

Mise en récit de l'histoire de la chimie dans une ressource pour l'enseignement

Sophie, Canac
Université Paris-Est-Créteil, LDAR (Universités d'Artois, Cergy-Pontoise, Paris Diderot, Paris Est Créteil, Rouen Normandie)
sophie.canac@u-pec.fr

Isabelle, Kermen
Université d'Artois, LDAR (Universités d'Artois, Cergy-Pontoise, Paris Diderot, Paris Est Créteil, Rouen Normandie)
isabelle.kermen@univ-artois.fr

Résumé

Les formules chimiques, langage spécifique de la chimie, représentent aussi bien le niveau macroscopique que le niveau microscopique. Nous avons élaboré une ressource fondée sur l'histoire des sciences pour leur introduction en cycle 4 en France. La communication porte sur l'appropriation de cette ressource par des enseignants et par des élèves en fonction de la forme du récit historique.

Mots-clés : formules chimiques, ressource pour l'enseignement, forme du récit historique

Abstract

The chemical formulas, specific language of chemistry, represent both the macroscopic and microscopic levels. We developed a history of science-based resource to introduce the formulas in grade 8 in France. This communication focuses on the appropriation of this resource by teachers and students according to the form of the historical narrative.

Keywords : chemical formulas, resource for teaching, form of the historical account

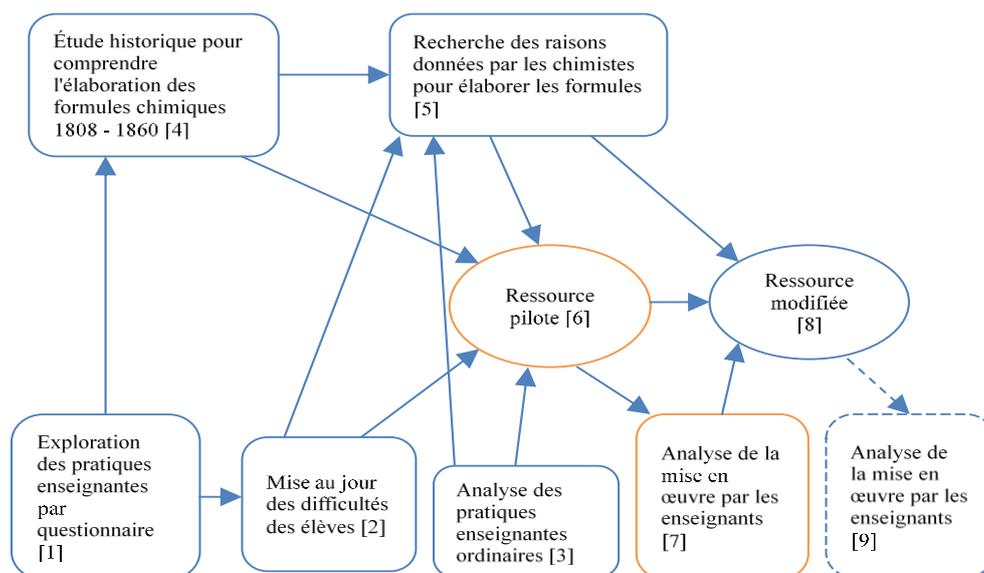
Introduction

Les formules chimiques, emblématiques du langage symbolique de la chimie, constituent une passerelle entre les niveaux macroscopiques et microscopique de la chimie (Taber, 2013), et entre le registre empirique et le registre des modèles (Canac & Kermen, 2016). Ce langage est une richesse pour l'expert mais peut constituer une difficulté pour l'apprenant qui devra être guidé entre les différents niveaux et registres. Au plan psychologique, le développement des concepts s'effectue conjointement avec celui de la signification des mots (Vygotski, 2013) et, dans l'histoire des sciences, le langage, les connaissances empiriques et les modèles se sont développés de façon conjointe. Une ressource s'appuyant sur des controverses historiques, telle que proposée par de Hosson (2011) dans le cadre de la reconstruction didactique et mettant en réseau langage, modèle et réalité est proposée aux enseignants. Cette communication porte sur l'élaboration de cette ressource, en particulier la mise en récit de l'histoire de la chimie, et son appropriation par les enseignants et les élèves.

