

## L'ENSEIGNEMENT DE LA CHIMIE A L'AIDE DE L'HISTOIRE DES SCIENCES OBSTACLES ET APPROCHE NOUVELLE

Jean-François Le Maréchal

Université de Lyon  
Ecole normale supérieure de Lyon, UMR I.C.A.R  
16 parvis René Descartes  
69007 LYON  
jflm@ens-lyon.fr

---

**Mots-clés :** Histoire des sciences, didactique de la chimie, formation des enseignants, Lycée

**Résumé.** L'analyse d'obstacles limitant un enseignement de la chimie intégrant des éléments d'histoire des sciences a permis de proposer une approche nouvelle. Celle-ci exploite une réflexion sur le savoir (modélisation, représentation des connaissances) impliqués au sein de faits historiques généralement non retenus dans l'enseignement, car considérés comme anecdotiques comparés aux avancées majeures de la science traditionnellement retenues. L'élaboration de nouvelles ressources à caractère historique, leur utilisation en classe et en formation continue, l'impact sur le point de vue des enseignants relativement à la nature de la science (NOS) ont montré le bien fondé de cette analyse.

---

### 1. Introduction

La recommandation d'introduire l'histoire des sciences dans l'enseignement de la chimie, en particulier au lycée, est ancienne tant dans la littérature didactique que dans les programmes officiels. Cette introduction est souhaitée pour répondre à différents enjeux de l'enseignement. Elle constitue, en particulier, une entrée privilégiée pour une réflexion d'ordre philosophique que les anglo-saxons appellent NOS (nature de la science). Bien qu'il y ait eu un consensus sur l'importance de l'apprentissage de la NOS pendant un demi-siècle, celui-ci n'a pas abouti efficacement, ni pour l'élève, ni pour l'enseignant (Alters, 1997, et références incluses). La question de trouver une façon d'enseigner la NOS est donc toujours d'actualité.

Définir les attentes d'un enseignement de la NOS ne relève pas de l'évidence : une telle réflexion est soumise à des modèles contradictoires sur ce qu'est la science. Cette approche conduit à une liste de nombreux objectifs. Suivant les travaux, les élèves doivent prendre conscience que l'avancée de la science est due à la curiosité des scientifiques pour la compréhension de l'univers, que la science est une activité en perpétuelle évolution et non une accumulation d'informations, que la méthode scientifique ne se réduit pas à des techniques, etc. (Lederman 1983, cité par Alters). Pour Giddings (1982 ; cité par Alters) il est intéressant d'expliquer aux élèves qu'il existe un monde objectif, indépendant de l'existence de l'observateur, que le scientifique croit que la nature est uniforme (ce qui permet de faire l'hypothèse de la reproductibilité des phénomènes), que les schémas conceptuels élaborés par les scientifiques sont fondamentaux pour les nouvelles découvertes, etc. La richesse des propositions et la complexité des idées avancées ne simplifie pas la tâche des auteurs de programmes scolaires en quête de rationaliser un enseignement prenant en compte la NOS.

De nombreux travaux se font écho des difficultés des enseignants à avoir des conceptions bien informées sur la NOS (Akerson et Hanuscin, 2007, et références incluses) et la question de leur formation se pose. L'intérêt pressenti pour les enseignants est que la NOS augmente leur confiance

dans l'utilisation non canonique de leur connaissance et améliore leur compétences pédagogiques, surtout dans le cadre de changements de programme. Extrapolée au contexte actuel de la réforme du programme scolaire français, une bonne compréhension du fonctionnement de la science devrait permettre aux enseignants de mieux s'appropriier les demandes officielles sur l'utilisation de la démarche d'investigation en particulier. Pour autant, de nombreux obstacles à la mise en pratique de la NOS en classe apparaissent et la présente communication envisage de les analyser et de proposer une solution qui a été testée et, dans une certaine mesure, validée.

