modèles ou même de modes de raisonnement qui peuvent paraître ésotériques à un non « initié ».
- A la méconnaissance des mécanismes d'apprentissage : l'ignorance de la manière dont la structure mentale préexistante de l'apprenant peut rejeter les nouvelles informations, si elles ne sont pas adaptées à son propre système explicatif, ne permet qu'une transmission limitée des savoirs.
- Au passage à l'abstraction : une fois les formalismes et concepts introduits et assimilés, c'est la phase de leur utilisation qui pose des problèmes. Représentations iconiques, modèles, passage de la réalité au modèle, passage d'un modèle à l'autre : autant d'obstacles qu'il est important d'apprendre à identifier.
- A la focalisation sur les contenus et sur la précision scientifique : la présentation de contenus académiques constitue encore trop souvent un objectif prioritaire et des détails, importants du point de vue du scientifique, font souvent se « perdre » les apprenants.

La nécessité d'un projet culturel

Ce dernier point nous conduit à poser la question du *projet culturel* [9]. De quels savoirs, les personnes, et notamment les jeunes, doivent disposer pour vivre en tant qu'individus et

citoyens dans la société du XXI^e siècle ? La priorité n'est plus d'enseigner ou de médiatiser les sciences pour elles-mêmes mais d'introduire chez l'apprenant, au travers des sciences et des techniques, une disponibilité, une ouverture sur les savoirs, une curiosité d'aller vers ce qui n'est pas évident ou familier. Avant tout, il s'agit de former des citoyens aptes à débattre des enjeux sociaux, des esprits ouverts capables de s'interroger sur le monde ou sur eux-mêmes. S'approprier des démarches de pensée prend alors une place prépondérante.

Au travers des connaissances scientifiques et techniques, qu'il n'est pas pour autant question de « laisser tomber », la priorité n'est plus cependant de remplir l'esprit de détails inutiles. Quelques « grands » concepts peuvent servir d'organismes ou de régulateurs de la pensée. Ces bases doivent permettre de recouper les multiples informations de notre temps. Elles doivent également permettre de se repérer et de renouveler notre imaginaire.

Dans le même temps, un regard critique sur les savoirs que l'on « manipule » devient également une nécessité. Une réflexion sur la science, sur les liens entre savoirs scientifiques, culture et société, ou encore entre savoirs et valeurs est tout aussi importante que les savoirs eux-mêmes.

Notes et références

- [1] Pour une définition de la didactique des sciences, voir également Astolfi J.-P., Develay M., *La didactique des sciences*, Que sais-je ?, PUF, Paris, 1993.
- [2] Ce néologisme introduit par Giordan en 1998 (*Apprendre !*, Belin, 1998, nouvelle éd. 2002) est particulièrement utile pour rendre compte de la richesse du processus, qui dépasse la simple acquisition de connaissances : l'*apprendre* se réfère aussi bien à comprendre, tisser des liens entre ses connaissances et en mémoriser de nouvelles, qu'à découvrir, acquérir de l'expérience ou mobiliser son savoir. Au lecteur non habitué à l'utilisation de ce néologisme, rappelons que bien d'autres substantifs sont dérivés de verbes et en premier lieu... le « savoir » !
- [3] Ce terme générique est employé pour désigner aussi bien l'élève que le participant à une activité de vulgarisation scientifique (conférence, atelier, spectacle, musée...).
- [4] Pour une explicitation des différents modèles de l'apprendre, voir Pellaud F., Eastes R.-E., Giordan A., Des modèles pour comprendre l'apprendre : de l'empirisme au modèle allostérique, *Gymnasium Helveticum*, mai 2004.
- [5] Le thème du savoir en construction est également traité avec grande pertinence dans Barth B.-M., *Le savoir en construction*, Éditions Retz, Paris, 1993.
- [6] L'article de R.-E. Eastes et F. Pellaud, Un outil pour apprendre : l'expérience contre-intuitive, *Le Bup*, juillet-août-sept. 2004, 866 (numéro consacré en grande partie à la didactique des sciences), p. 1197, propose une version particulièrement adaptée au cadre de références des chimistes, puisqu'elle appuie le modèle allostérique de l'apprendre sur une analogie entre l'apprendre et la réactivité chimique. Pour une vue encore plus détaillée du modèle, consulter les références le site du LDES (<http://www.unige.ch/fapse/SSE/teachers/giordan/LDES/index.html>) et *Les origines du savoir* (Giordan A., De Vecchi G., Delachaux, Neuchâtel, 1987).
- [7] Véritables « briques » élémentaires, mobilisatrices de la pensée, les conceptions ne sont jamais évidentes et rarement exprimées de manière explicite. Tel l'iceberg repéré par la petite fraction qui affleure au-dessus de l'eau, elles ne sont révélées que par des gestes, des attitudes, l'expression de valeurs, de croyances ou de connaissances, au cours d'une interrogation, d'une discussion, d'un dessin, d'une expérience, etc. Consulter Giordan A., Girault Y., Clément P., *Conceptions et connaissance*, Peter Lang, 1994 et le site du LDES (<http://www.unige.ch/fapse/SSE/teachers/giordan/LDES/index.html>).
- [8] Consulter notamment Eastes R.-E., *Les pièges de l'accompagnement scientifique, propositions de « bonnes pratiques »*, Actes du colloque ASTEP (Accompagnements scientifique et technologique à l'école primaire), <http://www.ens.fr/astep/>, 2004.
- [9] Giordan A., Souchon C., Cantor M., *Évaluer pour innover*, Z'Éditions, 1994.



André Giordan

est professeur et directeur du Laboratoire de didactique et épistémologie des sciences à l'Université de Genève* (photographie : S. Giordan).

* LDES Uni Pignon, 40 bd du Pont d'Arve, CH-1211 Genève (Suisse).
Tél. : +41 (22) 379 96 18. Fax : +41 (22) 379 98 28.

Courriel : giordan@pse.unige.ch
<http://www.unige.ch/fapse/SSE/teachers/giordan/LDES/index.html>

Vulgariser la chimie : obstacles et solutions

Jean-François Le Maréchal, Caroline Joyce, Olivier Jean-Marie et Danielle Vincent

Résumé Le vulgarisateur, en s'adressant à un large public, peut ne pas s'apercevoir que son message reste incompris. Quels pièges doit-il éviter quand la communication met en jeu la chimie ? Des éléments de réponse sont fournis suite à une analyse des connaissances mises en jeu dans quelques exemples.

Mots-clés **Modèle, métaphore, didactique, obstacles, équivalence, vulgarisation, chimie.**

Introduction

La vulgarisation et l'enseignement de la science possèdent des différences et des points communs. Les différences proviennent essentiellement du caractère institutionnel de l'enseignement qui fixe des contraintes mais, dans les deux cas, une personne communique les éléments d'un savoir scientifique à un public qui construit de nouvelles connaissances. Il est donc intéressant d'analyser, du point de vue du savoir mis en jeu, les difficultés rencontrées pour ces deux activités de communication.

Enseignement et vulgarisation

En France, l'enseignement de la chimie est réservé aux étudiants scientifiques. L'enseignant sait ce que son public est censé connaître. Son discours s'appuie sur un corpus de connaissances de base pour en proposer de nouvelles, pas trop « éloignées ». L'enseignant se place ainsi dans ce que L.S. Vigotsky appelle la « zone proximale de développement » des étudiants [1] (voir *figure 1*). En revanche, dans le cas de la vulgarisation, à la radio ou à la

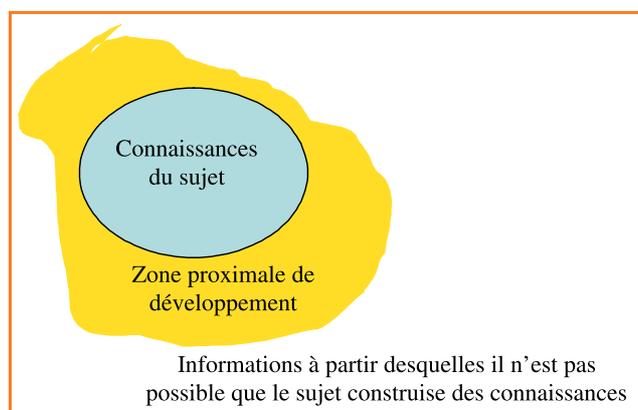


Figure 1 - Représentation de la notion de zone proximale de développement. Dans cette zone, on peut attayer le « chemin cognitif » qui permet, à partir des connaissances d'un sujet, de construire de nouvelles connaissances. Au delà, le chemin serait trop long et la construction impossible.

télévision, il faut intéresser un public dont les connaissances sont hétérogènes mais qui, comme les étudiants, ne peut s'intéresser au sujet vulgarisé que si les connaissances mises en jeu lui sont accessibles. La tentation de diminuer la difficulté de compréhension du discours doit se faire dans des conditions telles qu'à terme, il puisse encore être considéré comme relevant du domaine de la chimie.

Les connaissances constituant la chimie

En considérant que les modèles constituent l'un des principaux outils de développement de la connaissance scientifique, J. Gilbert estime qu'impliquer les étudiants dans des activités de modélisation doit être une part essentielle de l'enseignement [2]. En chimie, l'utilisation des modèles mettant en jeu la grandeur quantité de matière et la loi de la stœchiométrie est incontournable. Les chimistes fonctionnent au travers d'une reconstruction (et pas seulement d'une modélisation, même s'il y a des points communs) des systèmes qu'ils décrivent pour appréhender leur transformation. Par exemple, une allumette qui brûle n'est pas pour le chimiste un objet chaud, c'est de la cellulose qui réagit avec une partie de l'air qui l'entoure (l'oxygène) ; en fin de combustion, la cellulose n'existe plus ; du dioxyde de carbone et de l'eau ont été créés. De plus, pour communiquer, le chimiste a développé un langage symbolique dont il méconnaît la difficulté pour les novices.

La notion de reconstruction permet de considérer trois groupes de connaissances en chimie :

- les objets microscopiques : atomes, molécules, ions, etc.,
- les modèles empruntés à la physique, mettant en jeu des grandeurs, des lois et des théories,
- les transformations de la matière.

Pour articuler ces connaissances, les chimistes utilisent des représentations de différentes natures. Une notation symbolique permet de représenter les objets de la chimie en mettant en valeur certaines de leurs propriétés (charge, forme, arrangement spatial, etc.). Les modèles, empruntés à la physique, utilisent des représentations que l'on retrouve en mathématiques : calculs, graphes... Pour ce qui relève des transformations chimiques, les deux types de représentations précédentes sont utilisés.



Figure 2 - Les cruciverbistes connaissent bien les symboles. Deferne J., *Le monde étrange des atomes*, La Nacelle, 1994. Illustration : Alain Gassener, DR.

L'obstacle de la représentation symbolique

La notation symbolique utilisée en chimie n'est compréhensible que si les concepts représentés ont du sens. Si la notion d'élément chimique n'est pas connue, comment comprendre la différence entre CO_3^{2-} et Co^{32-} ? Si celle de charge n'est pas acquise, comment justifier que l'on ne peut « simplifier par deux » SO_4^{2-} pour obtenir SO_2^- ? Si celle de réaction chimique n'a jamais été abordée, comment faire admettre que $\text{H}^+ + \text{OH}^- \rightarrow \text{O}$ est une énormité ?

La chimie doit donc être vulgarisée sans utiliser de notations symboliques. C'est un effort qu'il faut consentir pour être compris par un large public.

Communiquer

Nous allons voir comment des opérations de communication de la chimie ont pu être réalisées, en évoquant successivement les cas où il s'agit essentiellement des objets de la chimie, puis des modèles physico-chimiques et enfin des transformations.

Les objets de la chimie

Décrire des objets de la chimie, pour vulgariser ou pour enseigner, consiste à évoquer une partie de leurs propriétés. La difficulté provient du fait que ces objets ne sont pas montrables. Ils ont été créés par la pensée scientifique pour rendre compte d'observations nombreuses et complexes. Comme l'indique H.-S. Lin, « *il a fallu 50 ans aux chimistes pour réaliser la distinction entre atomes et molécules, il n'est pas étonnant qu'en 50 minutes d'enseignement, les élèves éprouvent des difficultés à s'approprier le concept* » [3].

Il est possible de faire comprendre certaines propriétés plus facilement que d'autres et la vulgarisation scientifique

peut s'en nourrir. H. This prouve qu'on peut décrire les objets de la chimie aux enfants en proposant une description structurale des molécules, des protéines, des micelles, en évitant prudemment d'évoquer leur transformation chimique [4]. Il joue de la métaphore et communique les caractéristiques d'une notion difficile à conceptualiser, la *cible*, avec les mots d'une autre, familière, qui convoque des connaissances bien établies, la *source* [5].

H. This décrit par exemple la matière grasse ainsi : « *les molécules de matière grasse sont comme des peignes à trois dents. Le manche est une molécule qui se nomme le glycérol. [...] les dents, ce sont des molécules que l'on nomme des acides gras* » ([4], p. 42). La source (le peigne à trois dents) donne une image de la cible (la molécule de matière grasse). L'enfant peut se faire une idée d'une des propriétés de la matière grasse, la forme de la molécule correspondante.

En revanche, l'auteur évite de décrire des réactions chimiques. Il précise que la molécule de matière grasse est constituée d'une molécule de glycérol et de molécules d'acide gras, là où un chimiste dirait que la molécule correspondant à la matière grasse résulte de la réaction entre molécules de glycérol et d'acide gras. En décrivant la molécule de matière grasse comme la juxtaposition des molécules de glycérol et d'acide gras, le problème de la réaction chimique est éludé.

Les modèles physico-chimiques utilisés en chimie

Nous avons enseigné la chimie pendant plusieurs années à des étudiants de lettre et de sciences humaines de l'université Lyon 2 en nous interdisant d'utiliser les représentations symboliques et certains concepts reconnus difficiles, comme la grandeur quantité de matière ou la loi de la stœchiométrie. Nous avons reconsidéré l'enseignement traditionnel de la chimie qui commence par des notions fondamentales (atome, molécule, réaction chimique, etc.) et qui les développe en thèmes généraux.

Thèmes issus des problèmes de société

L'approche retenue, de type vulgarisation, a été de partir d'un fait de société concernant l'Homme et son environnement, et de le décrire avec le point de vue du chimiste. Dans le cadre d'un thème motivant – les problèmes que soulève l'usage du nucléaire, l'utilisation des matières plastiques, etc. –, il a été possible de mettre en jeu des connaissances scientifiques relevant de la modélisation : masse volumique, température, énergie... De nombreux faits d'actualité ont pu nourrir l'enseignement ; on peut hélas compter sur l'apparition régulière de marées noires, dégâts chimiques, pollution... D'autres drames écologiques rémanents comme les pluies acides permettent d'introduire des notions liées aux oxydes de soufre et d'azote, à leur acidité, etc. On a ainsi proposé à cette occasion des éléments de modélisation physico-chimique permettant des prévisions ou des interprétations (*tableau I*).

L'histoire des sciences

L'histoire des sciences a été utilisée de longue date dans l'enseignement scientifique. L.E. Klopfer et W.W. Cooley rapportent une expérimentation sur des milliers d'élèves de lycées montrant que leurs performances après enseignement sont aussi bonnes que celles d'élèves suivant un enseignement traditionnel [6].

Tableau I - Exemples de concepts utilisables en relation avec des thèmes concernant l'Homme et son environnement ou l'histoire des sciences.

*Abréviation utilisée en toxicologie pour désigner la dose entraînant la mort de 50 % de la population examinée.

Thèmes	Concepts abordés dans le cours
Naufrage du chimiquier <i>Levoli Sun</i> (2000) (voir <i>figure 2</i>) Naufrage de l' <i>Erika</i> (1999) Naufrage du <i>Prestige</i> (2002) Rupture d'une réserve de solution de cyanure de sodium et déversement jusque dans le Danube (2000) Explosion du nitrate d'ammonium, AZF (2001)	Solubilité, espèces ioniques et non ioniques, ions, cristaux, unité de solubilité, densité, point d'éclair, flamme, chaleur de vaporisation, chaleur de combustion, pression de vapeur saturante, modèle microscopique d'un gaz, limite d'inflammabilité.
Vie de Marie Curie (voir <i>figure 3</i>)	Stockage des produits chimiques, domestique ou de laboratoire, icônes de sécurité, toxicité, DL50*, influence du poids de la personne intoxiquée, extraction d'un minéral, toxicité aiguë, toxicité à long terme, cas des métaux lourds, valeur limite d'exposition. Élément chimique, principe d'isolement d'un élément chimique, réaction de précipitation, filtration, structure de l'atome, isotope, radioactivité, rayonnement α , β , n , X , chaîne radioactive, conservation et non-conservation des éléments chimiques, danger de la radioactivité, utilisation des radioéléments, électrolyse, étalon de radioactivité, purification, quantité d'électricité.

Cependant, dans notre cas, plus proche de la vulgarisation que de l'enseignement traditionnel, ce thème ne s'est pas révélé systématiquement intéressant. Développer les notions d'élément chimique et d'atome à travers les idées de la révolution Lavoisienne ou de l'histoire de Mendeleïev a dû être abandonné. La nécessité d'articuler simultanément trop de concepts éloigne de la zone proximale de développement notre public non scientifique qui se désintéresse alors du discours [1].

En revanche, introduire au moyen de la biographie de Marie Curie ce qu'il faut savoir pour comprendre les notions liées à la structure de l'atome, à la radioactivité, à la médecine nucléaire, etc. s'est révélé attractif. La personnalité de cette femme d'exception n'est probablement pas étrangère à l'intérêt porté à ce cours.

Le *tableau I* détaille des exemples de concepts dont on peut parler dans le cas particulier de quelques thèmes utilisés. Dans chaque cas, l'objectif n'était pas de traiter de façon approfondie le thème, ni même les concepts associés, mais d'utiliser les notions abordées dans un contexte spécifique.

Aspects généraux et spécifiques des concepts

Évidemment, l'abondance des concepts évoqués lors des cours n'a pas permis de les approfondir tous. Ils n'ont pas été définis dans un cadre général. En revanche, tous ont été utilisés et explicités dans le contexte spécifique du thème concret utilisé. C'est au travers de ces cas particuliers que

ces concepts ont trouvé du sens. Cette approche, souvent écartée par l'enseignement général qui s'attribue le rôle de formaliser le savoir, a permis de tenir un langage scientifique simplifié mais correct.

La réaction chimique

La difficulté de parler de réaction chimique est reconnue à cause des nombreux aspects (microscopiques, macroscopiques) indispensables à sa compréhension et de la variété des faits que ce concept unifie [7].

Nous avons expérimenté un nouvel enseignement de la réaction chimique en classe de première littéraire en respectant le programme officiel ainsi que les contraintes que nous nous étions fixées pour la vulgarisation, à savoir : pas d'utilisation de la notation symbolique, pas de grandeur quantité de matière, pas d'utilisation de la notion de stœchiométrie. Il s'est donc posé le problème de la modélisation des situations envisagées.

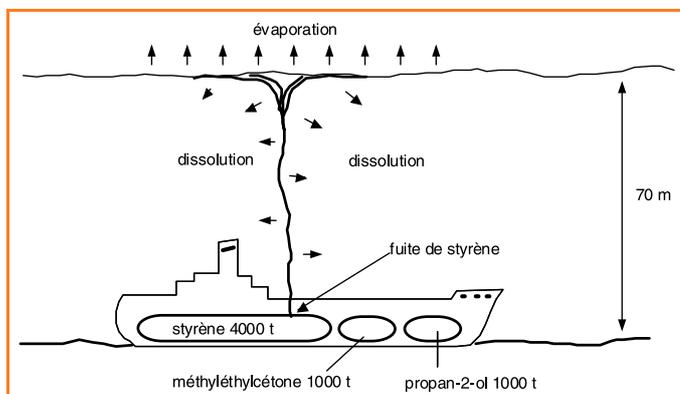


Figure 3 - Représentation approximativement à l'échelle du naufrage du chimiquier *Levoli Sun* en Manche le 11 octobre 2000 à 9 heures.



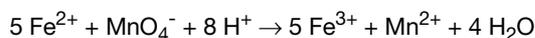
Figure 4 - Marie et Irène Curie : deux femmes, trois prix Nobel.



Figure 5 - Où sont les réactifs et les produits de la réaction ? Le chimiste et le non-chimiste ne « voient » pas la même chose.

Exemple de difficultés

Afin de comprendre les difficultés qu'il a fallu surmonter pour évoquer une réaction de titrage en dehors du cadre théorique habituel de la chimie, nous allons analyser les notions mises en jeu quand on parle d'équivalence. En l'absence de modèle scientifique, l'équivalence n'est qu'un moment particulier (le moment où la couleur de la solution change). Pour le chimiste, c'est bien plus : c'est l'état d'un système pour lequel des quantités de matière de certains des réactifs ont été introduites en proportions stœchiométriques. Le niveau de complexité devient immense pour le novice. Par exemple, dans un titrage représenté par :



- les grandeurs observables (volume, masse) ne permettent pas de comprendre l'expérience qui doit être traitée en termes de quantité de matière (mole), ce qui relève le niveau d'abstraction ;
- les quantités de matière de Fe^{2+} et de MnO_4^- ne sont pas égales, mais introduites en proportions stœchiométriques, ce qui nécessite de donner du sens à l'équation chimique : c'est un obstacle supplémentaire ;
- il ne s'agit pas de traiter tous les réactifs sur un pied d'égalité puisque H^+ n'est pas stœchiométrique mais en excès dans un tel titrage ; cela complique la formulation pour l'enseignement.

L'enjeu fut donc de pouvoir développer un contexte qui évite ces types de difficultés.

Modèle simplifié d'une réaction de titrage

Nous avons repensé la modélisation d'une réaction chimique de titrage en définissant en quelques phrases les concepts nécessaires à sa compréhension. Afin d'éviter d'évoquer la difficile notion d'équivalence, nous avons introduit la notion de « quantité équivalente ». *On appelle quantité équivalente d'un dosage la quantité de réactif 2 qu'il faut ajouter pour faire disparaître tout le réactif 1.* Dans cette définition, la quantité équivalente peut être une masse, un volume. Elle ne met en jeu ni la quantité de matière, ni la stœchiométrie et distingue trois cas pour la quantité de réactif 2 ajoutée :

- 1^{er} cas : sa quantité est la quantité équivalente ;

- 2^e cas : sa quantité est plus grande que la quantité équivalente ;
- 3^e cas : sa quantité est plus petite que la quantité équivalente.

Un tel modèle permet de considérer qu'un titrage est une réaction chimique, dépassant ainsi le niveau algorithmique scolaire qui consiste à appliquer une relation du type « $c_A V_A = c_B V_B$ ».

Le fonctionnement des élèves

Il est apparu que les élèves utilisaient effectivement le modèle simplifié de la réaction chimique qui leur était fourni. Ce n'est pas surprenant puisque dès le plus jeune âge, les enfants utilisent des modèles pour apprendre [8]. En leur absence, les élèves limitent leur description aux objets qui sont devant eux et ne donnent pas un sens scientifique aux expériences qu'ils réalisent. En revanche, grâce au modèle, certains objets manipulés acquièrent une fonction de réactif, de produit ou d'indicateur de la réaction chimique.

Du point de vue de la vulgarisation, on peut donc penser que le public auquel on s'adresse pourra tirer profit d'un outil théorique adapté à la fois à son niveau et à la situation en jeu. Cette approche diffère de celle qui interpréterait un phénomène en évoquant une métaphore qui peut être comprise au détriment du phénomène auquel elle se réfère, et qui peut ne pas être réutilisable dans d'autres contextes. En revanche, un modèle, au sens où nous l'avons utilisé, fixe son propre cadre d'utilisation en dehors duquel il n'est plus applicable. De plus, il permet de réfléchir sur la science avec un comportement scientifique, ce que n'autorise pas la métaphore. Bien que presque tout modèle possède une composante métaphorique, surtout en chimie [9], un modèle n'est pas qu'une métaphore ou une analogie, il possède aussi une dimension théorique qui le met en relation avec d'autres domaines de la science d'où il tire sa puissance.

Pour conclure

La vulgarisation de la chimie pose le problème de la simplification qui doit être suffisante pour que les propos tenus soient compréhensibles, sans être excessive pour rester dans le registre de cette discipline. L'analyse didactique de plusieurs situations d'enseignement impliquant des étudiants non scientifiques a permis de mettre en évidence trois types de difficultés, relatives : (1) aux objets mis en jeu en chimie (molécules, protéines, etc.), (2) aux modèles physico-chimiques nécessaires à la description des systèmes chimiques et (3) à la transformation de la matière. L'utilisation de modèles simplifiés, préférée à l'usage de métaphores, permet non seulement d'être compris, mais également de rester ancré plus fortement dans le discours scientifique. Une telle approche ne peut être confiée qu'à des communicateurs qui connaissent bien la chimie et qui ont fait un effort de réflexion suffisant pour utiliser des modèles simplifiés et compréhensibles, évitant ainsi l'usage de représentations symboliques, de la grandeur quantité de matière ou de la loi de la stœchiométrie.

Références

- [1] Vygotski L.S., Le problème de l'enseignement et du développement mental à l'âge scolaire, *Vygotski aujourd'hui*, B. Shneuwly, J.P. Bronckart (eds.), Delachaux & Niestlé, Paris, 1985/1933, p. 95.
- [2] Gilbert J. (eds.), *Models & Modelling in Science Education*, The Association for Science Education, Hatfield, UK, 1993.

- [3] Lin H.-S., The effectiveness of teaching chemistry through the history of science, *Journal of Chemical Education*, **1998**, *75*, p. 1326.
- [4] This H., *La casserole des enfants*, Belin, **1998**.
- [5] Gregory P.T., McRobbie C.J., Using a metaphor for learning to improve students' metacognition in the chemistry classroom, *Journal of Research in Science Teaching*, **2001**, *38*(2), p. 222.
- [6] Klopfer L.E., Cooley W.W., The history of science cases for high schools in the development of student understanding of sciences and scientists: a report on the HOCS instruction project, *Journal of Research in Science Teaching*, **1963**, *1*, p. 33.
- [7] Carretto J., Viovy R., Relevé de quelques obstacles épistémologiques dans l'apprentissage du concept de réaction chimique, *Aster*, **1994**, *18*, p. 11.
- [8] Gilbert J., Boulter C. (eds), *Developing Models in Science Education*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, **2000**.
- [9] Bhushan N., Rosenfeld S., Metaphorical Models in Chemistry, *Journal of Chemical Education*, **1995**, *72*(7), p. 578.

Pour en savoir plus

Le lecteur intéressé par la didactique de la chimie pourra également se référer aux deux articles suivants :

- Barlet R., L'espace épistémologique et didactique de la chimie, *L'Act. Chim.*, **4**, avril **1999**, p. 23.
- Dumon A., Laugier A., L'équation de réaction : approche historique et didactique de la modélisation de la transformation chimique, *Le Bup*, numéro spécial *Regards didactiques*, juillet-août-sept. **2004**, *866*, p. 1131.

Par ailleurs, sur le thème des modèles scientifiques et pédagogiques, on pourra également consulter :

- Giordan A., La modélisation dans l'enseignement et la vulgarisation des sciences, *Impact Science et Société*, **164**, p. 337.
- Muscarì P.G., The metaphor in science and in the science classroom, *Science Education*, **1988**, *72*(4), p. 423.



J.-F. Le Maréchal

Jean-François Le Maréchal

enseigne la chimie inorganique en tant que maître de conférence à l'École Normale Supérieure de Lyon et effectue de la recherche en didactique de la chimie au sein de l'UM ICAR (interaction, corpus, apprentissage, représentation) rattachée à l'université Lyon 2, au CNRS, à l'École normale supérieure de Lyon*, à l'École normale supérieure de Lettres et sciences humaines (ENS LSH, Lyon) et à l'Institut national de recherche pédagogique (INRP, Lyon).

Caroline Joyce

est professeur de sciences physiques et était étudiante du DEA Didactique et interactions de l'université Lyon 2, rattachée à l'UMR ICAR au moment de ce travail.



C. Joyce



O. Jean-Marie

Olivier Jean-Marie

est professeur au lycée Aragon de Givors. Il est responsable d'un groupe de travail au sein du projet de recherche et de développement SESAMES (Séquences d'Enseignement Scientifique : Activités de Modélisation, d'Évaluation, de Simulation) financé et soutenu par l'INRP.

Danielle Vincent

est professeur au lycée Albert Camus de Rillieux. Elle est membre d'un groupe de travail au sein du projet de recherche et de développement SESAMES financé et soutenu par l'INRP.



D. Vincent

* Courriel : lemarech@ens-lyon.fr

Des réponses simples aux questions compliquées...

Question posée au réseau de consultants de *La Main à la Pâte* par Lisa B. à Paris :

Qu'est-ce qui colle dans la colle ? Comment ça colle ?

Réponse de Martin Shanahan, consultant scientifique pour les Sciences de la matière

Ah là là ! Cette question est à la fois... simple et compliquée !

Essayons tout de même de rester simple et posons la question complémentaire : pourquoi la plupart des choses mises en contact ne collent-elles pas ? Quand vous posez une tasse sur une soucoupe sèche, par exemple, et que vous la reprenez ensuite, pourquoi la soucoupe ne vient-elle pas avec la tasse ? Ça ne colle pas !

La raison est simplement liée au fait que tasse et soucoupe sont plus ou moins... sales. De fines poussières, ou même de la vapeur de l'eau de l'atmosphère, se trouvent « dans le chemin ».

Vous pouvez tenter vous-même une expérience : prenez un morceau de ruban adhésif et collez-le à la fenêtre. Maintenant, décollez-le lentement. Vous ressentez une certaine résistance. Prenez-en un second morceau, saupoudrez-le légèrement de talc et essayez de le coller. Cette fois, la résistance au décollement est faible ! Voilà la clef du problème : la contamination. Donc si vous collez des choses, faites toujours attention à ce qu'elles soient bien propres avant ! Le bricoleur l'oublie souvent...

Deuxième problème : même si la tasse semble être bien en contact avec la soucoupe, en réalité, le vrai contact est faible au niveau microscopique. C'est un peu comme si l'on mettait une lime contre une autre : il y a beaucoup de « trous », sauf que, dans notre cas, ces trous sont très difficiles à voir, car très petits. Et si ça ne se touche pas beaucoup, ça ne colle pas beaucoup !

Je n'ai pas encore vraiment répondu à la question, sauf pour dire que la plupart des choses colleraient si elles le « pouvaient », mais que la contamination et la rugosité les empêchent. Car il existe en fait de très divers types de colles ! Contentons-nous des plus « simples ». D'abord, elles sont presque toutes plus ou moins liquides (ou plus ou moins molles). Ainsi, si la surface à coller est propre (1^{ère} condition !), la colle peut couler et établir un bon contact dans les creux et les aspérités de la surface (on dit qu'elle « mouille » la surface). Il en résulte un meilleur contact et dans certains cas, après « solidification » (perte de solvant ou réaction chimique ou refroidissement), la colle peut « s'accrocher » au solide.

Bien sûr, ce moyen « d'accrochage » est complémentaire à celui qui fait intervenir les forces interatomiques ou intermoléculaires (physiques et chimiques), un peu similaires aux forces qui empêchent la tasse de tomber en poudre toute seule. Je n'irai pas plus loin sur cet aspect.

Dernier point : du chewing-gum frais ne colle pas (il est dur et fragile), mais du chewing-gum fraîchement mâché colle. Pourquoi ? D'abord parce qu'il est mou et épouse bien la surface de contact. Ensuite, parce qu'il est extensible, un peu comme du caoutchouc : lorsque l'on tire dessus, il s'étend et « refuse » de se séparer de la surface.

Le collage est donc une combinaison de forces à la surface et une souplesse de la masse !

- Retrouvez toutes les questions des enseignants et toutes les réponses des scientifiques sur les pages du réseau de consultants scientifiques de La Main à la Pâte à l'adresse : <http://www.inrp.fr/lamap/>

« Vive la chimie, en particulier, et la connaissance en général ! »

Entretien avec Hervé This, par Francine Pellaud

Francine Pellaud :

M. This, vous êtes un chimiste connu et reconnu, vous êtes présent à tous les niveaux de la médiation scientifique, des revues et ouvrages de vulgarisation à la télévision, en passant par la scène lors de très nombreuses conférences « grand public ». Ce dernier s'enthousiasme pour votre manière de présenter la chimie, qui fait appel à un des aspects fondamentaux de notre culture et de notre vie de tous les jours et s'appuie sur d'étonnantes expériences culinaires.

Avez-vous eu des « modèles » qui auraient pu susciter chez vous cette envie de transmettre et forger votre manière de faire ? Vous êtes-vous inspiré de certaines pratiques en vigueur ?

Hervé This :

Comme beaucoup de mes collègues passionnés, j'ai été subjugué par des situations particulières et des personnages hors du commun. L'un de ceux-ci fut Faraday. L'histoire commence vers 1825, lorsque la *Royal Institution* est financièrement menacée. Son directeur, Michael Faraday, imagine alors des conférences scientifiques payantes, les *Friday Evening Lectures*, à l'attention du public industriel et mondain de Londres (voir figure 1). Comment capter et captiver ce public ? Faraday analyse les présentations de son prédécesseur, Humphry Davy, dont les conférences avaient attiré les foules et, son génie s'ajoutant aux idées de Davy, il dégage quelques règles pour présenter sous une forme vivante les résultats scientifiques les plus récents, souvent les siens d'ailleurs. Ainsi, celui qui avait manqué de pain quand son père maréchal-ferrant était mort dans la misère et qui, à force de rigueur morale, était devenu le plus grand physico-chimiste de l'histoire, devient-il en outre l'un des plus grands conférenciers de son temps.

Peu après, Faraday n'oublie pas son enfance misérable, et il introduit les *Christmas Lectures*, à l'attention des jeunes. Là encore, c'est un succès... qui ne s'est pas démenti jusqu'à aujourd'hui. L'une des séries expérimentales fait l'objet d'un livre : *The chemical history of a candle* (traduit sous le titre *Histoire d'une chandelle*). Dérivé d'une série de ces conférences de Noël, ce livre reste l'un des plus remarquables ouvrages de vulgarisation de la chimie.

Il est par suite intéressant d'analyser la manière dont Faraday s'y prenait pour présenter la chimie (et la physique !) dans ces circonstances variées et, en ce qui nous concerne, de se demander si les vecteurs de communication actuels ne nécessiteraient pas en outre de nouvelles compétences.

FP : Justement. Près de deux siècles nous séparent de Faraday et pourtant, on sent en vous la même ardeur, la même volonté de communiquer, de partager votre savoir avec le public. Les raisons qui vous poussent à agir ainsi sont-elles très différentes de celles qui, au-delà d'une certaine nécessité matérielle, poussaient Faraday à divulguer la science ?

HT : C'est une question importante et toujours d'actualité : pourquoi, aujourd'hui, devons-nous à notre tour communiquer la chimie, la faire aimer ?

Tout d'abord, nous avons une première responsabilité qui est de retransmettre, en l'enrichissant, le patrimoine intellectuel que nous avons reçu. Pour en revenir à Faraday, c'est grâce à un livre de vulgarisation de la chimie que cet apprenti relieur est devenu le physico-chimiste qui découvrit le benzène ou l'induction électromagnétique. D'autre part, si les budgets de la recherche ont été tant réduits, récemment,



Figure 1 - Michael Faraday (1791-1867) et l'une de ses conférences scientifiques londonniennes.

c'est que le gouvernement français a jugé, comme tout le pays qu'il représente, que la science est une sorte de floriture. Ce qu'elle n'est pas !

Force est de constater que la science est trop souvent vue comme une activité superflue. Pour un chauffeur de taxi parisien rencontré récemment, le prix Nobel était une vague récompense donnée à ceux qui se préoccupaient de la paix, non de la science. A l'école primaire, le mot « molécule » n'est pas prononcé, comme si Marcellin Berthelot exerçait encore son influence délétère. Et il n'est pas rare d'entendre des « intellectuels » se vanter d'être scientifiquement incultes... parce qu'ils seraient lettrés.

En ces « siècles de plomb où l'argent tient lieu de valeur morale », comme l'a écrit l'astrophysicien Jean-Claude Pecker, en ces temps où la culture se résume à du *panem et circenses* délivré par les chaînes de télévision nationales, la chimie est une « bonne monnaie chassée par la mauvaise », pour filer la comparaison financière.

Ceci d'autant plus que le public n'est pas opposé aux sciences... quand celles-ci lui sont montrées de façon plaisante : des années de réalisation de la revue de vulgarisation scientifique *Pour la Science* ou de l'émission scientifique *Archimède*, sur Arte, ont bien montré que le public n'a pas varié depuis Faraday ; il est reconnaissant qu'on lui explique des résultats récents des sciences. Mieux encore : sa reconnaissance est proportionnelle à l'effort qui a été fait pour mettre à sa portée les résultats scientifiques. Autrement dit, il apprécie davantage la présentation de concepts difficiles que d'idées simples. N'est-ce donc pas un devoir de ceux qui connaissent bien la science, parce qu'ils la pratiquent, d'aller la communiquer aux autres ? Ne pourrait-on imaginer que chaque chercheur passe un jour par an pour aller dans les écoles présenter la science aux jeunes ?

Cela est d'autant plus important que la chimie est aujourd'hui si répandue que les citoyens ne peuvent bien vivre sans un minimum de connaissances chimiques. Le conducteur de voiture doit savoir qu'il faut mettre de l'essence et de l'huile dans son véhicule ; l'utilisateur de détergents ou de solvants pour peinture doit connaître la nature des produits qu'il emploie. Mieux encore, le citoyen ne peut exercer son droit démocratique que s'il comprend les enjeux, souvent techniques, des questions qui se posent à la société dont il est membre.

Dans ce paragraphe consacré aux motivations des « communicateurs » de la chimie, je propose également une thèse : il n'existe pas de différence de nature entre une activité de vulgarisation (conférence, article, livre, émission de radio ou de télévision, site Internet, spectacle...) ou un cours à l'Université.

FP : Là, vous jouez la carte de la provocation, même si une telle déclaration rejoint les revendications de certains didacticiens des sciences ! Pourriez-vous nous dire ce qui, selon vous, rapproche l'enseignement de la vulgarisation ?