Élaboration de la ressource et questions de recherche

Pour élaborer la ressource, nous suivons une méthodologie proche de celle du modèle de reconstruction didactique issu de la tradition didactique allemande (Model of Educational Reconstruction) (Duit, 2007; Duit *et al.*, 2012), en proposant un processus itératif : clarification du contenu, élucidation des difficultés des élèves, détermination des besoins des enseignants, construction d'une ressource pilote, appropriation et utilisation de cette ressource par des enseignants volontaires, recueil de leurs impressions et observation de la mise en œuvre en classe, modifications de la ressource pilote.

Fig.1 – Processus suivi pour la reconstruction didactique (Canac & Kermen, 2018b)



Choix didactiques : analyses préliminaires

Les analyses préliminaires ([1], [2] et [3], Figure 1) montrent que les spécificités du langage symbolique de la chimie ne sont pas explicitées dans les programmes français ni dans les ouvrages scolaires du second degré (Canac & Kermen, 2018a) et qu'elles ne sont pas maîtrisées du collège à l'université (Canac & Kermen, 2016). Le rôle de passerelle du langage symbolique entre les registres et les niveaux n'est pas pris en charge par les enseignants qui semblent démunis pour y faire face (Canac & Kermen, 2018b). L'introduction arbitraire des formules n'aide pas les élèves à leur donner du sens. La ressource à élaborer devra permettre aux enseignants de justifier les formules chimiques introduites au collège – formules de l'eau et des corps simples – à partir du modèle microscopique et des résultats expérimentaux macroscopiques.

Choix historiques : controverses et raisons

Au XIX^e siècle, l'hypothèse de l'atome est introduite pour interpréter les combinaisons chimiques ([4], [5], Figure 1). Le concept d'atome est introduit dans les programmes français pour interpréter les transformations chimiques. Un élève de cycle 4 découvre les formules des molécules avec le même registre microscopique explicatif que les chimistes atomistes du XIX^e siècle. Nous faisons l'hypothèse que les raisons qui ont permis aux chimistes au XIX^e siècle de justifier les formules de l'eau et des corps simples peuvent être une aide à l'enseignement des formules chimiques en cycle 4. Nous retenons la controverse imaginée entre Dalton et les chimistes organiciens (Tableau 1). Elle nous semble en effet transposable pour un élève de cycle 4.

Tableau 1 – Choix de la controverse historique et les raisons données par les chimistes

Scientifiques	Formule des corps simples	Formule de l'eau	Données empiriques de référence	Modèle microscopique	Registre explicatif
Dalton	H, O, ...	HO	Analyse des corps composés	Atome caractérisé par sa masse	Modèle de l'atome et critère de simplicité pour les formules
Atomistes organiciens (Gaudin ou Wurtz)	H ₂ , O ₂ , ...	H ₂ O	Analyse des corps composés, lois de Gay-Lussac.	Atome caractérisé par sa masse et sa valence	Modèle de l'atome et de la molécule

Question de recherche

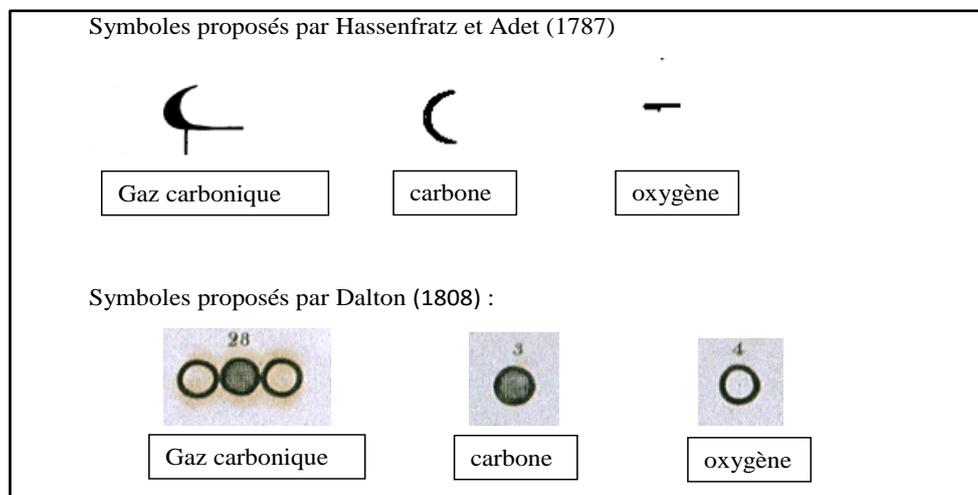
La ressource constitue un parcours d'apprentissage sous-tendu par nos intentions issues de l'enquête didactique plutôt qu'une séquence d'enseignement aux objectifs et activités fixés sans possibilité de modification. L'usage des sources historiques vise un objectif précis : éliminer l'arbitraire dans l'écriture des