Une difficulté supplémentaire sur l'intérêt de l'histoire de la chimie dans l'enseignement provient du fait que la réflexion sur la science met le plus souvent en jeu la physique et non la chimie (pas plus que les autres disciplines scientifiques). Il suffit de lire les travaux philosophiques les plus cités Kuhn (2008), Poppers (1990), Chalmers (1987) par exemple pour se rendre compte que la présentation de grandes idées sur la science fait appel à l'histoire de la physique : la révolution copernicienne ou le passage de la physique classique à la physique moderne. Il en est de même quand des exemples ponctuels sont requis. Peu d'exemples dans le champ de la chimie sont considérés. Nous en avons cependant trouvés à propos de l'évocation de la notion de programme de recherche (le cadre théorique de Justi et Gilbert, 1997, est basé sur les travaux du philosophe Lakatos (1994)), de réalisme, etc. Illustrer les grandes notions épistémologiques avec des exemples de la chimie est donc en soit intéressant.

Nous avons donc cherché à élaborer une série de ressources pour combler ce manque et à l'intégrer à une formation d'enseignants de lycée en prenant en compte les différents points évoqués ci-dessus.

## **2. Cadre théorique et questions de recherche**

Une analyse des obstacles limitant un enseignement de la chimie intégrant des éléments historiques nécessite qu'un point de vue sur la science et sur la connaissance soit adopté. Dans le cas de la chimie, il nous a semblé opportun de retenir une approche fondée à la fois sur les notions et représentations utilisées en chimie, et sur la modélisation. Les représentations sont essentielles en chimie, discipline qui doit articuler un monde perceptible (les objets du laboratoire et de la vie courante), un monde reconstruit par les concepts macroscopique (corps pur) ou microscopique (molécule). Les connaissances sur ces derniers n'étant pas perceptibles, elles ne sont accessibles que par leur représentation. L'approche de la modélisation, quant à elle, nous semble pertinente car elle fournit une structure commune à la fois à l'analyse du savoir scientifique et du savoir des élèves. Elle n'en demeure pas moins attestée comme délicate par de nombreuses études (Justi et Gilbert, 2003).

Nous avons donc examiné la question de la possibilité de surmonter les obstacles limitant un enseignement de la chimie intégrant l'histoire des sciences. Nous nous intéressons également à la réception par les enseignants de ressources pédagogiques d'un type nouveau, à leur utilisation en classe et aux connaissances qu'ils doivent avoir pour les utiliser.

## **3. Résultats et discussion**

Cette section décrit notre production de ressources et son évaluation. Nous nous positionnons par rapport à l'approche traditionnelle de l'utilisation de l'histoire de la chimie dans l'enseignement de cette discipline, puis explicitons comment nous avons élaboré les ressources et, enfin, décrivons leur réception par les enseignants de lycées.

### **3.1 *Changer la tradition***

Les ressources intégrant une dimension historique utilisées traditionnellement dans l'enseignement de la chimie au lycée portent sur l'histoire d'une notion au programme. En classe de Seconde, elles concernent l'histoire du modèle de l'atome et de la classification périodique. Un schéma simpliste

de l'histoire est proposé aux élèves et quelques questions sont posées. Une réflexion autour des notions est ainsi réalisée.

Une telle approche de l'utilisation de l'histoire rend quasiment impossible l'utilisation, dans un contexte historique, de notions qui n'ont pas d'histoire définie, comme celles de concentration ou de tableau d'avancement, ou de celles dont les enjeux ne sont pas réductibles à des informations simples, comme celle d'isomérisation. En effet, la notion de tableau d'avancement est purement pédagogique et a été introduite dans les programmes de l'année 2000 ; celle d'isomérisation provient de calculs thermodynamiques sophistiqués. Celle d'isomérisation, quant à elle, n'a pu émerger qu'en mettant en jeu l'ensemble des connaissances de la chimie organique du XIX<sup>e</sup> siècle, en particulier des molécules bien plus complexes que celles que l'enseignement de Seconde n'autorise.

Nous avons choisi une approche différente qui permet d'envisager des utilisations largement plus variées de l'histoire des sciences.