HT : Tout d'abord et paradoxalement, nous admettons assez bien qu'un article de revue s'apparente à une émission de radio, alors que nous rechignons à accepter que l'enseignement universitaire soit identique à de la vulgarisation scientifique. Pourtant, ne faut-il pas, dans les deux cas, présenter des connaissances sous une forme appétissante, comestible et digeste, sous peine de voir les étudiants délaissés les matières qui leur sont présentées, ne pas faire l'effort de travailler pour les faire leurs ? Aristophane

l'a écrit il y a deux mille ans : « *Enseigner, ce n'est pas emplir des cruches, mais allumer un brasier* ». Oui, l'enseignant a le devoir (obligation de moyens ou de résultats ?) de montrer aux étudiants que sa matière est remarquable, étonnante, passionnante... tout comme le vulgarisateur doit transmettre à ses interlocuteurs le plaisir de la connaissance. Dans les deux cas, il y a une sanction. Ne pourrait-on même considérer qu'une note médiocre donnée à un étudiant est une mauvaise note pour l'enseignant lui-même, qui n'a pas su, ou pu, « allumer le brasier » ?

Enfin, on disait de Louis Pasteur qu'il était un « éveilleur d'âmes ». Au-delà des motivations précédemment évoquées, ne pourrions-nous briguer – modestement – un rôle social analogue ? Il faudra alors craindre notre responsabilité : pouvons-nous endosser celle d'avoir donné à autrui une passion qui nous anime nous-même ? Pouvons-nous faire naître un brasier par des étincelles que nous avons jetées inconsidérément ? Ne devrions-nous pas plutôt contribuer à faire naître le feu propre à nos interlocuteurs ? Si oui, qui me dira comment s'y prendre ?

FP : Effectivement, l'idée d'allumer le feu de la passion pour les sciences plutôt que de se limiter à la simple transmission de connaissances est fondamentale. Mais n'y a-t-il pas un risque que l'émerveillement que peuvent susciter des expériences, qui s'apparentent parfois dans la tête des « spectateurs » à de la magie, n'apporte finalement aucune connaissance, aucune compréhension meilleure de ce qu'est réellement la science ? N'y a-t-il pas, pour vous, des « priorités » à suivre dans ce que l'on peut présenter au « grand public » ?

HT : En effet, la question de « quelles connaissances transmettre dans l'immensité des données chimiques ? » peut se poser. On pourrait répondre : celles que l'on aime, parce que ce sont celles que nous présenterons le mieux ! Étudiant, je me suis émerveillé pendant des heures à chauffer une solution de sulfure de plomb pour voir ensuite précipiter des plaquettes cristallines dorées dans une solution limpide : un peu comme lors de l'arrivée d'une fée dans les dessins animés. Vers la même époque, je ne me lassais pas d'approcher un trombone d'une goutte de mercure dans un verre de montre rempli d'une solution saline : la goutte se mettait à battre, tel un cœur. Le moi est haïssable ; si je narre ces anecdotes, c'est surtout pour dire



Figure 2 - Un cristal de sulfure de plomb, Muséum National d'Histoire Naturelle (Paris). ©Louis-Dominique Bayle.

que le plaisir est communicatif : ces deux expériences, comme bien d'autres, ont fait de superbes séquences pour l'émission *Archimède*.

D'autre part, la revue *Pour la Science*, où je me suis efforcé de publier au moins un article de chimie par mois, s'est donné à la suite de la revue *Scientific American*, la mission de communiquer « les moyens de la preuve », plutôt que des informations. La fusée Ariane a décollé ? Fort bien, mais nous ne sommes pas plus intelligents de le savoir. Ce qui nous enrichit, en revanche, c'est de savoir comment le carburant et le comburant ont été choisis, et comment on les a fait réagir.

Mieux encore, il vaut sans doute mieux s'adresser à Dieu qu'à ses saints : ce sont les chercheurs à l'origine des découvertes qui en montreront généralement le mieux l'intérêt, la puissance... à condition qu'ils le veuillent et qu'ils soient aidés à le faire. Les membres de la rédaction de la revue *Pour la Science* sont plutôt des éditeurs que des journalistes : ils doivent être des obstétriciens des concepts dégagés par les chercheurs qui écrivent les articles. Parfois, l'enfant naît seul, mais souvent, l'obstétricien n'est pas inutile.

Sommes-nous découvreurs nous-mêmes ? Nous devons alors faire l'effort de transmettre non le détail, qui ira grossir la masse d'informations inutiles dont nous sommes gavés, mais le concept dont la richesse transformera la vision du monde de nos interlocuteurs. Éveilleurs d'âmes... Sans oublier que s'intéresser à son public, c'est aussi chercher à savoir ce qu'il comprend de nos propos, comment il les interprète.

Pour terminer cette réflexion primordiale sur le « fond », nous ne devons pas être réducteurs et opposer esprit de finesse et esprit de géométrie : comme si une capacité en excluait une autre ! Le grand Antoine-Laurent de Lavoisier, dans l'introduction de son *Traité élémentaire de chimie*, a bien démonté les deux oppositions : « *L'impossibilité d'isoler la nomenclature de la science et la science de la nomenclature, tient à ce que toute science physique est nécessairement fondée sur trois choses : la série des faits qui constituent la science, les idées qui les rappellent, les mots qui les expriment [...]. Comme ce sont les mots qui conservent les idées et qui les transmettent, il en résulte qu'on ne peut perfectionner les langues sans perfectionner la science, ni la science sans le langage.* »

FP : En fait, pour vous, tous les sujets, toutes les recherches, tous les résultats sont susceptibles d'être présentés au « grand public », pour autant qu'ils le soient avec passion. Auriez-vous néanmoins des réserves à émettre quant à la forme que va prendre cette présentation ?

HT : En effet, pour un sujet transmis par un type de média, mille présentations possibles s'offrent. Laquelle choisir ? A ce stade, il faut parler d'art.

De même que l'écrivain doué pratique toutes les formes littéraires, pourquoi nous cantonner à une seule forme, surtout après l'exemple de Faraday ? Ce qui semble clair, à l'analyse, c'est que toutes les présentations doivent raconter une histoire, ce que Jean de la Fontaine disait ainsi : « *Si Peau d'Ane m'était contée, j'y prendrais un plaisir extrême.* »

Cette idée a atteint son apogée avec Vladimir Propp, qui a bien analysé que les contes populaires russes sont structurés par un système de parenthèses emboîtées. Le héros qui n'écrase pas le crapaud (en réalité, un magicien métamorphosé, ouverture d'une parenthèse) reçoit, plus loin dans le récit, une épée magique avec laquelle il vainc le

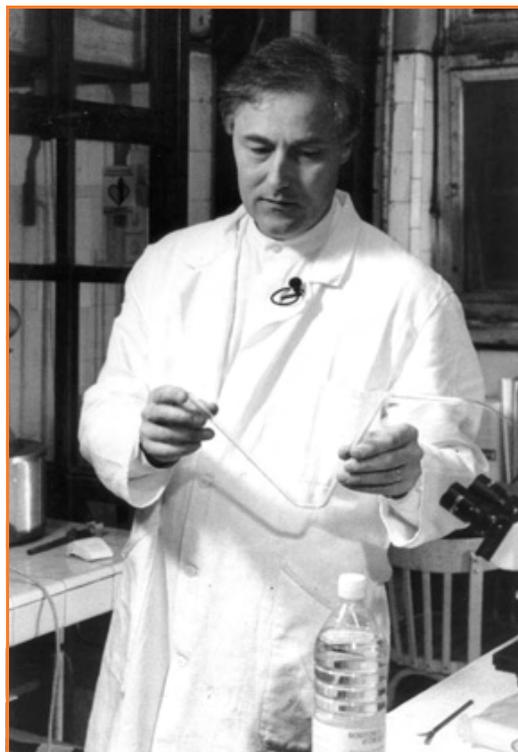


Figure 3 - Hervé This mesurant la pression dans une frite.
Photo : Jean-Pierre Martin. ©J.-P. Martin/Collège de France.

dragon (fermeture de la parenthèse). Cette idée a été décrite sous bien d'autres formes. Par exemple, conformément à l'idée selon laquelle tout ce qui est superflu dans un récit est gênant, des auteurs de romans policiers partent de la chute de l'histoire pour construire, par un jeu d'éléments indispensables, le reste du récit. C'est ce que l'on peut transcrire métaphoriquement en disant que l'auteur doit faire parcourir un chemin au lecteur (ou le communicateur au public) : on emprunte plus facilement le chemin si le but est clairement identifié (rôle de l'introduction) et si l'on évite de prendre trop de chemins de traverses, où l'on se perdrait.

Puisqu'il est ici question d'art, je ne saurais éviter de rappeler que le style de conférence pratiqué par Faraday était expérimental, tout comme l'étaient les cours de chimie d'antan. C'est une vieille forme pédagogique, vantée par le proverbe chinois : « *J'écoute, j'oublie ; je vois, je me souviens ; je fais, je comprends* ». Les « préparateurs » ont hélas disparu et nombre d'enseignants à l'Université se cantonnent souvent au tableau noir qui est fourni avec tous les amphithéâtres. Cette présence du tableau est une invitation à l'utiliser, ce qui détermine la pédagogie, au lieu de proposer à l'enseignant d'inventer la science. Aristote parlait en marchant : pourquoi ne ferions-nous pas de même ? Au moins, aucun étudiant/membre du public ne pourrait s'endormir !

Plus généralement, alors que les médias proposent des supports innombrables (sons, images immobiles, images animées, gestes, expériences, articles, livres, sites Internet...), pourquoi nous cantonner à ce lancinant tableau noir, parfois devenu blanc, dans un souci de modernité mal pensé ? Surtout lors de la présentation de matières abstraites, Faraday avait sans doute raison : vite, des expériences, encore des expériences, toujours des expériences.

A ce sujet, en supposant cette demande satisfaite, de nombreuses possibilités s'offrent encore. Certaines

expériences donnent à voir : elles sont les faits qui questionnent celui qui les regarde. D'autres expériences sont des activités scientifiques en modèle réduit, qui montrent l'observation d'un phénomène, une théorisation, une prévision fondée sur la théorie et le test expérimental de la prévision. D'autres, encore, englobent les expériences dans un cadre général. D'autres peuvent être des éléments de discours, à l'appui d'une assertion... Tout est possible, et bien rares sont les conférenciers qui peuvent se priver de l'expérience et rester excellents en projetant un de ces éternels fichiers PowerPoint à lettres blanches ou jaunes sur fond bleu (en littérature, on nommerait cela un cliché).

FP : Vous faites en quelque sorte l'apologie de l'expérience, ou du moins de la démonstration. Pourtant, bien des recherches en didactique vous le diront, voir, et même expérimenter soi-même n'est pas suffisant pour comprendre. Comment envisagez-vous le dépassement de cet obstacle ?

HT : En effet, une expérience n'est rien si elle n'est pas accompagnée d'un discours. Descendons alors dans le détail des mots. Lesquels choisir, en supposant que ce choix soit possible ? Observons tout d'abord, avec le physicien François Arago, que « *la clarté est la politesse de ceux qui s'expriment en public* ». Évidemment, tout est affaire d'appréciation du niveau de compréhension du public. Auquel argument Arago répondait par un indigne « test de l'imbécile » : entré dans la salle de conférence, il cherchait le représentant du public qui lui semblait le plus obtus, et il parlait pour celui-là, dans l'hypothèse que si le plus bête comprenait, le reste de l'auditoire suivrait nécessairement.

Cette idée n'est naturellement pas à la hauteur de l'esprit du grand physicien, mais n'aurions-nous pas raison de considérer que nous devons parler pour le maillon le plus faible ? Si l'exposé est suffisamment original ou charmant, même ceux qui connaissent pourront y prendre plaisir. D'ailleurs, qui pourrait se lasser de contempler la cristallisation du sulfure de plomb ou l'explosion du nitrate d'iode ? C'est en tout cas ce qu'a testé, et assez bien réussi, Stephen Jay Gould dans ses chroniques régulières sur la théorie de l'évolution. C'est ce que réussissait parfaitement Faraday. Par exemple, dans l'usage classique qu'il faisait du canon de fusil chauffé au rouge, pour la décomposition de l'eau, il n'utilisait pas le canon de fusil pour lui-même, comme l'avait fait initialement Lavoisier : il y introduisait de la limaille de fer qui, divisée, agissait plus efficacement ; détail expérimental subtil qui échappait à la *juvénile audience* qui était visée dans les *Christmas Lectures*, mais pas aux chimistes plus chevronnés de l'assistance, qui voyaient là les apports scientifiques de Thenard et de Gay-Lussac.

Naturellement, expliquer ne se résume pas à décrire. On sait que le public redoute les formules, les graphiques et, plus généralement, tous les éléments abstraits. Ceux-ci sont comme des quadruples croches sur une partition (voir figure 4) : même jouées *lento*, elles font peur à l'exécutant débutant ; autant les écrire comme des noires, les interpréter. Le monde scientifique oublie qu'un graphe, si parlant pour lui, ne signifie rien pour celui qui a arrêté plusieurs années auparavant ses études au brevet des collèges : le devoir du communicant est d'expliquer la lecture d'un tel graphe... en supposant que ce dernier ne puisse être remplacé par une expérience bien sentie. D'ailleurs, expliquer ou interpréter n'est pas traduire ! Par exemple, dire que « L'excès d'entropie interfaciale est défini



Figure 4 - Exemple d'une partition avec quadruples croches.

par la valeur négative de la dérivée de la tension interfaciale par rapport à la température » n'est pas plus clair que $\Delta S_i = -\delta\gamma/\delta T$. Pis encore, même ceux qui connaissent l'idée ont du mal à s'y retrouver.

Resteront alors les grandes questions de la rhétorique et de la grammaire. La rhétorique, tout d'abord : comment se fait-il que, malgré la position de communication quasi constante des scientifiques (conférences, séminaires, articles...), ceux-ci puissent faire l'économie de l'apprentissage de cet outil ? Pourquoi n'est-il pas présent dans le cursus universitaire de base ?

La grammaire, elle, semble quelque chose d'acquis, mais l'usage de l'anglais conduit à des formules fautives qui rendent les textes bien incompréhensibles. Sans parler des « par contre » fautifs à la place des « en revanche », ni des « baser sur » au lieu du correct « fonder sur », les textes scientifiques ou de vulgarisation sont truffés de participes présents ou d'infinitifs dont le sujet n'est pas celui de la proposition principale. « Pleuvant, je pris mon parapluie » est le prototype de la faute que l'on trouve sous des formes souvent plus masquées (« La température de la solution a été mesurée en plongeant le thermocouple dans le bécher »), mais qui finissent par rendre les discours incompréhensibles.

Cette remarque semble hors de propos dans un texte consacré à la noble tâche de la communication de la chimie, mais cette communication, art tout d'exécution, ne vaut rien si le moindre détail n'a pas été envisagé, arrangé. A partir de quelques fleurs éparses, le communicateur doit faire un bouquet... et la position de chaque fleur, de chaque feuille compte. Quand on pense que la *Rhétorique* d'Aristote, le *Gradus*, pour la rhétorique, et les *Difficultés de la langue française*, pour la maîtrise de la langue, ne coûtent que quelques euros !

FP : A vous entendre, on pourrait croire que devenir un bon vulgarisateur ou un bon enseignant n'est pas à la portée de n'importe qui. Faut-il en conclure qu'il s'agit avant tout d'un don ?

HT : En effet, la question de « l'art de la conférence » reste ouverte... A cet égard, le *Paradoxe sur le comédien*, de Denis Diderot, doit sans doute être médité, car il s'adresse à tous les communicants de la chimie, collègues enseignants compris, puisque ceux-ci, bon gré mal gré, communiquent aussi.

Dans cet ouvrage, Diderot affirme que dans la vie, le spectacle d'une douleur réelle peut nous laisser indifférents, si celui chez qui elle se manifeste est dénué de la faculté d'expression du comédien. C'est lorsque le comédien s'éveille en nous que nous obtenons des effets que la sincérité ne nous eût pas permis d'obtenir. D'ailleurs, jouer son propre caractère aboutit à jouer petitement, et le propre du comédien (communicant, enseignant) consiste à sortir de son caractère pour imiter n'importe quel autre. Le comédien doit développer un don naturel par l'exercice du métier et atteindre à la maîtrise consommée des moyens, acquérir une technique qui ne peut être appliquée que par des comédiens à tête froide. « *L'homme sensible est trop abandonné à la merci de son diaphragme pour être un grand roi, un grand politique, un grand magistrat, un profond observateur et conséquemment un sublime imitateur de la nature.* »

Paradoxe : ceux qui aiment la chimie et veulent la communiquer efficacement devront oublier qu'ils l'aiment vraiment, le temps de la communiquer, pour parvenir à

l'objectif qu'ils se sont fixé. Et c'est un fait que celui qui communique n'est plus dans l'exercice qu'il aime, qu'il a choisi d'exercer : la recherche en chimie. Il doit prendre sur son temps, déjà trop limité de paillasse ou de laboratoire, pour rencontrer son public.

Mais le jeu en vaut la chandelle, surtout quand on raconte l'histoire chimique de celle-ci !

Vive la chimie, et vive la connaissance en général !

NDLR : Citons également une contribution d'Hervé This dans un précédent numéro de *L'Actualité Chimique*, sur le thème *Communication scientifique et place de la chimie dans la société* (Courrier des lecteurs, juin 1999, p. 3).



Hervé This

est physico-chimiste INRA, attaché à la Direction scientifique Nutrition humaine et sécurité des aliments*.

Il a écrit récemment *Traité élémentaire de cuisine* (Belin, Paris, 2002) et *Casseroles et éprouvettes* (Belin, Pour la Science, Paris, 2002).

* Groupe INRA de gastronomie moléculaire, Laboratoire de chimie des interactions moléculaires (Pr. Jean-Marie Lehn), Collège de France, 11 place Marcellin Berthelot, 75005 Paris. Courriel : herve.this@college-de-france.fr

Et l'avenir dans tout ça ?

En matière de vulgarisation scientifique écrite, le XVIII^e siècle fut celui du livre, le XIX^e celui du journal, le XX^e celui du magazine... Le XXI^e sera celui d'Internet. En chimie comme ailleurs, le développement des technologies de l'information et de la communication (TIC) apporte une nouvelle approche de la vulgarisation, que ce soit par l'abondance des sources accessibles en quelques clics de souris ou par l'interactivité : avoir la possibilité de visualiser des molécules en trois dimensions, de les manipuler virtuellement pour mieux observer leurs structures spatiales constitue un apport considérable pour s'initier à la « lecture » des molécules ou s'essayer aux règles de la stéréochimie, un beau schéma valant toujours mieux qu'un long discours.

Aujourd'hui, sous réserve de disposer d'une connexion Internet, n'importe qui dans le monde peut accéder à la plus grande bibliothèque de l'histoire : toutes les facettes de la chimie y sont présentes ; la chimie est désormais à la portée de tous. Expériences de chimie amusante, textes de vulgarisation (plus ou moins bien rédigés), illustrations, animations 2D et 3D, actualités scientifiques, accès aux sites personnels de chimistes universitaires, listes de diffusion, forums de discussions thématiques, etc., le profane peut trouver de quoi satisfaire sa curiosité dans l'univers arachnéen de la « cyber connaissance ». Et c'est heureux car si jusqu'aux années 1970, on pouvait parvenir à un haut degré de la « connaissance chimique » par un apprentissage progressif, la très grande diversification, ainsi que la grande spécialisation des différentes branches, obligent aujourd'hui les chimistes, apprentis ou avertis, à enrichir en permanence leur culture générale grâce à la diffusion et à la vulgarisation, et notamment grâce à Internet.

Xavier Bataille

Professeur de chimie à l'ENSCP (voir page 16)

La place des conceptions dans la médiation de la chimie

André Giordan et Francine Pellaud

Résumé

Vulgarisation et enseignement scientifiques souffrent du même mal : la fréquente conviction des médiateurs que l'apprentissage passe par la présentation frontale de connaissances. C'est oublier que les mécanismes qui président à l'acte d'apprendre sont complexes et que bien des interférences se glissent entre ce que le médiateur dit, fait ou montre et ce que comprend son public. En partant des mécanismes de l'acte d'apprendre, cet article propose des pistes pour dépasser ces obstacles afin d'offrir à la médiation scientifique les moyens de remplir pleinement son rôle au niveau de la formation du citoyen.

Mots-clés

Conceptions, transformation, mécanismes d'apprentissage, complexité, formation du citoyen.

Médiatiser la chimie, qu'il s'agisse d'un cours scolaire, d'un article de vulgarisation, d'une conférence « grand public », d'expériences proposées lors de festivals ou encore d'éléments de démonstration dans une exposition ou un musée, ne doit pas avoir la prétention de « transmettre des savoirs de la chimie ». Non seulement parce que ce n'est pas là le rôle le plus important qu'elle a à jouer, mais parce que, malheureusement, certaines formes de vulgarisation et même d'enseignement peuvent empêcher tout apprentissage ! Pire, ils peuvent ennuyer, démotiver, bloquer, voire dégoûter des sciences l'élève ou le grand public... Comment comprendre cela ? Les causes de ces difficultés sont multiples. Les excuses habituelles sont : en classe, le grand nombre d'élèves, la perte d'intérêt pour le savoir enseigné, la dispersion des connaissances au travers de multiples disciplines, les programmes dithyrambiques, la diminution de l'aura de l'enseignant... ; en vulgarisation, les documents parfois illisibles, l'accumulation de mots « compliqués » interprétée comme une volonté de certains scientifiques de conserver une place dans leur tour d'ivoire...

Toutefois, la raison principale est probablement à chercher ailleurs. En effet, la didactique, et tout particulièrement nos propres recherches sur l'apprendre au Laboratoire de didactique et épistémologie des sciences (LDES) apportent des réponses non pas liées à des éléments externes à l'individu, mais essentiellement internes : en effet, nous apprenons tous, adultes comme enfants, scientifiques ou non, au travers de ce que nous sommes et à partir de ce que nous connaissons déjà. En d'autres termes, tout individu en situation d'apprentissage – *l'apprenant* – possède, avant toute confrontation avec un savoir scientifique, une foule de questions, d'idées et de façons de raisonner que la société, l'école, les multiples environnements dans lesquels il baigne (voir *figure 1*) lui ont permis de façonner. Tous ces éléments orientent son écoute ou son approche. L'appropriation d'une connaissance, l'acquisition d'une démarche, la compréhension d'un phénomène ou d'une expérience en dépendent totalement. Si la situation de médiation n'en tient pas compte, les

connaissances diffusées « glissent » sur les apprenants comme l'eau sur les plumes d'un canard, sans même les concerner ou les imprégner !

Une affaire de « conceptions »

Toutes ces idées, ces questions, ces façons de raisonner et de produire du sens sur les savoirs – directement ou indirectement – sont ce que nous nommons, dans le jargon didactique, des *conceptions*. Véritables « filtres » pour toute nouvelle information, c'est à travers elles que l'apprenant tente de comprendre les propos du médiateur, qu'il interprète les situations proposées au musée ou les textes et images des revues scientifiques. Or ces conceptions, parce qu'elles expriment sa manière de donner du sens et de

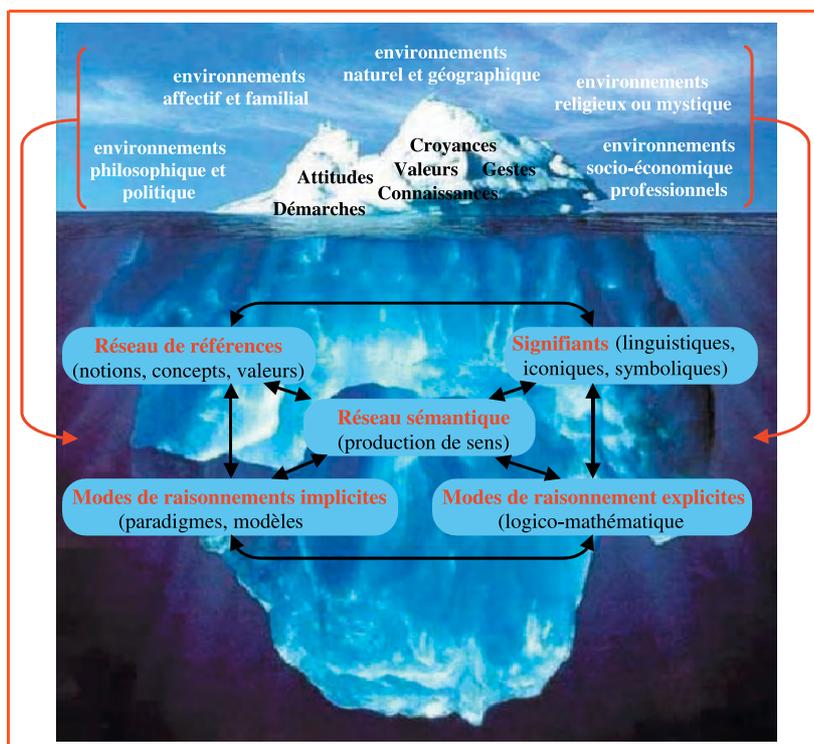


Figure 1 - L'iceberg des conceptions.

comprendre le monde qui l'entoure, sont fortement ancrées dans « la tête » de l'apprenant et ont, de ce fait, une grande « stabilité ».

Mais, si elles sont souvent des obstacles à la compréhension des sciences, la connaissance de ces idées, de ces façons de raisonner, peut également être un puissant outil pour le médiateur, car elles lui offrent des pistes pour adapter ses stratégies, le vocabulaire à utiliser, le niveau de formulation à utiliser... et ainsi proposer une pratique plus efficace. Mais, avant d'aller plus loin, il nous faut lever quelques ambiguïtés.

D'abord, s'appuyer sur les conceptions des apprenants ne veut pas dire « y rester ». Le médiateur, vulgarisateur ou enseignant, se doit d'avoir un projet éducatif ou culturel. La simple expression des conceptions – faire parler l'apprenant sur ce qu'il sait ou croit savoir – n'est donc, pour nous, qu'un point de départ.

Ensuite, une conception ne se limite pas à ce qui émerge, c'est-à-dire ce que la personne exprime, de manière verbale, écrite ou picturale (la partie émergée de l'iceberg de la figure 1). Une conception correspond à la structure de pensée sous-jacente qui est à l'origine de ce qu'elle pense, dit, écrit ou dessine (la partie immergée de ce même iceberg). Une démarche active du médiateur est donc à

Encadré 1

Comment identifier les conceptions du public ?

Plusieurs démarches sont possibles et complémentaires, en fonction de la situation de médiation et des interlocuteurs :

- poser des questions (par écrit ou oralement) sur l'explication d'un objet (Qu'est-ce qu'une pile ? Comment fonctionne-t-elle ? De quoi est fait l'intérieur ?), d'un phénomène (Comment produit-elle de l'électricité ?...);
- demander d'explicitier des faits ponctuels que l'on peut rencontrer au quotidien (Pourquoi l'huile et le vinaigre ne se mélangent-ils pas ? Pourquoi le thé change-t-il de couleur quand on y met du citron ?);
- faire dessiner (un atome, une molécule, où se trouvent les atomes dans une pomme, un caillou...);
- demander d'expliquer un schéma pris dans un livre, une revue;
- placer les interlocuteurs en situation de raisonner par l'absurde;
- leur proposer une expérience en démonstration et leur demander comment on peut expliquer les résultats;
- leur demander de choisir parmi différents modèles analogues;
- les mettre devant des faits en apparence contradictoires et les laisser en discuter;
- proposer des expériences contre-intuitives qui, par leur côté étonnant et spectaculaire, suscitent l'expression spontanée des conceptions*;
- leur faire jouer des jeux de rôle (l'électrolyse de l'eau, en modélisant par exemple la molécule d'eau par deux garçons et une fille, chaque garçon portant un gant et une moufle pour distinguer les liaisons covalentes des liaisons hydrogène);
- leur demander la définition de certains mots (C'est quoi une « réaction chimique » ?);
- mettre en discussion ou en confrontation une conception émise par l'un d'entre eux ou même une explication tirée de l'histoire des sciences;
- et... enfin, être sans cesse à l'écoute : les conceptions émergent à tout moment !

*Pour plus de précisions sur ce concept, voir :

- Eastes R.-E., Pellaud F., Un outil pour apprendre : l'expérience contre-intuitive, *Le Bup*, numéro spécial *Regards didactiques*, juillet-août-sept. 2004, 866, p. 1197.
- Eastes R.-E., Pellaud F., L'expérience contre-intuitive : un outil au service de l'apprendre ?, *L'Act. Chim.*, mars 2003, p. 23.

Encadré 2

Conceptions et obstacles

A propos de l'électrochimie

Les élèves de l'école primaire sont capables d'utiliser les mots « pile, batterie de voiture, générateur, condensateur, accumulateur », de les combiner avec « énergie, intensité, différence de potentiel, tension, courant électrique ». Mais l'écart entre ce que signifient ces termes pour eux et les concepts scientifiques est très grand. Les verbes « être », « créer », « produire », « posséder », « être composé de », « être accompagné de » sont généralement utilisés pour cacher leurs lacunes.

A 16 ans, après un cours, ils ont encore une vision peu dynamique du fonctionnement de la pile dans un circuit. Le concept d'électron est peu utilisé ; le concept de « potentiel redox » est également mal utilisé pour expliquer le signe des bornes ; le déplacement des ions dans la solution électrolytique et le rôle important qu'ils jouent dans le fonctionnement de la pile sont mal compris. Tout ce qui concerne les porteurs de charges pose problème : leur fonction, leur origine, leur déplacement et ce qu'ils deviennent au niveau des électrodes.

A propos de la structure de la matière

Les personnes, enfants ou adultes, ont de grandes difficultés à conceptualiser ce qu'est un atome, une molécule ou une cellule. Leurs dimensions respectives ne leur « parlent » pas dans la mesure où l'on fait rarement de lien entre ces trois concepts. Il n'est pas rare de trouver des molécules dans les atomes !... et des cellules dans les molécules (voir figure 2).

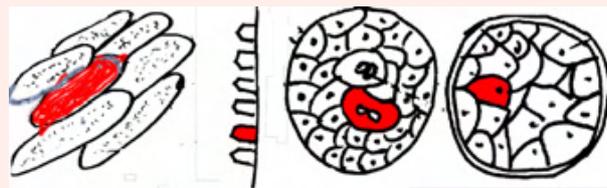


Figure 2 - En rouge, une cellule dans respectivement du fer, de l'ADN, un atome de carbone, une molécule d'alcool !

entreprendre (voir encadré 1) pour connaître les conceptions des publics auxquels il s'adresse et repérer l'écart entre les obstacles potentiels et les connaissances visées (voir encadré 2).

Enfin, dans le cadre scolaire en particulier, nous avons observé des maîtres faire exprimer les idées des élèves et, considérant que cela suffisait, enchaîner sur une pédagogie frontale ou dialoguée. C'est oublier qu'une conception n'est jamais gratuite car elle est le fruit de l'expérience antérieure de l'apprenant, qu'il soit enfant ou adulte. C'est à la fois sa grille de lecture, d'interprétation et de prévision de la réalité, et sa prison intellectuelle. Il ne peut comprendre le monde qu'à travers elle. Elle renvoie à ses interrogations (ses questions), prend appui sur ses raisonnements et ses interprétations (son mode opératoire), sur les autres idées qu'il manipule (son cadre de références), sur sa façon de s'exprimer (ses signifiants) et sur sa façon de produire du sens (son réseau sémantique). L'enseignant, le médiateur n'a quelque chance de faire passer son message que s'il utilise réellement ces dernières pour les faire évoluer.

Beaucoup d'illusions, de velléités sont à dépasser à ce niveau. L'apprendre est rarement un processus de transmission (« le maître n'a qu'à dire », « à montrer »...). C'est avant tout un processus de transformation ; transformation des questions, des idées initiales, des façons de raisonner habituelles des apprenants. Le médiateur, cependant, peut le faciliter grandement. Pour cela, il doit

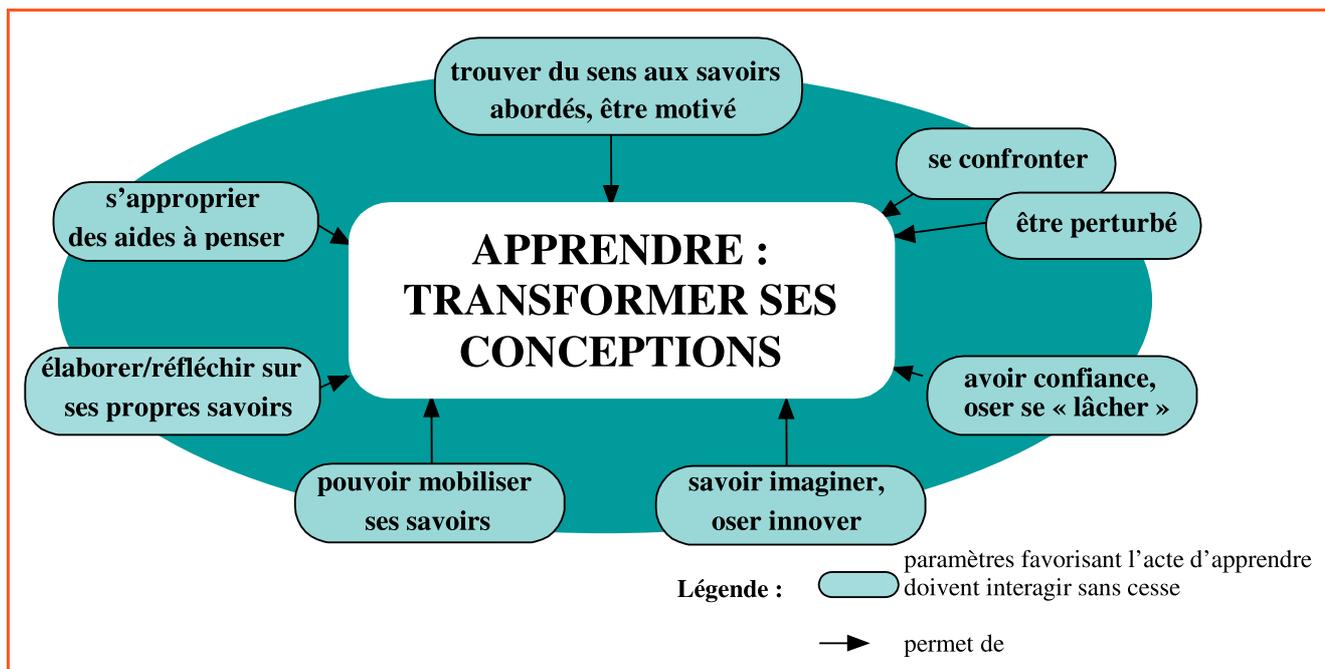


Figure 3 - L'environnement didactique : un ensemble de paramètres nécessaires à la transformation des conceptions (A. Giordan, F. Pellaud, 2002).

« faire avec » les conceptions de l'apprenant en permettant leur expression. Il doit également faire très souvent « contre » ces mêmes conceptions en tentant, après les avoir fait émerger, de convaincre l'apprenant qu'il se trompe ou que celles-ci sont trop limitées... et qu'il a donc un intérêt personnel à les transformer.

Faire « avec » pour aller « contre »

La médiation n'est jamais quelque chose de simple et d'évident, car apprendre n'est pas neutre pour l'apprenant. On peut même dire que ce moment de transformation, où l'apprenant peut avoir l'impression de « lâcher prise », est désagréable. La conception mobilisée donne une signification à celui qui apprend et chaque changement est perçu comme une menace, car il change le sens des expériences passées.

Il n'existe donc pas une « recette universelle de la bonne médiation » ou une méthode valable pour tous les publics et tous les moments ! Ceci d'autant plus que l'appropriation d'un savoir n'est que rarement immédiate. Parfois, elle n'a tout simplement pas lieu, parce qu'une information nécessaire n'est pas fournie. Dans d'autres cas, cette information est accessible, mais l'apprenant n'est pas motivé, ou la question qui le préoccupe n'est pas celle abordée. Combien de fois, en tant que scientifique désireux de partager nos connaissances ou nos « découvertes », emportés par notre propre passion, nous oublions que le public auquel nous nous adressons n'a pas forcément les mêmes intérêts, le même « bagage » sur le sujet, les mêmes questions ! Mais l'apprenant peut également être incapable d'accéder à notre discours pour des questions de méthodologie, d'opération, de référentiel, etc.

Pour qu'il y ait compréhension d'un modèle nouveau, l'ensemble de la structure mentale doit être transformée. Son

cadre de questionnement est complètement reformulé, sa grille de références largement réélaboree. Ces mécanismes demandent du temps, ils passent par des phases de conflits ou d'interférences.

Et puisque tout apprentissage réussi est une transformation de conceptions, il convient de chercher les moyens les plus efficaces pour permettre cette transformation. Ainsi, celle-ci peut être favorisée par ce que nous appelons un « environnement didactique » mis à la disposition de l'apprenant (voir figure 3). Par exemple, au départ de tout apprentissage, il faut pouvoir introduire une (ou plusieurs) dissonances qui perturbent le réseau cognitif que constituent les conceptions mobilisées. C'est le moment où l'apprenant va confronter ses conceptions (à la réalité, au médiateur, à une expérience, aux conceptions des autres apprenants, etc.) et être perturbé. Cette dissonance crée une tension qui rompt ou déplace le fragile équilibre que le cerveau a réalisé. Seule cette dissonance peut faire progresser.

Dans le même temps, l'apprenant doit se trouver confronté à un certain nombre d'éléments significatifs (documentations, expérimentations, argumentations) et à un certain nombre de formalismes restreints (symbolismes, graphes, schémas ou modèles) pouvant être intégrés dans sa démarche. Ces éléments vont lui servir « d'aides à penser » qui vont participer à l'élaboration de ses propres savoirs. On peut ajouter qu'une nouvelle formulation du savoir ne se substitue à l'ancienne que si l'apprenant y trouve un intérêt – un sens qui va participer à sa motivation – et apprend à la faire fonctionner, notamment durant des phases de « mobilisation ». A toutes ces étapes, de nouvelles confrontations à des situations adaptées, à des informations sélectionnées, s'avèrent rentables. Pour terminer, rappelons que toute science se construit grâce à une certaine dose d'imagination, ne serait-ce que pour envisager et formuler des hypothèses, ainsi que pour élaborer des propositions de vérifications de ces dernières.

Conclusion

Dans une société aussi technoscientifique que la nôtre, face à des enjeux aussi importants que ceux soulevés par les multiples problèmes environnementaux et sanitaires auxquels nous sommes confrontés quotidiennement, vulgariser, médiatiser, mettre à la portée du plus grand nombre les connaissances scientifiques est primordial. Néanmoins, le risque est grand que, face à tant de savoirs, le « grand public » se sente démuné, impuissant, déconnecté d'une réalité qu'il imagine souvent se passer au fond de bureaux ou de laboratoires. C'est peut-être là que se situe le rôle le plus important de la vulgarisation. Pour ne pas renforcer cette impression, il importe que la médiation entreprise suscite le désir d'apprendre et fournisse les outils pour mieux comprendre le monde. D'où l'importance de se pencher sur les conceptions de ces multiples publics auxquels nous nous adressons. Mais cet effort – car c'en est un ! – est très souvent récompensé. Apprendre à connaître son public, c'est aussi prendre conscience de nos propres mécanismes, de nos propres manières de penser et de raisonner. C'est donc s'ouvrir à des aspects de la vie et à des points de vue que trop souvent nous négligeons, et porter un regard différent sur ce et ceux qui nous entourent.