formules chimiques en proposant des raisons fondées sur des résultats empiriques et des éléments de modèle. La ressource comporte deux parties. La première partie s'appuie sur les différents symboles proposés par les chimistes pour représenter les formules, et la deuxième partie sur la controverse. Beaufils, Maurines et Chapuis (2010) constatent que les enseignants attendent majoritairement une mise à disposition de documents préparés et non de textes historiques originaux. Nous cherchons alors la forme à donner aux documents historiques pour faciliter l'appropriation de la ressource par les enseignants et les effets sur les apprentissages potentiels quand les enseignants utilisent ces documents avec leurs élèves. Pour répondre à ces questions, deux ressources utilisant des formes différentes de récit historique ont été conçues.

Méthodologie

Pour la ressource pilote ([6], Figure 1), plusieurs textes historiques originaux présentent les choix de symboles effectués par les chimistes dans la première partie. Nous y ajoutons des exemples de types de représentations (Figure 2). Dans la deuxième partie, des textes historiques illustrent la controverse entre Dalton et les atomistes organiciens (Tableau 1) pour les formules de l'eau et des corps simples. Les textes sont légèrement modifiés par rapport aux originaux pour les rendre accessibles aux élèves. Les prérequis nécessaires pour les comprendre et les objectifs d'utilisation sont précisés, ainsi que quelques questions pour leur exploitation.

Fig.2 – Les symboles présentés aux élèves dans la 1e partie de la ressource pilote



Pour la ressource modifiée ([8], Figure 1), les textes historiques dans la deuxième partie font place à des dialogues fictifs entre les trois personnages - Sagredo, Salviati et Simplicio - créés par Galilée (Figure 3) tels qu'imaginés par de Hosson (2011). Les dialogues sont reconstruits à partir de textes historiques primaires. Simplicio reprend le critère de simplicité utilisé par Dalton pour élaborer les formules chimiques. Salviati s'appuie sur l'atomicité, issue des théories des atomistes organiciens, pour justifier les formules. Sagredo joue le rôle de médiateur.

Fig.3 – Extraits des dialogues fictifs

Simplicio : La formule HO peut très bien s'expliquer. 2 volumes d'hydrogène se combinent avec 1 volume d'oxygène. Comme nous avons admis que la molécule d'eau est formée d'un atome d'hydrogène et d'un atome d'oxygène, il est clair que l'on peut dire que l'atome d'oxygène est représenté par 1 volume de gaz oxygène et que l'atome d'hydrogène est représenté par 2 volumes de gaz hydrogène.¹

Sagredo : Mais ceci n'est-il pas une supposition gratuite ?

Salviati : En effet, nous connaissons aujourd'hui un grand nombre d'exemples contraires à la règle des combinaisons de monsieur Dalton et notamment la molécule d'eau. De nombreux chimistes semblent s'accorder pour la formule H₂O et s'appuient pour cela sur les hypothèses de monsieur Ampère et de monsieur Avogadro² à propos de la combinaison des atomes et sur les résultats expérimentaux de monsieur Gay-Lussac pour les volumes de gaz. Je vais dès à présent vous présenter ces nouvelles règles.