### 3.2 Ressources

Les ressources primaires en histoire des sciences ont été longtemps réservées aux spécialistes. Leur mise en ligne permet maintenant un accès simplifié au plus grand nombre et évite de dépendre de recueils de textes choisis. Bien qu'accessibles, les ressources primaires sont en fait de peu d'utilité pour les enseignants : la modification profonde des connaissances, tant conceptuelles que relatives au langage et aux représentations de la chimie, les rend difficiles à comprendre. Par exemple, quand Lavoisier écrit : « *au dessus de la braise nous avons placé un peu d'amadou sur lequel était une très-petite molécule de phosphore, pesant tout au plus un dixième de grain* » il faut comprendre qu'il utilise le terme « molécule » non pas avec le sens moderne, mais pour désigner un petit peu de matière. Proposer des ressources pédagogiques adaptées est donc, de notre point de vue, indispensable.

Notre groupe de travail, réunissant trois enseignants du secondaire et un chercheur, a développé des ressources intégrant des éléments historiques en s'éloignant de l'approche traditionnelle. Au lieu d'utiliser un récit réducteur de l'histoire d'un concept, nous avons choisi de considérer des travaux scientifiques généralement non utilisés dans l'enseignement, parce que mineurs au regard des repères historico-scientifiques qui aident à structurer l'enseignement de la chimie. Ces travaux permettent néanmoins de mettre en jeu une notion chimique, objet d'apprentissage. Deux difficultés traditionnelles sont ainsi réduites du même coup : celle du choix des concepts, et celle du réductionnisme abusif. Par exemple, l'analyse de la découverte de l'élément chimique germanium (Winkler, 1886) permet de faire travailler les élèves sur la notion de tableau d'avancement. Le caractère anecdotique de cette découverte (au regard de celle de l'atome) permet d'en donner un récit peu réduit et, comme il l'a été mentionné ci-dessus, d'élaborer un travail autour d'une notion qui n'a pas d'histoire : le tableau d'avancement.

L'élaboration de telles ressources devient plus accessible puisqu'elle requiert moins de lecture et, de ce fait, ne met pas en jeu des connaissances de spécialistes. Elle devient aussi plus souple, plus rapide, plus adaptable à tel ou tel enseignement. En contrepartie, du moins pour la façon dont nous avons procédé, il n'y a pas d'approche canonique pour élaborer une telle ressource. En effet, avec l'approche traditionnelle, dès qu'une notion est identifiée comme objet d'apprentissage, la recherche d'information relative à son histoire est lourde mais peut être développée de façon systématique. A l'opposée, notre approche part d'anecdotes historiques lues « par hasard » et dont il apparaît qu'elle pourrait servir à l'apprentissage historique de telle ou telle notion.

L'élaboration de telles ressources implique également de choisir le questionnement proposé aux élèves. Pragmatiques, nous l'avons limité à quelques questions et n'avons donc pas exploité toutes les potentialités des ressources. Nous avons systématisé notre approche en proposant au plus trois types de questions portant sur (1) le récit du fait historique, (2) la notion chimique objet

d'apprentissage, et (3) la NOS. Chaque type de questions possède différentes fonctions pédagogiques : les questions sur le récit encourage à comprendre le fait historique et permettent d'activer les connaissances chimiques nécessaires à son analyse. Ces questions sont généralement « simples ». Les guillemets relativisent cette simplicité car dès qu'elles sortent du contexte habituel de l'utilisation des connaissances de base, les élèves sont déroutés. Les questions sur la notion chimique objet d'apprentissage poursuivent, certes, la compréhension du récit historique, mais ont pour rôle central de faire fonctionner ladite notion. Cette méthode a permis d'aborder, pour les trois années du lycée, la dépendance des constantes d'équilibre avec la température, une notion étendue d'échelles de teintes à la détermination de la teneur en capsaïcine présente dans les pigments, la conservation des éléments chimiques, les piles, la forme des molécules, les ions polyatomiques, les déplacements d'équilibre et le volume molaire des gaz. Enfin, les questions sur la NOS permettent d'aborder, en prenant l'exemple du récit, des notions épistémologiques plus élaborées telles que les notions d'observation, de résultat scientifique, de précision des mesures, de modèle, de paradigmes, etc. Mais ces questions nécessitent que l'enseignant ait une formation spécifique.