Pour en savoir plus

Sur les conceptions et l'apprendre

- Giordan A., De Vecchi G., *Les origines du savoir*, Delachaux, Neuchâtel, 1987.
- Giordan A., *Apprendre !* Belin, 1998, n^{elle} éd. 2002.

Sur les conceptions et leur exploitation

- De Vecchi G., Giordan A., *L'enseignement scientifique, comment faire pour que « ça marche » ?*, Delagrave, n^{elle} éd. augmentée 2002.

- Giordan A., Guichard J. et F., *Des idées pour apprendre*, Delagrave, n^{elle} éd. 2002.

Sur l'éducation scientifique des plus jeunes

- Cantor M.L., Giordan A., *Les sciences à l'école maternelle*, Delagrave, n^{elle} éd. 2002.
- Giordan A., *Une didactique pour les sciences expérimentales*, Belin, 1999.

Sur l'enseignement actuel

- Biais J.-M., Saubaber D., Comment on apprend, *L'Express*, 30 août 2004.
- et le site du LDES : <http://www.unige.ch/fapse/SSE/teachers/giordan/LDES/index.html>



A. Giordan

André Giordan¹

est professeur et directeur du Laboratoire de didactique et épistémologie des sciences (LDES) à l'Université de Genève*.



F. Pellaud

Francine Pellaud²

est docteur en sciences de l'éducation au LDES de la Faculté de psychologie et des sciences de l'éducation de Genève*.

* LDES Uni Pignon, 40 bd du Pont d'Arve, CH-1211 Genève (Suisse).

Fax : +41 (22) 379 98 28.

<http://www.unige.ch/fapse/SSE/teachers/giordan/LDES/index.html>

¹ Tél. : +41 (22) 379 96 18.

Courriel : giordan@pse.unige.ch

² Tél. : +41 (22) 705 9758.

Courriel : Francine.Pellaud@pse.unige.ch



PUBLICATION
RÉGIE PUBLICITAIRE
EDITION
FINANCEMENT

Depuis 1988

Les Editions D'Ile de France

Expérience,
la différence

www.edif.fr

Notre société est spécialisée dans l'édition d'annuaires et de revues professionnelles pour sociétés savantes, associations d'anciens élèves d'écoles d'ingénieurs, fédérations professionnelles,....

Notre présence depuis plus de 17 ans dans un secteur d'activités en mutation permanente, la transparence de nos résultats régulièrement positifs depuis la création de notre société, la fidélité de nos partenaires éditoriaux sont autant de preuves du professionnalisme de notre équipe et constituent de fait notre meilleure « carte de visite ».

Notre atout majeur, et c'est aussi notre spécialité, est de vous garantir la gratuité de vos ouvrages papiers en contrepartie de l'exclusivité de la régie publicitaire entièrement assurée par notre service commercial.

Editions D'Ile de France

102, avenue Georges Clémenceau • 94700 Maisons-Alfort

Tél. : 33 1 43 53 64 00 • Fax : 33 1 43 53 48 00

e-mail : edition@edif.fr

Régisseur exclusif
de la Revue **l'ACTUALITE CHIMIQUE**

La complémentarité enseignement/vulgarisation

Une piste pour répondre à la désaffection des élèves pour les études scientifiques ?

Jean-Michel Lefour et Gilberte Chambaud

Résumé L'enseignement et la vulgarisation sont deux formes de diffusion des savoirs scientifiques qui s'exercent habituellement dans des environnements très différents mais complémentaires. Nous pensons que les approches de la vulgarisation scientifique peuvent être utilisées à des fins pédagogiques à l'école pour renouveler et rendre plus attrayant l'enseignement des sciences et, en particulier, celui de la chimie.

Mots-clés Enseignement, vulgarisation, chimie, école, culture scientifique.

L'enseignement scientifique traverse une période délicate de crise, de remise en question. Plusieurs causes sont sans doute à l'origine de ces maux, mais il ressort qu'un véritable problème se situe au niveau de la transmission du savoir scientifique et du rôle que joue ce savoir dans notre société. Le décalage entre la science qui se fait et la science enseignée s'accroît constamment. Ceci peut être attribué d'une part, à la complexité des recherches en cours qui rend difficile la compréhension des objectifs poursuivis et d'autre part, à l'opacité langagière et technique du monde scientifique. Le résultat est indéniable : un fossé s'installe entre les citoyens et les chercheurs, entre les élèves, les étudiants et leurs professeurs.

Face à cette situation, on peut se poser la question de savoir ce qu'il faut enseigner et surtout, comment enseigner pour former une nouvelle génération de scientifiques sans ignorer que conjointement, il faudra plus que jamais informer le grand public et débattre avec lui des enjeux scientifiques et techniques pour la société.

Une lueur d'espoir subsiste : le public reste demandeur et garde son engouement et sa motivation pour la science. Qu'il s'agisse des revues de vulgarisation, des musées, des émissions de télévision, des « Fêtes de la Science », leur succès va croissant.

Les atouts de la vulgarisation scientifique et son rapport avec l'école

Empruntons à Daniel Jacobi une définition de la vulgarisation scientifique : « *Vulgariser, c'est traduire la science pour la rendre accessible au plus grand nombre* » [1]. Il poursuit en mentionnant que « *la difficulté à communiquer, à faire partager, à faire comprendre, à diffuser est propre à un grand nombre de situations sociales à caractère pédagogique* » ; en ce sens, « *rendre accessible au plus grand nombre* » n'est pas spécifique à la vulgarisation. Le fait que ces connaissances soient de nature scientifique ou technique est une occurrence définissant leur nature, mais n'affecte en rien le mécanisme de transmission des connaissances qui est intrinsèquement un acte de communication, de médiation. Jacobi emploie même le terme de « traduction » et ses

dérivés pour désigner la vulgarisation scientifique, qui consisterait ainsi à traduire des données savantes en un langage accessible au bétotien.

Richard-Emmanuel Eastes fait remarquer que la vulgarisation et l'enseignement scientifiques poursuivent les mêmes objectifs, sauf que « *les conditions dans lesquelles se pratiquent ces deux formes de médiation scientifique sont souvent très différentes. L'approche « vulgarisation » est généralement pointilliste, souvent déconceptualisée et utilise peu de prérequis, alors qu'un enseignement s'inscrit dans une progression qui nécessite une assimilation permanente de nouveaux concepts. Il n'en va pas de même pour leurs objectifs, qui sont très similaires. Diffusion des connaissances, construction du savoir et de la pensée, information et sensibilisation aux sciences : autant d'objectifs que partagent la vulgarisation et l'enseignement scientifiques* » [2].

Alors, peut-on imaginer avec Jean-Jacques Daetwyler que la vulgarisation acquière un statut moins ambigu dans l'enseignement et s'y établisse à part entière comme un instrument de transmission du savoir scientifique ? [3]. Il nous faut alors reconnaître que cette « éducation non formelle » joue un rôle complémentaire à l'école – ce qui est complémentaire étant, par définition, ce qui est indispensable pour être complet. Et pour l'école, partager cette mission



Exemples d'expériences réalisées au Palais de la découverte, ici dans le cadre de l'exposition « L'air dans tous ses états, 100 ans d'air liquide », 2002. Photographes : Christian Judei (image de gauche) et Chantal Rousselin. ©Palais de la découverte.



Quelques affiches d'expositions du Palais de la découverte liées à la chimie. Conception : Pensivy pour « Le verre, études et recherches » et « Les molécules géantes se déchainent », Chantal Rousselin pour « 50 ans de recherche CNRS » et « Graine de chimiste ». ©Palais de la découverte.

est une condition pour la rendre tout simplement possible. Mais si la vulgarisation s'institutionnalise en « s'établissant à part entière comme instrument de transmission du savoir scientifique », elle perdra ses atouts qui sont ceux de l'éducation informelle et donc de la liberté que cette dernière a face à l'éducation formelle (scolaire).

Pour certains, l'étape de vulgarisation est la première étape de l'acquisition d'un savoir. Un titre accrocheur dans une revue peut être le départ d'une passion. Le choc d'une image peut être à l'origine d'une carrière. La visite du Palais de la découverte a, pendant de nombreuses années, été le point de départ de vocations pour la science. Présenter une expérience spectaculaire [4] peut provoquer un déclic chez l'élève ou l'étudiant qui peut l'amener, comme dans un roman policier, à vouloir connaître l'explication des faits. Ces circonstances facilitent grandement le travail du professeur pour maintenir son auditoire en haleine et stimuler sa soif de comprendre.

L'étape de vulgarisation pourra aussi être la dernière d'une phase conceptuelle en élargissant le champ d'application du concept développé, en apportant un autre regard sur la théorisation proposée.

A l'école, la finalité de l'enseignement scientifique est traditionnellement de construire progressivement les savoirs (théoriques et expérimentaux) en s'appuyant sur une pédagogie articulant phase théorique (modélisation) et phase expérimentale (observation des faits ou vérification d'une théorie). La vulgarisation scientifique est une adaptation du discours scientifique [2]. Une telle démarche avait été à la base de l'élaboration des programmes de chimie de l'enseignement secondaire en 1992 qui donnaient une large place à l'intérêt que l'élève pouvait avoir pour son environnement plutôt qu'au concept scientifique [5].

Dans son souci de reformuler le discours scientifique, la vulgarisation scientifique trouve les mots pour aborder des sujets complexes alors que les concepts qui les sous-tendent sont souvent hors de portée de l'auditoire. A l'école, peut-on et doit-on par exemple parler des fullerènes avant le master ? Compte tenu de la place qu'occupent les études et applications de ces molécules dans les recherches actuelles, la réponse est sans ambiguïté oui. Mais comment ? Il est clair que sur un sujet aussi complexe, il faudra expliquer les enjeux autour de ces composés en essayant de faire ressentir les problématiques associées et les défis relevés. L'effort constant

de rendre compréhensible l'incompréhensible est à mettre à l'actif des approches constamment renouvelées de la vulgarisation scientifique. En d'autres termes, il faut vulgariser les savoirs aujourd'hui afin de mieux faire admettre les efforts nécessaires pour développer les savoirs de demain. La vulgarisation scientifique a des atouts qui peuvent contribuer à renouveler profondément la manière d'enseigner les sciences.

Place de la vulgarisation dans l'enseignement : documents écrits et multimédias

L'utilisation de documents, pour certains issus d'ouvrages de vulgarisation, a été introduite dans l'enseignement de la chimie, explicitement lors de la réforme des programmes des lycées et collèges de 1992. Il s'agit d'étudier un texte en rapport direct avec une séquence de cours qui peut servir à donner une autre dimension (historique, économique...). Ce type de pratique a pris un développement important à travers les TPE (travaux personnels encadrés) au lycée, les TIPE (travaux d'initiative personnelle encadrés) en classes préparatoires et à travers les projets bibliographiques à l'université. L'analyse d'un texte peut aussi servir de support à une évaluation. Ce type de démarche permet d'améliorer la culture générale scientifique de tous, en obligeant les uns et les autres à fonctionner à l'interface avec les autres disciplines. L'interdisciplinarité est de règle dans une vulgarisation bien pensée.

L'actualité scientifique est une source formidable d'informations diverses qui peuvent susciter l'intérêt des élèves parce qu'elle replace la chimie au sein des préoccupations quotidiennes de la société.

L'actualité est souvent à l'origine de controverses et de débats autour de la science, et il est difficile pour le professeur de ne pas tenir compte de toutes les informations reçues quotidiennement par les élèves par l'intermédiaire des médias (choc des images, simplification du discours, scoop) et en particulier via Internet. Gérer un trop-plein d'informations, parfois erronées, ou bien un vide total de connaissance, voilà un sérieux dilemme. Valider, puis structurer des informations disparates en les remettant dans un contexte scientifique, en dégageant une problématique autour d'elles, puis progressivement en les conceptualisant, voilà l'enjeu. L'école n'est plus la seule source de savoirs et les élèves doivent être désormais

acteurs de la construction de leurs connaissances. C'est une très lourde responsabilité !

Médiatiser la science, c'est aussi savoir débattre de questions impliquant la science dans nos sociétés. Le terme de « médiation scientifique » prend ici tout son sens.

L'enseignant, par formation, a toutes les compétences scientifiques permettant d'alimenter un débat sur la science, mais il n'a pas suffisamment appris à remettre en question les connaissances qu'il enseigne, ni à les situer dans un contexte social.

D'où une vraie difficulté à communiquer la science, en particulier pour les chimistes. Ces derniers savent trop bien que leur discipline est caricaturée et souvent vilipendée par les médias et le besoin d'une vraie réflexion se fait pressant pour inverser cette tendance qui n'est pas inéluctable (les éboueurs, en se présentant comme des acteurs importants de l'environnement et en se mettant au « vert » ont réussi à donner une meilleure image de leur profession et à valoriser leur travail).

L'enseignant devrait pouvoir s'appuyer sur les médias si ceux-ci faisaient un effort pour parler « chimie ». La justification de ce point de vue est liée à certains constats de réussite ou d'échecs. En effet, certaines rencontres de médiation ne se passent pas bien. Télévision et enseignement n'ont pas toujours fait bon ménage, pour des raisons institutionnelles sans doute, mais peut-être également parce que le dispositif construit pour leur rencontre n'était pas toujours bien aménagé. L'information télévisuelle consacre davantage de temps aux événements catastrophiques qu'aux actions bénéfiques de la chimie et le débat met donc souvent la chimie au banc des accusés.

Pour la rencontre entre le musée et l'école, on constate que certaines écoles viennent au musée avec un regard scolaire et en ressortent sans y avoir vraiment vécu une expérience « muséale ». Les attentes déçues par l'un (visiteurs et spectateurs), les propositions faites par l'autre (structure d'un document, contenu...) et les conditions de leur rencontre (type de motivation, conditions concrètes de visite ou de visionnement...) sont des facteurs inhérents à chacun d'eux. Aucun de ces pôles ne peut avoir maîtrisé en amont ce que l'autre a à lui proposer. C'est donc au moment de la rencontre et dans l'après rencontre que tout va se jouer. Un vrai travail de préparation s'impose donc en amont pour assurer la réussite de la rencontre.

Atteindre les objectifs précédents nécessite, sans doute, de professionnaliser le métier de vulgarisateur (médiateur scientifique) ou de former nos enseignants à la vulgarisation. L'enjeu est bien de faciliter la mise en place d'un véritable dialogue entre scientifiques et non-scientifiques. Pour cela, une véritable didactique de la médiation scientifique reste à inventer. Car diffuser un savoir sans mettre en avant le jargon scientifique et la démarche scientifique demande soit un véritable talent, soit une formation longue si on n'a pas le talent inné. Outre le talent, un autre souci du médiateur scientifique est de veiller à la rigueur de ce qu'il énonce, en évitant des « dérapages simplificateurs » qui nuisent à l'image de la science et à sa crédibilité.

Conclusion

Il y a une volonté de répondre à une demande croissante d'information scientifique accessible au plus grand nombre. Il s'en dégage ainsi deux pôles distincts : celui des différents types de vulgarisation scientifique et celui de la didactique des sciences. Afin de les exploiter au mieux, il s'agit

d'inventer, dès l'école, une symbiose de ces deux pôles qui peut être réalisée autour de l'expérimentation scientifique. L'école a un rôle déterminant dans l'acquisition de cette nécessaire culture scientifique, qui n'est pas le fruit seulement de l'enseignement des sciences, mais bien d'une véritable éducation, unissant dans une même réflexion, théorie, pratique et méthodologie. Il paraît primordial que cette éducation s'appuie aussi sur l'environnement socio-économique. Il est clair qu'un effort de médiation de la chimie est à faire de toute urgence auprès des différents publics. Nous disons bien « médiation » et non « vulgarisation », qui est un terme trop restrictif. La médiation scientifique et technique ne peut se résumer à la seule « vulgarisation » de la science, ses missions revêtant aujourd'hui un caractère à la fois culturel, social et éducatif. Car médiatiser la chimie, c'est la mettre en débat, c'est faire en sorte que le citoyen comprenne les enjeux du développement de nos sociétés qui ne pourra se poursuivre sans maintenir une activité dans le secteur chimie. Ce dernier doit gagner en transparence pour reconquérir le public et gérer au mieux ses rapports avec l'environnement. L'objectif à atteindre est de convaincre que désormais l'activité chimique s'inscrit non seulement dans un respect rigoureux de l'environnement, mais qu'elle est un acteur essentiel de la sauvegarde de notre environnement [6].

Faute d'avoir su à temps vulgariser leur discipline, les chimistes l'ont gravement mise en danger. Que les scientifiques avec les médiateurs scientifiques diversifient et améliorent les outils de médiation, qu'ils les mettent à la disposition des enseignants et qu'ils les aident à les intégrer dans leurs actions pédagogiques, voilà l'urgence.

Notes et références

- [1] *De l'enseignement à l'information scientifique : quelques repères sur l'histoire institutionnelle de la culture scientifique, technique et industrielle (CSTI)*, conférences du professeur D. Jacobi, Laboratoire Culture & Communication, Université d'Avignon.
- [2] Eastes R.-E., De l'utilité de la reformulation du discours scientifique, *CNRS, Lettre du Département des sciences chimiques*, janvier 2002.
- [3] Daetwyler J.-J., *Résonances*, octobre 2001, <http://www.ordp.vsnnet.ch/fr/resonance/2001/octobre/sommaire.htm>
- [4] Les expériences en chimie sont souvent spectaculaires. Les centres de diffusion de la culture scientifique (Cité des sciences, Palais de la découverte, CCSTI : centre de culture scientifique, technique et industrielle) savent s'appuyer sur elles pour accrocher leur public.
- [5] Les programmes de chimie de l'enseignement secondaire en vigueur de 1992 à 2000 étaient construits autour de thèmes relatifs à la chimie au quotidien. Par exemple « Les molécules de l'hygiène, de la beauté et de la santé » en classe de Terminale S. Notons que les attendus des programmes actuels de physique et chimie des lycées et collèges incitent à introduire les différentes formes de vulgarisation à l'école comme des outils pédagogiques majeurs.
- [6] Voir à ce sujet la réponse d'Armand Lattes à *l'Appel de Paris* sur le site Internet de la SFC, www.sfc.fr



J.-M. Lefour

Jean-Michel Lefour

est professeur agrégé à l'Université d'Orsay*.

Gilberte Chambaud

est professeur à l'Université de Marne-la-Vallée**.



G. Chambaud

* Laboratoire des mécanismes réactionnels, DCMR, École polytechnique, Route de Saclay, 91128 Palaiseau Cedex.
Tél. : 06 82 52 48 61. Fax : 01 69 33 30 41.
Courriel : lefour@dcmr.polytechnique.fr

** Laboratoire de chimie théorique, Université de Marne-la-Vallée, Bâtiment Lavoisier, Cité Descartes, Champs-sur-Marne, 77454 Marne-la-Vallée Cedex 2.
Tél. : 01 60 95 73 03. Fax : 01 60 95 73 20.
Courriel : chambaud@univ-mlv.fr

Des chercheurs dans les classes !

Richard-Emmanuel Eastes, pour le Comité d'organisation du colloque ASTEP [1]

Résumé

L'accompagnement scientifique et technologique est un concept nouveau. Non pas par la pratique qui en est faite (depuis bien longtemps, des chercheurs et des enseignants ont tenté de se rencontrer pour élaborer des projets pédagogiques communs), mais par la rationalisation et le désir de généralisation dont cette pratique fait l'objet depuis quelques années. Du point de vue des enseignants comme des scientifiques, qu'ils soient chercheurs ou étudiants, bien des apports ont été identifiés. Mais bien des difficultés également, incitant les promoteurs de cette forme de médiation scientifique à de multiples précautions et mises en garde : « *Le scientifique n'est pas là pour faire cours à la place de l'enseignant* », « *Le scientifique est le professionnel de la science, l'enseignant restant le professionnel de l'éducation* », etc.

Cet article définit précisément le concept d'accompagnement scientifique et technologique (ASTEP, EP pour école primaire) et présente les principaux résultats du colloque organisé au mois de mai dernier à Paris sur ce thème. Il est complété par un document qui fonde officiellement sa mise en œuvre : la *Charte de l'accompagnement scientifique et technologique*, élaborée par le Comité National de l'ASTEP suite à ce colloque.

Mots-clés

Accompagnement scientifique et technologique, vulgarisation, enseignement, collaborations.

Le concept d'accompagnement scientifique et technologique

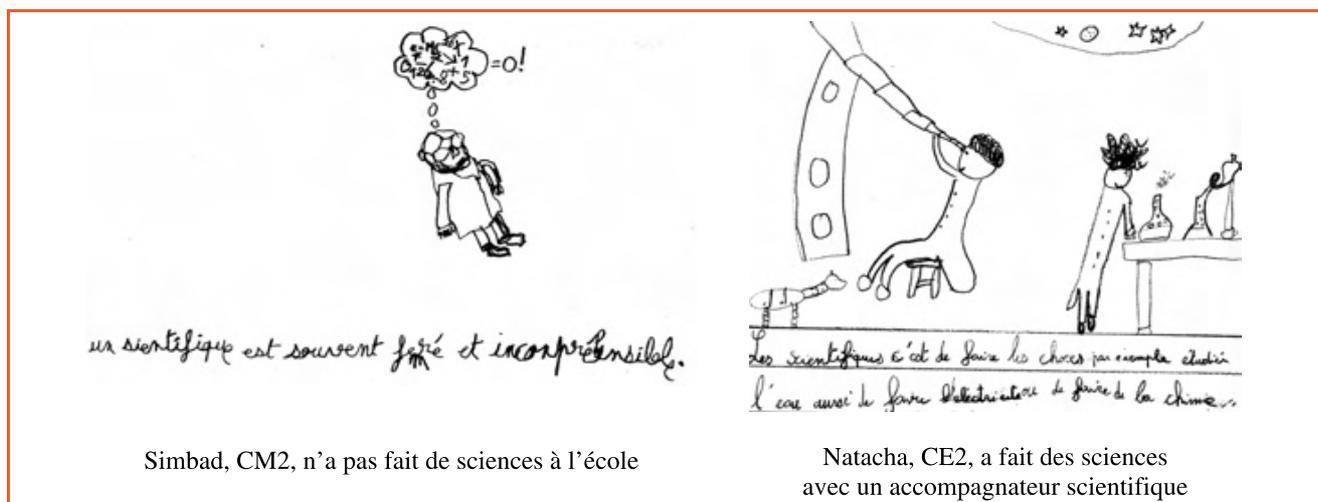
Il existe de nombreuses formes de médiation scientifique destinées aux enfants et à leurs enseignants, en contexte ou hors contexte scolaire : accompagnement scientifique dans les écoles, assistance télématique, sites de ressources Internet, clubs et associations scientifiques, conférences, spectacles, concours, jeux scientifiques, manifestations grand public, musées, visites de sites industriels ou de laboratoires de recherche...

Parmi ces différentes formes, l'accompagnement scientifique et technologique présente des spécificités : il se focalise sur les actions susceptibles de favoriser le développement de l'enseignement scientifique à l'école et de faciliter la tâche de l'enseignant en lui fournissant diverses formes de soutiens, outils et collaborations, toujours en lien avec des scientifiques.

On définira par suite *l'accompagnement scientifique et technologique* comme une rencontre, prenant les élèves pour témoins, du monde de l'enseignement avec ceux de la recherche scientifique et technologique, de l'enseignement supérieur ou de l'industrie. Cette définition vise en particulier toutes les activités qui s'exercent sous la forme de *collaborations directes* entre un (ou des) enseignant(s), professionnels de l'éducation, et un scientifique (ou son institution), professionnels de la science.

Les acteurs de l'accompagnement scientifique et technologique

Tous les acteurs de l'école sont concernés par l'accompagnement scientifique et technologique : enseignants, coordinateurs, formateurs de circonscriptions et des IUFM, conseillers pédagogiques, inspecteurs, responsables académiques et ministériels. Ils constituent ce que l'on appelle



Simbad, CM2, n'a pas fait de sciences à l'école

Natacha, CE2, a fait des sciences avec un accompagnateur scientifique

Extrait d'une étude des représentations que les enfants se font des scientifiques, répondant à la question « Pour toi, qu'est-ce qu'un scientifique ? ». M.O. Lafosse-Martin, Espace des Sciences de l'ESPCI (Paris), 2003. Pour Simbad, « un scientifique est souvent fermé et incompréhensible », tandis que pour Natacha, « les scientifiques, c'est de faire les choses par exemple étudier l'eau aussi de faire l'électricité ou de faire de la chimie. »

couramment la « communauté éducative ». Sa mission se caractérise par l'étendue particulière des compétences qu'elle nécessite, cette polyvalence trouvant son expression dans le caractère fortement interdisciplinaire de l'activité des enseignants.

Les *accompagnateurs*, quant à eux, peuvent être issus de tous les secteurs d'activité scientifique et constituent ce que l'on peut appeler la « communauté scientifique ». Ce sont des personnels ou des étudiants des grandes écoles, IUFM, lycées, universités, IUT, collèges, musées. Ce sont aussi des techniciens, ingénieurs, chercheurs du milieu de la recherche ou de l'industrie, ainsi que des professionnels de la vulgarisation scientifique ou du secteur médical, voire des scientifiques retraités. On constate que les IUFM sont naturellement placés à l'articulation entre les deux communautés.

De par les fossés entre leurs cultures et leurs cadres de références, autant du point de vue des connaissances scientifiques que des compétences pédagogiques, enseignants de l'école primaire et accompagnateurs potentiels sont parfois peu préparés à se rencontrer. Une réflexion en amont de la mise en œuvre de l'ASTEP, puis une information (voire une formation) de ces différents acteurs est donc souhaitable pour rendre leurs collaborations fructueuses.

Les modalités d'action de l'accompagnement scientifique et technologique

Sans que cette liste puisse prétendre à l'exhaustivité, l'accompagnement scientifique et technologique recouvre de nombreuses opérations.

Accompagnement par la présence en classe

Ce terme désigne une collaboration entre le scientifique et l'enseignant dans la conception, la préparation, le déroulement et l'analyse d'une progression pédagogique déroulée sur une ou plusieurs séances. Il se fonde sur la réalisation de séquences originales ou met en œuvre l'utilisation de modules « clés en main ».

Parrainage

Le parrainage se caractérise par le suivi d'un projet éducatif qu'un scientifique exerce généralement à distance (par téléphone, courrier électronique ou site Internet), ou par le soutien continu qu'il apporte à l'enseignant qui le met en œuvre (parfois même en se rendant dans la classe de façon ponctuelle). Assistance théorique et pratique, soutien intellectuel et caution scientifique, soutien matériel et financier en sont les principales caractéristiques.

Production de ressources

Elle concerne : la mise au point de mallettes pédagogiques, de matériel pour expériences spécifiques ; la conception de guides théoriques et pratiques, de progressions scientifiques et de modules thématiques pour l'étude d'un sujet, suivie éventuellement du développement de leur validation sur le terrain ; la conception de divers documents d'appui pour les séances, de supports audio ou vidéo d'assistance à l'enseignant, voire de structures de diffusion ou de promotion de ces ressources.

Passion Recherche : les enfants parlent aux chercheurs



Élèves, enseignants, chercheurs, vivez vos passions !

Réalisez vos projets scientifiques éducatifs avec le CNRS...

Avec plus de 500 projets soutenus depuis sa création, l'opération

« Passion Recherche » réalise pleinement l'objectif qui lui était assigné : organiser une rencontre et entamer un dialogue entre jeunes, enseignants ou animateurs et chercheurs.

Pour qui ? Pourquoi ?

Permettre la rencontre et le dialogue entre les jeunes, dans un cadre scolaire ou associatif, et les chercheurs. Les sensibiliser aux méthodes et aux démarches de la recherche. Leur faire prendre la mesure des implications sociales de la recherche scientifique.

Quels types d'actions ?

Dans tous les cas, ce sont les jeunes et leurs professeurs ou animateurs qui ont l'initiative du projet et imaginent la forme qu'il prendra (maquette, exposition, document audiovisuel, etc.). C'est alors qu'intervient le chercheur, l'ingénieur ou l'équipe de recherche qui aidera à réaliser ce projet.

Aide au financement

Chaque projet réalisé dans le cadre de l'opération « Passion Recherche » bénéficie d'un soutien financier de la Délégation à l'information scientifique et technique du CNRS (DIST).

Comment procéder ?

Vous êtes chercheur ou ingénieur, le rapprochement entre recherche scientifique et système éducatif vous tient à cœur : faites vous connaître auprès du chargé de communication de votre délégation du CNRS (<http://www.sg.cnrs.fr/delegations/delegations.htm>).

Pour tout renseignement complémentaire :

Jean-Louis Buscaylet

CNRS, Délégation à l'information scientifique et technique, Bureau « Actions jeunes », 3 rue Michel-Ange, 75794 Paris Cedex 16.

Tél. : 01 44 96 46 34. Courriel : jean-louis.buscaylet@cnrs-dir.fr

Collaboration à la formation scientifique des enseignants

Cette forme d'accompagnement est relative à la conception d'outils de formation à distance des enseignants. Elle s'exerce dans le cadre de leur formation continue (stages, ateliers d'expérimentation) ou de rencontres enseignants-scientifiques, mais peut également être mise en œuvre par des structures associatives offrant des rencontres ou/et des activités aux enseignants désireux de s'investir à titre personnel.

L'investissement de la communauté scientifique dans ce secteur traditionnellement réservé aux circonscriptions et aux IUFM se justifie par la pratique et la maîtrise qu'elle possède naturellement de la démarche d'investigation et de l'analyse des concepts scientifiques et techniques. Toutefois, cette forme d'accompagnement ne peut venir qu'en appui aux formateurs de circonscription et d'IUFM. A ce titre, la communauté scientifique intervient en synergie avec les acteurs traditionnels de la formation continue.

Échanges d'informations entre les deux communautés et formation des accompagnateurs

Toutes les actions visant à encadrer des accompagnateurs, à promouvoir cette pratique, à capitaliser puis à diffuser les retours d'expériences et les réflexions produites autour de ce thème, s'apparentent naturellement à l'ASTEP.



Observation de sel de cuisine lors d'une séance d'accompagnement scientifique en CM2 à l'École de l'Arbalète, Paris. Photographie : Nathalie Sené.

A titre d'exemple, l'implication d'un scientifique dans l'accompagnement en classe peut prendre différentes formes. En contexte universitaire, il peut s'investir dans le suivi ou l'organisation des interventions d'étudiants, ou peut aussi intervenir personnellement dans la relation avec un enseignant et une classe. Les accompagnateurs scientifiques plus expérimentés dans leur secteur professionnel apporteront d'autres types de compétences que les étudiants, mais leurs disponibilités souvent restreintes peuvent les inciter à se consacrer à des tâches plus en cohérence avec leur expérience (par exemple, assurer personnellement l'accompagnement direct d'une ou plusieurs classes pour se forger leur propre expérience, puis assurer l'encadrement d'autres accompagnateurs).

Dans une situation différente telle que la *production de ressources*, l'accompagnateur peut ne pas intervenir en classe et collaborer simplement avec l'enseignant, le conseiller pédagogique ou l'inspecteur.

De « La Main à la Pâte » au Comité national de suivi de l'ASTEP

Rénover, en France, l'enseignement des sciences à l'école, telle est depuis bientôt 10 ans l'ambition de « La Main à la Pâte », opération lancée conjointement en 1996 par l'Académie des sciences et le Ministère de l'Éducation nationale et soutenue par la Délégation interministérielle à la Ville. En 2000, un Plan national de rénovation de l'enseignement des sciences et de la technologie à l'école

(PRESTE) en est issu. Il a conduit en 2002 aux programmes rénovés de l'enseignement des sciences et de la technologie à l'école.

Dans cette rénovation, bien des éléments ne sont qu'une remise à l'honneur de pratiques anciennes centrées sur le questionnement, l'observation, l'expérimentation et le raisonnement, par quoi l'enfant, guidé par le maître, entre de plain-pied dans la science. D'autres en revanche sont foncièrement originaux, et notamment la création d'un site Internet (www.inrp.fr/lamap) qui fournit des ressources aux enseignants et permet d'ouvrir un forum entre eux, ou encore la décision de mettre en contact, soit directement, soit par l'intermédiaire du site Internet, le monde de l'enseignement avec celui de la science et de la technologie.

En avril 2003 puis en mai 2004 respectivement, une rencontre (ENS-ESPCI) et un colloque (ENSAM-ESPCI-EMN-ENS) sur le thème des « accompagnements scientifique et technologique à l'école primaire » sont nés des initiatives de « La Main à la Pâte » et des établissements d'enseignement supérieur ou de recherche qui s'étaient déjà engagés de leur côté dans des actions de communication de la science envers les milieux scolaires [2].

Les objectifs principaux de ces manifestations étaient :

- Écouter celles et ceux qui pratiquent avec succès les rôles d'accompagnateur et d'accompagné,
- Bénéficier de leur expérience en vue d'une forte extension de cette pratique,
- S'ouvrir sur ces thèmes aux préoccupations européennes,
- Écouter la recherche en sciences de l'éducation, notamment en psychologie cognitive,
- Tenter d'établir des règles souples de l'accompagnement,
- Mettre en évidence les pièges possibles,
- Réfléchir à la formation nécessaire,
- Mettre en place un Comité national de l'ASTEP,
- Préparer la rédaction d'une Charte de l'accompagnement scientifique et technologique...

Cette charte propose des recommandations relatives à la mise en oeuvre et à l'exploitation d'activités d'accompagnement dans diverses situations éducatives (voir encadré). Elle concerne l'ASTEP mais s'applique à toutes les formes de collaborations entre scientifiques et monde éducatif. En outre, par bien des aspects, elle offre des pistes de réflexion à tout « vulgarisateur » soucieux d'agir auprès des plus jeunes générations. Elle est également disponible en ligne [3].

Parallèlement, plusieurs études ont déjà été menées en classe pour tenter d'identifier les pièges et obstacles susceptibles d'apparaître dans la pratique de l'ASTEP, et de leur imaginer des solutions. De manière complémentaire à la charte, l'article « Les pièges de la médiation scientifique. Propositions de bonnes pratiques » de ce numéro spécial propose un examen de ces aspects très pratiques, pour la plupart généralisables à de nombreuses formes de vulgarisation scientifique.

[1] Richard-Emmanuel Eastes (École Normale Supérieure, courriel : Emmanuel.Eastes@ens.fr), Anne-Sophie Génin (École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers), Marima Hvass-Faivre d'Arcier (1,2,3 Sciences), Ludovic Klein (École des Mines de Nantes), Marie Odile Lafosse-Marin (École Supérieure de Physique et Chimie Industrielles de la Ville de Paris), Philippe Planard, président du CO (École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers), Carl Rauch (École des Mines de Nantes), Édith Saltiel, présidente du CS (Lamap/INRP, Université Paris 7).

[2] Voir notamment le site du colloque ASTEP : <http://www.ens.fr/astep/>

[3] Consultable sur les sites de la DESCO (<http://www.education.gouv.fr>), de « La Main à la Pâte » (<http://www.inrp.fr/lamap/>) et du colloque ASTEP (<http://www.ens.fr/astep/>).

Charte pour l'accompagnement en sciences et technologie à l'école primaire



Préambule

[...] Cette charte [...] constitue un outil pour favoriser le développement des sciences et de la technologie dans le premier degré. Elle a été rédigée à l'attention de toutes les personnes et organismes qui souhaitent s'impliquer en tant que partenaires de l'accompagnement en sciences et technologie à l'école primaire. Leur démarche ne doit en aucun cas être contraire aux règles, principes et valeurs de l'Éducation Nationale [1]. L'accompagnateur doit tout particulièrement veiller à respecter la laïcité et la neutralité de l'école.

Cette charte guidera également les groupes de suivi académique et les groupes de pilotage départementaux des programmes rénovés de l'enseignement des sciences et de la technologie à l'école pour l'usage pertinent qu'ils peuvent faire de l'accompagnement.

Introduction

L'accompagnement en sciences et technologie est destiné à seconder les enseignants dans la mise en œuvre et le déroulement d'une démarche scientifique conforme aux programmes de l'école primaire.

Les objectifs de l'accompagnement en sciences et technologie

- rapprocher l'école et le monde des scientifiques à travers un échange de savoirs scientifiques et de pratiques expérimentales ;
- contribuer à rendre plus accessibles les sciences et les techniques au plus grand nombre ;
- valoriser les filières scientifiques et technologiques : stimuler la curiosité, éveiller les passions, créer des vocations dès le plus jeune âge ;
- faciliter le rapport au concret, susciter un questionnement, inciter à l'argumentation et à l'expérimentation pour que les élèves puissent acquérir de nouvelles connaissances, et consolider leur expression orale et écrite.

Les différents types d'accompagnement

Ils visent la conception et la réalisation de projets initiés par le maître : modules, séquences, séances... Ils sont représentatifs d'une collaboration, inscrite dans la durée, entre « scientifiques et enseignants » et peuvent revêtir les formes non exclusives suivantes :

- participation en classe à l'enseignement des sciences et de la technologie, au cours d'une ou de plusieurs séances ;
- parrainage d'enseignants ;
- exploitation des technologies de l'information et de la communication : échanges via Internet, consultations de sites dédiés, travaux collaboratifs...
- conception et mise en œuvre de projets coopératifs ;
- mise à disposition de ressources ;
- élaboration de matériels et publication de documents ;
- participation à des journées culturelles et des rencontres pédagogiques avec les enseignants ;
- participation, à la demande des formateurs, à la formation initiale et continue ;
- mise en relation en vue d'échanges avec les acteurs de la société civile.

Profil de l'accompagnateur

L'accompagnateur est une personne majeure, volontaire, qui, dans son domaine, a un niveau de compétences et de connaissances scientifiques et/ou technologiques au moins équivalent à celui d'une formation à bac + 2.

L'accompagnateur intervient à titre personnel ou dans le cadre d'un partenariat avec des organismes reconnus : grands organismes, institutions, établissements d'enseignement supérieur et de recherche, associations, entreprises.

L'accompagnateur a, au minimum, une connaissance élémentaire du fonctionnement du système éducatif [2].

L'accompagnement est fondé sur le volontariat.

Règles générales de l'accompagnement

L'accompagnement contribue à la mission d'enseignement des sciences et de la technologie, qui relève de la seule responsabilité des enseignants.