1. D'après Regnault, V. (1850). Premiers éléments de chimie. Paris: V. Masson, Langlois et Leclercq., p.540

2. D'après Avogadro, A. (1811). Essai d'une manière de déterminer les masses relatives des molécules élémentaires des corps, et les proportions selon lesquelles elles entrent dans les combinaisons. Journal de Physique, de Chimie, d'Histoire Naturelle et des Arts, (LXXIII), 58–76.

Chaque version a été proposée à deux enseignants volontaires. Deux parmi les quatre enseignants ayant testé la ressource pilote ou la ressource modifiée avaient été filmés auparavant au cours d'une séance équivalente. Les choix faits dans la ressource pour une utilisation en classe, les séances réalisées avec les élèves à partir de ces choix et les entretiens post-séance ont été analysés selon le cadre de la double approche didactique et ergonomique (Robert & Rogalski, 2002).

Nous avons aussi testé les dialogues avec trois groupes d'élèves, en quatrième (2 élèves), en troisième (4 élèves) et en seconde (4 élèves). Les échanges ont été transcrits et traités avec le logiciel Tropes, qui permet une analyse lexicale et sémantique des transcriptions.

Résultats

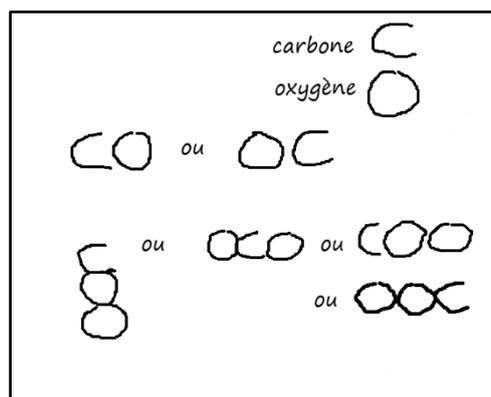
Du côté des enseignants

Avec les textes historiques dans la ressource pilote

La deuxième partie de la ressource pilote s'appuyant sur des textes historiques a été rejetée par les premiers enseignants sollicités, **M** et **X**. Ils ont considéré cette partie trop complexe et les entretiens ont révélé qu'ils n'avaient pas perçu les intentions didactiques dans les textes historiques proposés.

M, qui avait été observé lors de l'année précédente en séance ordinaire a mis en place la première partie du scénario. Dans la ressource, il conserve les exemples de représentation des symboles (Figure 2) et un seul texte qu'il simplifie. Au cours de la séance, le nouveau contenu amène **M** à laisser plus de liberté aux élèves pour l'écriture des formules, ce qui les conduit à faire preuve d'imagination dans l'utilisation des différents symboles (Figure 4).

Fig.4 – Représentation des élèves au tableau à partir des symboles de Berzelius



Avec les dialogues dans la ressource modifiée

Deux autres enseignants, **A** et **Y**, ont accepté de la mettre en œuvre dans leur classe. Ils font lire les dialogues par des élèves, déclenchant une écoute attentive de toute la classe. Grâce à un travail d'acculturation préalable aux idées sous-tendant la ressource, **A** utilise les dialogues et le scénario sans modification. Ses élèves semblent apprécier la forme proposée et, aux dires de **A**, mieux réussir certains exercices portant sur les concepts fondamentaux.

Du côté des élèves avec les dialogues

Les transcriptions sont en cours d'analyse. Les premiers résultats indiquent que les élèves se sont emparés des personnages fictifs et cherchent à comprendre les arguments donnés par les uns et les autres. Ils essaient de déterminer qui a raison de Salviati ou Simplicio. En revanche, ils semblent ignorer les chimistes cités dans les dialogues.

Conclusion

Du côté des enseignants, Maurines & Beaufils (2011) avaient constaté une certaine résistance des enseignants quant à l'utilisation de dossiers historiques ne traitant pas une partie spécifique des programmes. Les ressources proposées s'insèrent dans le programme de quatrième. Les quatre enseignants testés sont intéressés mais les textes historiques originaux leur semblent trop difficiles d'accès. De plus, les intentions didactiques et les raisons énoncées par les chimistes dans la controverse ne semblent pas perçues.