### **3.3 Enseignants**

Une fois en possession de nos ressources, les enseignants doivent être aidés à différents niveaux. D'une part, ils ont besoin d'être informés sur leur utilisation en classe. En effet, nos ressources peuvent être données à préparer à la maison, ou bien à faire en classe. Ce choix dépend de la connaissance des élèves, en particulier de leur motivation et de leur faculté à effectuer un travail à la maison, et de la formulation des questions posées dans l'activité. Ces questions peuvent en effet nécessiter une explication initiale de l'enseignant, ou non. D'autre part, les enseignants doivent être aidés pour acquérir le recul nécessaire à la bonne conduite de l'activité en classe. Le recul sur le récit historique met en jeu la connaissance du contexte de la découverte et de ses implications, il permet à l'enseignant de se sentir suffisamment à l'aise et est assez facile à fournir. Le recul sur la NOS est, quant à lui, d'une difficulté bien supérieure. La formation initiale et la pratique professionnelle des enseignants ne donnent en effet pas l'occasion de réfléchir sur la NOS.

La formation continue pour des enseignants de lycée permet d'aborder efficacement la NOS. L'évolution de l'image de la nature de la science de 24 professeurs a été testée avec un questionnaire inspiré de Abd-El-Khalick et Lederman (2000). Les enseignants devaient indiquer leur degré d'adhésion sur une échelle allant de notes allant de 1 à 5 à une série de 11 énoncés tels que (E1) « Un énoncé scientifique est vrai », (E5) « Un énoncé scientifique est obtenu en généralisant des observations expérimentales et/ou des mesures », (E6) « Une expérience qui conduit à des observations qui contredisent une théorie conduit à faire évoluer la théorie, voire à y renoncer », (E7) « Les lois de la science sont universelles » et (E10) « Au XIXe siècle, la plupart des théories scientifiques étaient plutôt des hypothèses alors qu'actuellement, ce n'est plus le cas ».

L'ensemble des évolutions des enseignants est donné dans le tableau 1, pour peu qu'une de leur réponse ait au moins évoluée de deux crans entre avant et après la formation. Le tableau 1 indique ainsi que pour l'énoncé E1 (Un énoncé scientifique est vrai), certains enseignants (P12, P13 et P17) ont changé leur appréciation de deux crans, passant par exemple de 4 à 2, c'est-à-dire d'un bon niveau d'acceptation à un doute certain. Un enseignant (P01) a même complètement retourné sa veste, passant de 5 (complètement d'accord) à 0 (pas du tout d'accord). Ces enseignants, arrivés avec des certitudes sur la véracité des énoncés scientifiques, ont donc pris conscience de leur caractère hypothétique. A l'inverse, deux enseignants (P06 et P18) ont fait la démarche inverse, non pas qu'ils se soient nécessairement mis à penser que la science était « vraie », mais, possiblement, ont donné du sens à ce que voulait dire « énoncé scientifique ».

Nous constatons que la moitié des enseignants (12 sur 24) sont dans ce cas, certains évoluant de quatre ou cinq crans dans leur appréciation sur la science. Sans en faire des épistémologues, une unique journée de formation sur l'histoire de la chimie est donc de nature à faire réfléchir les enseignants sur la science.

	P01	P02	P03	P06	P07	P10	P12	P13	P15	P17	P18	P19
E1	-5			2			-2	-2		-2	2	
E5	2		-2	2		-3		-2				-2
E6	5	2	4							-5		
E7		-2		-2		4						
E10				-3	-3			-2	-4	-3		

**Tableau 1** – Evolution de l’appréciation (notes entre 1 et 5) des énoncés (E1 – E11) par les enseignants (P1 – P24) entre le début et la fin d’une journée de formation continue. Seuls les écarts d’au moins 2 points sur l’échelle ont été considérés. Les énoncés et les enseignants n’ayant pas présentés de modification n’apparaissent pas dans le tableau.