Concernant le contenu

Le contenu sera toujours adapté aux possibilités cognitives des élèves ; il sera en adéquation avec les thématiques définies dans les programmes.

Concernant la production de ressources

Un partenariat entre l'Éducation nationale et les organismes ou personnes individuelles peut s'établir en vue de produire des ressources scientifiques et technologiques pour la classe (documents de toute nature, écrits ou audiovisuels, matériels).

Le groupe de partenaires qui souhaite adhérer à la charte pour les ressources qu'il propose s'engage à ce que sa production respecte les principes ci-dessous :

- les ressources proposées sont conçues pour permettre la mise en œuvre de la démarche d'investigation qui est préconisée par les programmes de l'école primaire ;
- les mentions relatives à l'organisme partenaire ou à son domaine d'activité ne peuvent en aucun cas apparaître comme une publicité et une propagande ;
- le niveau du public scolaire est précisé et les contenus sont en accord avec ses possibilités cognitives ;
- les matériels sont conçus en tenant compte des règles de sécurité en vigueur à l'école primaire.

La propriété intellectuelle

Si ces ressources sont publiées et induisent le versement de droits d'auteurs, ceux-ci seront répartis entre les divers partenaires en fonction des textes de loi en vigueur au moment de l'accord de publication. La position de chaque partenaire doit être clairement précisée et faire l'objet d'un document signé.

Règles particulières relatives à l'accompagnement à l'école

Concernant les modalités d'accueil dans les classes

L'enseignant dont la présence est effective et permanente ne confie pas sa classe à l'accompagnateur. Il n'y a pas de substitution des rôles.

Concernant les durées

L'ensemble des activités d'accompagnement à l'école respecte les horaires inscrits à l'emploi du temps de la classe.

Concernant le déroulement du projet d'accompagnement

• Dans la phase préparatoire

Hors temps scolaire, l'accompagnateur aide les enseignants à préparer et à conduire leur projet. Ensemble, ils se mettent d'accord sur les activités que les élèves mèneront, sur les notions, les démarches et les savoir-faire en jeu ainsi que sur les niveaux de formulation.

Ils exploitent, en commun, les différentes facettes du thème en respectant les programmes scolaires en cours.

Ils préparent ensemble et pour chaque séance une progression adaptée aux enjeux pédagogiques et scientifiques.

• Dans la classe

L'enseignant définit le rythme de la séance et la pédagogie. Il assure l'autorité au sein de la classe dont il est responsable.

[1] Circulaire n° 92-196 du 03 juillet 1992 – participation d'intervenants extérieurs aux activités d'enseignement dans les écoles maternelles et élémentaires.

[2] Une plaquette d'information est en cours de rédaction à cette intention.

La médiation de la chimie en milieu scolaire

Fiche technique

Richard-Emmanuel Eastes, pour la Commission Chimie et Société

La Commission Chimie & Société s'est proposé d'étudier les diverses formes que peut prendre la médiation de la chimie en milieu scolaire, celles qui existent et sont réellement employées, leurs efficacités relatives, les besoins exprimés par les enseignants à ce sujet et par suite, celles qu'il conviendrait de développer et/ou de promouvoir.

Cette fiche technique les décrit de manière exhaustive, sans faire de distinction entre celles qui sont utilisables respectivement auprès des élèves (dont les objectifs sont plutôt de l'ordre de la vulgarisation de connaissances spécifiques mais aussi de l'éveil, de la mise en « appétit de science », etc.) et auprès des enseignants (actions qui sont davantage des appuis à la formation continue, de la documentation, la proposition d'outils didactiques, etc.).

Puisse-t-elle constituer un guide pour tout chimiste qui souhaiterait s'investir dans une action de médiation de la chimie auprès d'un public scolaire et qui, soucieux de s'intéresser aux interrogations fondamentales de ses interlocuteurs plutôt que de leur apporter les réponses toutes faites à des questions qu'ils ne se posent pas, ne se contenterait plus du discours frontal, de la traditionnelle « conférence dans les lycées » et autres « interventions en classe ».

Les problématiques de la médiation de la chimie dans l'enseignement

- A qui s'adresse-t-on ?
- Dans quelles conditions ?
- Que veut-on partager avec ses interlocuteurs ?
- Comment va-t-on le faire ?

Autrement dit : *Qui ? Où ? Quoi ? Comment ?* sont les questions que devrait pouvoir se poser un chimiste désireux de s'investir dans une activité de médiation de sa discipline en général et vers les milieux scolaires en particulier.

Les publics et les situations d'apprentissage

Plusieurs types de publics peuvent être distingués, chacun pouvant se trouver dans diverses situations d'apprentissage :

- Les enseignants auxquels on s'adresse peuvent être en situation d'apprentissage autonome, en formation initiale ou en formation continue (en présentiel par des stages ou des cours/conférences/ateliers ; à distance grâce aux outils multimédias ou aux TICE, Technologies de l'information et de la communication pour l'enseignement).
- Les élèves quant à eux, se trouvent soit dans leur cadre scolaire (activités effectuées dans l'école, par l'enseignant



Dans le domaine de la médiation scientifique, aucune forme ne peut être négligée *a priori*. Francine Pellaud dans les *Contes Scientifique de la Maîtresse Virgule*, Marrakech, 2002. Photographie : Les Atomes Crochus. DR.

ou un intervenant extérieur ; activités effectuées hors de l'école, éventuellement prolongées par un travail en classe avec l'enseignant) ou en dehors de leur cadre scolaire, en situation d'apprentissage autonome (en présentiel en famille ou dans un centre culturel ; à distance grâce aux outils multimédias ou aux TICE).

Les différents types de savoirs

On distingue quatre types de savoirs principaux :

Les savoirs purs (ou connaissances)

- Notions de chimie fondamentales : savoirs organisateurs (matière, espace, énergie, temps), composition et structure de la matière, notions d'interactions et de transformations chimiques, phénomènes divers (équilibres, catalyse, rétroactions, etc.)...
- Outils de la chimie : langage, modèles, principes et lois, matériels et appareillages...

Bien que ce ne soient pas de loin les plus fondamentaux dans les activités de vulgarisation scientifique, ces savoirs sont ceux auxquels le vulgarisateur en herbe s'attache en général en premier lieu.

Les savoirs-faire (ou habiletés)

- L'expérimentation au laboratoire : manipulation des matériels et appareillages, précautions liées à l'usage des produits chimiques...
- La transposition dans la vie courante : précautions liées à l'usage des produits ménagers, habileté générale et aptitudes culinaires...
- L'utilisation de modèles : appréhension de la notion de modélisation d'un phénomène physico-chimique, approximations, domaines d'application, liens entre différents niveaux de conceptualisation et de formulation...

Ces savoirs peuvent être proposés par la démonstration ou en faisant manipuler le public.

Les savoirs sur le savoir (ou méta-savoirs)

- Nature de la chimie : chimie du vivant, chimie industrielle, recherches fondamentale et appliquée...
- La chimie dans la vie quotidienne : matériaux, médicaments, produits ménagers, énergie...
- La chimie et l'environnement : pollutions anthropiques (industrielles et urbaines) et naturelles, lutte contre la pollution, chimie verte...
- La place de la chimie au sein des autres sciences : chimie et biologie/géologie, chimie et physique, chimie et mathématiques, chimie et informatique, la chimie comme lien entre ces disciplines...
- L'histoire de la chimie : origines de la chimie, grandes découvertes, grands noms de la chimie...
- Les aspects éthiques de la chimie : drogues et armes chimiques, productions de la chimie et environnement...
- Les aspects métaphysiques de la chimie : origines de la vie, alchimie, superstitions, croyances et religions...

Ces savoirs revêtent une importance extrême, aussi bien au niveau de la mise en évidence des aspects positifs et des effets pervers du progrès, que dans la facilitation de l'implication citoyenne sur des problèmes de société dans lesquels la chimie est impliquée.

Les savoirs-être (ou attitudes)

- La démarche expérimentale : développement du sens de l'observation, stimulation de l'esprit critique, entraînement des capacités de raisonnement...
- La motivation : développement de la curiosité, mise en appétit de sciences et plus généralement, de connaissances...

Ces savoirs sont les plus faciles à développer par la vulgarisation scientifique.

Autres rôles

Outre ces savoirs particuliers, l'activité de médiation de la chimie peut avoir d'autres rôles :

- Un rôle récréatif : aspects ludiques et spectaculaires (animations, spectacles, contes), effets comiques (idem)...
- Un rôle de révélateur de la beauté du monde : accès à son intelligibilité (phénomènes de la vie courante, phénomènes de société), transformation des perceptions en plaisirs (observation des phénomènes physico-chimiques naturels et artificiels, œnologie, gastronomie)...

Si tous ces aspects de la chimie peuvent être envisagés par le médiateur de la chimie, ils sont rarement tous abordés en même temps. D'où l'intérêt d'une classification des

différentes formes que cette médiation peut prendre, au regard des savoirs qu'elles entendent proposer aux publics concernés.

Les différentes formes de médiation de la chimie

Les différentes façons de communiquer la science sont extrêmement diverses. La liste qui suit, probablement non exhaustive, est classée par lieux d'intervention.

A l'extérieur de l'école exclusivement (en présence de l'enseignant)

- Manifestations grand public : festivals des sciences, villages de sciences, CCSTI : centre de culture scientifique, technique et industrielle...
- Musées scientifiques : expositions permanentes ou temporaires, animations sur place...
- Universités et grandes écoles : journées portes ouvertes, expositions et visites, stages pour enseignants...
- Laboratoires de recherche : journées portes ouvertes (conférences ou expérimentations), stages découverte, collectifs ou individuels, reportages...
- Sites industriels : visite des laboratoires de R & D, visite des unités (production, conditionnement...), visite des structures...
- Forums des métiers et des formations : salons, tables rondes...

Au sein de l'école exclusivement (éventuellement en présence d'un médiateur scientifique)

- Utilisation de documents écrits : fiches de manipulations, revues scientifiques, ouvrages de vulgarisation...
- Kits pédagogiques : mallettes découverte, valises d'exploration, collections...
- Audiovisuel et multimédias : CD-Roms, émissions audio et vidéo, cassettes audio et vidéo...
- Projets divers, notamment dans le cadre des « classes aPAC » (classes à parcours artistique et culturel)...

A l'intérieur ou à l'extérieur de l'école (en général en présence d'un médiateur scientifique et de l'enseignant)

- Accompagnement scientifique des enseignants : accompagnement présentiel, parrainage...
- Clubs et associations scientifiques : clubs de sciences, réseaux « Science et citoyenneté »...
- Conférences : chercheurs, ingénieurs, industriels...
- Spectacles/ateliers : démonstrations scientifiques, représentations théâtrales, ateliers expérimentaux...
- Forums de discussion : cafés des sciences, clubs Science et Citoyenneté...
- Concours scientifiques : académiques, ludiques...
- Supports ludiques : jeux, bandes dessinées...

A distance

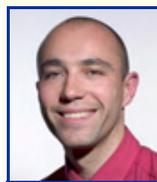
Ces activités peuvent être effectuées soit en classe avec l'enseignant (en ce qui concerne les élèves), soit en formation initiale ou continue en IUFM (en ce qui concerne les enseignants), soit à l'extérieur des établissements en travail autonome.

- Sites Internet pour les élèves : soutien scolaire (gratuit ou payant), ressources disciplinaires, expériences en lignes, conférences en ligne, jeux...
- Sites Internet pour les enseignants : ressources disciplinaires, expériences et conférences en ligne, références bibliographiques, « chats » (dialogues)...

Conclusion

Ainsi, pour le chimiste qui souhaite communiquer sa discipline auprès des élèves et des enseignants, le choix est vaste. Cependant, chaque forme a ses caractéristiques et permet d'offrir des savoirs spécifiques. Selon ce qu'il voudra montrer et apporter, il devra donc mener une réflexion

préalable destinée à définir la forme la plus adaptée à des objectifs.



Richard-Emmanuel Eastes

est membre du bureau national de la Commission Chimie et Société*.

* Maison de la Chimie, 28 rue Saint-Dominique, 75007 Paris.
Tél. : 01 40 62 27 18. Fax : 01 40 62 95 21.

Courriel : marquet@ccr.jussieu.fr

<http://www.maisondelachimie.asso.fr/chimiesociete/index.htm>

Les questions posées ne sont pas toujours celles que l'on entend !

Question posée au réseau de consultants de *La Main à la Pâte* par Emmanuel G., enseignant en cycle 3 (CE2-CM1-CM2) :

Comment est évalué le nombre de molécules d'eau dans un volume donné ?

Réponse du chimiste 1

1 mole d'eau (c'est-à-dire environ 6.10^{23} molécules d'eau, ce nombre étant le nombre d'Avogadro, noté N) pèse 18 g, et occupe, à l'état liquide, un volume de 18 cm^3 . Dans un volume d'eau « V » (en cm^3), il y a donc $V/18 * N$ molécules d'eau.

Réponse du chimiste 2

Il vaut mieux considérer une certaine masse d'eau, plutôt qu'un volume. Mais cette affaire est vite réglée à partir d'une connaissance de la masse volumique de l'eau (environ 1000 kg/m^3 , ou 1 g/cm^3 , dans les conditions normales).

Et puis, 1 mole de « substance », l'eau en l'occurrence, correspond à la masse moléculaire de cette substance, mais en grammes.

Donc 2×1 (hydrogène) + 1×16 (oxygène) = 18 g. 1 mole contient également le nombre d'Avogadro de molécules : environ 6.10^{23} . Donc 1 cm^3 d'eau correspond à 1 g d'eau, ce qui fait $6.10^{23}/18$, soit 3.10^{22} molécules... C'est beaucoup !

Une règle de 3 permet de calculer le nombre de molécules dans un volume donné...

Tout à fait juste... Quoique peut-être un peu ardu pour l'enseignant (qui n'est pas censé connaître les puissances de 10 et le calcul formel). Et en effet, le « chimiste 3 » écrit :

Réponse du chimiste 3

Les notions de mole et de masse molaire (atomique ou moléculaire) ne sont pas très évidentes. Il peut être utile de consulter un manuel de physique et chimie de la classe de seconde (programme 2000, partie Chimie, Transformations de la matière) où elles sont explicitées.

Mais quoi qu'il en soit, ces « explications » répondent-elles réellement à la question posée ? Ainsi, peut-être le « chimiste 4 » a-t-il raison lorsqu'il écrit :

Réponse du chimiste 4

Je ne suis pas sûr qu'on ait répondu réellement à la question de cet enseignant, qui peut se comprendre de deux façons :

- Soit on admet que la masse des molécules d'eau est connue, et dans ce cas la réponse est assez évidente, puisque ça revient à connaître le nombre de grains de riz dans un paquet de 1 kg connaissant la masse d'un grain de riz.
- Soit on se demande comment on a pu (depuis longtemps déjà) connaître la masse des molécules alors que de toute évidence on ne les « pèse » pas individuellement !

La réponse est alors nettement plus complexe et fait intervenir tout l'édifice théorique de la chimie, l'existence d'atomes comme constituants des molécules, la notion de stœchiométrie... Personnellement, je ne suis pas sûr d'être le mieux placé pour répondre à cette question-là, et surtout manque de repères « historiques ». Peut-être pourrait-on demander à l'enseignant de préciser le sens de sa question ?

Cette modestie l'honore... comme le fait s'avoir su percevoir le sens de la question de l'enseignant « profane », sans se ruer tête baissée dans des calculs probablement incompréhensibles pour lui ! C'est le terme « évaluer » qui pouvait mettre la puce à l'oreille. Et devant cette incertitude, une seule solution, celle qu'a choisie le chimiste 4 : le dialogue !

- Retrouvez toutes les questions des enseignants et toutes les réponses des scientifiques sur les pages du réseau de consultants scientifiques de *La Main à la Pâte* à l'adresse : <http://www.inrp.fr/lamap/>

Les pièges de la médiation scientifique

Proposition de « bonnes pratiques »

Richard-Emmanuel Eastes

Résumé

Ce document récapitule quelques écueils majeurs susceptibles d'être rencontrés par un scientifique [1] dans un échange avec un groupe concerné d'interlocuteurs profanes : public averti ou non, étudiants ou spectateurs de science, enseignants [2] et leurs élèves dans l'exercice d'un « accompagnement » [3], enfants et adultes... Ces idées concernent essentiellement le mode de la communication frontale, mais peuvent pour la plupart être transposées à tout type d'échange entre scientifiques et « grand public ». Issu de nos observations et de nos expériences personnelles, en classe et dans diverses situations de vulgarisation scientifique, cet article met notamment l'accent sur quelques pièges classiques qui, pour paraître parfois évidents, n'en sont pas moins difficiles à éviter et sont, de fait, largement répandus. De manière systématique, il propose quelques pistes pour les dépasser.

Mots-clés

Pièges, obstacles, bonnes pratiques, cadres de référence, abstraction, idéalisation, modèle et réalité, conceptions, mécanisme de l'apprendre.

Il serait vain de croire possible la conception d'un texte qui, tout à la fois, répertorierait l'ensemble des difficultés de la médiation scientifique et y répondrait par des solutions toutes faites. On ne peut cependant nier que toute activité exercée avec assiduité et attention permet la caractérisation de ses principales difficultés et l'élaboration de préceptes plus ou moins efficaces pour les surmonter.

Certes, ce travail est sans doute plus aisé dans le cadre de la pratique du jardinage ou de la cuisine que de celle de la médiation scientifique, tant les situations, les interlocuteurs et les objectifs y sont diversifiés. Mais si l'on admet que partager sa culture scientifique, c'est aussi un peu « cultiver la curiosité » et « mettre en appétit de science », on peut se risquer à proposer quelques « recettes » qui, si elles ne peuvent garantir un succès systématique, ont au moins le mérite de poser les premiers jalons d'une « bonne pratique » de la médiation scientifique. C'est ce que nous nous risquons à proposer dans les pages qui suivent.

Pour le scientifique : un fossé difficile à évaluer

Le vocabulaire

Certaines difficultés observées dans la médiation des sciences et attribuées à des problèmes de compréhension conceptuelle sont en fait le plus souvent dues à des problèmes de langage ; mots courants ou termes spécifiques, le discours scientifique regorge de pièges redoutables.

Problème 1

Qu'il s'agisse des mots courants réemployés par la science dans un tout autre sens (« solution » aqueuse, « gravité », « modèle » mathématique...), des concepts scientifiques au contraire détournés par l'usage (antennes « paraboliques », « énergies » négatives, rayons « lasers »...), des concepts scientifiques aux sens multiples et parfois

Le ticket d'Archimède : la chimie

**Pourquoi ça décolore ?
ou... l'histoire de l'eau de Javel.**

Il était une fois un chemisier blanc immaculé. Un jour, il fut taché par une cerise bien rouge.

Des molécules colorantes de la cerise s'accrochèrent au chemisier.

Heureusement, à l'époque de la Révolution le chimiste Claude Berthollet mit au point l'eau de Javel. Ajoutée à l'eau de lavage, elle réagit avec les molécules du colorant, leur apporte de l'oxygène et de la sorte, change leur « forme ». Ainsi transformées, ces molécules ne laissent apparaître aucune coloration ...

Le chemisier retrouva toute sa blancheur et continua d'être fièrement porté.

L'eau de Javel n'enlève pas la tache, elle change les molécules du produit coloré afin qu'il ne présente plus aucune couleur.

Centre de Vulgarisation de la Connaissance
Unité des universités Paris 05 et Paris 06 sous le soutien de l'ENS
avec la participation de nombreux de l'Éducation Nationale, de la Recherche et de la Technologie.
Questions ? Suggestions ? tél. : 01 69 85 33 71 http : //www.cvc.u-psud.fr/cvc

RATP

Figure 1 - Un vocabulaire choisi et particulièrement bien étudié : les affiches du Centre de la Vulgarisation de la Connaissance présentées dans le métro parisien.

contradictaires (« fusion » d'un solide ou thermonucléaire, « pureté » de l'eau en chimie et en biologie, « kilowatt » et « kilowattheure »...), des termes scientifiques qui ressemblent à des mots courants et induisent des idées fausses (« année » lumière, « spéciation »...) [4] ou des termes dont la prononciation est équivoque (« la symétrie » et « l'asymétrie »...), les obstacles à la compréhension dans une présentation frontale sont nombreux.

Problème 2

La référence à des concepts et théorèmes spécifiques (« induction électromagnétique », « théorème de Bernoulli »...) constitue souvent un refuge et une solution de facilité face à une problématique complexe. Leurs effets sur le public sont les mêmes que l'emploi de termes spécialisés (« acide désoxyribonucléique », particules « alpha »...), d'acronymes divers (PVC, NADH...), d'anglicismes (bulk, wafer, wireless...) et que l'évocation de détails non situés (rôle de la « mitochondrie » sans l'avoir localisée dans la cellule, par exemple); il en résulte des effets aussi divers que la fausse impression de comprendre et la transmission d'un « pseudo-savoir », l'abdication des efforts de compréhension, l'impression d'inaccessibilité de la science, etc.

Solution : l'attention

Conserver une interrogation constante quant aux termes et concepts employés et une attention permanente aux réactions de ses interlocuteurs. Les interroger souvent à ce sujet (« Quels types d'objets et de propriétés évoquent pour vous le mot « cellule » ? »). Proscrire toute mention de concept ou de théorème inutiles dans le cadre du projet.

Les cadres de références [5]

Problème 1

L'existence de cadres de référence décalés entre scientifiques et profanes peut conduire à l'incompréhension, voire à la construction d'idées fausses, simplement parce que les termes n'ont pas le même sens pour les uns et les autres (une onde ne se « propage » pas comme une maladie, on « ferme » l'interrupteur pour « ouvrir » la lumière...).

Problème 2

Bien plus, ce décalage peut conduire le scientifique à employer sans précautions des termes (« mol/L »...), des concepts (« élément chimique »...), des formalismes (fonctions mathématiques « $f(x)$ », représentation des doublets d'électrons par des barres...), des représentations graphiques (échelles logarithmiques...) et des modèles (modèle de Bohr et « couches électroniques »...), voire de véritables paradigmes [6] scientifiques (« sens » du courant électrique, équivalence masse-énergie...) qui lui sont extrêmement familiers, en oubliant qu'ils sont totalement ésotériques pour le public à qui il s'adresse. Ces implicites, qui peuvent aller jusqu'aux modes de raisonnement (« par l'absurde », « par récurrence »...), ne sont pas sans conséquences sur l'accessibilité du discours du scientifique.

Solution : l'interactivité

Préserver une interactivité maximale lors de toutes les phases de l'échange, s'informer au préalable sur le niveau de connaissance du public et sur sa culture. Autant que possible, s'entretenir avec lui avant toute chose pour identifier ses « conceptions » sur le sujet à traiter ensuite (voir paragraphe suivant).



Figure 2 - Le pouvoir explicatif de la métaphore : l'autopsie de Monsieur Potassium révèle l'existence de 19 protons, 20 neutrons et 19 électrons. Deferme J., *Le monde étrange des atomes*, La Nacelle, 1994. Illustration : Alain Gassener, DR.

La méconnaissance des mécanismes d'apprentissage

Problème

La structure mentale des apprenants est encore trop considérée comme une « cire vierge » sur laquelle il suffit d'apposer un discours clair, une expérience démonstrative, pour que le savoir correspondant y soit imprimé convenablement. Au-delà des problèmes de vocabulaire et de cadres de référence déjà évoqués, l'ignorance de la manière dont les structures mentales préexistantes des adultes et des enfants rejettent les nouvelles informations si elles ne sont pas « conformes », ne permet au scientifique qu'une transmission limitée de ce qu'il souhaite apporter en termes de savoirs.

Solution : faire « avec » pour aller « contre »

L'apprenant perçoit toute nouvelle information au travers de la grille d'analyse que constitue le réseau de « conceptions » [7] dont il dispose sur le sujet traité. Par suite, l'identification de ces conceptions, leur perturbation par des moyens adéquats (expériences contre-intuitives par exemple) et l'accompagnement subséquent au travers d'approches diversifiées constitue la démarche idéale.

Mais surtout, il est utile de se rappeler que l'on ne peut apprendre à la place de l'autre et que la seule chose que l'on peut lui transmettre directement, c'est sa passion !

Le passage à l'abstraction

Une fois les formalismes et concepts introduits et assimilés, c'est la phase de leur utilisation qui pose problème.

Problème 1

Il est admis que la manière la plus simple de procéder à des raisonnements abstraits consiste à passer par l'emploi de schémas (illustrations, diagrammes...), de symboles (vecteurs, symboles des acides aminés, liaisons chimiques...), de maquettes (modèles moléculaires, double hélice de l'ADN, modèle des couches terrestres...), autant d'outils que

l'on peut regrouper sous le vocable de « représentations iconiques ».

Or, comme le vocabulaire et les formalismes évoqués ci-dessus, ces représentations iconiques elles-mêmes posent des problèmes de compréhension. André Giordan précise en effet que « [Ce] ne sont pas des images simplifiées d'une réalité intangible : ce sont des visions construites et formalisées à un certain degré des problèmes à résoudre. Si elles peuvent constituer des aides non négligeables à la réflexion et à la compréhension, elles créent à leur tour leurs propres obstacles » [8]. Et à ce stade, les problèmes évoqués plus haut refont surface.

Problème 2

Plus généralement, c'est à l'aide de modèles théoriques que les scientifiques opèrent ce passage à l'abstraction, nécessaire pour interpréter, simuler et prédire les phénomènes de la Nature. Mais on oublie souvent que leur construction s'est accompagnée de la création d'un « monde » totalement nouveau ; un monde abstrait dans lequel l'intuition et l'habitude ne sont plus nécessairement opératoires (cas de la thermodynamique chimique, de la mécanique quantique...). Un monde dans lequel même après le nécessaire temps d'accommodation, il est essentiel de s'habituer à naviguer avant d'y être totalement à l'aise, puis de parvenir à tisser des liens avec la réalité pour comprendre la pertinence de ce monde théorisé [9].

Or pour le scientifique, tenir compte de ces besoins constitue un obstacle énorme. Parfaitement rompu à l'exercice du raisonnement dans le monde théorique qu'il s'est construit pour représenter le monde réel, tellement habitué à passer d'un monde à l'autre qu'il ne fait parfois même plus la différence entre les deux, entraîné à jongler avec les faits avérés et les lois élaborées pour en rendre compte, il ne « sent » plus la nécessité d'identifier convenablement les deux aspects, de préciser ce qui relève de la réalité et ce qui n'est que modélisation ou simulation.

Ainsi à la question : « Pourquoi les carottes sont-elles oranges ? », il pourra par exemple répondre en termes de niveaux d'énergie dans les polyènes, dont le carotène, responsable de cette couleur, est un représentant. A celle de l'existence d'un état liquide de l'eau salée à - 20 °C, on en a même vu évoquer les potentiels chimiques des phases solide et liquide devant des enfants... Pour le chimiste, le lien semble direct ; mais combien de passerelles entre le monde réel et le monde théorique emprunte-t-il en même temps pour faire ce lien ? En tout état de cause, trop pour le public non initié. En effet, il ne viendrait à personne l'idée d'enseigner les rudiments d'une langue étrangère et dans les minutes qui suivent, de mélanger allègrement les mots des deux langues dans une même phrase...

Sans compter qu'au-delà des problèmes de compréhension, cette imprudence peut également introduire la très préjudiciable confusion entre modèle et réalité auprès du public, comme nous le verrons dans la deuxième partie de ce document.

Solution : l'empathie

Aussi convient-il de s'interroger : les symbolismes utilisés pour simplifier le passage à l'abstraction sont-ils adéquats, compréhensibles, compatibles ? Sont-ils fournis avec leurs clefs de décodage ? De même, les modèles introduits sont-ils clairement caractérisés au regard des concepts qu'ils nécessitent, des approximations qu'ils sous-tendent, des limites qu'ils présentent ? Les passerelles

entre le monde réel et celui de l'abstraction sont-elles suffisamment précisées ? Les passages de l'un à l'autre sont-ils identifiés et limités au maximum ?

C'est à ce prix, et en ayant conscience des difficultés qu'il y a pour des interlocuteurs non initiés à raisonner dans un monde abstrait et à établir des liens avec le monde réel, que le scientifique pourra espérer atteindre le difficile objectif de faire lentement passer auprès de son public les contenus conceptuels de la science moderne.

Mais en tout état de cause, pour toutes les raisons évoquées ci-dessus, la science ne pourra être comprise grâce à des modèles théoriques que dans de très rares exceptions ; le temps, l'implication et la quantité de concepts nécessaire à cette approche la destinant plus aux activités d'enseignement des sciences qu'à la médiation scientifique.

Le mélange des niveaux de conceptualisation

Problème 1

Au-delà du passage incontrôlé entre les mondes réel et théorique, le scientifique peut également être amené à utiliser de façon simultanée différents modèles théoriques pour illustrer une même réalité. Et de ce fait, son aisance et son habitude de jongler avec eux peuvent là encore l'amener à passer inconsiderément de l'un à l'autre, voire à les mélanger eux aussi dans son discours. Ainsi on verra très souvent dans un même exposé, le modèle de Bohr côtoyer le modèle quantique de l'atome, sans que le médiateur ne prenne la peine de s'attarder sur le fait que dans le premier modèle, les électrons qui possèdent l'énergie potentielle la plus élevée sont les plus éloignés du noyau, alors que ce n'est absolument pas le cas dans le second modèle.

Problème 2

Cette constatation est vraie pour les modèles, mais elle l'est aussi pour les représentations iconiques mentionnées ci-dessus. Ainsi, on voit souvent sur un même document des molécules organiques représentées selon des formalismes très variés, mais adaptés au propos du conférencier sur le moment (formule « brute » pour la composition de la molécule, formule « semi-développée plane » pour les groupes fonctionnels, formule « spatiale » en représentations de Cram, Newman ou Haworth pour la stéréochimie, formule « en bâtonnets » pour la structure électronique...). Là encore, le manque de passerelles entre les différentes représentations est préjudiciable à la compréhension du profane.

Solution : l'économie

Pour peu qu'on lui en donne les clefs et qu'on lui laisse le temps de se les approprier, l'apprenant est capable de faire le lien entre les différents modèles qu'on lui propose. Mais cela suppose également qu'on lui indique les transitions entre les différents mondes sous-tendus par ces modèles et qu'on lui montre les passerelles qu'il peut emprunter pour y tisser des liens. A ce titre, une vigilance constante de la part du vulgarisateur est de mise. Là encore, il ne viendrait à personne l'idée d'enseigner deux langues étrangères en même temps en en mélangeant les outils (c'est-à-dire le vocabulaire) et les conditions d'utilisation (les règles de grammaire)... Mais il va sans dire que limiter le nombre de modèles et de représentations simplifiera dans tous les cas grandement la compréhension du public.

Les limites de certaines « aides à penser »

Problème

Pour pallier aux problèmes posés par la formalisation et la théorisation des phénomènes, voire tout simplement à leur complexité, le scientifique a souvent recours à la métaphore, à l'analogie, à la métonymie. Or si ces outils, comme l'illustrent les figures 2 et 3, peuvent constituer des aides à penser utiles à l'appropriation de nouveaux savoirs, ils n'en demeurent pas moins parfois porteurs d'idées fausses et de glissements de sens, pouvant même constituer des sources de blocages dans l'évolution de la pensée (NaCl et NaOH sont-ils vraiment des molécules ?).

Des études ont montré que la métaphore de la « petite graine » faisant référence au spermatozoïde lors de la reproduction par exemple était source de confusions chez les enfants au niveau des rôles respectifs des gamètes mâle et femelle. André Giordan écrit par exemple : « *Envisager le spermatozoïde comme une « petite graine » aide les jeunes [enfants] à se frotter à l'idée de fécondation. En contrepartie, la métaphore renforce l'idée de l'importance du père dans la fabrication de l'enfant. La mère, ravalée au rang de « couveuse », « protège » et « nourrit » pendant neuf mois le petit bébé* » [10].

De même, l'analogie entre les oscillations pseudo-périodiques de la réaction oscillante de Belousov-Zabotinski et le régime pseudo-périodique des oscillations d'un ressort peut paraître séduisante. Cependant, une étude du mécanisme chimique mis en œuvre montre qu'elle est totalement fautive, le système se comportant plutôt comme un mécanisme d'horlogerie dont le ressort fait osciller le balancier en se détendant peu à peu.

Solution : la vigilance

Il n'est bien entendu pas question de proscrire les analogies et les métaphores si elles peuvent être utiles à la compréhension de phénomènes. En revanche, une vigilance minimale quant à leur pertinence et aux idées fausses qu'elles risquent d'introduire semble raisonnable pour éviter ces écueils. Discuter de leurs limites avec les interlocuteurs, les présenter comme des moyens mnémotechniques ou prendre la précaution d'ajouter « tout se passe comme si » sont des solutions possibles.

La focalisation sur les contenus et sur la précision scientifique

Problème 1

La présentation de contenus académiques (concepts, lois, modèles et théories, informations et actualités scientifiques) constitue souvent un objectif prioritaire pour les scientifiques. Pourtant, l'assimilation de concepts et de lois nécessite une lente maturation, une appropriation progressive des outils et modèles élaborés par la science, parfois au cours de siècles de tâtonnements et de perfectionnements, pour représenter l'univers. Dans le cadre d'une activité de médiation scientifique et faute de disposer du temps nécessaire à cette maturation, la tâche s'avère donc très souvent utopique.

Problème 2

De même, beaucoup ne supportent pas l'idée d'une présentation simplifiée où le nom d'une substance serait

écorché ou celui d'une loi même simplement non mentionné (loi de Lenz, effet Venturi...). Bien sûr, les termes précis, comme les noms propres donnés aux phénomènes et aux lois, peuvent servir d'accroches et d'aides à penser. Mais les détails trop spécifiques complexifient le discours et, lorsqu'ils sont inutilement introduits, isolent le scientifique et sa discipline, donnant au mieux aux interlocuteurs la fausse impression de retenir quelque chose.

Problème 3

Enfin, la focalisation sur les contenus académiques risque de limiter l'établissement de liens entre les connaissances et la mise en perspective du savoir (aspects historiques, épistémologiques, éthiques, pratiques...). Cette lacune conduit à l'acquisition de connaissances ponctuelles et désincarnées, difficiles à mobiliser plus tard dans d'autres circonstances.

Solution : « lâcher prise »

Si l'acquisition d'un savoir académique rigoureux et précis est une préoccupation pertinente en situation d'enseignement secondaire et supérieur, elle est souvent impropre à la sensibilisation de tout autre public à la démarche scientifique. Avant tout, il convient de se préoccuper de ses besoins réels en matière de contenus et d'adapter son discours en conséquence. Dans certains cas, on pourra même envisager l'utilisation de « modèles métaphoriques » ou « pédagogiques » (figure 3), mais amplement suffisants au regard des objectifs que l'on s'est fixés [11]. Avec bien entendu les précautions mentionnées dans le paragraphe précédent, pour éviter par exemple de laisser croire que les atomes s'assemblent par amour plutôt que pour des questions d'ordre énergétique...

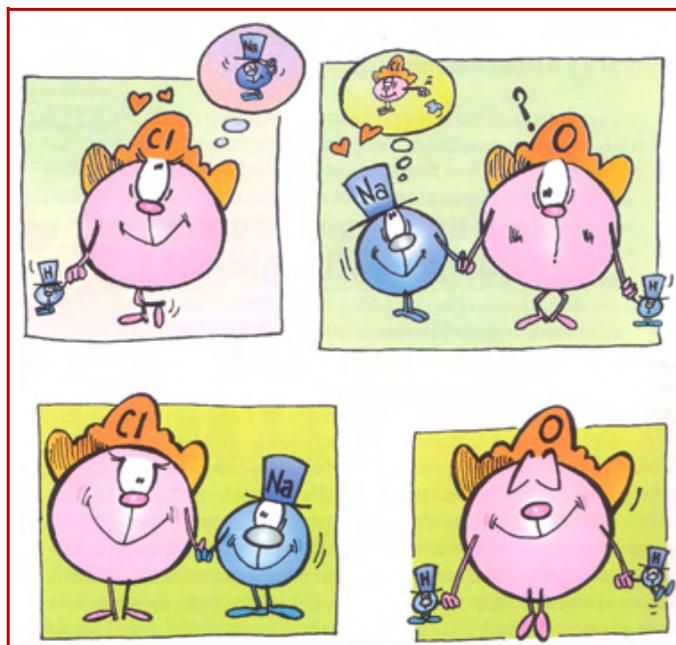


Figure 3 - Initiation humoristique à la réaction chimique : au cours d'une promenade, le couple HCl rencontre le trio NaOH. Quelques idées de changement germent dans les esprits... Madame Chlorine et Monsieur Sodium se mettent alors en ménage, confiant la garde des deux petits Hydrogène à Madame Oxygène qui s'en accommode fort bien ! Deferne J., *Le monde étrange des atomes*, La Nacelle, 1994. Illustration : Alain Gassener, DR.

Transmettre des connaissances, susciter d'autres formes de raisonnement, éveiller la curiosité et le sens critique, donner un aperçu de la vie du scientifique, faciliter le débat démocratique sur des problèmes de société, instruire à la « complexité » et à la relativité de la « vérité scientifique », mettre en « appétit de savoirs », répondre à des interrogations éthiques ou métaphysiques, divertir, faire rire ou rêver... Il incombe au médiateur scientifique de mener une réflexion préalable profonde sur l'utilité du rapprochement qu'il opère entre la science et l'école.

Pour le profane : une vision imprécise de la science

La confusion entre modèle et réalité

Problème

Pour beaucoup, les lois semblent souvent prévaloir sur les propriétés de la Nature, alors qu'elles n'en constituent que des modélisations approchées, des tentatives d'explicitation dans des domaines d'application plus ou moins restreints. N'entend-on pas souvent parler des « lois physiques qui régissent l'univers » ? Cette confusion entre « modèle » et « réalité » conduit à une perception de la science dogmatique, figée et inaccessible, particulièrement et contre toute attente chez ceux qui l'ont approchée au cours de leur scolarité.

Solution : démystifier les modèles

Pour aller à l'encontre de cette perception de la science et du monde, et surtout éviter de la perpétuer, il semble crucial d'introduire aussi tôt que possible la notion de « modèle » scientifique, même très mal appréhendée par beaucoup d'enseignants. Avec elle s'impose la nécessité de faire comprendre qu'un « concept scientifique » est un outil descriptif avant d'être un objet naturel (« force », « orbitale »...) et que la « loi » est souvent approximative et ne s'applique que dans des conditions particulières (« loi de Hooke », « loi d'action des masses »...).