Ainsi que plusieurs recherches en France l'ont déjà constaté (Brehelin & Guedj, 2007 ; Crépin-Obert, 2011 ; de Hosson & Kaminski, 2006 ; Guedj, 2005), les élèves semblent intéressés par les situations de controverses historiques, notamment quand des propositions se sont avérées inexactes. Comme dans les travaux de Laugier et Dumon (2000), les représentations graphiques utilisées dans la première partie de la ressource semblent un outil facilitateur pour les faire entrer dans l'activité. Le récit historique en forme de dialogue de la deuxième partie permet aux élèves de s'identifier aux personnages, ce qui confirme notamment les résultats de de Hosson (2011) et Guedj (2005).

Bibliographie

- Beaufils, D., Maurines, L., & Chapuis, C. (2010). Compte-rendu d'enquête sur l'histoire des sciences auprès d'enseignants de physique et chimie. *Le BUP physique chimie*, (924), 581–598.
- Brehelin, D., & Guedj, M. (2007). Le modèle particulier au collège : fluctuations des programmes et apports de l'histoire des sciences. *Didaskalia*, (31), 129-165.
- Canac, S., & Kermen, I. (2016). Exploring the mastery of French students in using basic notions of the language of chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 17(3), 452-473.
- Canac, S., & Kermen, I. (2018a). Conception d'une ressource didactique fondée sur l'histoire des sciences pour introduire les formules chimiques au collège. *Cahier du LDAR n°20*. Paris: IREM de Paris.
- Canac, S., & Kermen, I. (2018b). Studying ordinary teaching practices about the introduction of chemical formulas to determine teachers' needs. Présenté à 14th ECRICE, Warsaw, 2-6 september.
- Crépin-Obert, P. (2011). Raison ou obstacle en histoire de la paléontologie et en classe de collège: analogie ou analogisme? *RDST. Recherches en didactique des sciences et des technologies*, (3), 21–54.
- de Hosson, C. (2011). *L'histoire des sciences: un laboratoire pour la recherche en didactique et l'enseignement de la physique*. (Note de synthèse pour l'habilitation à diriger des recherches). Université Paris-Diderot.
- de Hosson, C., & Kaminski, W. (2006). Un support d'enseignement du mécanisme de la vision inspiré de l'histoire des sciences. *Didaskalia*, (28), 101-126.
- Duit, R. (2007). Science Education Research Internationally: Conceptions, Research Methods, Domains of Research. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 3(1), 3-15.
- Duit, R., Gropengießer, H., Kattmann, U., Komorek, M., & Parchmann, I. (2012). The model of educational reconstruction—A framework for improving teaching and learning science. In D. Jorde & J. Dillon (Éd.), *Science education research and practice in Europe*, 13-37. Rotterdam: SensePublishers.
- Guedj, M. (2005). Utiliser des textes historiques dans l'enseignement des sciences physiques en classe de seconde des lycées français: compte rendu d'innovation. *Didaskalia*, (25), 75-95
- Laugier, A., & Dumon, A. (2000). Histoire des sciences et modélisation de la transformation chimique en classe de seconde. *Bulletin de l'union des physiciens*, (826), 1261–1283.
- Maurines, L., & Beaufils, D. (2011). Un enjeu de l'histoire des sciences dans l'enseignement: l'image de la nature des sciences et de l'activité scientifique. *RDST. Recherches en didactique des sciences et des technologies*, (3), 271–305.
- Robert, A., & Rogalski, J. (2002). Le système complexe et cohérent des pratiques des enseignants de mathématiques: Une double approche. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 2(4), 505-528.

- Taber, K. S. (2013). Revisiting the chemistry triplet: drawing upon the nature of chemical knowledge and the psychology of learning to inform chemistry education. *Chemistry Education Research and Practice*, 14(2), 156-168.
- Vygotski, L. S. (1997). *Pensée et langage/Suivi de Commentaire sur les remarques critiques de Vygotski/de Jean Piaget* (F. Sève, Trans. 3e éd. trad. revue ed.). Paris: La dispute.