Les trois enseignants, qui ont contribué à élaborer les ressources mentionnées et cette formation, ont reconnu qu’ils devaient acquérir de nouvelles connaissances pour utiliser les activités qu’ils avaient pourtant contribué à élaborer. De l’utilisation des ressources dans leurs classes, ils rapportent que leurs élèves avaient travaillé comme pour les activités traditionnelles, mais que des remarques encourageantes de certains révélaient clairement que l’histoire de la chimie apportait un éclairage nouveau sur des notions courantes. Par exemple la détermination expérimentale de la masse molaire du Germanium par Winkler fut une révélation pour certains élèves de Seconde, qui s’étaient demandé comment de telles informations, habituellement lues dans la classification périodique, pouvaient être obtenues. Pour autant, la formation des élèves ne peut être considérée comme profondément modifiée ; il suffit de considérer l’étude de Bell et al. (2003) montrant des résultats assez décevants même après 8 semaines de travail sur la NOS.

### 3.4 Nature des connaissances historiques et accueil des enseignants

Notre travail nous permet de regrouper les connaissances impliquées dans l’utilisation de l’histoire des sciences lors de l’enseignement de la chimie en trois types que nous appellerons encyclopédiques, épistémologiques ou philosophiques.

- Les connaissances encyclopédiques sont relatives aux dates et aux noms des savants, éventuellement aux lieux des découvertes. Introduire ce type d’informations historiques peut se faire sans perturber le discours auquel l’enseignant est habitué. Les enseignants semblent prêts à les utiliser d’autant qu’elles sont facilement accessibles, avec Wikipedia ou d’autres sources de qualités. Elles ne sont pas sans intérêt puisqu’elles donnent des repères aux élèves, mais elles ne font fonctionner ni la modélisation ni la représentation des notions en cours d’apprentissage. A ce titre, leur implication pour l’apprentissage est pauvre.
- Les connaissances épistémologiques sont plus complexes à mettre en œuvre. Elles nécessitent une autre approche pédagogique (par exemple le travail avec Winkler évoqué ci-dessus). L’enseignant doit repenser sa façon d’organiser le temps pédagogique, et peu d’entre eux se lancent dans l’aventure. De plus, ce type de travail n’est pas simple à élaborer. Il faut qu’il soit trouvé quelque part (dans un manuel scolaire, ou sur un site pédagogique dédié). Pourtant, notre travail avec des enseignants montre qu’ils en sont capables et que, guidés dans leur choix, ils savent intégrer une telle approche dans leur enseignement. En mettant en œuvre les notions en cours d’apprentissage, cette approche est bénéfique et répond bien à la demande institutionnelle.
- Les connaissances philosophiques, comme celle relative à la NOS, posent le plus de problèmes. L’étude des questionnaires à l’occasion de notre formation a montré qu’il faut plus qu’une aide, mais une véritable formation des enseignants. Leurs formations initiales n’ont généralement pas été effectives dans ce domaine et les formations continues, pour ce qui concerne la philosophie de la chimie, sont inexistantes. Si une journée de formation permet de prendre conscience de ce manque et met quelques idées fondatrices en place, le travail pour former un enseignant dans ce

domaine reste probablement important. Non seulement les enseignants ne sont pas prêts pour introduire ce type de connaissances dans leur cours, mais peu semblent en percevoir l'utilité, jugées souvent trop « subtiles ». Dans nos propositions d'activités, nous les avons donc parcimonieusement proposées afin de ne pas subir un rejet en bloc des propositions que nous leur avons faites.

#### 4. Conclusion

Notre travail permet d'utiliser l'histoire de la chimie dans l'enseignement au lycée selon une approche différente de celle imposée par la tradition, tout en permettant aux élèves de faire fonctionner les notions chimiques qui sont l'objet de l'apprentissage. De nombreux retours des enseignants qui ont suivi une telle approche sont encourageants. Des pistes nouvelles de recherche ont pu être dégagées : quelle motivation des élèves ? quelle argumentation dans des conditions nouvelles d'enseignement ? quelle utilisation de fondamentaux du socle commun comme la langue ou l'histoire, dans un cadre original ? Bien au-delà de l'analyse des obstacles liés à l'utilisation de l'histoire de la chimie dans l'enseignement, notre recherche a conduit à des réalisations concrètes qui couvrent différents aspects de l'enseignement : élaboration de ressources, mise en œuvre en classe, formation des enseignants. Ce sont autant d'éléments qui montrent qu'un tel travail mérite d'être poursuivi.