L'idéalisation du monde

Problème 1

Dans le même ordre d'idées, la confiance accordée par le non-scientifique aux résultats numériques d'un calcul comme à la précision d'une mesure physique (lecture d'un pH à 1% près, mesure de la période d'un pendule sur une seule oscillation) est souvent abusive. Elle occulte d'une part le degré de modélisation du phénomène étudié, c'est-à-dire la non-considération de perturbations du second ordre au moment de sa conceptualisation, et d'autre part l'incertitude expérimentale liée aux instruments de mesure employés.

Il en résulte à nouveau une vision erronée du monde, de la science et de son degré de fiabilité, non sans avoir des répercussions dans la vie courante telles que le respect de dates de péremption au jour près, indépendamment des autres facteurs qui ont pu affecter la conservation de la denrée concernée.

Problème 2

L'acceptation dans l'enseignement de modèles simplifiés comme des descriptions exactes de la réalité et l'oubli correspondant des paramètres secondaires susceptibles de l'affecter, conduisent les élèves à une vision simpliste du monde et à la croyance en l'existence de solutions simples à

des problèmes qui sont en réalité complexes et dépendants de multiples paramètres enchevêtrés. Il en résulte des lacunes inquiétantes au niveau de l'éducation à la « complexité » et au traitement des problèmes de société, par essence complexes, au travers d'« approches systémiques » (développement durable par exemple).

Solution : lutter et militer

En toute circonstance, rappeler l'existence des paramètres que l'on néglige (résistance de l'air dans l'étude de la chute des corps par exemple) et montrer éventuellement des situations dans lesquelles ils prennent une importance notable (utilisation d'un fluide visqueux dans une expérience analogue). Insister alors sur les « ordres de grandeur » et leur comparaison.

Dans le traitement de situations complexes dépendant de paramètres multiples, insister sur les notions d'optimum (équilibre d'un système chimique par exemple) et sur les notions d'incertitude théorique (inégalité de Heisenberg, chaos...) et expérimentale (précision des appareils, chiffres significatifs...).

L'idéalisation du scientifique

Problème

Parce qu'il emploie un vocabulaire élaboré, parce qu'il a fait de longues études, parce qu'il maîtrise les mathématiques et l'informatique, parce qu'il fait des expériences bizarres, parce qu'il semble comprendre l'univers mieux que tout autre, le chercheur fait l'objet d'un certain complexe d'infériorité de la part du « grand public ». Bien plus, en contribuant à alimenter l'image du « savant fou », sorcier travaillant seul dans un laboratoire inquiétant, ces caractéristiques renforcent encore la vision erronée de la science décrite plus haut. S'ajoutant à sa vision idéalisée, cette perception ne peut alors que contribuer à entraver la confiance des non-scientifiques à l'aborder, voire même à poser des questions qu'ils croient ineptes.

Solution : rassurer

Dans toute activité de médiation scientifique, essayer dans la mesure du possible de donner au public une vision réaliste du métier de chercheur : aller à l'encontre de la vision du savant fou en insistant sur l'importance de la communication entre pairs, mettre en évidence les liens qui connectent monde de la recherche et monde industriel, insister sur la part d'éthique du métier de chercheur, etc.

Montrer que le scientifique est un spécialiste de la science, comme le garagiste est un spécialiste de la mécanique, et que tous deux ont un langage propre, en apparence hermétique, mais accessible. Ne pas hésiter à démystifier les « questions bêtes » [12], éventuellement en montrant pourquoi elles ne le sont pas et en encourageant la curiosité et le questionnement, l'histoire des sciences montrant assez combien elles peuvent être source de nouvelles découvertes.

L'idéalisation de la démarche expérimentale

Problème

La fausse démarche expérimentale de type OHERIC [13], reconstruite après coup et idéalisant la manière dont l'expérimentation se mène réellement en recherche, découle de la perception de la science décrite ci-dessus. Cette idéalisation de l'expérimentation est encore perçue (et

enseignée) comme la manière dont la science se construit. Et parce qu'elle occulte les essais et erreurs, les tâtonnements et les changements de cap, elle transforme en échec inavouable toute errance face à une situation expérimentale complexe.

D'une part, cette perception rend la science inquiétante pour celui qui devra l'enseigner parce qu'il n'est pas préparé à accepter les aléas de l'expérimentation réelle ; combien d'enseignants et de médiateurs savent exploiter sans rougir une « expérience qui rate » ? Lors des activités expérimentales d'autre part, elle conduit souvent à une présentation directive des expériences au travers de modes opératoires figés qui ne laissent aucune place à l'imagination et à la réflexion ; pratique qui rend la science à la fois rébarbative et inaccessible pour l'élève qui ne maîtrise rien.

Solution : le droit à l'erreur

Lors de la présentation d'une expérience, tenter de se souvenir des difficultés qui ont accompagné son élaboration s'il s'agit d'une « expérience de recherche », et préciser qu'il s'agit d'un cas idéal s'il s'agit d'une « expérience de démonstration ». Dans le cas où l'activité d'accompagnement scientifique permet à la classe de conduire une ou plusieurs expériences, éviter à tout prix les modes opératoires directifs, les fiches et les maquettes pédagogiques « trop bien pensées ». Dans tous les cas, laisser une large part au questionnement, la possibilité d'essayer et celle de se tromper : que souhaite-t-on faire ? Comment parvenir à ce que l'on aimerait faire ? Pourquoi telle manipulation, telle étape, tel matériel ?

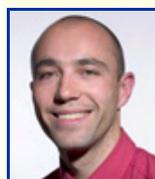
La médiation scientifique... tout un art !

Notes et références

- [1] Chercheur, enseignant-chercheur, étudiant, animateur scientifique...
 [2] Aux niveaux primaire ou secondaire.
 [3] Par « accompagnement scientifique », nous entendons ici la forme de collaboration entre scientifiques et enseignants décrite par les groupes

de travail du colloque ASTEP (<http://www.ens.fr/astep/>, voir également l'article en page 56 de ce numéro).

- [4] Un calembour illustre cette idée de façon plaisante : *Quelle est la puissance d'un coton-tige ?* Réponse : *Deux ouates...*
 [5] Le « cadre de référence » d'un individu constitue le cadre de pensée et d'interprétation du monde qu'il s'est construit au cours de son vécu. Il est extrêmement dépendant du milieu familial et socioculturel dans lequel il a grandi et conditionne la manière dont il reçoit, analyse et stocke les informations nouvelles.
 [6] Monogamie, cartésianisme, modèles de croissance économique, découpage des harmonies musicales en douze demi-tons, sept couleurs de l'arc-en-ciel : les paradigmes sont les fondements socioculturels de la pensée d'un groupe humain.
 [7] Idées préconçues, images mentales, réseau sémantique, modes de raisonnement préexistants : autant de structures mentales à « déconstruire » et sur lesquelles s'appuyer pour permettre l'appropriation d'un savoir plus élaboré.
 [8] Giordan A., Introduction des Journées Internationales de l'Éducation Scientifique (JIES, Chamonix), 1987.
 [9] Ainsi, on a vu un groupe d'enseignants parvenir à indiquer le résultat de la composition de deux rotations de 90° par un raisonnement théorique, mais à ne pas y parvenir avec trois miroirs perpendiculaires deux à deux.
 [10] Giordan A., *Apprendre !*, Belin, 1998.
 [11] Le « modèle » de l'atome construit par Jacques Deferne dans l'ouvrage qui a servi à illustrer ce numéro en est un exemple particulièrement probant.
 [12] Nous avons par exemple l'habitude de dire à nos étudiants qu'« il n'y a que les questions que l'on ne pose pas qui sont bêtes »...
 [13] Observation-Hypothèse-Expérience-Résultat-Interprétation-Conclusion.



Richard-Emmanuel Eastes

est membre du groupe Diffusion des Savoirs de l'ENS (Paris), président de l'association Les Atomes Crochus, directeur du Service des concours scientifiques inter-ENS* et chercheur au Laboratoire de didactique et d'épistémologie des sciences (Université de Genève).

- * Service des concours inter-ENS, Bâtiment Laplace – ENS Cachan, 61 avenue du Président Wilson, 94235 Cachan Cedex.
 Tél. : 01 47 40 74 30. Fax : 01 47 40 74 31.
 Courriel : emmanuel.eastes@ens.fr
 Les Atomes Crochus : <http://atomes.crochus.free.fr>
 Page personnelle : <http://eastes.free.fr/reeastes.htm>

Abandonner les concepts complexes et adopter un vocabulaire simple...

Question posée au réseau de consultants de *La Main à la Pâte* par Cassandra S., enseignante en cycle 3 (CE2-CM1-CM2) :

Si l'on prend un verre plein d'eau avec un glaçon mis dedans et qu'on laisse fondre le glaçon, l'eau ne déborde pas du verre. Pourquoi ? Hypothèse d'un élève : parce que l'eau s'évapore ?

Réponse de Richard-Emmanuel Eastes, consultant scientifique pour les Sciences de la matière

En entrant dans l'eau, le glaçon « appuie » dessus et la fait monter. Au bout d'un moment, il s'arrête de descendre car le poids de l'eau qu'il a fait monter est égal à son propre poids.

S'il fond, l'ensemble « glace solide + glace fondue » ne change pas de poids et continue donc d'appuyer de la même façon sur l'eau qui l'entoure. Par suite, le niveau de cette eau n'est ni plus haut ni plus bas que le niveau de l'eau qui entourait le glaçon avant qu'il ne commence à fondre.

Le niveau de l'eau n'a pas changé au cours de la fonte du glaçon.

Une petite remarque à part : la question est classique mais... qui a déjà tenté de réaliser l'expérience ? Si vous le faites, vous verrez que le glaçon affleure tellement peu qu'il est bien difficile d'observer quoi que ce soit. A moins qu'il ait une forme bien choisie, conique par exemple. En outre, le niveau de l'eau pourrait monter que le verre ne déborderait pas nécessairement, grâce aux effets de bords qui permettent de remplir un verre bien au-delà de son niveau supérieur.

Autrement dit : expérience peu probante ! Au demeurant, intéressante à évoquer pour aller contre l'idée reçue que l'élévation du niveau des océans serait due à la fonte de la banquise. Des glaciers peut-être, à la rigueur, mais... On sait que l'effet est négligeable par rapport à la dilatation thermique de l'eau des océans.

- Retrouvez toutes les questions des enseignants et toutes les réponses des scientifiques sur les pages du réseau de consultants scientifiques de *La Main à la Pâte* à l'adresse : <http://www.inrp.fr/lamap/>

Des expériences réussies

Multi-interview

par Francine Pellaud



Figure 1 - La cuisinière Capsule (Francine Pellaud) en gastro-moléculaire (Montpellier, 2003). Photographie : Bernard Pellequer pour Les Atomes Crochus. DR.

Les pratiques de médiation scientifique adoptent différentes formes en fonction des cadres dans lesquelles elles se déroulent, mais également en fonction des objectifs qu'elles visent et des publics auxquels elles s'adressent (comme le précise notamment la fiche technique présentée page 60). Les entretiens que nous avons menés rassemblent des témoignages qui, sans être exhaustifs, tentent de refléter la richesse de cette diversité. Ils proposent également un aperçu des difficultés de tous ordres (didactique, logistique, financier, relationnel, politique, technique...) que rencontrent parfois les médiateurs au cours de leurs actions.

Le monde étrange des atomes

FP : Jacques Deferne, en plus de l'accueil des publics au sein même du Muséum de Genève, vous avez écrit un livre destiné avant tout aux enfants sur « Le monde étrange des atomes ». Comment vous est venue cette idée et surtout, votre intérêt pour la vulgarisation scientifique ?

JD : Attaché pendant une dizaine d'années à enseigner dans une école d'ingénieurs en ex-Zaïre, j'ai été confronté au défi de devoir communiquer la science à des élèves très studieux, mais qui, pour certains d'entre eux, n'avaient

jamais touché d'interrupteur électrique de leur vie. Ce défi a probablement été à l'origine de mon intérêt pour la vulgarisation scientifique.

Plus tard, devenu conservateur du département de minéralogie au Muséum de Genève, j'ai été sollicité par la Société genevoise des Amateurs de minéraux pour leur présenter quelques conférences sur les sujets qui les préoccupaient. Collectionneurs, beaucoup d'entre eux n'avaient pas la moindre idée ni de la chimie, ni de la cristallographie, ni de l'environnement géologique qui conditionne la naissance des minéraux. Pour leur faire accéder aux rudiments nécessaires à l'approche de la minéralogie, j'ai opté pour une vision anthropomorphique du monde des atomes. Ce fil conducteur m'a permis d'aborder toutes les bases de la chimie minérale et son côté anecdotique et amusant a facilement marqué la mémoire de mes interlocuteurs.

Cet accompagnement un peu particulier des publics du musée s'est concrétisé dans un livre. L'aspect un peu « bande dessinée » et l'humour dont le dessinateur a empreint nos petits atomes, rendent cette science plus attractive pour le lecteur. De nombreux professeurs d'établissements secondaires ont utilisé cette vision anthropomorphique dans leurs cours et plusieurs témoignages d'élèves m'ont convaincu que cette approche leur avait enfin permis de comprendre ce qu'était la chimie !

FP : Où peut-on se procurer cet ouvrage et sur quelle idée maîtresse est-il construit ?

JD : *Le monde étrange des atomes* (figure 2) est un livre malheureusement en rupture de stock et qui cherche un nouvel éditeur (anciennement paru à la Nacelle, Genève). Dans cet ouvrage, les atomes sont de petits personnages plus ou moins sphériques. Il y a des dames (les anions) et des messieurs (les cations). Excités, ils sortent les mains de leurs poches, ce qui leur permet de se lier entre eux. Chaque famille d'atomes est caractérisée par un certain nombre de bras (la valence ionique), un matricule (le nombre atomique) et un certain poids. Pour mieux contrôler tout ce petit monde, l'administrateur général, un certain Mendeleïev, a

Jacques Deferne



Docteur ès sciences géologiques et minéralogiques de l'Université de Genève, Jacques Deferne a été chef de projet pour le compte de l'Unesco au Zaïre où il a participé à la création de l'Institut national des Mines dont il est devenu plus tard le responsable, entre 1962 et 1974. De 1974 à 1994, il a été conservateur du Département de minéralogie et pétrographie du Muséum de Genève. A ce titre, il s'est intéressé à la vulgarisation scientifique en organisant des conférences pour le grand public.

Son livre *Le monde étrange des atomes* a obtenu en 1996 le prix d'excellence de l'Association des professeurs de science du Québec.

• Courriel : jdeferne@bluewin.ch

Publication

- Deferne J., *Le monde étrange des atomes*, La Nacelle, 1994.

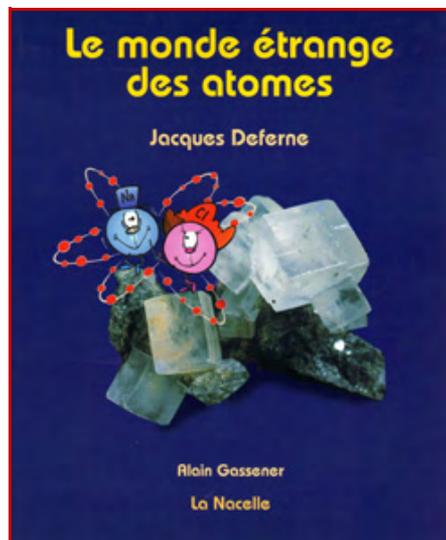


Figure 2 - *Le monde étrange des atomes* de Jacques Deferne (La Nacelle, 1994).

établi la grande photo de famille (le tableau périodique) et a délivré à chaque famille d'atomes un passeport qui mentionne ses diverses propriétés (figure 3 et encadré).

FP : Quelles sont les principaux obstacles rencontrés par un auteur de vulgarisation scientifique et quelles qualités principales doit-il posséder à votre avis ?

JD : Si on interroge un scientifique sur ses sujets de préoccupation, il vous dira que c'est très facile et vous donnera quelques explications auxquelles vous ne comprendrez probablement rien. Son vocabulaire et les notions auxquelles

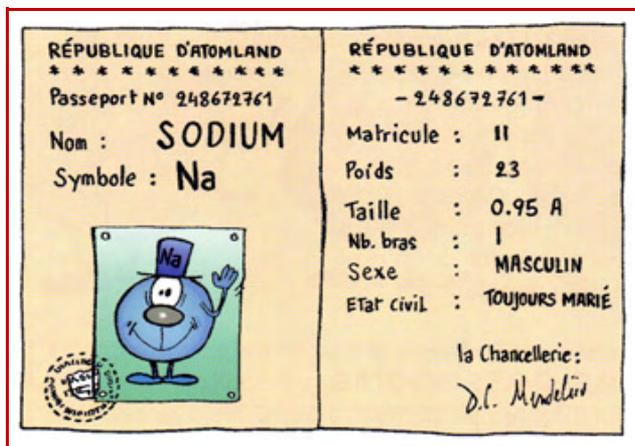


Figure 3 - Passeport de l'élément sodium (illustration : A. Gassener) dans *Le monde étrange des atomes* de J. Deferne.

Les règles établies pour les mariages (monogamie, polygamie, polyandrie, petites communautés) permettent de comprendre comment se forment les corps composés. On voit aussi le rôle important que jouent les sœurs Oxygène. Le certificat de mariage décrit les nouvelles propriétés des unions ainsi formées.

On peut étudier ensuite l'anatomie des atomes et même les maladies génétiques dont certaines familles peuvent être les victimes. On voit ainsi que les familles Uranium et Thorium peuvent être atteintes de décroissance radioactive, voire même de fission.

il recourt n'ont cours que dans le monde extrêmement fermé de ses pairs, et il ne se rend souvent pas compte qu'il n'appartient plus au monde profane du grand public. Ce dernier, quant à lui, de plus en plus sensibilisé par les médias aux progrès de la science et aux problèmes que soulève la survie du milieu naturel face à l'emprise des activités humaines, a une soif de connaissances dans le domaine scientifique qu'il n'arrive pas toujours à assouvir, ni à travers les musées, ni à travers les nombreux ouvrages dits « de vulgarisation » dont il n'est pas à même de juger la valeur.

Par suite, l'élaboration d'une exposition ou la rédaction d'un ouvrage de vulgarisation implique trois qualités essentielles de la part de son concepteur :

- il a quelque chose à dire,
- il a la volonté de le dire,
- il sait le dire.

Il faut évidemment que l'auteur ou le conservateur ait envie de communiquer cette connaissance, ce qui n'est malheureusement pas toujours le cas. A ce propos, il serait souhaitable, lors de l'engagement d'un conservateur, que les responsables des musées se préoccupent davantage de savoir si les candidats possèdent quelques qualités de communicateur plutôt que de ne tenir compte que du nombre de publications scientifiques qu'ils ont à leur crédit.

La science sur les ondes

FP : Matteo Merzagora, quels sont pour vous les enjeux d'une médiation scientifique radiodiffusée ?

MM : A la radio, la science passe par la voix des scientifiques. Il s'agit d'une idée tellement évidente qu'elle risque d'échapper à une réflexion. En effet, il y a des aspects

Matteo Merzagora



Matteo Merzagora est journaliste et chercheur en communication des sciences. Il a travaillé pendant plusieurs années comme producteur et conducteur d'émissions scientifiques de radio en Italie, à Radio Popolare et RAI-RADIO 3 et il est actuellement collaborateur de l'émission quotidienne de science « Il volo delle Oche » sur Radio 24. Il vit à Paris, où il a travaillé auprès de l'unité Images/média du CNRS pour

une recherche sur la science dans les fictions télévisées. Il enseigne au Master en Communication des Sciences auprès de la SISSA (Scuola Internazionale Superiore di Studi Avanzati, Trieste), où il est responsable du projet européen SCIRAB (Science in Radio Broadcasting, www.scienceonair.org) pour la construction d'un réseau d'émissions scientifiques dans les radios européennes.

• Courriel : merzagora@libero.it

Bibliographie

- Ziman J., *Real Science*, Cambridge University Press, 2000.
- Novotny H., Scott P., Gibbons M., *Repenser la science*, Belin, 2003.
- Levy Leblond J.-M., *La pierre de touche*, Gallimard, 1996.
- Collins H., Pinch T., *Tout ce que vous devriez savoir sur la science*, Seuil, 1994.
- Collins H., Pinch T., *The Golem At Large: What You Should Know About Technology*, Cambridge University Press, 1998.
- Bucchi M., *Science and Society*, Routledge, 2004.
- Irwin A., Wynne B. (eds.), *Misunderstanding Science? The Public Reconstruction of Science and Technology*, Cambridge University Press, 1996.
- Jasanoff S., *The Co-Production of Science and Social Order*, Ed. States of Knowledge, Routledge, 2004.

dans la communication orale – dont la radio est l'expression par excellence dans le monde des médias – qui sont devenus de plus en plus importants face aux enjeux de la communication scientifique contemporaine.

La mise en culture des savoirs consiste aujourd'hui en l'ouverture à la critique et en l'inclusion du public dans l'évolution des savoirs mêmes : paradoxalement, le public s'en est rendu compte bien avant les scientifiques et les journalistes. Et il a avancé des prétentions de participation et de jugement : à mon avis, l'enjeu et le but principal de la vulgarisation scientifique d'aujourd'hui, c'est la réponse à ces prétentions légitimes.

La transmission des connaissances doit avoir une raison d'être, et il faut comprendre ces raisons à partir du public, et non plus ou non seulement à partir du contenu scientifique. Il y a, en d'autres mots, deux « pourquoi » qu'il faut considérer : pourquoi moi, public curieux, devrais-je écouter ce qu'un scientifique veut me raconter ; et pourquoi lui ou elle, scientifique ouverte au dialogue, fait-il ce qu'il fait ? C'est ici que la voix montre sa force.

FP : Pourriez-vous nous donner quelques pistes destinées à faciliter ce dialogue ?

MM : « *Seuls les fous parlent tout seuls* ». A la radio, un scientifique parle toujours à quelqu'un, que ce soit le conducteur ou directement aux auditeurs. Il n'expose pas ses savoirs, il les propose autour d'une table de discussions. Quand il se limite à exposer, il oublie sa voix et il se cache derrière ses compétences : dans ce cas, l'émission a tous les risques d'être mauvaise ! En parlant avec sa voix et avec quelqu'un, le scientifique peut nous faire comprendre pourquoi il fait ce qu'il fait. Cela donne au public la possibilité de le juger et, en général, l'émission est bien meilleure !

« *Parle quand tu manges !* » devrait être le mot d'ordre d'une émission scientifique pensée pour la radio. Il y a dans les échanges informels des scientifiques de disciplines différentes pendant la pause café ou les repas une source merveilleuse d'outils pour la vulgarisation. Une telle émission devrait se situer « entre la cantine du labo et la salle à manger de l'auditeur ». Il y a, quand nous sommes dans nos voitures ou en train de nous restaurer, une ouverture précieuse de notre espace personnel, une prédisposition à confronter nos expériences et connaissances avec celles qui nous arrivent par la voie (la voix) de la radio. Un des avantages de la radio par rapport à la télévision – le fait d'accompagner la vie plutôt que de s'y imposer – peut acquérir une grande valeur dans la communication des sciences également.

FP : Vous parlez des scientifiques et des sciences en général. Que pourriez-vous dire sur la médiation de la chimie en particulier ?

MM : Parmi les disciplines scientifiques, la chimie souffre de graves problèmes de communication. Elle a des connotations « sales » (par rapport, par exemple, aux mathématiques, la science « propre » par excellence), une attitude au rêve réduite (par rapport, par exemple, à l'astronomie), une prédisposition limitée au merveilleux (par rapport, par exemple, aux sciences naturelles).

J'ai retrouvé souvent cette difficulté de la chimie à être communiquée au cours de mon expérience à la radio. Il en résulte que la présence de cette science est largement insuffisante dans nos programmes. Pour pallier cette lacune,

nous nous sommes approchés de chimistes qui nous ont aidé à trouver des solutions pour dépasser cette difficulté. Des pistes ont été suggérées, notamment celle de créer des liens avec d'autres domaines du savoir ; mais surtout en parlant toujours avec *leurs voix* et non seulement avec leurs compétences, en s'ouvrant à la critique et à l'ironie, et en nous expliquant toujours *pourquoi* ils font ce qu'ils font. Grâce à eux, aujourd'hui nous parlons un peu plus de chimie, tout en produisant des émissions que nous espérons toujours compréhensibles, touchant également le rêve et le merveilleux.

Les « bateleurs de la science »

Daniel Raichvarg



Daniel Raichvarg dans la baignoire de Louis Pasteur.

Daniel Raichvarg, professeur à l'Université de Bourgogne, directeur du Centre de Recherche sur la Culture, les Musées et la Diffusion des Savoirs, a suivi un cursus universitaire classique qui l'a mené à la carrière de professeur de biologie. Très tôt, il s'est tourné vers la philosophie et l'histoire des sciences. Amoureux du théâtre, il a conçu des spectacles et des pièces de théâtre qui marient la philosophie et l'histoire des sciences à la volonté de donner une certaine image de la dimension scientifique de la culture à un large public. Il accompagne la sortie de

son livre *Louis Pasteur, l'empire des microbes* (Gallimard, 1995), d'un Cabaret Pasteur pour lequel il a reçu le second prix-auteur 1996 (Ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, 8 octobre 1996).

• Les Bateleurs de la Science, 18 rue du Rhin, 75019 Paris.
Tél. : 06 07 63 33 01.

Courriel : Daniel.Raichvarg@u-bourgogne.fr

Publications

- *Histoire de la Biologie*, sous la direction d'André Giordan, Lavoisier, 1987.
- *Félicité ou le Merveilleux Théâtre d'Art et de Science du Docteur de Groningue*, Z'édicions, 1993, avec F. Thyron et M. Valmer.
- *Savants et Ignorants, une histoire de la vulgarisation des sciences*, Seuil, collection Science ouverte, 1991 ; réédition 2003, collection Points Sciences, en collaboration avec Jean Jacques, directeur de recherches au CNRS.
- *Science et Spectacle, Figures d'une rencontre*, Z'édicions, 1993.
- *Louis Pasteur, l'empire des microbes*, Gallimard Découvertes, 1995.

FP : Daniel Raichvarg, vous avez su lier, à travers les Bateleurs de la Science, votre passion pour la science à celle que vous avez pour le théâtre. Mais en plus, en tant que professeur à l'université de Bourgogne, vous travaillez sur la médiation scientifique. Ce cumul d'activités vous dicte-t-il des objectifs particuliers dans vos actions de médiation ?

DR : Comme son nom l'indique, la compagnie théâtrale les Bateleurs de la Science a pour objectif de diffuser et d'aider à la diffusion de la science par toutes les formes possibles se

rattachant au spectacle vivant. Cela signifie que, plus que de chercher à enseigner des contenus, si elle part d'une donnée scientifique, la compagnie travaille autour de cette donnée pour en comprendre les conditions de découverte, sa vie dans l'Histoire, et aussi ses histoires. Bref, le contenu scientifique est pour nous un instrument au service d'une *culture de sciences*, pour reprendre une expression avancée par des chimistes notamment, lorsqu'ils fondèrent l'Association pour l'Avancement des Sciences dans les années 70 (1870 !!!).

L'idée de Cabaret fonde la démarche des comédiens, des magiciens, des musiciens et... des scientifiques. Un cabaret est une collection de mondes disparates, un carambolage de sujets et de genres ; il autorise le fragment, la rêverie, les sautes d'humeur. Spectateurs devenant specta(c)teurs et scientifiques devenant acteurs, voire spectateurs ! Parce que les sciences n'appartiennent pas qu'aux sciences, on manipule des objets et on dialogue entre les tables.

Quel que soit le lieu de culture investi, le Cabaret puise ses sujets et ses genres d'un côté dans l'univers des sciences et, de l'autre, dans celui des chansons, des poèmes, de la littérature, pour en composer ses numéros. Et nous trouvons toujours, et parfois de façon fort étonnante, du grain à moudre : par exemple, des chansons du répertoire d'Yvette Guilbert qui, en 1896, chante *Gare les Rayons X* un an après leur découverte, des textes de chansonniers sur Marie Curie dans les années 1930 mis en musique à l'orgue de Barbarie. Ou bien encore de courts récits d'Alphonse Allais, parfois d'auteurs plus récents qui ne s'attendaient pas à monter ainsi sur scène. Un scientifique en action peut aussi être présent pour évoquer sa pratique quotidienne, reformuler un contenu, compléter les histoires.

FP : La troupe des « Bateleurs » est constituée essentiellement de comédiens professionnels. Ce statut vous pose-t-il des difficultés particulières ?

DR : Je ne sais pas si nous rencontrons des difficultés au sens technique du mot. Les formes que nous développons essaient d'être toujours légères pour pouvoir s'adapter à tous les lieux. Et puis, plus nous avançons, plus nous trouvons textes et chansons, anecdotes fort évocatrices ou expériences à mettre en tours de magie (nos fameuses Manip's et Modops de Magic Bateleur). Certes, depuis quelques mois, la conjoncture culturelle n'est pas très favorable – moins de disponibilités financières de la part des structures d'accueil, notamment. Mais, d'une façon générale, l'idée de faire du spectacle vivant avec la science a bien évolué depuis quelques années et l'on peut rencontrer maintenant – comme nous l'avons vu au Festival Scènes de Méninges organisé à Saint-Étienne par le CCSTI (Centre de culture scientifique, technique et industrielle) La Rotonde en novembre 2003 – de très nombreuses compagnies faisant monter la science sur scène, chacune à leur manière. Il y a donc aussi plus de concurrence !

Les Bateleurs ont produit, outre des cabarets « à la carte », de multiples pièces et soirées à thème scientifique dont *Comment se faire laide en 25 leçons ?* pour la soirée de clôture de l'Année internationale de la chimie en 1999. Ils organisent des stages science-théâtre (en milieu muséal, en milieu enseignant et en milieu scolaire : formation au théâtre de sciences, conseils à l'écriture et à la mise en scène sur des projets...).

Les Atomes Crochus : le clown médiateur scientifique

Catherine Bied

Catherine Bied est maître de conférences à l'Université Montpellier II. Ancienne élève de l'École Normale Supérieure de Cachan, agrégée de chimie en 1986, elle soutient sa thèse de doctorat en 1991 au sein du Laboratoire de synthèse asymétrique du Pr. Henri Kagan et débute alors sa carrière d'enseignant-chercheur. Depuis 1998, elle effectue ses recherches sur les matériaux hybrides dans le Laboratoire Architectures supramoléculaires et matériaux nanostructurés (UMR CNRS 5076) du Pr. Joël Moreau à l'École nationale supérieure de chimie de Montpellier. Elle est impliquée dans différentes actions de culture scientifique (expositions, débats citoyens, ateliers pour scolaires, spectacles scientifiques), notamment avec l'association *Les Atomes Crochus*, à la création de laquelle elle a participé en 2001.

- UMR CNRS 5076, ENSCM, 8 rue de l'École normale, 34296 Montpellier Cedex 5.

Tél. : 04 67 14 72 18.
Courriel : cbied@cit.enscm.fr
Page personnelle : <http://cbied.free.fr/>



Figure 4 - Le Clown Molécule s'est fait piéger par le professeur Spatule. Spectacle de chimie amusante des Atomes Crochus. Photographie : Bernard Pellequer pour les Atomes Crochus. DR.

FP : Catherine Bied, alias Molécule (figure 4), lorsque vous quittez votre blouse de chimiste pour endosser le nez rouge du clown, quels sont pour vous les objectifs que vous espérez atteindre par vos activités de médiatrice ? Et pourquoi avec-vous choisi ce personnage pour les atteindre ?

CB : Au-delà du simple apport de connaissances, la vulgarisation des sciences doit avoir un objectif plus large : susciter le goût pour les sciences, sensibiliser à la démarche scientifique, mais aussi provoquer l'éveil, inciter à la réflexion, développer la curiosité, l'esprit d'observation, le sens critique, nécessaires au développement de tout futur citoyen. Elle doit donc pour cela s'efforcer de combler le fossé entre « ceux qui savent » et « ceux qui ne savent pas », tenter de rapprocher ces deux mondes souvent fort distants l'un de l'autre. Le scientifique a donc là un rôle primordial de communication, de dialogue à établir avec le citoyen pour démystifier les sciences, lui montrer que la culture (même scientifique !) est l'affaire de tous et n'est pas réservée à une « élite » qui, isolée dans sa tour d'ivoire, serait seule capable de comprendre.

Pour espérer réussir cet ambitieux objectif, le scientifique doit en premier lieu s'efforcer de parler le même langage que le public auquel il s'adresse, condition indispensable s'il veut se faire comprendre. Mais à la lumière des différentes tentatives entreprises jusque-là dans cette voie, il apparaît que cela ne suffit pas pour « faire passer le message » et l'interactivité transparait comme une condition favorisant fortement l'apprentissage et un véritable échange d'idées entre le scientifique et son public. Pour favoriser cette interactivité, parmi les différentes possibilités envisageables, le personnage du clown s'avère être un outil particulièrement efficace pour jouer ce rôle de médiateur entre le public et les scientifiques.

FP : Le clown n'est-il pas tout de même un personnage un peu trop grotesque pour pouvoir représenter la science ?

CB : Pas du tout ! Au cours de ces dernières années, le personnage du clown est sorti des pistes de cirque : il n'incarne plus uniquement cet être au gros nez rouge, maladroit, marchant sur ses pantalons trop larges. Il est devenu un personnage de théâtre à part entière, naïf, spontané, généreux, mais aussi fragile, sensible, vivant intensément ses émotions. Cette évolution s'exprime d'ailleurs largement à travers le développement récent des interventions du clown à l'hôpital, du clown acteur social ou même du clown dans les congrès ou séminaires⁵. Ce « nouveau » personnage du clown touche particulièrement les enfants, car il reste sympathique et proche d'eux, tout en s'adressant aussi aux adultes. Grâce à sa grande sensibilité, son décalage et le rire (langage universel !) qui en découle, il joue un rôle d'unificateur et rapproche les individus. Le public des adolescents reste plus délicat car ceux-ci continuent à penser que les clowns sont réservés aux petits... mais ce constat reste valable pour toute autre tentative de médiation.

FP : Comment procédez-vous alors réellement avec les enfants ?

CB : Dans le spectacle de chimie amusante et le spectacle de gastronomochimie proposés par Les Atomes Crochus (figure 5), dès son entrée sur scène, le clown Molécule capte l'attention des enfants qui s'adressent au clown directement et sans retenue, en lui posant des questions ou inversement en répondant aux questions que le clown leur pose, ce qu'ils n'oseraient souvent pas faire lors d'une présentation « classique » par un savant en blouse blanche. Ainsi, grâce à la présence du clown, l'enfant affectivement attiré est mis en



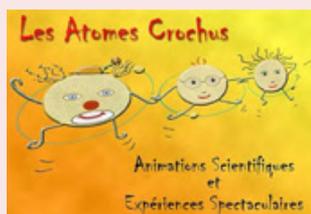
Figure 5 - Spectacle de gastronomochimie de Spatule, Capsule et Molécule (R.-E. Eastes, F. Pellaud et C. Bied) : fabrication d'une glace à l'azote liquide (Montpellier, 2003). Photographie : Bernard Pellequer pour Les Atomes Crochus. DR.

confiance et découvrant que la science peut être ludique, celle-ci lui paraît alors plus accessible. Se sentant rapidement impliqué, l'enfant devient motivé pour écouter et regarder. En éveillant l'imaginaire, en touchant à l'émotion, en provoquant la détente, l'émerveillement, en montrant qu'on peut apprendre en se faisant plaisir, le clown facilite la communication entre l'enseignant et « l'apprenant », modifiant leur relation habituelle et cassant la barrière parfois présente entre eux. L'enfant exprime alors librement ses idées, ses points de vue qui serviront de base à une discussion, un approfondissement ultérieur. Cette approche, qui a fait ses preuves en classes de collège ou de primaire, peut être adaptée dès la maternelle. Quelle satisfaction alors quand, suite à un spectacle, des enfants viennent vous dire : « J'aime bien la chimie » ou encore « Plus tard, je veux faire de la chimie »... L'éveil s'est bien opéré... mais bien sûr, ceci ne constitue qu'une première sensibilisation qui, pour pouvoir porter ses fruits, doit être nourrie, enrichie par la suite. A l'image d'une graine plantée qui ne s'épanouira en fleur que si on l'entretient, il ne faut pas oublier de « cultiver son jardin »...

* voir notamment les actions des associations « Bataclown » (<http://www.bataclown.com>) ou « Rire et médecin » (<http://www.lerimedecin.asso.fr>), ainsi que celles des clownanalystes (<http://www.clownanalystes.com>).

Voir également l'ouvrage de Caroline Simonds et Bernie Warren, *Le rire médecin*, Albin Michel, Paris, 2001.

Les Atomes Crochus



Les Atomes Crochus, association de vulgarisation scientifique créatrice de spectacles, contes, conférences interactives, ateliers expérimentaux, outils multimédias et formations à la vulgarisation scientifique, a reçu en 2003 le prix de la

Commission Interdivisions Enseignement de la Société Française de Chimie pour ses actions de médiation de la chimie, en France et à l'étranger.

• <http://atomes.crochus.free.fr>

Des « goûters des sciences » au CNRS

FP : Pierre Aldebert, vous avez la chance d'appartenir à une institution qui estime de son devoir de vulgariser et communiquer la science qui se fait en son sein. Comment mettez-vous en pratique cette ambition et quels objectifs visez-vous à travers cette pratique ?

PA : Intéresser à la science pour donner l'envie d'en faire, tel est l'unique but de mes interventions. Le titre générique que j'ai choisi pour ces actions, « Les Goûters des Sciences » (www.gouters-des-sciences.net) indique que l'alimentation

Pierre Aldebert

Pierre Aldebert est directeur de recherche au CNRS et a débuté sa carrière de chercheur au four solaire d'Odeillo. Après avoir soutenu une thèse sur la structure de matériaux réfractaires à haute température, il s'initie à la matière molle chez Jacques Livage à Paris avant de revenir à Grenoble. Il y travaille notamment sur des piles à combustible de basse température H_2/O_2 . Il dirige pendant cinq ans le Laboratoire de physico-chimie moléculaire avant de découvrir la communication à la délégation grenobloise du CNRS. Sa passion pour la vulgarisation émerge en 1998 à la Fête de la Science et, depuis 2002, constitue l'essentiel de son travail au Département des Sciences chimiques du CNRS.

• Centre de recherches sur les macromolécules végétales (CERMAV), BP 53, 38041 Grenoble Cedex 9.

Tél. : 04 76 03 76 90.

Courriel : Pierre.Aldebert@cermav.cnrs.fr

www.gouters-des-sciences.net

Bibliographie

- This H., œuvres complètes et notamment *La casserole des enfants*, Belin, 1998.
- Les Petits Débrouillards, œuvres complètes dont l'*Encyclopédie* en dix volumes, Albin Michel, 1998-1999.
- Graines de Sciences, collection publiée depuis 1999 aux Éditions Le Pommier et rédigée par des scientifiques, sous la direction de La Main à La Pâte.

est le support de mes démonstrations scientifiques. Je dois reconnaître que ce sont les écrits et les présentations d'Hervé This qui m'ont conduit, dès la fin 1998, à emprunter les chemins de la physico-chimie alimentaire pour vulgariser la chimie. Les aliments font partie de notre quotidien et le public peut refaire chez lui les expériences... puisqu'il s'agit de cuisine !

Je me suis donc mis en quête d'expériences simples et amusantes qui pouvaient déboucher sur des choses comestibles et je les ai classées en fonction des problématiques scientifiques que je désirais aborder en regard de l'âge et du niveau des spectateurs. J'ai ainsi aujourd'hui plusieurs grandes thématiques : bulles, gels, émulsions, changements de couleurs... dans lesquelles je glisse un concept unique, celui d'atome, fil d'Ariane qui relie des phénomènes différents, lien logique non évident si l'on fait appel au seul bon sens.

FP : Pourriez-vous préciser comment s'organisent ces événements ?

PA : La suite logique de ces ateliers s'appuie sur la manipulation, effectuée par le public quand c'est matériellement possible, l'observation et enfin, les explications, partant de celles données par le public lui-même. C'est là qu'intervient le raisonnement logique que j'essaie de lui faire appliquer et dont j'éclaire le résultat à la lumière des expériences précédentes. Pour finir, il est amusant de fabriquer pour le déguster, par exemple un gel alimentaire aux couleurs agressives et au goût décalé, excellent prétexte pour voir comment l'eau se fait piéger par la matière, comment un gel peut fondre et ce qu'est une réaction chimique.

Si ces ateliers sont destinés à des adolescents ou des adultes, le discours comporte une dimension supplémentaire visant l'information du consommateur. Dans cette optique je montre, voire démontre, que certaines techniques utilisées par les industriels de l'alimentaire ne sont pas sans arrière-pensée. Publicité et étiquettes informatives masquent souvent une réalité inaccessible pour qui n'a pas quelques petites notions scientifiques. Aujourd'hui, des expériences sur des produits non comestibles font partie de

mes ateliers, mais il s'agit toujours de produits du quotidien, achetables en grandes surfaces.

FP : Éprouvez-vous des difficultés pour mener à bien la mission que le CNRS vous a confiée ?

PA : Au contraire ! Et en l'occurrence, pour clore ce témoignage sur mes activités, j'aimerais saluer les décisions des Sciences chimiques du CNRS et de ma Commission d'évaluation de chercheurs qui me permettent, depuis 2002, de faire à plein temps ce travail de médiation-vulgarisation. Aujourd'hui trop sollicité, je ne peux répondre à toutes les demandes et pour pallier ces déficiences, je participe, depuis 2002, à la formation des professeurs des écoles à la vulgarisation scientifique ainsi que des moniteurs du Centre d'Initiation à l'Enseignement Supérieur (CIES) de Grenoble. Cette thématique « éveil aux sciences à l'école » que j'ai initiée attire, année après année, ces jeunes scientifiques en nombre toujours plus élevé. Cette relève de qualité qui se profile et qui commence à être nombreuse (plus de 20 doctorants pour l'année 2004-2005) est un grand espoir pour tenter d'enrayer cette désaffection des sciences dont on parle tant et dont on n'a pas encore constaté sur le terrain les catastrophes qu'elle ne va pas manquer d'induire, toutes sciences exactes confondues.



Figure 6 - Pierre Aldebert et Claudie Haigneré à la Fête de la Science allemande (Mayence, septembre 2003).

Anima-Science

FP : Clovis Darrigan, comment ou plutôt pourquoi vous êtes-vous lancé dans la médiation de la chimie ?

CD : Dès mon enfance, j'ai eu l'envie de reproduire des expériences de chimie ou de physique trouvées dans des livres ou des endroits *magiques* – comme le Palais de la découverte –, expériences que je trouvais belles et amusantes et qui m'ont donné envie d'en savoir plus. Ce désir d'en connaître davantage m'a dirigé naturellement vers des études scientifiques universitaires, jusqu'à la thèse.

C'est alors que ma passion pour ces belles expériences a ressenti le besoin de se communiquer aux autres. L'enseignement supérieur que j'ai reçu au CIES en tant que doctorant et moniteur a été complété par l'exercice d'animation et de vulgarisation qui me permettait de m'entraîner à la communication, d'adapter mon discours au public présent et de lui transmettre des éléments de culture

Clovis Darrigan

Clovis Darrigan est maître de conférences à l'Université de Pau et des Pays de l'Adour. Ses recherches au Laboratoire de chimie structurale portent sur le calcul quantique de propriétés électriques et optiques (linéaires et non linéaires) de l'état solide. Il est délégué régional des Olympiades de la chimie pour le centre de Pau depuis cette année. Il participe aussi à la promotion de la culture scientifique au travers d'animations diverses, en collaboration avec le

CCSTI Lacq-Odyssée dont il est trésorier. Il y a quelques mois, il a fondé l'association Anima-Science qui poursuit cette vocation. Durant ses loisirs, il développe un site Internet dédié à des expériences amusantes de chimie et de physique.

• Laboratoire de chimie structurale, UMR 5624, FR 2606, IFR rue Jules Ferry, 3^e étage, BP 27540, 64075 Pau Cedex.
Tél. : 05 59 40 78 59.

Courriel : clovis.darrigan@univ-pau.fr

Sites accessibles à partir de la page <http://www.univ-pau.fr/~darrigan/>

Bibliographie

- Feynman R.P. et al., *Le Cours de physique de Feynman – Tome 1 : Électromagnétisme et Tome 3 : Mécanique quantique*, Belin, Collection Les cours de référence, réédition 1999 et 2003 (respectivement).
- Ortoli S., Pharabod J.-P., *Le cantique des quantiques*, Édition de la Découverte, Paris, 1984.
- Depovere P., *La chimie exocharmique*, De Boeck, 1976.

Sites Internet

- Delights of Chemistry (en anglais) : <http://www.chem.leeds.ac.uk/delights/>
- HyperPhysics (en anglais) : <http://230nsc1.phy-astr.gsu.edu/hbase/hph.html>
- BD de vulgarisation de Jean-Pierre Petit : <http://lanturluland.free.fr/>
- Physique quantique en ligne : <http://www.quantum-physics.polytechnique.fr/>

scientifique, ou du moins de lui montrer le côté passionnant et étonnant de la chimie.

FP : Avez-vous des objectifs particuliers lorsque vous montez une animation ?

CD : Aujourd'hui, mon principal objectif est double : d'une part faire (re)découvrir à un public la chimie et la physique d'une manière différente, par une approche expérimentale et une mise en rapport avec des applications de la vie courante ; d'autre part, me faire plaisir (aussi !) en mettant au point des manipulations originales et amusantes et en transmettant une partie de ma passion.

FP : Quels sont les méthodes de médiation que vous privilégiez pour atteindre ces objectifs ?

CD : Tout d'abord, un site web en 1997, qui ne comportait que quelques pages peu structurées. Puis, grâce à la Fête de la Science et aussi grâce à la confiance que les responsables de l'UFR de Sciences m'ont donnée lorsque j'étais encore jeune doctorant, l'occasion s'est présentée de réaliser ces expériences face à un public varié, appuyée par des moyens financiers et matériels. En 1998 à l'Université de Pau, les

« expériences de chimie amusantes » eurent un succès immédiat, toutes les séances étaient complètes durant une semaine entière. Nous accueillions des classes d'écoles primaires, de collèges et aussi les lycéens, en plus des étudiants passant par là et du grand public. Ceci m'a motivé pour améliorer le site de chimie et le compléter.

Mais la chimie sur un écran n'est pas tout ! Il est bien plus appréciable et marquant de voir une expérience en vrai, voire de la réaliser soi-même ! Ainsi, grâce à la Fête de la Science et des collaborations avec des CCSTI, mon champ d'expérience s'est étendu aux expériences de physique. J'essaie, autant qu'il est possible, de participer à d'autres événements scientifiques comme les Exposciences, les foires expositions, les Olympiades de la chimie, et d'encourager mes collègues à y participer, de manière à offrir au public de belles expériences et, peut-être, de faire germer une passion chez certains jeunes...

Mais l'outil le plus important se construit au fil des années : tisser des liens avec des personnes d'autres villes, d'autres structures, ayant un autre rapport à la vulgarisation. Car il faut pouvoir affiner son discours au fil du temps, le confronter à d'autres médiateurs spécialistes, décliner son style selon l'endroit investi, le public présent, si l'on veut évoluer dans la médiation scientifique.

C'est ainsi que grâce à l'aide de collègues et amis, l'association de vulgarisation scientifique Anima-Science a pu voir le jour il y a quelques mois.

FP : Avez-vous rencontré des difficultés particulières pour mettre en place vos actions de vulgarisation ?

CD : Même avec toute la bonne volonté que l'on peut avoir, il est sûr que l'on est souvent désarmé par un dossier à remplir ou découragé face à une demande de subvention à rédiger, si l'on ne l'a jamais fait auparavant. Être conseillé par *quelqu'un qui sait* peut souvent aider à se lancer. Car l'argent pour acheter des produits ou du matériel ne tombe pas du ciel !

L'autre difficulté est de trouver le temps de faire tout ce que l'on aurait envie de faire ! Quelle frustration !

Graine de chimiste

FP : Janine Thibault, vous êtes chimiste et didacticienne de la chimie, mais cela fait bien longtemps que votre « laboratoire » est rempli d'enfants et d'adolescents à qui

Janine Thibault

Janine Thibault est présidente de l'association Graine de Chimiste, dont elle est également l'une des fondatrices en 1991. Docteur ès sciences en 1970, enseignant-chercheur et directrice du Groupe de recherche en didactique de la chimie honoraire à l'Université Pierre et Marie Curie, elle a été directrice des études à l'IUFM de Paris.

• Association Graine de chimiste, Université Pierre et Marie Curie, Case courrier 67, 4 place Jussieu, 75252 Paris Cedex 05.

Tél./fax : 01 44 27 30 71.

Courriel : gdc@cicrp.jussieu.fr

Pages web hébergées sur www.sfc.fr

Publication récente

- *L'air au quotidien*, approche théorique et expérimentale, sous la direction de Janine Thibault, Éditions Odile Jacob, mai 2003.

vous faites découvrir, par la manipulation, le monde merveilleux de la chimie. Comment avez-vous franchi ce cap ?

JT : Les travaux du GREDIC (Groupe de recherche en didactique de la chimie) de l'Université Pierre et Marie Curie à Paris sont à l'origine de notre démarche. Dans les années 80, nous – futurs membres de l'association Graine de Chimiste – les avons orientés vers l'étude des impacts de l'activité scientifique expérimentale sur les acquis des élèves de l'école primaire. Nous ne pensions alors nullement devenir acteurs de la médiation en chimie. Nous faisons figure de pionniers, et pour certains collègues, nos projets se montraient peu convaincants.

Mais l'évolution de l'enseignement des sciences vers une approche concrète et pratique, la création de structures muséologiques novatrices, l'extension du réseau « La Main à la Pâte »... ont largement favorisé le développement de multiples actions en matière de culture scientifique. Les activités de notre association se sont alors inscrites dans cette dynamique sur les bases des travaux didactiques précédemment évoqués.

Notre constat était et demeure le suivant : tous les enfants, de quelque origine sociale qu'ils soient, possèdent, dès leur plus jeune âge, un potentiel gestuel important et sont sensibles aux consignes de précision. En privilégiant la manipulation expérimentale individuelle, nous créons une situation favorable à l'acquisition de savoir être et de savoir-faire sur lesquelles se développent des connaissances.

FP : Quels objectifs visez-vous à travers vos ateliers ?

JT : Si, à l'origine, nous nous efforcions essentiellement d'exploiter le potentiel gestuel des enfants pour les initier à la manipulation scientifique, notre pratique nous a conduits à enrichir nos objectifs selon trois axes :

- sensibiliser à des valeurs sous-jacentes que la démarche expérimentale requiert dont la rigueur, qui suppose entre autres hygiène, précision et sécurité ;
- initier et développer des démarches d'observation, de déduction et de suivi de protocole expérimental ;
- transmettre des connaissances scientifiques pour permettre à chacun de mieux comprendre le monde qui l'entoure et de se montrer critique envers les informations des médias.

Nous hiérarchisons ces objectifs selon l'âge des participants, leur niveau, le contexte de nos activités. Avec des



Figure 7 - Expérimentation soignée dans un atelier Graine de Chimiste.

enfants de grande section de maternelle, la sensibilisation à des valeurs nous paraît essentielle ; ainsi, les ateliers exigent du soin, de la précision, de l'observation, de la déduction. Avec des élèves de collège, nous insistons sur l'apprentissage de démarches scientifiques. Avec des adultes, nous favorisons la transmission de connaissances. Bien évidemment, privilégier un objectif ne signifie pas négliger les deux autres...

FP : Quels moyens, quels outils, utilisez-vous pour atteindre ces objectifs ?

JT : Nous travaillons sur des bases affectives en choisissant des thèmes liés à la vie courante. Dans un décor de laboratoire, histoire de se mettre « dans la peau » d'un vrai chimiste, chaque participant manipule individuellement (figure 7). Selon les contextes, nous choisissons soit la découverte ou l'étude d'un phénomène, soit la fabrication d'un produit courant. Signalons que la chimie nécessite des mesures de sécurité et d'hygiène qui imposent souvent le strict suivi d'un protocole expérimental.

Depuis peu, nous avons créé les « divertissements scientifiques ». Ludiques, ils sont souvent basés sur l'imaginaire de l'enfant. Répondant toujours aux objectifs de l'association, leur originalité est de quitter le décor de laboratoire pour s'appuyer sur une énigme, un défi, un scénario original. Par exemple, « des extraterrestres nous ont proposé de venir fabriquer un nouveau produit sur leur planète, que prendre comme bagages ? Tournevis ? Éprouvettes ou casseroles ? Blouse ou tablier ?... ».

FP : Éprouvez-vous des difficultés particulières pour réaliser vos actions de médiation ?

JT : Diversifier nos activités pour les rendre mieux adaptées à l'évolution de la réceptivité du public ! Les générations dites « du zapping » souhaitent une innovation permanente. Elles imposent la nécessité d'un apprentissage rapide et attrayant, pas toujours compatibles avec nos objectifs. Sensibiliser à une valeur demande du temps... Nos convictions demeurant, notre défi est de réussir à combiner nos objectifs avec ces nouvelles tendances. Malheureusement, le contexte budgétaire actuel ne facilite pas l'apport des ressources financières nécessaires au suivi de cette évolution.

Depuis déjà 13 ans, une dizaine d'animateurs étudiants en sciences interviennent chaque année pour proposer environ 4 000 postes de manipulations. Ils s'efforcent d'initier enfants, adolescents et parfois adultes à cette approche concrète et ludique des sciences expérimentales. Malgré le succès qu'ils rencontrent, les encouragements qu'ils reçoivent de toute part, y compris des représentants de l'Éducation nationale et de la Culture scientifique, les ressources financières dont dispose l'association ne cessent de s'amoinrir. Quel dur retour !

Le « Ticket d'Archimède » : la science prend le métro

FP : Sylvie Furois, vous proposez une forme de médiation tout à fait particulière, pour un public qui ne l'est pas moins, puisqu'il s'agit des habitués du métro. Quels sont les buts visés par une telle action ?

SF : Comment inverser la démarche d'accès au savoir, « aller vers » ? Aller à la rencontre d'un public qui ne se dirige pas

Sylvie Furois

Docteur d'État ès sciences physiques, Sylvie Furois est chargée de recherche 1^{ère} classe au CNRS. Elle est mise à disposition auprès de l'Université Paris-Sud 11 pour le Centre de Vulgarisation de la Connaissance (CVC), unité de service de cette université, dont elle vient de prendre la direction suite au départ en retraite de son ancien directeur Jean-Pierre Michaut (lui-même ayant succédé à Lionel Salem, fondateur du CVC).

• Centre de Vulgarisation de la Connaissance, Unité de service de l'Université Paris-Sud 11, Campus Orsay Fac vallée, Bât. 334, 91405 Orsay Cedex.

Tél. : 01 69 15 32 12.

Courriel : sylvie.furois@cvc.u-psud.fr

<http://www.cvc.u-psud.fr>

Le Centre de Vulgarisation de la Connaissance

Le Centre de Vulgarisation de la Connaissance (CVC) est une unité de service de l'Université Paris-Sud 11 qui bénéficie du soutien du CNRS. Il a pour mission de mettre le savoir à la portée d'un large public dans tous les domaines de la connaissance et plus particulièrement en sciences, afin de développer une culture citoyenne. Pour aider les spécialistes à transmettre leur savoir, le CVC s'est aussi donné pour mission la formation à la vulgarisation. Le CVC traite de thématiques diverses (physique, chimie, biologie, génétique...), cible des publics de niveaux scientifiques différents, sur une variété de supports (textes, posters, CD-Rom...) et travaille en collaboration avec le secteur public (universités, CNRS, Cité des sciences et de l'industrie, CEA, Palais de la découverte, ANDRA, mairies, Conseil général de l'Essonne...) et le secteur privé (Havas interactive/Larousse, Nathan, Milan, presse, CCSTI...).

Pour son opération « Le Ticket d'Archimède », le CVC a reçu le premier prix Création de culture scientifique et technique 1997, décerné par le Ministère de l'Éducation nationale, de la Recherche et de la Technologie.

• Pour connaître l'ensemble des activités du CVC et avoir accès aux treize campagnes du « Ticket d'Archimède » : <http://www.cvc.u-psud.fr/cvc>

spontanément vers les « lieux du savoir » (librairies, bibliothèques, musées, conférences...), d'un public – dit « le grand public » – souvent oublié des actions de diffusion de la culture scientifique et technique ? Telles sont les questions que nous nous sommes posées au Centre de vulgarisation de la connaissance (CVC) et qui ont présidé à la réalisation du « Ticket d'Archimède ».

Le Ticket d'Archimède (sur une idée de Clotilde Policar) est un ensemble de campagnes de vulgarisation scientifique menées dans le métro parisien, en partenariat avec la RATP. Chaque action décline un thème particulier en cinq panneaux dans un langage hautement vulgarisé (figure 8). Ce sont alors 1 200 affiches qui sont ainsi exposées sur l'ensemble des quais de métro et RER parisiens pour une durée d'environ un mois, à raison de deux à trois campagnes par an, visant un public de neuf millions de lecteurs potentiels par jour.

Avec Le Ticket d'Archimède, le CVC n'a pas la prétention de donner une réponse exhaustive aux questions qu'il pose en haut de l'affiche (Pourquoi ça lave ? Pourquoi le Soleil brille ? Qui peut plus que la puce ?...). En revanche, il a pour

Le ticket d'Archimède : la chimie

Pourquoi ça frise ou ça défrise ? ou... secrets de coiffeurs.

Nos cheveux sont essentiellement composés d'une protéine riche en soufre. La magie des permanentes repose sur lui... et sur la chimie !

Dans chaque cheveu, les différentes parties de la protéine sont reliées très fortement les unes aux autres par les atomes de soufre. Impossible avec ces liens de friser ou défriser durablement le cheveu en utilisant simplement eau, shampoing, bigoudis et peignes !

Par contre, appliqués sur les cheveux, certains composés provoquent une réaction chimique qui casse ces liens. Le coiffeur alors modèle la chevelure à sa guise...

Puis, pour maintenir le résultat, il reconstruit ces liens. Comment ? Tout simplement en opérant la réaction chimique inverse, avec un autre produit !

La première permanente basée sur ce principe de coupure puis rétablissement des liens soufre-soufre par réactions chimiques date de 1906.

Centre de Vulgarisation de la Connaissance
Unité de service de l'Université Paris-Sud 11 et Paris VI avec le soutien du CNRS.
Avec le partenariat du Ministère de l'Éducation Nationale, de la Recherche et de la Technologie.
Questions ? Suggestions ? tél. : 01 69 85 33 71 <http://www.cvc.u-psud.fr/cvc>

RATP

Figure 8 - Une des affiches du Centre de la Vulgarisation de la Connaissance présentées dans le métro parisien.

ambition de redonner le goût du questionnement à propos du monde qui nous entoure (leçon de choses) et de présenter le côté merveilleux de la Nature (campagnes Bestiaire, Florilège...). Sa préoccupation est aussi de montrer (grâce à un travail approfondi de choix de vocabulaire, de rédaction, ainsi qu'un souci de clarté et de concision sans sacrifier à la justesse scientifique) que, finalement, la science n'est pas si difficile à comprendre. L'intérêt de cette opération réside également dans le fait qu'elle inscrit pleinement la science dans le quotidien et parmi les autres champs culturels (comme on voit dans le métro des reproductions de peinture, on y voit des affiches de science). Ce type de campagne de vulgarisation a pour mérite de donner des notions scientifiques de base.

FP : Et quelles sont les principales difficultés que vous rencontrez dans sa mise en œuvre ?

SF : En pratique, le Ticket d'Archimède est notre exercice de vulgarisation le plus difficile ! Les usagers du métro, public très large et au savoir très hétérogène, ont peu de temps pour accrocher l'affiche entre deux trains : les textes doivent être courts (100 mots), et ne contenir qu'un seul message scientifique. Il nous faut, en si peu d'espace, concilier précision scientifique et simplicité ; tenir compte de la

discordance entre la langue naturelle et un langage scientifique (par exemple le mot « sensibilité ») n'a pas la même signification pour le grand public (affect, sentiment) et le spécialiste des émulsions photographiques ; tenir compte à la fois des avis émis par les experts – auprès desquels nous vérifions la justesse scientifique de nos propos – et de ceux émis par des lecteurs non scientifiques – auprès desquels nous testons nos écrits. Nous nous devons de trouver une solution unique, le tout dans une démarche qui mette en œuvre humour, rêve, poésie... autant d'ingrédients nécessaires à la vulgarisation. Le graphisme (réalisé par Florence Roy) joue un rôle clé : il doit être reconnaissable par souci de fidélisation de l'utilisateur ; il doit être décalé pour participer à l'étonnement amusé du lecteur.



Francine Pellaud

est docteur en sciences de l'éducation au Laboratoire de didactique et épistémologie des sciences (LDES) de la Faculté de psychologie et des sciences de l'éducation de Genève* et est trésorière et animatrice au sein de l'association Les Atomes Crochus (Paris).

* LDES Uni Pignon, 40 bd du Pont d'Arve, CH-1211 Genève (Suisse).
Tél. : +41 (22) 379 9758. Fax : +41 (22) 379 98 28.
Courriel : Francine.Pellaud@pse.unige.ch
<http://www.unige.ch/fapse/SSE/teachers/giordan/LDES/index.html>

Présentation du CIRASTI



Le CIRASTI est le collectif inter associatif qui regroupe depuis 1985 les associations d'éducation populaire, généralistes et spécialisées, s'impliquant dans le développement des activités de découverte scientifiques et techniques pour tous.

Le CIRASTI affirme que :

- La nécessité d'accéder aux pratiques scientifiques et techniques pour tous est d'ordre social, citoyen et politique. Ses enjeux touchent la construction de la personnalité, la formation et l'épanouissement personnel, l'intégration, la responsabilité individuelle et collective, la démocratie.
- Au-delà des savoirs abstraits, l'acquisition de savoir-faire techniques, la démarche raisonnée, le sens critique, la pensée rationnelle, visent à aider le public à construire ses représentations et ses opinions, à le faire participer aux débats.

Le CIRASTI préconise d'aborder les sciences et techniques à partir de situations quotidiennes et des représentations initiales de chacun, par la pratique favorisant l'appropriation, en lien avec les autres formes de culture.

Il coordonne un mouvement national présent dans seize Régions où sont organisées des *Exposciences*, des *Sciences Buissonnières*, toutes labellisées par lui, et d'autres manifestations scientifiques de jeunesse. Ces manifestations réalisées par les collectifs régionaux du CIRASTI rassemblent chaque année des milliers de jeunes acteurs et d'adultes qui les encadrent, et plusieurs dizaines de milliers de visiteurs de tous âges.

Avec le soutien de divers ministères et établissements publics, le CIRASTI a mis en place des opérations ponctuelles ou pérennes, notamment le label « Regards Croisés », donné aux opérations ménageant des approches scientifique et non scientifique d'un même sujet. Il participe entre autres au Collectif Français pour l'Éducation à l'Environnement vers un Développement Durable.

Le CIRASTI aura officiellement 20 ans en 2005. Ce sera l'occasion du bilan d'autant d'années de travail et de productions associatives innovantes, pour mieux se projeter dans la perspective de vingt autres passionnantes années.

Contacts

Olivier Las Vergnas, président, Joël Le Bras, délégué général.
CIRASTI, Halle aux Cuirs, Cité des Sciences et de l'Industrie, 75930 Paris Cedex 19.
Tél./Fax : 01 40 05 79 14. Courriel : cirasti@cirasti.org
www.cirasti.org

Interview de Luc Allemand,

rédacteur en chef adjoint de *La Recherche*

par Richard-Emmanuel Eastes

Résumé

Parmi les diverses formes de la vulgarisation de la chimie, l'écrit occupe une large place, aussi bien dans la presse généraliste que dans les revues spécialisées ou les ouvrages grand public. Les formes littéraires de la vulgarisation scientifique ont d'ailleurs été particulièrement étudiées. A ces différents titres, il nous a semblé important de donner la parole à l'un de nos collègues, chimiste, journaliste scientifique et rédacteur en chef adjoint du magazine *La Recherche*, pour tenter de dégager les critères qui font d'un texte de chimie un « bon » article de vulgarisation, susceptible d'intéresser une revue telle que la sienne.

Mots-clés

Vulgarisation de la chimie, écrit, revue grand public.

Richard-Emmanuel Eastes :

Luc Allemand, vous êtes rédacteur en chef adjoint du magazine *La Recherche*. Quels conseils pourriez-vous donner à ceux de nos lecteurs qui voudraient y publier un article ? Et en tout premier lieu, qui est susceptible d'écrire dans votre revue ?

Luc Allemand :

Deux types de personnes écrivent dans *La Recherche* : des journalistes et des chercheurs. Ces derniers s'expriment principalement à propos de leurs travaux personnels, récents ou en cours. Quelques-uns écrivent aussi sur des sujets qui ne sont pas directement en lien avec leurs travaux, mais c'est plus rare, et il s'agit d'auteurs qui ont un peu d'expérience de la vulgarisation. La plupart du temps, c'est la rédaction qui sollicite les auteurs. Mais nous recevons aussi des propositions spontanées d'articles.

REE : Dans ces cas-là, quelle est exactement la marche à suivre ?

LA : Dans un premier temps, il est suffisant de nous envoyer un résumé de l'article envisagé en faisant surtout ressortir les quelques idées clefs qui y seraient développées. Évidemment, nous demandons aussi que le sujet ait fait l'objet de publications primaires. C'est la base sur laquelle nous discutons avec les auteurs potentiels de tous les aspects du projet :



Luc Allemand.

développement de certains points qui s'inscrivent particulièrement dans la ligne éditoriale de la revue, choix de la rubrique, de la longueur, des illustrations... Notons que les auteurs chercheurs ne travaillent pas seuls et bénéficient systématiquement de l'assistance d'un journaliste, qui les aide à ajuster la forme et le

niveau de formulation de l'article avant sa publication. Notre but est que les articles soient accessibles au plus grand nombre de lecteurs, tout en étant scientifiquement fondés.

REE : Quelles sont les différentes rubriques dans lesquelles ces articles peuvent s'inscrire ?

LA : *La Recherche* est aujourd'hui structurée en quatre grandes parties : « Actualités », « Savoirs », « Pas si simple » et « Rendez-vous ». Les chercheurs interviennent directement dans la partie « Savoirs », qui regroupe des articles de fond, un grand entretien et un « portfolio ». Les sujets traités ont tous un lien avec la recherche récente. Sauf peut-être les articles pédagogiques de « Pas si simple », où cette caractéristique est moins cruciale.

REE : Y a-t-il des sujets plus intéressants que d'autres, du moins du point de vue de leur publication dans *La Recherche* ?

LA : Tous les domaines peuvent être rendus intéressants. Il vaut mieux éviter toutefois les sujets trop techniques. Une autre contrainte est le niveau de connaissances nécessaire à la compréhension de la problématique. Et il faut aussi que les auteurs réalisent que le langage spécifique et précis de leur discipline peut être absolument incompréhensible aux non-initiés. Le problème se pose particulièrement en chimie où le langage et le symbolisme utilisés sont mal maîtrisés par les non-chimistes.

REE : Nous y reviendrons...

LA : Bien entendu, certains critères sont incontournables. Au-delà de la nouveauté et du lien avec la recherche, nous mettons en avant des sujets qui résonnent avec ce que les lecteurs connaissent par ailleurs, ou avec des « grands thèmes de la vulgarisation », c'est-à-dire ceux qui assurent généralement de bonnes ventes, pour nous ou nos concurrents. Les sujets fondamentaux, liés par exemple à la nature de la vie ou aux origines de l'Univers (à ce titre, la cosmologie plaît bien mieux que l'astronomie), sont particulièrement porteurs, tout comme ceux qui démystifient des idées reçues ou apportent l'explication d'un phénomène surprenant ou contre-intuitif.



Une récente couverture de *La Recherche* (©septembre 2004).

REE : Qu'attendez-vous finalement d'un « bon » article de *La Recherche* ?

LA : Un bon article raconte avant tout une histoire. Celle d'une aventure scientifique, d'un homme, d'une femme ou d'une équipe. Il fait intervenir conjointement des aspects scientifiques, historiques, éthiques et sociétaux et offre matière à penser pour des lecteurs qui ne s'intéressent pas nécessairement de près à la discipline. Avant toute chose, l'auteur d'un article de *La Recherche* doit se persuader que le lecteur n'a pas acheté la revue pour lire son article. Il faut donc « l'accrocher » dès le départ par un titre, des illustrations ou un « chapeau » [1] attrayants, une « problématisation » [2] engageante.

REE : En feuilletant les sommaires de votre revue et des revues scientifiques grand public en général, on s'aperçoit que la chimie est relativement mal représentée. Vous qui avez suivi un cursus de chimie jusqu'au doctorat, vous avez très certainement fait la même observation : quelle explication pourriez-vous lui apporter ?

LA : Un premier constat : les rédactions ne sont pas très attirées par la chimie, les sujets correspondants n'étant pas considérés comme capables de faire vendre le magazine. Ne vous méprenez pas, nous ne nous situons pas dans une logique purement commerciale. Mais avec une vente moyenne de 70 000 exemplaires chaque mois, nous devons évidemment être attentifs au niveau des ventes et à la rentabilité globale du magazine.

REE : D'accord. Mais cela n'explique pas pourquoi la chimie est considérée comme peu « porteuse » par les rédactions...

LA : Les raisons sont autant structurelles que didactiques, c'est-à-dire liées non seulement à la difficulté de « traduire la chimie », mais aussi et surtout à la manière dont les connaissances de la chimie sont transformées en applications pratiques. Ce que nous recherchons, c'est ce qui touche vraiment les gens, nous voulons leur raconter des

histoires qui les concernent et dans lesquelles ils se reconnaissent, ou qui les fassent réfléchir à la façon dont fonctionne la science.

REE : Justement, un fort courant est né récemment dans la communauté des chimistes pour introduire la « chimie au quotidien » dans ses actions de communication et de vulgarisation, comme par exemple le numéro spécial SFC/CNRS de novembre 1999 [2]. Cela va-t-il dans ce sens ?

LA : Ce n'est pas suffisant. L'argument qui consiste à dire que les gens sont intéressés par la composition et la formulation des crèmes solaires ou des dentifrices, simplement parce qu'ils en font un usage quotidien, est fallacieux. Faire un usage quotidien d'un objet n'implique pas de loin que l'on soit « touché » par sa conception. A ce titre, les actions de médiation et les articles publiés sur ces sujets passionnent les chimistes (justement parce qu'ils les touchent dans leurs interrogations et préoccupations personnelles), mais pas tellement les non-initiés. Si on parle de produits d'usage courant, leur histoire n'est intéressante que s'il y a aussi des composantes économiques, industrielles...

Dans le numéro spécial SFC/CNRS que vous évoquez justement, j'avais été très intéressé par un article concernant les super-absorbants des couches-culottes : il décrivait bien sûr la composition chimique et le fonctionnement de ces matériaux, mais surtout, il expliquait comment l'augmentation des cours de la cellulose avait entraîné un ajout de super-absorbant dans les couches et, concomitamment, la réduction de leur épaisseur. L'amélioration du produit de grande consommation n'était, comme souvent, pas seulement liée au travail des chimistes, mais aussi à des variables économiques. Il s'agissait donc d'une histoire liée à la chimie, qui nécessitait que l'on parle de chimie, mais pas seulement !

REE : Voilà qui va conférer à cette interview une des caractéristiques qui plaisent aux rédactions : bousculer le sens commun et les idées reçues... Nous comprenons à présent pourquoi les gens sont si friands de ce qui désole notre communauté : la pollution chimique, les catastrophes industrielles, les armes chimiques, le dopage et les drogues, les dangers de la surconsommation d'engrais et de pesticides... Nul doute que ces sujets les touchent et résonnent directement avec leurs peurs. Mais nous, chimistes, savons bien que maints autres sujets pourraient également se prêter à des articles qui touchent directement les gens. Comment faire pour intervenir moins « en amont » de leurs préoccupations, pour reprendre l'une de vos expressions ?

LA : Le problème est là : ceux qui ont des choses vraiment intéressantes à dire sur la mise au point des produits de la vie courante sont trop souvent ceux qui n'ont pas le droit d'en parler et n'ont pas le temps d'écrire. Je veux parler des industriels, de ceux qui se situent à l'interface entre la recherche et les consommateurs. Ceux-là même dont les découvertes sont protégées par des brevets, et les disponibilités contraintes par des plannings tendus. Suite à l'article relatif aux couches-culottes, que j'évoquais tout à l'heure, j'ai contacté les auteurs ; mais jamais nous n'avons pu obtenir d'eux un article pour *La Recherche*.

REE : La nouvelle rubrique de *L'Actualité Chimique*, « Comment ça marche ? », semble aller dans le sens de ce que vous préconisez et nous devons donc persister dans

cette voie, travailler avec des industriels proches des gens ou nous intéresser encore davantage à nos lecteurs plutôt qu'à nos objets chimiques fétiches. A ce propos, avez-vous pu identifier des difficultés et des obstacles inhérents à l'écriture de la chimie pour le grand public ?

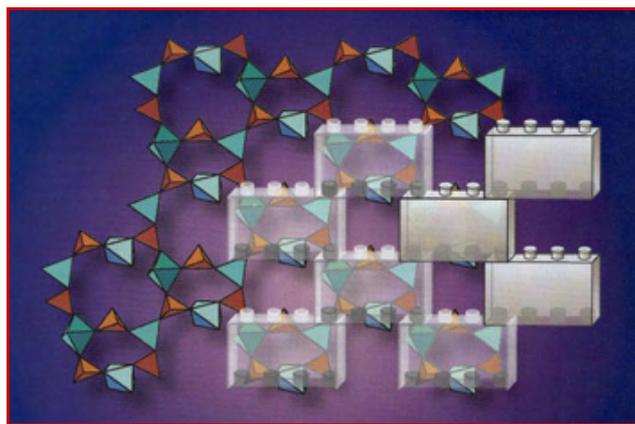
LA : La chimie doit surmonter les mêmes obstacles que la mécanique quantique ou les mathématiques : ceux de sa formalisation. La plupart des chimistes pensent pouvoir être compris en expliquant les transformations de la matière avec des équations bilans qui mettent en œuvre des symboles chimiques articulés entre eux par des règles bien définies. Or chacun de ces aspects nécessite, pour être compris, des prérequis monumentaux ! Par suite, chaque formule chimique apparaît comme un objet codé qui n'est compris de personne, hormis de ceux qui utilisent les clefs de décodage au quotidien. Pour prendre des exemples triviaux, le lecteur moyen lira plus facilement un article où on lui parle d'eau, de dioxyde de carbone ou de méthane que s'il est question d' H_2O , de CO_2 et de CH_4 . Un autre obstacle est la dimension microscopique des phénomènes décrits par la chimie, qui font d'eux des processus impalpables et sans grand lien avec la réalité macroscopique [3].

REE : En effet, on connaît bien les difficultés didactiques posées par les passages incessants que le chimiste opère presque inconsciemment entre les trois niveaux de conceptualisation de la chimie : macroscopique, symbolique et microscopique. Mais faut-il pour autant proscrire tout formalisme et ne considérer la matière qu'à des échelles de l'ordre du nombre d'Avogadro pour pouvoir écrire dans *La Recherche* ?

Quelques « bons » articles de chimie publiés dans *La Recherche*

- Livage J., Le verre, oct. **2004**, p. 89.
- Schmidt G., La fulgurante ascension du méthane, sept. **2004**, p. 48.
- Feuilloley P., Ce plastique faussement biodégradable, avril **2004**, p. 52.
- Théodule M.-L., Le chimiste et le photographe, mars **2004**, p. 70.
- Allemand L., Entretien avec S. Miller, L'apparition de la vie était inévitable, nov. **2003**, p. 67.
- Timmerman A., Le secret du linge bien lavé, oct. **2003**, p. 36.
- Férey G., De l'alchimie au Lego® virtuel, oct. **2002**, p. 38.
- Michaut C., La liaison chimique, juin **2002**, p. 56.
- Joachim C., Launay J.-P., Compano R., Des molécules à calcul, nov. **2001**, p. 27.
- Livage J., Le mariage du verre et du vivant, mai **2001**, p. 44.
- Théodule M.-L., Tarascon J.-M., Plasticien des piles, mai **2001**, p. 25.
- Gauduel Y.-A., La chimie en temps réel, Hors série avril **2001**, p. 48.
- Cancès E., Laser et chimie, mars **2001**, p. 38.
- Wächtershäuser G., La première étincelle de la vie (entretien), nov. **2000**, p. 109.
- Bernier P., Des plastiques pour l'optique et l'électronique, déc. **2000**, p. 22.
- Khaltabari A., Portrait de C. Amatore, La chair de la chimie, sept. **2000**, p. 23.
- Arribart H., Bensaude-Vincent B., Les beautés du vivant défient les chimistes, nov. **1999**, p. 56.
- Teixeira J., L'eau, liquide ou cristal déliquescents ?, oct. **1999**, p. 36.
- Reyraud C., Entretien avec Walter Kohn, Prix Nobel de chimie 1998, avril **1999**, p. 108.