Depuis que nous avons élaboré notre recherche, les programmes officiels pour l'enseignement des sciences au lycée ont changé. Si la demande d'impliquer l'élève dans des travaux utilisant l'histoire des sciences est plus que présente, la notion d'histoire des arts a également été introduite. Une étude des manuels scolaires récemment parus permet de se faire une idée de la façon dont leurs auteurs, force de proposition importante pour toutes les nouveautés, ont perçu cette idée. Un manuel en propose par exemple quatre pages à la fin, en marge du manuel, avant l'index. Un autre instille de l'information à différents endroits des chapitres du livre, en lien avec les connaissances qui les structurent. On y apprend, alors qu'une des connaissances du chapitre est la notion d'ions monoatomiques, que les pigments jaunes utilisés par van Gogh pour peindre ses sept toiles sur les *Tourmesols* sont des composés chimiques constitués de tels ions monoatomiques ( $\text{Cd}^{2+}$  et  $\text{S}^{2-}$ ). De fertiles champs de recherche s'ouvrent ainsi pour analyser le fonctionnement de la connaissance dans ce type d'activités, voire la façon dont les enseignants les utilisent et décrire l'apport pour les élèves. A l'ère des élèves *zappeurs*, qui aiment changer rapidement de centre d'intérêt, ces flashes d'informations sur l'histoire des arts peuvent influencer leur motivation aux questions scientifiques, mais aussi susciter une ouverture à une culture non scientifique au travers de l'art.

#### 5. Références

- Abd-El-Khalick, F., N. G. Lederman (2000). The Influence of History of Science Courses on Students' Views of Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(10), 1057–1095.
- Akerson, V. L., Hanuscin, D. L. (2007). Teaching Nature of Science through Inquiry: Results of a 3-Year Professional Development Program. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(5), 653–680.
- Alters, B. J. (1997). Whose nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(1), 39–55.
- Chalmers A. (1987). *Qu'est-ce que la science?* (traduction M. Biezunski), Paris : La Découverte.
- Giddings, J. G. (1982). *Presuppositions in school science textbooks*. Unpublished doctoral dissertation, University of Iowa, Iowa City, Iowa.
- Justi, R. S., Gilbert, J. K. (1999). A Cause of A historical Science Teaching: Use of Hybrid Models. *International Journal of Science Education*, 83, 163–177.
- Justi, R. S., Gilbert, J. K. (2003). Teachers' views on the nature of models. *International Journal of Science Education*, 25(11), 1369–1386.
- Kuhn T. S. (2008). *La structure des révolutions scientifiques* (traduction L. Meyer), Paris : Flammarion.

- Lakatos I. (1994) *Histoire et méthodologie des sciences* (traduction C. Malamoud et J.-F. Spitz), Paris : Presses universitaires de France.
- Lederman, N. G. (1983). *Delineating classroom variables related to students' conception of the nature of science*. Dissertation abstracts international, 45, 483A. (University Microfilms n°. 84-10, 728).
- Lesley M., Crawford, B., Lederman N. G. (2003). Just Do It? Impact of a Science Apprenticeship Program on High School Students' Understandings of the Nature of Science and Scientific Inquiry. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(5), 487–509.
- Popper K. (1990). *Le réalisme et la science* (traduction A. Boyer et D. Andler), Paris : Hermann.
- Winkler C. (1886). « Germanium, Ge, ein neues, nichtmetallisches Element [Germanium, Ge, un nouvel élément non métallique] ». *Bericht der deutschen chemischen Gesellschaft*, 19, 210–211. Accessible à <http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k90705g/f212.chemindefer>