LA : C'est probablement plus subtil que cela et il n'y a pas vraiment de recette miracle, sachant que bien des aspects microscopiques sont eux aussi dignes d'être présentés dans un article relatif à la chimie. Je vous suggère en l'occurrence de vous référer à ce que je considère être deux très bons articles de chimie, respectivement publiés dans notre magazine en octobre 2002 par Gérard Férey [4] et en avril 2001 par Ludovic Jullien [5]. Conformément à ce que je vous disais tout à l'heure, le premier raconte une histoire – la mise au point de solides microporeux –, alors que le second démonte quelques idées toutes faites et couramment admises au sujet des moteurs moléculaires. Dans les deux cas, les pièges de la formalisation ont été évités, notamment pour le premier en faisant appel à la métaphore du Lego® (voir figure).



La métaphore du Lego® moléculaire [4]. ©La Recherche, 2002.
« [...] cette structure se fonde sur l'assemblage de polyèdres dont les sommets sont occupés par des atomes d'oxygène : des tétraèdres contenant un atome de phosphore (en orange), des tétraèdres d'aluminium (en bleu) et des pentaèdres contenant 2 atomes d'aluminium (en bleu aussi). La véritable unité de base est toutefois une brique formée de 6 polyèdres (brique blanche). »

REE : C'est ce que montre la figure reproduite dans cet article, en effet. En conclusion, que conseillerez-vous à nos lecteurs pour les aider à parler de leur discipline et partager leur passion ?

LA : Je viens de le dire : il n'y a pas de recette. Mais les chimistes qui souhaitent toucher le public doivent adopter une attitude « marketing » (voir notamment [6]). Quelles sont les attentes du public auquel je vais m'adresser ? Quel public peut être intéressé par ce que j'ai envie de raconter ? Ils doivent se poser ces questions dès le début d'un projet. Pour ce qui concerne d'éventuels articles dans *La Recherche*, nous sommes prêts à les aider à y répondre.

Notes et références

- [1] Le « chapeau » est le court texte d'introduction qui figure sous le titre d'un article.
- [2] Chimie et vie quotidienne, *Lettre des Sciences Chimiques du CNRS/L'Act. Chim.*, novembre **1999**.
- [3] Lire à ce sujet l'article de J.-F. Le Maréchal *et al.* dans ce numéro (p. 39).
- [4] Férey G., De l'alchimie au Lego® virtuel, *La Recherche*, octobre **2002**, 357, p. 38.
- [5] Jullien L., Le contrôle des mouvements moléculaires, *La Recherche*, avril **2001**, 341.
- [6] Jelitto T.C., To sell science, find out what people want to buy, *Nature*, 20 juin **2002**, 417.

Diffuser la culture scientifique et technique

L'appui des DRRT¹

Dominique Delcourt

Les nouveaux horizons de la culture scientifique

La culture scientifique requiert de se tenir informé le plus précisément, le plus complètement possible, de suivre au plus près les progrès accomplis dans les domaines émergents (génomique humaine, nanotechnologies...). Sous-jacente ici est l'idée d'individus avertis de l'avancée des sciences et de leurs possibles dérives, capables d'apprécier en conscience des problèmes majeurs de société, comme les conséquences éthiques des découvertes en biotechnologie, ou l'impact des activités humaines sur l'environnement. Par-delà ces aspects, la culture scientifique consiste aussi à partager l'esprit de la démarche scientifique ; c'est-à-dire, autant que les résultats et les prouesses de la science, à apprécier les chemins qui y ont mené.

Ainsi, la culture scientifique est davantage qu'une simple collection de connaissances et d'informations. Elle pousse vers l'inconnu, elle expose au doute, elle multiplie les occasions de penser.

« On confond presque toujours l'acte de penser avec le recours monotone aux certitudes de la mémoire. Ce qu'on sait bien, ce qu'on a expérimenté plusieurs fois, ce que l'on répète fidèlement donne une impression de cohérence objective et rationnelle. Et pourtant, pour penser, on aurait d'abord tant de choses à désapprendre. Que ferais-je d'une expérience supplémentaire qui viendrait confirmer ce que je sais ? Autrement dit, dans le règne de la pensée, l'imprudence est une méthode » (Bachelard, *Le surrationalisme*, 1936).

La culture scientifique ouvre de nouveaux horizons et abreuve l'esprit de nouvelles images. Des faits simples deviennent tout à coup significatifs car on en entrevoit la portée. Mais l'approche se fait à tâtons et déconcerte. Ainsi, à la question de l'imagination dans le domaine scientifique, Richard Feynman (prix Nobel de physique 1965) répondait :

« Si l'on nous demande d'imaginer ce qui pourrait se passer dans une situation simple donnée et que nous répondons : « Je n'en ai aucune idée ! », les gens vont penser que nous avons une bien pauvre imagination. Ils oublient toutefois que ce qui est permis d'imaginer dans le domaine des sciences doit être compatible avec tout le reste de nos connaissances. C'est ainsi que l'imagination scientifique est un jeu terriblement difficile. On doit avoir de l'imagination pour penser à quelque chose qui n'a jamais été vu ni entendu auparavant, mais ces pensées sont en même temps contraintes par l'ensemble de nos connaissances. Le problème d'imaginer quelque chose de neuf qui soit en même temps compatible avec tout ce qui est déjà connu est d'une extrême difficulté ».

On est loin des images simplistes et des clichés réducteurs de science sauvage et d'imagination débridée.

La démarche scientifique est ici plus proche d'une quête intérieure, en ce qu'elle consiste en un acharnement à observer et questionner les choses en place. Développer une culture scientifique, c'est toucher ceci du doigt, c'est susciter des déclics ; une démarche exaltante et salutaire.

Les Délégations Régionales à la Recherche et à la Technologie (DRRT)

On l'a dit, les sciences et techniques sont partout. Ceci pose inévitablement la question de leur réception par les jeunes et le grand public. L'école, dont c'est l'un des objectifs, n'y réussit pas nécessairement et peut de fait en laisser une expérience douloureuse.

Comment dès lors favoriser l'accès à la culture scientifique et à la compréhension du monde d'aujourd'hui ? Comment sensibiliser les milieux scolaires et le grand public à la démarche scientifique ? Comment instiller la curiosité et le goût de l'interrogation afin que les uns et les autres étendent le champ de leurs connaissances ? Comment révéler le plaisir de la recherche, sa dimension ludique et enthousiasmante et, ce faisant, raviver l'intérêt des jeunes

Les Délégations Régionales à la Recherche et à la Technologie

Les DRRT sont des administrations de mission chargées de l'action déconcentrée de l'État dans les domaines de la recherche, de la technologie et de l'innovation, de la diffusion de la culture scientifique et technique, en interaction avec le monde socio-économique et le grand public.

Elles sont nommées par arrêté du ministre chargé de la recherche, dépendent du Ministère de l'Éducation nationale, de la Recherche et de la Technologie et reçoivent une lettre de mission dont les principaux éléments sont les suivants :

- Informer les partenaires régionaux des orientations de la politique nationale et des programmes d'action du ministère chargé de la recherche.
- Saisir le ministère des initiatives régionales.
- Coordonner dans la région l'action des établissements publics et organismes sous la tutelle du ministère chargé de la recherche.
- Renforcer les pôles technologiques régionaux et rapprocher la recherche du monde économique et social.
- Développer et organiser les actions de transfert de technologie.
- **Encourager la diffusion de la culture scientifique et technique.**
- Donner des avis sur la politique du ministère chargé de la recherche en région.

En matière de diffusion de la culture scientifique et technique notamment, elles peuvent accorder des subventions aux actions menées par les structures associatives.

pour les métiers scientifiques, en particulier dans le domaine des sciences exactes ?

Sous cet angle, la diffusion de la culture scientifique apparaît comme un défi majeur. C'est l'une des missions des Délégations Régionales à la Recherche et à la Technologie (DRRT).

L'action de la DRRT d'Ile-de-France



Dans ce domaine, la DRRT Ile-de-France agit dans deux directions.

Valoriser la culture scientifique

D'une part, elle participe au financement de projets (conférences, expositions, productions audiovisuelles...) qui favorisent les échanges entre professionnels du monde des sciences, ceux de l'action culturelle et les différents publics. Ces dernières années, de nombreux projets ont ainsi été soumis à la DRRT Ile-de-France. Ils ont été examinés par une commission composée de personnalités scientifiques, dont des chercheurs et des journalistes.

Parmi les projets retenus, on peut citer le soutien à des bars des sciences, le lancement et le soutien d'associations de vulgarisation scientifique (par exemple *Les Atomes Crochus* ou *Les Bateleurs de la Science*)² ou la participation au financement d'un télescope pour initier les jeunes à la pratique de l'astronomie.

Les critères adoptés pour évaluer les projets, au-delà de l'originalité et de l'impact attendu sur le public, ont porté notamment sur la relation entre science et art, ceci afin de valoriser la culture scientifique qui est souvent considérée comme par trop sévère et distincte de la culture à proprement parler.

La DRRT Ile-de-France soutient par ailleurs l'action de centres de culture scientifique, technique et industrielle (CCSTI), organismes d'action culturelle qui ont pour mission de développer l'information et la réflexion du grand public sur les sciences et les techniques.

Initier à la recherche

D'autre part, en liaison avec les trois rectorats franciliens, la DRRT Ile-de-France participe à l'élaboration de projets éducatifs qui mettent directement en relation les établissements scolaires et le monde de la recherche³. Ces projets éducatifs ont pour objectifs l'acquisition de méthodes de travail par les élèves et leur initiation à une pratique de la recherche. En partenariat avec les écoles, des chercheurs, des ingénieurs ou des techniciens s'impliquent dans ces initiatives et ouvrent leurs lieux de travail aux élèves. Ces projets éducatifs sont évalués par une commission, et une subvention est allouée pour l'achat de documentation et de petit matériel. Un effort particulier est fait pour valoriser les résultats de ces projets : certains d'entre eux sont présentés à la Fête de la Science au mois d'octobre.

Notes

- 1 Voir également la lettre du préfet d'Ile-de-France (www.drirt-ile-de-france.fr/lett_pref_cult.pd).
 - 2 Voir aussi www.drirt-ile-de-france.fr/cst_aides.htm
 - 3 NDLR : Voir également à ce sujet, l'article relatif à l'accompagnement scientifique (p. 56) et l'encadré du CNRS sur les projets « Passion-Recherche » (p. 57).
- Pour en savoir plus sur les DRRT, consulter : <http://www.recherche.gouv.fr/drirt/drirt.htm>
 - D'autres informations sur le rôle des DRRT en matière de culture scientifique sont notamment disponibles sur le site de la DRRT Ile-de-France : <http://www.drirt-ile-de-france.fr/>



Dominique Delcourt

Chargé de recherche au CNRS*, il a été chargé de mission à la culture scientifique, DRRT Ile-de-France.

* Centre d'étude des Environnements Terrestres et Planétaires, Observatoire de Saint-

Maur, CNRS, Institut Pierre-Simon Laplace, 4 avenue de Neptune, 94107 Saint-Maur des Fossés.
Tél. : 01 45 11 42 69. Fax : 01 48 89 44 33.
Courriel : dominique.delcourt@cetp.ipsl.fr
<http://www.cetp.ipsl.fr>

Affiches Nobel 2003

Quelques exemplaires des affiches illustrées des prix Nobel 2003 de chimie (intitulée « Les canaux cellulaires laissent filtrer leurs secrets ») et de physique (« Des écoulements sans résistance ») sont encore disponibles au siège de la SFC.

Réalisées par The Royal Swedish Academy of Sciences, elles ont été traduites par Richard-Emmanuel Eastes, Étienne Guyon et Jean Matricon. Jolies et pédagogiques, ces affiches sont diffusées en France par la Société Française de Chimie, la Société Française de Physique et l'Union des Professeurs de Physique et de Chimie. Leur format déplié est 82 cm x 58,4 cm.

Si vous souhaitez les recevoir, envoyez une enveloppe format 32,4 x 22,9 cm, libellée à votre adresse et affranchie (1,90 euros) à l'attention de Marie-Claude Vitorge, SFC, 250 rue Saint-Jacques, 75005 Paris.

L'aide à la diffusion de la culture scientifique à l'étranger

Les actions incitatives de l'American Chemical Society

Gerald P. Niccolai

Résumé Les sociétés savantes et professionnelles scientifiques, notamment grâce à leur lien privilégié avec l'ensemble de leur communauté disciplinaire, peuvent faciliter la communication avec le public citoyen, en jouant un rôle de mobilisateur et d'outil. L'American Chemical Society développe des programmes dans ce sens pour ses membres depuis au moins une vingtaine d'années. Les différents produits issus de ces programmes et leur intérêt pour le scientifique qui voudrait entreprendre une activité de vulgarisation sont présentés.

Mots-clés **Vulgarisation, animation, éducation populaire, sociétés savantes et professionnelles.**

Aujourd'hui, la science est entrée au cœur du débat politique et citoyen et l'éducation populaire de la science représente donc un enjeu majeur reconnu institutionnellement dans les divers secteurs de la société. Récemment, deux rapports ministériels ont fait état de la nécessité de développer une meilleure communication entre la communauté scientifique et le public [1-2]. Plus spécifiquement, l'importance d'une rencontre directe entre « chercheurs » et citoyens a été mise en exergue, cette rencontre entraînant un certain enthousiasme chez le public, suscitant « bien souvent des vocations » [3-4].

La création d'un futur corps d'« ambassadeurs de la science », par l'introduction d'un module de communication scientifique dans les écoles doctorales, contribue à cet effort et représente un premier pas en avant. Néanmoins, ce dispositif reste limité, d'une part parce qu'il n'intervient pas dans l'ensemble des filières de formation scientifique et d'autre part, parce qu'il ne s'adresse aucunement aux professionnels déjà en activité. Peut-être serait-il intéressant d'habiliter des ambassadeurs provenant de l'ensemble des vocations scientifiques pour ce travail de communication. Dans ce cadre là, les sociétés savantes et professionnelles, comme la Société Française de Chimie (SFC), pourraient jouer un rôle de relais essentiel.

L'analogue américain de la SFC, l'American Chemical Society (ACS), travaille dans ce sens depuis une vingtaine d'années. L'ACS développe un grand nombre de programmes de communication et d'éducation qui pourraient être considérés comme exemplaires. En particulier, des actions incitatives ont été mises en place pour qu'un plus grand nombre de chimistes, d'horizons variés, s'impliquent dans des activités de communication. Depuis 1994, un volet d'action de cette politique appelé « Kids & Chemistry » est mené au sein de la Division d'Éducation de l'ACS (ACS-ED) ; il associe, par différents moyens, le chimiste professionnel avec des élèves du primaire. Cette rencontre, selon la charte de Kids & Chemistry, peut contribuer à l'éducation des élèves en les sensibilisant aux faits :

- 1) que la chimie fait partie de leur vie quotidienne ;
- 2) que la science peut apporter des contributions positives à la société ;

- et 3) que les scientifiques sont des gens comme eux, à savoir que toute personne qui pose des questions, qui cherche des réponses, et qui tire des conclusions à partir d'observations, se comporte en scientifique.

Cet article donne une description des programmes de l'ACS-ED destinés à l'ensemble des chimistes en activité, de tous niveaux et dans tous les secteurs [5]. Les dispositifs mis en place s'adressent à une variété de types d'interventions et le rôle du scientifique varie selon ces différents contextes. Après cette présentation, des pistes de réflexion sur l'adaptation d'une partie de cette activité aux institutions et aux contextes français et européen sont proposées.

Le scientifique comme point de contact local

Plaquettes d'information

L'ACS-ED propose deux plaquettes d'information [5] qui sont distribuées par leurs membres au niveau de leur école de quartier. Bien que l'objectif principal de ces plaquettes reste la diffusion d'informations scientifiques pratiques en relation avec l'enseignement, cette méthode de distribution présente des avantages secondaires intéressants, tels que l'identification du scientifique au sein de sa communauté locale et la motivation d'un apprentissage chez les parents d'élèves.

La première plaquette s'adresse aux enseignants du primaire, qui ne sont pas toujours à l'aise avec la présentation de la science et encore moins lorsque les élèves manipulent eux-mêmes des « produits chimiques ». La plaquette, « Safety in the Elementary (K-6) Classroom », contient des astuces sur l'organisation raisonnée d'ateliers scientifiques dans l'enseignement primaire. En proposant ce document aux enseignants de son école, le scientifique devient ainsi une source de conseils pour l'équipe enseignante. Cette caution professionnelle peut alors encourager l'entreprise d'activités scientifiques plus approfondies ou plus innovantes.

La deuxième plaquette d'information s'adresse aux parents d'élèves. Pour la plupart, ceux-ci n'ont pas de

formation approfondie en sciences et peuvent se sentir démunis face aux sujets scientifiques. La plaquette « Science Fair Projects: A Guide for Parents » propose une aide à l'encadrement parental dans le contexte relativement étroit qu'est la participation de l'enfant dans une olympiade scientifique. Ce document présente des informations de base sur la méthode scientifique, la nature des données et le concept de « champs d'application des résultats », autant de sujets très difficiles à transmettre à un adulte non initié et non motivé. De cette façon, l'olympiade scientifique produit non seulement des effets positifs sur l'apprentissage de l'élève, mais elle motive également l'apprentissage de la méthode scientifique chez le parent [5].

Le scientifique comme animateur

De manière générale, la formation du scientifique lui confère des savoirs de base très généraux et, dans son domaine d'activité, une considérable expertise. Néanmoins, l'adaptation de l'information scientifique et son langage à un public non initié n'est pas triviale. Le scientifique qui voudrait participer à des actions de communication ou d'éducation « grand public » peut avoir besoin d'être guidé dans sa démarche initiale. Parmi les aides proposées par l'ACS-ED, on trouve des formats familiers (mallettes pédagogiques, formation continue), optimisés pour faciliter la prise en main par le scientifique professionnel qui veut devenir animateur, ainsi que deux guides particulièrement novateurs, par leur présentation et leurs contenus.

Mallettes pédagogiques

L'ACS commercialise des mallettes pédagogiques contenant tout ce qui est nécessaire pour que « l'homme de métier » puisse intervenir en classe sur des thématiques diverses. La conception de chaque mallette a fait l'objet d'une collaboration entre des enseignants, des chimistes et le fabricant de la mallette. Un soin particulier a été apporté au conditionnement du matériel qui prend en compte non seulement la facilité de distribution en classe, mais intègre également la prévention d'accidents. La prise en main aisée de la mallette, même par un animateur peu expérimenté, permet une intervention de bonne qualité sans formation ni préparation particulières au préalable.

Formation continue

Des stages gratuits de formation continue sur la vulgarisation sont régulièrement organisés lors des congrès de l'ACS. Les permanents de l'ACS-ED présentent des informations sur la mise en œuvre d'actions d'éducation populaire. Les personnes formées s'inspirent ensuite de l'expérience acquise au cours du stage pour organiser des manifestations, souvent en collaboration avec leur section locale de l'ACS et, éventuellement, à l'occasion du « National Chemistry Week ».

Guides

L'ACS-ED édite deux guides destinés au professionnel qui souhaite s'impliquer dans des activités d'animation scientifique scolaire et grand public, le « Kids & Chemistry Activity Resource Manual » et le « Kids & Chemistry Large Event Guide » (figure 1). Le premier est conçu pour accompagner l'homme de métier dans la situation

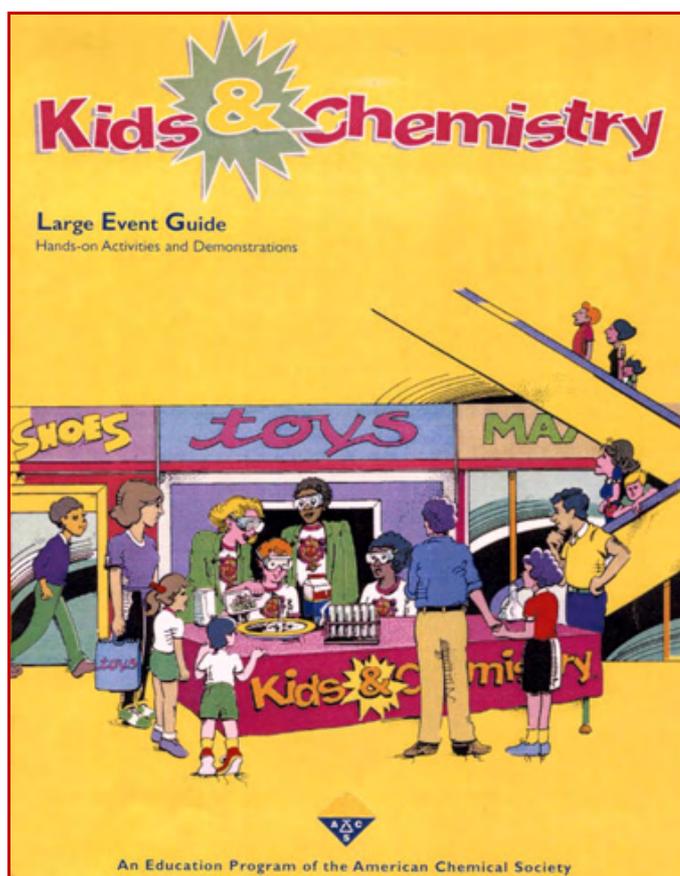


Figure 1 - Le Large Event Guide de l'American Chemical Society.

particulière d'une intervention en classe de primaire et de collège. En revanche, le « Large Event Guide » propose une variété de cadres d'intervention et incite le chimiste à aller à la rencontre des gens dans des lieux publics.

Les deux livres sont construits autour d'un certain nombre de démonstrations et d'ateliers ludiques et éducatifs. L'intérêt de ces guides, par rapport aux ressources disponibles en français [6], se trouve dans la présentation de l'organisation, de la communication et du développement de cadres d'interventions, sous une forme que le scientifique peut rapidement exploiter.

Certains éléments de base, notamment les questions d'organisation et de sécurité, sont abordés dans les deux livres. Des conseils sur la communication et l'ordre social dans la classe et à l'extérieur sont présentés afin de préparer l'intervenant à une audience à laquelle il n'a pas l'habitude d'être confronté. En annexe, le lecteur trouve une bibliographie des ressources (anglophones), d'ateliers et des démonstrations.

Dans le contexte d'une intervention conventionnée par l'ACS, la société a souscrit un contrat d'assurance dont la couverture et les conditions d'application par ses membres sont brièvement expliquées. On trouve aussi des considérations didactiques, comme par exemple la nécessité d'adapter les démonstrations et les ateliers à chaque public ou la nécessité de collaborer avec l'enseignant. L'importance d'une activité d'écriture dans la pratique de la science est expliquée et un modèle de cahier de laboratoire est donné. Une grille d'analyse associe chaque atelier ou démonstration avec les savoirs disciplinaires, transversaux, et opératoires, ce qui facilite considérablement le choix de l'activité.

La spécificité de chaque guide se retrouve dans le contenu choisi en fonction des deux situations générales d'intervention, en milieu scolaire et dans des lieux publics. Dans le guide dédié au milieu scolaire, « *Activity Resource Manual* », on trouve dix-neuf activités scientifiques ludiques. Pour chaque activité, deux fiches sont proposées : l'une à destination des élèves et l'autre à destination de l'intervenant et de l'enseignant. La fiche « élève » comprend une liste de matériels, un mode opératoire « étape par étape » et d'éventuelles expériences connexes à réaliser à la maison. La dernière page de cette fiche propose une explication scientifique des phénomènes rencontrés. La fiche « intervenant » contient des indications particulières sur l'organisation de l'atelier, les questions éventuelles des élèves, les obstacles qui pourraient être rencontrés, etc.

Le scientifique comme organisateur de l'animation scientifique

Un aspect particulièrement innovant du « *Large Event Guide* » (« Guide de l'événementiel ») est qu'il donne une certaine autonomie à l'intervenant pour porter l'animation scientifique dans des lieux nouveaux. Cette autonomie impose une organisation plus complexe qu'une simple intervention en classe. Le guide adresse donc de façon détaillée des questions pratiques comme la création d'un comité d'organisation, le déroulement du calendrier d'exécution, le recrutement de bénévoles, la publicité, les assurances et les autorisations à prévoir.

Les activités sont regroupées en onze chapitres thématiques, chaque thématique étant déclinée sous forme d'ateliers et/ou de démonstrations. En effet, c'est la situation exacte de l'intervention qui déterminera les modalités les plus adaptées au public présent. Le contenu du guide pourrait être directement transposé, mais pour chaque événement particulier, le lecteur est vivement encouragé à concevoir de nouvelles activités ou thématiques.

Conclusion

Les sociétés professionnelles scientifiques, notamment grâce à la diversité des vocations de ses membres, représentent une plate-forme privilégiée de dialogue avec le public citoyen. L'ACS cultive une tradition d'engagement autonome pour la communication en proposant à ses membres une gamme variée de services et de produits pour la diffusion de la culture scientifique, qui pourraient être tout à fait transposables au contexte français.

Les sociétés savantes et professionnelles ne peuvent agir seules dans cette démarche mais seulement en réseau ou en partenariat avec d'autres institutions publiques, privées et associatives, qui développent déjà d'excellents moyens d'intervention dans l'éducation scientifique populaire. Les sociétés professionnelles, quant à elles, apportent un relais essentiel pour transmettre ces moyens à un plus large spectre de scientifiques, de tout niveau d'étude et dans tout secteur d'activité. Les actions qui en découlent

pourraient aider le public à prendre conscience non seulement des bases pratiques de la science, mais aussi de la variété des gens et des métiers qui composent la communauté scientifique.

Cependant, dans ces réflexions institutionnelles, il ne faut pas perdre de vue l'essentiel, à savoir l'engagement personnel de tout un chacun dans des actions simples sur le terrain. Un acte anodin comme la distribution de plaquettes d'information, par exemple, pourrait avoir des répercussions importantes. Le scientifique peut être alors considéré comme un véritable ambassadeur et devient un point de contact entre la communauté scientifique et sa communauté locale.

Remerciements

L'auteur remercie la Division d'Éducation de l'ACS et notamment Charles P. Casey, président de l'ACS, Sylvia Ware, directrice de l'ACS-ED, et Andrea Bennet, chef du projet Kids & Chemistry.

Pour plus d'information sur l'action de l'ACS-ED, le lecteur peut se rendre sur le site <http://www.chemistry.org> et suivre le lien « educators & students ». Pour commander des produits, il peut utiliser le site <http://store.acs.org>.

Notes et références

- [1] Hamelin E., « Développement et diffusion de la culture scientifique », Premier Ministre de la République Française, Paris, 2003.
- [2] Dossier de presse présenté par Jean-Jacques Aillagon et Claudie Haigneré, « Plan national pour la diffusion de la culture scientifique », Paris, 25 février 2004. Voir également Messal R., *L'Act. Chim.*, 2004, 276, p. 8.
- [3] On pourrait aussi citer l'effet chez le scientifique, qui retire de cette rencontre une satisfaction, voire un plaisir. Voir *The Role of Scientists in Public Debate*, *Market Opinion Research International*, The Wellcome Trust, Londres, 2000.
- [4] Les effets positifs chez le scientifique sont aussi illustrés par le dicton « *Quand une personne enseigne, deux personnes apprennent* ».
- [5] En France, un fascicule analogue existe, édité en 2002 par Bayard-Press (maison d'édition des magazines *Youpi* et *Images Doc*). Il est destiné aux parents et s'intitule *Pour aimer la science*. Il est disponible auprès de l'association 1, 2, 3 sciences ; contact : emmanuel.chanut@bayard-press.com ou auprès de la Direction des Espaces Verts de Seine Saint-Denis.
- [6] On peut citer le site de La main à la pâte (<http://www.inrp.fr/lamap>) ou les collections « Sciences en poche » chez Albin Michel Jeunesse (<http://www.lespetitsdebrouillards.org>).



Gerald P. Niccolai

est chargé de recherche au CNRS affecté à l'ICAR (UMR 5191 « Interactions, corpus, apprentissage, représentations »)*.

* CNRS, Université Lumière Lyon 2, INRP, ENS Lyon et ENS Lettres et Sciences

Humaines, 15 parvis René Descartes, 69342 Lyon Cedex 7.

Tél. : 04 37 37 66 39.

Courriel : gniccolai@ens-lsh.fr

Retrouvez la SFC et L'Actualité Chimique sur la toile

<http://www.sfc.fr>

Commission Chimie et Société : le mot de la Présidente

Les lecteurs seront certainement frappés, comme je le suis, par la richesse de ce numéro spécial qui représente un remarquable effort collectif. Il faut remercier le comité de rédaction de *L'Actualité Chimique* de l'avoir programmé, et bien évidemment féliciter les coordinateurs pour avoir su rassembler autour du thème une telle diversité de sensibilités et d'approches, complémentaires et s'enrichissant mutuellement.

L'objectif de ce numéro, « Assister le chimiste qui est engagé dans une action de vulgarisation/médiation de la chimie », est clairement défini. Est-il atteint ? Je pense que oui. Le document ne propose certes pas une série de recettes, mais l'ensemble « donne à penser » et un pas important me semble franchi.

On y trouve un certain nombre de témoignages d'acteurs de terrain, nous faisant partager leur enthousiasme et leur passion pour le travail de médiation qu'ils ont entrepris (notons qu'il s'agit d'une sélection et non d'une revue exhaustive). Le fait de rassembler ces témoignages est particulièrement éclairant sur le dynamisme de la communauté concernée.

Pendant, force est de constater que malgré tous ces efforts, la chimie reste mal-aimée, et des événements récents, de l'explosion d'AZF à l'Appel de Paris, largement relayés par les médias, y compris les plus sérieux, sans l'esprit critique qu'il est légitime d'attendre, ont plutôt accéléré le processus. Pourquoi le fossé est-il si difficile à combler ? Les problèmes spécifiques de l'industrie chimique participent de manière importante, et même prédominante, à la construction de l'image de la chimie dans le public. Ils sont largement débattus par ailleurs et le choix a été fait ici de donner la parole essentiellement aux représentants du monde académique. Effectivement, si les deux communautés ont des objectifs communs, elles ont des messages différents à transmettre et des rôles différents à jouer. Il est tout à fait justifié d'oublier un instant les explosions, la pollution... et de se demander quelle est la situation de la chimie en tant que science.

C'est là que la réflexion proposée trouve tout son sens. On y distingue deux aspects : d'une part celui de la recherche didactique et d'autre part, celui d'une réflexion historique, sociologique, éthique...

En dépit d'une certaine « intellectualisation » qui peut rebuter certains, la recherche didactique formule des propositions utiles, qui rejoignent d'ailleurs souvent des conclusions de bon sens issues de l'expérience :

- ne pas confondre enseignement et vulgarisation ;
- initier à la démarche scientifique plutôt que de vouloir transmettre un savoir déjà élaboré ;
- partir du point de vue de l'interlocuteur ;
- faire appel à l'imaginaire, développer la curiosité, mettre en « appétit de science ».

Mais la didactique fonde et analyse de manière critique les opinions intuitives, et le simple fait de les questionner interpelle l'enseignant, le médiateur, et l'oblige à prendre du recul et à se remettre en question.

A un autre niveau est posée la question du pourquoi, de la finalité, de la « philosophie » de l'activité de médiation. Défendre une discipline en montrant l'aspect positif de ses applications, c'est bien mais c'est insuffisant, et c'est souvent interprété comme du « lobbying ». Les rapports entre chimie et société n'ont pas toujours été mauvais. Ils ont évolué entre autre parce que la société a évolué, et ceci exige adaptation de la part des chimistes, et des scientifiques en général d'ailleurs. Une idée se dégage avec force des contributions présentées : la finalité de toutes ces actions de médiation scientifique n'est pas d'apporter du savoir préfabriqué, mais de contribuer à la formation de citoyens responsables, intégrant dans leur culture la dimension scientifique, et pour ce faire, un nouveau climat doit être créé. C'est la condition indispensable à l'instauration d'un débat démocratique éclairé sur nombre de problèmes actuels.

La formulation publique dans notre milieu de cette prise de conscience me semble un phénomène nouveau et important. Est-elle partagée par tous les acteurs de la médiation scientifique ou seulement par ceux qui ont été choisis pour contribuer à ce numéro ? Pour ma part, j'y adhère totalement, car à côté des raisons essentielles d'éthique et de respect du public, c'est aussi une question d'efficacité. Il ne devrait pas y avoir de réflexion sur les techniques de vulgarisation sans référence à ce débat.

Et ensuite ?

Il faut espérer que ce numéro, qui résonne de manière très positive, encouragera les médiateurs déjà engagés, que ce soit auprès des jeunes ou du grand public, et incitera d'autres à les rejoindre... ainsi que les pourvoyeurs de soutien financier à les aider davantage.

Les débats de fond entamés ici sont loin d'être épuisés et devraient se poursuivre, peut-être en élargissant l'éventail des sensibilités représentées, et en tout cas pas exclusivement entre chimistes. Une attention toute particulière devrait être portée aux moyens d'améliorer les interactions avec les médias. Plus généralement, ne conviendrait-il pas de rechercher en priorité le dialogue avec les groupes de citoyens « concernés » qui contribuent à la formation de l'opinion ?

Une question importante, non abordée, est celle de l'évaluation de cette activité. Elle n'est visiblement pas au centre des préoccupations, or elle est indispensable. Les moyens qui y sont consacrés sont certes modestes, mais l'énergie dépensée par les médiateurs est considérable et il est préférable qu'elle le soit à bon escient. Bien que l'évaluation en sciences soit un thème d'actualité largement débattu, aucune méthode satisfaisante n'a encore été mise au point. Ici, tout est à inventer... et Dieu nous garde du *citation index*.

Formulons le vœu que le dialogue se poursuive, sous une autre forme bien sûr, pourquoi pas au sein de « Chimie et Société », dont l'un des objectifs est de fournir un cadre à ce

type de réflexion entre personnes d'horizon divers, et où ce débat a déjà été entamé ? Il est souhaitable que les acteurs du terrain puissent de temps à autre prendre du recul et réfléchir sur leurs méthodes et l'impact de leurs actions, tout comme il est souhaitable que les spécialistes de didactique et de sociologie des sciences puissent avoir le contact avec ceux qui sont sur le terrain. C'est un des mérites de ce

numéro de nous montrer que fort heureusement, beaucoup s'impliquent dans les deux domaines.

Andrée Marquet
Présidente de la commission
Chimie et Société





La Commission Chimie et Société

L'année 1999, devenue *Année Internationale de la Chimie* à l'initiative de l'American Chemical Society, avait engendré au sein de la communauté des chimistes français une dynamique collective qui a conduit nombre d'entre eux à se mobiliser pour la réussite de cette opération. Beaucoup ont souhaité que ce mouvement ne reste pas sans suite. Cette volonté commune a conduit, en 2001, à la création du groupe *Chimie et Société*, qui a tout naturellement trouvé sa place, en tant que Commission, au sein de la Fondation Internationale de la Maison de la Chimie.

Chimie et Société réunit les institutions représentatives des différentes composantes de la chimie, ainsi que des personnalités choisies en raison de leurs compétences et de leur rayonnement. Son travail se démultiplie dans les régions sous forme de comités régionaux.

Ses objectifs ont été définis comme suit :

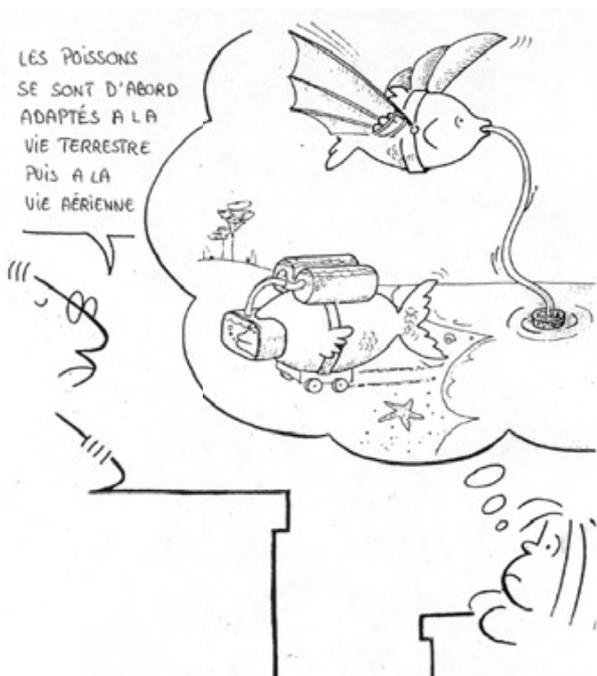
- assurer une mission de vulgarisation et de communication avec le milieu scolaire et le grand public ;
- contribuer aux efforts entrepris pour attirer un plus grand nombre de jeunes vers les études de chimie et vers les études scientifiques en général ;
- diffuser des informations objectives sur les avancées de la chimie et les problèmes qu'elles peuvent poser ou résoudre dans les domaines de la sécurité, de l'environnement, de la sécurité alimentaire etc. ;

Chimie et Société ne se substitue pas aux différents organismes et institutions qui, depuis de longues années, contribuent efficacement à la réalisation de ces objectifs. Elle veut renforcer la synergie entre les différents acteurs en rassemblant l'information sur toutes les actions entreprises par les uns et les autres, en facilitant la diffusion et l'échange des expériences.

La commission s'intéresse tout naturellement aux problèmes posés par la médiation de la chimie, car c'est là que ses membres peuvent avoir une réflexion concrète. Cependant, à travers cette facette, c'est bien le problème général de « Science et Société » qu'elle entend aborder.

Commission Chimie et Société
Maison de la Chimie - 28 rue Saint-Dominique - 75007 Paris.
Tél. : 01 40 62 27 18 - Fax : 01 40 62 95 21.
Courriel : marquet@ccr.jussieu.fr

<http://www.maisondelachimie.asso.fr/chimiesociete/index.htm>



Comprendre les sciences, un challenge au quotidien ! ©Frato/LDES Genève.

« Public images of chemistry in the XXth century »

Pourquoi et comment les historiens des sciences s'intéressent à l'image publique de la chimie
Paris, 17-18 septembre 2004

Depuis plusieurs décennies, les sociétés savantes comme les fédérations d'industries chimiques se préoccupent de la détérioration de l'image de la chimie. Avec raison, comme le prouvent à suffisance les multiples enquêtes successives menées à la demande des instances et associations européennes ou nationales, qui coalisent ces différents acteurs et sont les porte-parole de ce secteur d'activité essentiel. Mais que des historiens des sciences – au sens large, c'est-à-dire aussi des philosophes et des sociologues – se penchent sur la question et s'emparent de ce thème à l'occasion du 4^e colloque international de la Commission for the History of Modern Chemistry (CHMC), voilà qui est moins banal. Cela mérite quelques mots d'explication qui feront l'objet de la première partie de cette introduction au compte-rendu de la rencontre qui a eu lieu à Paris en septembre dernier. On comprendra mieux dès lors ce que les uns et les autres, chercheurs, enseignants, directeurs de communication, vulgarisateurs... peuvent tirer comme bénéfice d'une telle confrontation malgré des points de vue et des objectifs hétérogènes.

La Commission pour l'histoire de la chimie contemporaine est l'une des commissions spécialisées de l'Union Internationale d'Histoire et de Philosophie des Sciences. Elle a été fondée en décembre 1997 au terme d'un programme européen généreusement soutenu par l'European Science Foundation, qui avait permis de cristalliser une communauté des historiens de la chimie autour d'un sujet de recherche peu cultivé dans l'éventail fort large des spécialisations en histoire des sciences. Le programme portait sur la période 1787-1939 et envisageait le développement de la science sous ses multiples aspects : l'instrumentation, le langage, les manuels et l'enseignement, l'avènement de la profession, l'industrialisation et les techniques, etc. Les diverses rencontres ont donné lieu à un corpus de publications riche par son étendue et sa diversité ainsi que par les cadres géographiques et méthodologiques couverts. Au terme de cette aventure

intellectuelle et humaine, un constat se fit néanmoins jour, qui enjoignait de prolonger l'expérience, et de maintenir une coordination des efforts de la communauté dans un domaine quasi vierge et cependant essentiel, celui de l'histoire de la chimie au XX^e siècle. D'où la création d'une instance internationale qui stimule l'intérêt et constitue un cadre pour la recherche en histoire de la chimie récente.

Depuis sa fondation, la CHMC organise des conférences internationales avec une thématique précise qui autorise la confrontation des enquêtes historiques menées par des chercheurs, confirmés ou aspirants, et le débat d'idées. La première conférence, « *Between physics and biology: chemical sciences in the XXth century* », s'est tenue à Munich en 1999. On rentrait dans le vif du sujet en posant la question de la situation de la chimie du XX^e siècle aux confins de la physique et de la biologie, et en mettant en évidence le phénomène tout à fait significatif de l'émergence de nouveaux champs de recherche à l'intersection fertile des frontières traditionnelles des disciplines [1]. Le laboratoire de chimie a connu une véritable révolution dans le courant du XX^e siècle de par le développement croissant d'une instrumentation toujours plus performante, spécifique et autonome, et ce fait a motivé le choix du thème retenu pour la deuxième conférence à Londres en 2000, « *From test-tube to the autoanalyzer: the development of chemical instrumentation in the XXth century* » [2]. Enfin, le lien tout particulier que la chimie entretient avec l'industrie dans le paysage des sciences a fait l'objet d'un troisième colloque international à Philadelphie en 2002 : « *Industrial-academic relationship in the chemical and molecular sciences* » [3]. Pour assurer une meilleure diffusion des connaissances, approfondir les contacts et garantir la communication entre les historiens de la chimie, la commission a aussi établi une liste de discussions [4].

L'un des premiers thèmes qui furent soumis à la jeune commission était précisément celui de l'image de la chimie, ce qui renvoyait aux origines du programme quinquennal de l'ESF « *The evolution of chemistry in Europe: 1789-1939* ». Il avait été motivé entre autres

par une demande des associations chimiques : elles s'interrogeaient et désiraient interroger les historiens sur les origines du malentendu qui leur semblait régner au sujet de la chimie auprès du grand public. C'est ici que le questionnement des chimistes « actifs », que ce soit dans les domaines académique ou industriel, et celui des historiens des sciences se croisent...

Le constat est en général unanime : depuis la 2^e Guerre mondiale, la chimie, reine des sciences expérimentales et heureuse magicienne qui améliore le quotidien de chacun, est devenue l'ennemie du naturel, synonyme de peurs, de catastrophes écologiques ou hygiéniques. Les médias, dans leur quête du sensationnel, sont bien sûr pointés d'un doigt accusateur ; le public, qui semble se satisfaire un peu vite de discours réducteurs et caricaturaux et de slogans à l'emporte-pièce, sans tenter de faire la part des choses ni de constater l'impact positif de la chimie dans le confort et l'amélioration de la vie, n'est pas ménagé non plus. Et d'incriminer un « analphabétisme scientifique » qui interpelle l'enseignement et plus généralement les gouvernements, de réclamer davantage de faits et de chiffres pour une description objective de la situation auprès de citoyens, et de regretter l'occultation du regard sur ce que la chimie apporte en termes de confort et de bien-être.

Mais nombreuses sont aussi les voix qui s'élèvent pour plaider coupables et constatent que les chimistes eux-mêmes sont responsables de l'image de la chimie. Ou plus exactement, s'ils n'en sont pas entièrement responsables, sont-ils responsables de ne pas tout mettre en œuvre pour l'améliorer en s'engageant résolument face aux médias et au public sur le terrain de la vulgarisation et du débat éthique ? Quant aux actions mises en place pour contrer la « chemophobie » – pour reprendre le terme anglo-saxon – ou pallier l'information trop unilatérale au goût des spécialistes, la tactique la plus courante est de montrer les bienfaits innombrables que les sciences et techniques chimiques ont apporté à l'humanité et, explicitement ou implicitement, de les comparer en grandeur et en qualité aux méfaits incriminés.

En effet, la chimie reste présentée par ses plus ardents défenseurs comme une science du matériel, de la maîtrise des matériaux – et de la nature – au service des Hommes, et non comme une valeur culturelle qui fait partie intégrante de l'aventure intellectuelle de l'humanité. Un autre constat qui ne peut manquer de frapper, une fois ces discours sortis du contexte d'émotions et d'actions dans lesquels ils sont tenus, c'est la réquisition de l'histoire dans le cadre d'une conception traditionnellement a-historique de la discipline.

Que peuvent donc apporter les historiens des sciences ? Le changement de statut de la chimie, de science triomphante à la fin du XIX^e siècle à une forme de connaissance perçue comme pernicieuse voire destructrice aujourd'hui, ne manque pas de les interpeller eux aussi. Mais le problème est de définir au préalable cette image avec précision avant d'en analyser les caractères les plus saillants et les facteurs qui en modèlent l'évolution.

Un premier pari, irréaliste aux yeux de nombreux interlocuteurs, gouvernait la constitution du programme : croire qu'il est possible de faire se rencontrer et dialoguer des communautés qui ont

des langages, des attentes et des objectifs différents. Pour concrétiser ce vœu, des associations et des firmes chimiques ont été conviées dès le début du projet non seulement à soutenir financièrement l'initiative, mais aussi et surtout à y participer pleinement. Après une mise en condition grâce aux résultats des dernières enquêtes effectuées par les unions professionnelles françaises et européennes, le premier jour a été consacré à l'image que le grand public peut se former, en déclinant au cours de séances successives les différents médias qui les véhiculent, y compris le cadre très particulier de l'enseignement. L'analyse du récent « Appel de Paris » a refermé ce premier volet de la réflexion. Lors de la deuxième journée, il a été question de l'image que les chimistes ont d'eux-mêmes et de celle(s) qu'ils donnent à voir, entre autres, à travers la publicité et la popularisation. Ces deux journées de réflexion se sont conclues avec un regard sur le futur.

Il est toujours difficile de conclure au succès d'une entreprise qui n'a pas de comparaison et dont les bénéfices attendus par les participants étaient différents selon la sphère dont ils prove-

naient. Mais on peut, sans se tromper, se réjouir d'avoir vu côte à côte des auditeurs et des orateurs, jeunes et moins jeunes, directeurs de communication et philosophes, chercheurs et enseignants, chimistes ou historiens, nouer des relations qui ne peuvent qu'être profitables aux uns et aux autres, et à une meilleure perception de l'image de la chimie.

Brigitte Van Tiggelen
(Mémosciences [5])
et **Bernadette Bensaude-Vincent**
(Université Paris X-Nanterre)

Notes et références

- [1] *Chemical Sciences in the 20th Century: Bridging Boundaries*, C. Reinhardt (éd.), Wiley-VCH, Weinheim-New York, 2001.
- [2] *From Classical to Modern Chemistry: The Instrumental Revolution*, P.J.T. Morris (éd.), Royal Society of Chemistry-Science Museum, Londres, 2002.
- [3] *Academia and Industry in Chemistry: The Impact of State Subvention and the Effects of Cultural Values*, C. Reinhardt et H.G. Schröter (eds), *Ambix*, n° spécial, 2004, 51, p. 99-185.
- [4] Voir <http://ppp.unipv.it/dhs> et la liste de discussions CHEM-HIST renseignée sur le site de la CHMC : <http://ppp.unipv.it/dhs/CHMC.htm>
- [5] vantiggelen@memosciences.br

CHF : connaissance, histoire et formation

Un conservatoire pour le patrimoine de la chimie aux États-Unis

La chimie imprègne le quotidien et fait partie intégrante de la culture de notre temps, l'Homme de la rue l'oublie ou l'ignore trop souvent. Mais il doit être informé de ce qu'est la chimie, et c'est là ce que le chimiste semble oublier à son tour. Pour éduquer et former le public, rien de tel que la mise en œuvre du passé, qu'il soit récent ou pluriséculaire : telle est précisément l'ambition de la **Chemical Heritage Foundation (CHF)**, sise dans la partie ancienne d'une ville américaine, elle aussi chargée d'histoire : Philadelphie. L'activité des chimistes lègue un patrimoine riche et varié, qui va du mobilier de laboratoire aux livres et manuscrits, en passant par des œuvres artistiques inspirées ou rendues possibles par cette science. La CHF réunit tout cela et mène aussi un important programme d'histoire orale qui entend conserver ainsi le témoignage des chimistes, universitaires ou industriels, qui ont façonné le présent et le futur à travers la connaissance et l'art qui leur sont propres.

Fondée en 1982, la CHF est une

institution unique dans le monde et se consacre à la sauvegarde et la mise en valeur de l'histoire et du patrimoine de la chimie. Le terme est entendu au sens large et englobe aussi les sciences moléculaires, le génie chimique et les nombreuses industries qui en découlent. Cette vaste perspective a permis de mobiliser la communauté chimique traditionnelle des chercheurs et enseignants, mais également les mécènes, industriels et autres associations. Grâce à ce soutien substantiel, la CHF développe une gamme d'activités qui s'étend de la recherche pointue en histoire des sciences, aux expositions éducatives itinérantes, en passant par l'accueil de collections de livres, d'instruments et d'archives, la publication d'ouvrages, la production de matériel à visée pédagogique et la distribution de bourses d'étude et de distinctions honorifiques dans le domaine de la vulgarisation.

En 1985, la CHF recueille les archives personnelles de Paul J. Flory, prix Nobel de chimie 1974, qui s'est pen-

ché sur l'interprétation théorique des réactions de polymérisation. En 2000, deux magnifiques collections de peintures flamandes et hollandaises des XVII^e et XVIII^e siècles, qui mettent en scène des chimistes et des alchimistes, ont été léguées à la CHF qui en a immédiatement établi un catalogue commenté. Au début du printemps 2004, la fondation a inauguré une exposition itinérante destinée aux jeunes lycéens et consacrée à l'apport des femmes chimistes. En avril 2004, elle a acquis la bibliothèque de Roy G. Neville, un chimiste collectionneur, comptant plus de 6 000 volumes. Dans l'un d'eux, une note de Newton sur une partie d'un procédé de fabrication d'or à partir de métal vil... Enfin, « last but not least », la CHF a été l'un des partenaires enthousiastes et généreux du colloque international « Public images of chemistry in the XXth century ».

Que conclure, sinon rêver qu'une telle institution voie le jour sur le Vieux Continent ?

Brigitte Van Tiggelen

L'image de la chimie est entre vos mains

Parce qu'à l'heure actuelle l'image de la chimie est un débat international, la Cité des sciences et de l'industrie et la Maison de la Chimie ont accueilli des conférenciers venus des quatre coins du monde lors du congrès « The Public Image of Chemistry » qui s'est tenu les 17 et 18 septembre derniers à Paris. Alors qu'au XIX^e siècle, la chimie était présentée comme un modèle pour les sciences, le XX^e renvoie une image beaucoup moins glorieuse. L'objectif du colloque était donc d'analyser la perception de l'image de la chimie et de comprendre l'évolution de son impact sur la population. Les conférenciers se sont penchés notamment sur plusieurs médias (littérature, cinéma, Internet...), l'enseignement et la publicité pour analyser ce problème. La mise en commun de leurs travaux permettra de mieux comprendre la situation actuelle et de proposer des remèdes pour « redorer » l'image de la chimie aux yeux du grand public.

Attention, la sonnette d'alarme retentit !

Pour entrer dans le vif du sujet, Alain Coine (Rhodia et Association Communication Collective Chimie, France) a ouvert ce colloque en présentant des statistiques nationales bouleversantes sur la perception de l'industrie chimique par la population : 50 % de la population ne croit pas qu'elle donne des emplois ; 45 % n'a pas conscience qu'elle assure des besoins quotidiens et 51 % pense qu'elle ne fait pas attention à la sécurité. Face à ces pourcentages qui prouvent que l'industrie chimique a une mauvaise image, Alain Coine a expliqué que ces chiffres sont injustifiés, car il faut comprendre que les préoccupations des industriels de la chimie sont en priorité la compétitivité, la gestion des dangers et de la pollution... et moins la communication. Il est pourtant nécessaire de s'assurer que ce qui est dit sur la chimie n'est pas trop loin de la vérité. C'est le message délivré par Alain Coine qui a conclu : « On doit changer notre façon de communiquer afin d'améliorer l'image de la chimie pour les générations futures ».

Marc Devisscher, porte-parole du CEFIC (Conseil Européen des Fédérations de l'Industrie Chimique,

Belgique), a complété ces propos par des statistiques européennes. L'industrie chimique allemande, qui présente une autre approche publicitaire (figure 1), est la mieux perçue d'Europe, la « pire » étant la suisse. Quant à l'industrie chimique française, elle se situe quelques rangs avant la Suisse... (figure 2). Marc Devisscher a tenu à préciser qu'il ne fallait pas confondre le thème traité aujourd'hui avec le cas des industries électroniques, pharmaceutiques ou agroalimentaires... mieux perçues par la société. Ce sont surtout les industries pétrolières, de peintures et de vernis, de détergents... qui ont besoin de « redorer leurs blasons ». Une enquête biennale avait été menée à partir de 1992 par le CEFIC afin de mieux connaître l'opinion publique européenne ; les résultats ont révélé la réputation désastreuse de l'industrie chimique au sein du grand public. Or cette année, pour la première fois depuis 1992, la balance de l'image de la chimie au niveau européen est positive ; ce qui est encourageant, bien que davantage d'efforts soient à fournir. Marc Devisscher s'est alors adressé aux porte-parole des industries chimiques pour leur demander d'arrêter d'annoncer que l'industrie chimique va de moins en moins bien : « Nous [chimistes] devons arrêter de dévaloriser notre image, nous devons être perçus comme constructifs, ayant de l'éthique et responsables. »

Voilà, le mot d'ordre est lancé :

« changer le mode de communication ». Il s'agit maintenant de mieux cerner le regard de la société sur la chimie en fonction du contexte.

Si la fiction littéraire est un miroir de la société, quelle place accorde-t-elle à la chimie ?

« Le plus grand mythe des temps modernes jamais créé, ce n'est pas Darwin ni la Genèse, c'est Frankenstein ! » C'est par cette étonnante phrase que Roslynn Haynes (professeur à Sydney, Australie) nous a plongés dans la littérature et la chimie. Après un bref résumé historique, elle s'est penchée sur l'époque médiévale et plus particulièrement sur l'alchimie, qui n'était déjà pas bien perçue. L'alchimiste était considéré comme sinistre, dangereux et... probablement hérétique (figure 3). L'origine de cette peur venait aussi sûrement de l'opacité du langage chimique de l'époque avec ses symboles incompréhensibles pour le non-initié, et des aspirations de l'alchimiste. La chimie devait lui permettre de découvrir l'élixir de vie éternelle et de transformer les éléments en or (la fameuse « transmutation »). Domaines bien obscurs et « diaboliques » pour la majorité de ses contemporains. Roslynn Haynes a poursuivi en transposant cette situation à celle d'aujourd'hui : « La population est traumatisée par le nucléaire, les manipulations génétiques, les OGM, le clonage... il faut plus d'explications



Figure 1 – Publicités actuelles liées à l'industrie chimique allemande. (Source : CEFIC, D.R.).

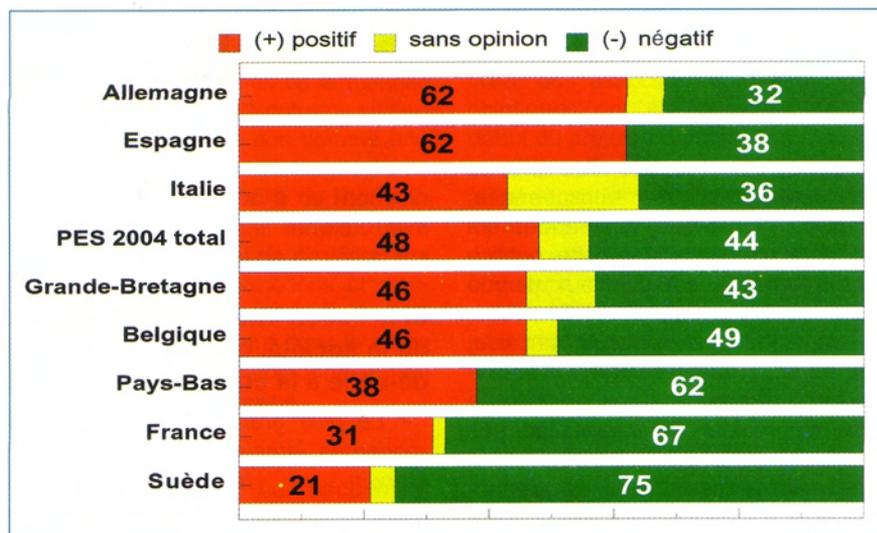


Figure 2 – Statistiques sur l'image de l'industrie chimique européenne.
(Source : CEFIC, D.R.).

autour des recherches chimiques. »

La présence de la chimie dans la littérature du XX^e siècle a été illustrée avec dynamisme par Philip Ball (*Nature*, Angleterre). Si la physique et la biologie sont présentes dans les romans, la chimie n'y apparaît pas vraiment, mise à part l'utilisation de poison dans les polars. Philip Ball s'est appuyé entre autres sur le livre *Gain* de Richard Powers pour dénoncer les relations paradoxales qui lient les chimistes à leur discipline.

Force est de constater que dans la fiction littéraire, le regard de la société sur la chimie est toujours soit apeuré, soit inexistant.

Chimiste = homme, blanc, avec une blouse, des grosses lunettes et un ballon à la main

Internet étant aujourd'hui la banque de données la plus facilement accessible à tous, deux conférenciers américains, Joachim Schummer (Université South Carolina, Columbia) et Tami Spector (Université de San Francisco) ont basé leurs recherches sur l'image donnée aux chimistes et à la chimie à partir des illustrations de Clipart et du moteur de recherche Google. Le choix de ce média offre un très large panel d'images à analyser et il s'y dégage rapidement des associations stéréotypées. De la naissance de la chimie jusqu'au XIX^e siècle, le chimiste est représenté par un homme tenant nonchalamment un ballon à la main, le portant négligemment en l'air et le regardant, très concentré, le sourcil froncé... ! Bref, ce n'est qu'au XIX^e siècle que l'on peut voir un tableau d'August Kekulé avec un livre,

ou Marcellin Berthelot devant sa paillasse. Tami Spector a remarqué, non sans ironie, que « *Sociologiquement, l'image emblématique du chimiste est un homme, blanc, très professionnel, avec une blouse et des lunettes. De plus, la chimie est perçue comme une science empirique, ce qui renforce le stéréotype du chimiste dans son laboratoire, isolé de la société. Quant à l'industrie chimique, elle est représentée par des cheminées fumantes !* ». Dans Clipart, 1,2 % des dessins de chimistes représente des savants fous et 50 % des savants fous sont représentés par des chimistes ! Tout cela pour comprendre qu'Internet, outil d'aujourd'hui, propage de vieux clichés péjoratifs de la chimie et du chimiste à travers ces images.

Alors, qu'en est-il au cinéma ? Quelle est l'image de la chimie dans les « movies » ? Peter Weingart (Université de Bielefeld, Allemagne) a mené une étude sur 222 films (majoritairement américains) tournés entre 1920 et 2001. Parmi les disciplines scientifiques, celles qui plaisent le plus dans les films sont la recherche médicale et la physique ; la chimie arrive en troisième position et est présente à 24,4 % dans des films d'horreur et à 13,3 % dans des comédies. Peter Weingart s'est aperçu que les films ont un impact sur l'image du chimiste que se font les gens et a noté ce point important : « *Il ne faut pas penser pouvoir*

manipuler les médias, sinon ils font leur propre cinéma, plus ou moins éloigné de la vérité, et c'est ce que le public retiendra ».

Le chimiste et écrivain français Pierre Laszlo a étudié l'image du chimiste vu par le chimiste lui-même. Pour comprendre cette image aujourd'hui, il a montré son évolution depuis 1950. Dans ces années là, elle était alors austère ; puis, dans les années 60, elle a connu une mauvaise passe. Le mouvement pour l'environnement prédomine dans les années 70. Quant aux années 80, elles sont marquées par l'évolution des capacités de la recherche et des techniques qui lui sont consacrées. Et nous sommes maintenant dans l'ère de la nanotechnologie. En faisant le bilan de ces années passées, Pierre Laszlo a constaté que « *l'image de la profession de chimiste se détermine par rapport aux liens qu'il développe avec l'industrie* », et qu'en plus, « *la chimie-phobie découle de l'attitude du chimiste lui-même qui se complet dans le cercle réduit des personnes qui le comprennent* ».

L'exemple du plastique : une relation passionnelle

A l'heure où l'on discute de la perception de la chimie par la société, l'américain Jeffrey L. Meikle (Austin, Texas) s'est penché sur l'impact du composé révolutionnaire apporté par la chimie du XX^e siècle : le plastique. Les premières résines formophénoliques, appelées Bakélite, ont été découvertes par Bakeland en 1909. Très rapidement, ce composé a éclipsé le Celluloïd, synthétisé en 1869 et conçu à l'origine pour substituer l'ivoire des balles de billard. Après la Seconde Guerre mondiale, avec le « baby boom » et la priorité donnée à l'essor de l'industrie, le développement du



Figure 3 – Un alchimiste et son assistant.
(Hans Weidetz, vers 1520).

plastique explose avec l'apparition de la Bakélite, du plexiglas, du vinyle et du polystyrène. Peu cher, avec des formes et des couleurs sympathiques, le plastique touche toutes les couches sociales et s'impose dans tous les domaines : jouets, Tupperware®, « houla hop », bas nylon... l'engouement de la population est immédiat. C'est la quintessence de la mode : les nouvelles matières textiles sont un succès (figure 4). Les armoires en bois massif, au placard ! Le mobilier en plastique, c'est tendance ! On s'essaie même aux maisons totalement en plastique (figure 5) !

Mais toute cette effervescence retombe comme un soufflet... Le plastique, c'est inflammable, ça casse et surtout, ce n'est pas biodégradable (figure 6). La population découvre alors la notion de « pollution chimique ». On se met à réfléchir sur l'omniprésence du plastique, et l'on assiste alors à un retournement de situation jusqu'à ce que certains objets, autrefois prisés, deviennent plutôt « ringards »..., juste bons pour la « middle class ».

Et pourtant aujourd'hui, comme l'a rappelé Jeffrey L. Meikle, le plastique est toujours très présent, même s'il a perdu son aura. Il suffit de regarder autour de soi pour s'apercevoir que presque tout ce qui nous entoure est en plastique. On voit bien à travers cette étude sociologique qui montre l'ascension puis la chute d'un « bébé de la chimie », que l'image d'un produit chimique n'est jamais définitivement acquise. Quelle leçon en tirer pour de futurs innovations ?



Figure 4 – Le vinyle : un nouveau matériau pour les créateurs de mode (juin 1966).

L'éducation scientifique : responsabilité et rôle à jouer

Devenir chimiste, être chimiste, la chimie s'apprend, bien-sûr ! Mais qu'en est-il de cet enseignement qui forme des futurs « savants fous » ?

La fondation américaine « Chemical Heritage Foundation » s'est penchée sur le problème de l'enseignement en mettant en ligne « Science Alive ! » (www.chemheritage.org). C'est Robert D. Hicks (Philadelphie, États-Unis) qui a présenté ce site en expliquant ses objectifs : créer la meilleure méthode d'enseignement des sciences modernes sur le web et être une source d'informations complète pour les étudiants et les professeurs. Ce site est centré sur la vie et les travaux du chimiste Parcey Lavon Julian (1899-1975), dont le parcours est un bel exemple de réussite et d'intégration. Petit-fils d'un esclave d'Alabama, il est connu entre autres pour ses recherches sur le traitement des glaucomes et pour ses synthèses de composés ignifugeables. « Science Alive ! » se distingue des autres sites par l'accent mis sur l'histoire et l'héritage de la chimie dans les cours de science moléculaire, étude d'habitude minimisée dans les cursus scientifiques. Le contenu et la pédagogie de l'enseignement scientifique sont les deux priorités de la fondation. Robert D. Hicks a souligné l'importance de mettre à la disposition des étudiants de bons outils, mais surtout de bonnes bases acquises dès les plus petites classes.

Pourquoi ce dégoût des adultes à l'annonce du mot chimiste ? Peut-être parce qu'ils se souviennent de leurs cours de chimie... et ce souvenir n'est visiblement pas agréable. Pour le comprendre, Richard-Emmanuel Eastes (Commission Chimie et Société) a étudié les obstacles rencontrés dans l'apprentissage de la chimie, de l'école primaire à l'université. Il a d'abord noté que les enfants ont une curiosité innée face à la chimie et que c'est cette curiosité qu'il faut entretenir tout au long du cursus. Il s'est amusé à effectuer un parallèle entre l'enseignement de la chimie et celui de la musique. Par la maîtrise du jargon chimique (il insiste sur la notion de mole, primordiale) et du solfège, on aboutit à la création



Figure 5 – Une maison futuriste tout en plastique.

d'une réaction chimique, ou d'un morceau de musique. « L'enseignement de la chimie ne peut se faire que par l'envie » a-t-il précisé. « Il faut prendre des modèles pédagogiques, et toujours susciter l'intérêt, car le but est de transmettre une culture chimique. »

Une fois l'envie présente, la scolarité passée, le cursus universitaire accompli... Non, le chimiste n'arrête pas d'apprendre. Il est « autodidacte ». C'est le message qu'a voulu délivrer Paul Caro (Académie des Technologies, France) en déclarant : « L'apprentissage de la chimie est sans fin. Le chimiste apprend toujours de nouvelles théories car la chimie est en perpétuelle évolution. Nous [chimistes] sommes les acteurs de l'évolution profonde de la chimie car la chimie a évolué ces 50 dernières années, même si le public ne s'en rend pas compte. » Les recherches étant de plus en plus avancées, Paul Caro a montré son



Figure 6 – L'envers du décor... © R. Bourguet / Ademe.

inquiétude face aux dérives possibles. Avec les progrès techniques et l'augmentation des capacités de recherche, le chimiste a tendance à s'isoler dans des spécialités toujours plus poussées, et l'évolution de la chimie finit par avoir un effet pervers sur lui. Paul Caro s'est adressé aux chimistes présents dans la salle, en insistant sur l'importance de communiquer en ne s'enfermant pas dans le jargon d'une chimie spécialisée, mais en comprenant qu'elle est une science centrale.

Et les heures de gloire ?

A voir l'image de l'industrie chimique aujourd'hui, on a du mal à croire qu'à une époque pas si lointaine, elle était encensée, que la population la sollicitait et l'admirait... c'était dans les années 50. David Rhees (Minneapolis, États-Unis) a raconté cette ère de gloire avec l'exemple de DuPont. Dans les rues, d'immenses panneaux publicitaires annonçaient : « *De meilleurs produits pour une vie meilleure... grâce à la chimie* » en mettant en scène une famille américaine type et évidemment heureuse ! (figure 7). C'est ce slogan qui a marqué plusieurs générations et a renversé l'image de DuPont. En effet, cette entreprise était auparavant qualifiée de « marchand de la mort » car elle fabriquait des munitions pendant la Première Guerre mondiale. A travers cet exemple significatif, David Rhees a insisté sur le rôle que pouvait avoir la publicité, avec ses retombées immédiates sur la perception de l'image par le public : « *C'est un exemple à suivre* » a-t-il conclu.

L'impact publicitaire a également été illustré par Robert Bud (Science Museum, Londres, Angleterre) avec d'autres exemples : celui de la pénicilline tout d'abord, surnommée le « médicament miracle ». Avant sa mise sur le marché, le terrain était déjà préparé pour l'accueillir car dès les années 30, les chimistes se penchaient sur la découverte d'un remède sensationnel. Et l'exemple de General Motors qui, en 1939, avait des affiches tout à l'honneur de la chimie. En 1960, le succès était encore là jusqu'à ce que le public devienne de plus en plus sceptique envers les sciences et les techniques, et pourtant « *l'usage de la pénicilline progresse encore* ». « *Une leçon à tirer* » a conclu Robert Bud en disant qu'il fallait tenir compte du passé pour gérer les événements à venir.

Une image à défendre

Le colloque s'est achevé par une

Le controversé Appel de Paris

L'Appel de Paris, lancé en fanfare en mai dernier lors d'un meeting dans les locaux de l'UNESCO, dénonce les dangers pour la santé causés par l'industrie chimique. Il est composé d'une première partie se référant à des institutions et traités comme les Droits de l'Homme, la Constitution de l'Organisation Mondiale de la Santé, la Charte européenne sur l'environnement et la santé... et d'une deuxième partie énumérant différentes mesures souhaitées par ses auteurs : promouvoir l'adoption de normes toxicologiques, réduire les émissions de gaz à effet de serre... Ce texte a remué la communauté des chimistes. Lors du colloque, Guy Ourisson (Académie des sciences) a partagé ses réflexions sur cet « Appel ». Il a souligné que personne n'ignore les problèmes que cause l'industrie chimique, mais que l'« Appel » va trop loin, qu'il y a un abus sur la mise en avant des dangers que provoque l'industrie chimique. Guy Ourisson a rappelé que les principales causes de mortalité sont le tabac, les mauvaises habitudes alimentaires, l'inactivité physique et l'alcool, pas la pollution liée à l'industrie chimique : « *On doit avoir conscience des dangers et des peurs, mais un mensonge est un mensonge, donc l'Appel de Paris ne se justifie pas.* »



Photo : L. Joumel

Guy Ourisson

table ronde « Vers une éthique de la chimie » animée par Bernadette Bensaude-Vincent (Université Paris X), Andrée Marquet (Commission Chimie et Société), Hervé This (groupe INRA, Collège de France) et Jean-Pierre Dupuy (École polytechnique et Université de Stanford). « *Nous [chimistes] devons faire mieux quant à la communication et il faut aussi ouvrir la chimie aux plus jeunes* » (Andrée Marquet). Hervé This a montré le chemin en proposant différents moyens ludiques (un œuf, par exemple) pour égayer l'enseignement de la chimie, avec l'introduction d'un soupçon d'histoire des sciences et une multiplication des expériences. Enfin, face aux problèmes de la chimie dont il faut bien

prendre conscience, Jean-Pierre Dupuy a terminé avec cette mise en garde : « *Le monde est plus ce qu'on en fait que ce qu'il nous apporte, ce n'est pas une bonne ou une mauvaise chose, c'est la situation.* »

En effet, il ne tient qu'à chacun de nous de donner une meilleure image de la profession, en ouvrant le dialogue et en s'assurant que le message est compris correctement, et de continuer à multiplier les manifestations ludiques autour de la chimie pour la mettre au niveau des plus jeunes afin de les captiver. En somme, chimistes, c'est à vous de jouer, chacun à votre échelle...

Laure Joumel
et Roselyne Messal



Figure 7 - Publicité DuPont « Wonder World of Chemistry » à l'exposition internationale de New-York, 1939-1940 (avec l'aimable autorisation de la Bibliothèque et du Musée Hagley).

Refuser la fatalité de la désindustrialisation : le choix d'une chimie nouvelle

Oui, le temps est venu de choisir. Voulons-nous que la France garde une position forte dans la chimie ? De quelle chimie avons-nous besoin ? Au service de quel développement ?

Le sentiment dominant est celui d'un déclin inéluctable et finalement acceptable, de la chimie en France : « Après tout, la mondialisation a de bons côtés. Que toutes ces usines à risque partent ailleurs ne fera pleurer que celles et ceux dont l'emploi en dépend. Qu'ils ne comptent pas trop sur la solidarité de l'opinion. Et si, comme on nous le dit, la chimie est indispensable à d'autres activités, qu'on importe les produits nécessaires en veillant à ce que leur usage soit sévèrement codifié pour en éliminer tout risque ». Ce sont des propos, hélas, trop répandus !

Remarquons simplement que l'industrie chimique est l'un des tout premiers employeurs de France avec plus de 230 000 emplois directs et de 500 000 emplois induits ; qu'elle demeure le premier exportateur national ; que sa force est historiquement venue des liens étroits entre scientifiques et industriels. Accepter son déclin serait admettre pour notre pays un appauvrissement scientifique, technique et social redoutable.

Depuis le XIX^e siècle, la chimie, née en Europe, en a façonné l'extraordinaire développement. Elle a amélioré la santé, la nourriture, les vêtements, le bien-être, la maison, les transports, les communications, les loisirs... de chacun de nous. Elle a changé notre vie. Elle est intimement liée au modèle de développement suivi jusqu'ici par nos sociétés.

La pression de l'Homme sur la Nature, devenue trop forte, provoque la remise en cause de ce modèle. Il n'est pas étonnant que la chimie, qui est indissociable de ce modèle en dégénérescence, voie son image altérée. Ce n'est pas par hasard que cette remise en cause coïncide avec l'épuisement du modèle économique traditionnel de cette industrie, qui n'a pas su valoriser ses produits sur leur valeur d'usage, souvent élevée et qui a soutenu largement le développement des industries qui les ont utilisés. La chimie a été l'industrie « industrialisante » par excellence.

Mais rejeter la chimie au titre de la contestation d'un modèle de société qu'elle a si bien servi et qui atteint aujourd'hui ses limites serait l'une de ces logiques trompeuses qui conduisent à des choix erronés.

Pendant des millénaires, la pression de l'Homme sur la Nature a été régulée par les famines, les épidémies et une effroyable mortalité infantile. En particulier avec l'aide de la chimie, l'Homme en a éloigné le spectre, forçant ainsi les lois de la Nature. Mais cette transgression n'est-elle pas une composante de la condition humaine ? La sélection naturelle ne pardonne pas la faiblesse. L'Homme a voulu que le faible soit protégé. La loi naturelle sacrifie l'individu à l'espèce. L'Homme a conçu des droits pour que l'individu puisse se défendre. Depuis 150 ans, la chimie a donné à l'Homme une puissance de création telle qu'il en a un peu oublié son statut de créature. Désormais, il s'inquiète de devoir subir la révolte d'une Nature qu'il croyait dominer (effet de serre, trou d'ozone, etc.).

C'est pourquoi il est à la recherche d'un nouveau modèle de développement, respectueux d'équilibres naturels complexes, qu'il connaît encore mal et que la science chimique l'aidera à comprendre ; d'un modèle humainement plus solidaire – peut-être moins par souci moral qu'en raison des contraintes d'une biogéochimie commune à toute l'Humanité. Le projet européen d'une société de « croissance et de plein emploi basée sur l'innovation et la connaissance » défini en mars 2000 au Sommet de Lisbonne illustre cette recherche.

La chimie en sera un élément essentiel. Car elle restera ce qu'elle est depuis ses origines : un ensemble de connaissances, de techniques et de produits, indispensable à toutes les autres activités.

Quel que soit le modèle retenu, il demeure qu'aucune autre activité ne pourra remettre en cause ses procédés ou ses comportements pour s'y conformer sans devoir y faire appel.

Comment faire évoluer les choix énergétiques de nos sociétés si les technologies existantes ou émergentes ne reçoivent pas des apports innovateurs de la chimie ?

La même interrogation se pose dans les domaines des transports, de l'agriculture, de la santé humaine ou animale, des technologies d'information et de communication, de l'habitat, des matériaux, de l'approvisionnement en eau, du traitement des déchets...

Comme industrie, la chimie démontre sa flexibilité et sa réactivité. Bois, charbon, pétrole, gaz, biomasse..., elle s'adapte à toutes les sources. Abandon

du plomb tétraéthyle dans nos essences, abandon des CFC dans nos systèmes de réfrigération..., elle s'adapte rapidement et de façon créative aux accords internationaux qui ne faussent pas la concurrence.

Comme science, elle fait preuve de dynamisme et de créativité. La chimie de synthèse ne connaît plus de limites. La chimie douce est capable dans bien des cas de se substituer à la chimie de feu de naguère. La chimie crée de nouveaux matériaux en fonction des critères de performances prédéfinis. La chimie supramoléculaire crée des ensembles biomimétiques, capables d'auto-organisation. La nanochimie prépare des révolutions. Génomique et protéomique exprimeront leur utilité grâce à la chimie.

Aussi, maîtriser l'évolution de la chimie revient à détenir les clefs des ruptures technologiques qui détermineront l'avenir.

Si le modèle à venir est bien celui d'une « société de la connaissance et de l'innovation », alors la chimie est un atout pour la France. Elle a des scientifiques de valeur, des industriels et des personnels compétents. Mais d'autres pays n'en sont pas dépourvus. Aussi est-il temps que la chimie soit reconnue comme un atout essentiel de ce modèle en espérance et que se manifeste la volonté politique d'en user.

Le temps est venu de rassembler tous ceux – étudiants, enseignants, chercheurs, industriels de la chimie et utilisateurs – qui refusent de voir gaspiller un tel atout.

Le temps est venu pour eux de soutenir l'ambition d'une chimie nouvelle à haute valeur ajoutée, porteuse d'avenir.

Plus que jamais – paix à Lavoisier –, la République a besoin de savants et d'entrepreneurs capables de nous faire accéder à des connaissances nouvelles et de les transformer en richesse nationale.

François Guinot

Vice-président de
l'Académie des Technologies
Président de la
Société de Chimie Industrielle
et

Pierre Potier

Membre de l'Académie des sciences
Président de la Fondation Internationale de la
Maison de la Chimie