

## *Transpositions didactiques externes de la symbolique chimique en Belgique francophone*

Dehon Jérémy

Unité de recherche en didactique de chimie, IRDENa – UNamur – Belgique  
Snauwaert Philippe

Unité de recherche en didactique de chimie, IRDENa – UNamur – Belgique

### **Résumé**

Nous avons souhaité, d'une part, identifier les mécanismes des transpositions didactiques externes accompagnant trois programmes de chimie de troisième année en Belgique francophone et, d'autre part, en estimer l'impact sur les difficultés liées à la symbolique chimique, recensées dans la littérature scientifique. Nous énonçons un constat majeur : la désyncrétisation et la simplification du modèle de référence du concept de molécule impliquent des modifications importantes dans les significations véhiculées par la symbolique chimique.

### **Mots-clés :**

Transposition, symbole, formule, coefficient, programme

## *External didactic transposition of chemical symbolism in the French-speaking parts of Belgium*

### **Abstract**

*The goal of this paper is to identify the processes of external didactic transposition in three curricula of chemistry for ninth grade students in the French-speaking parts of Belgium, and to define the links between transposed concepts and difficulties listed in scientific literature. We express a major observation: de-syncretization and simplification of the reference model of the concept of molecule imply deep modifications in the meanings conveyed by chemical symbolism.*

### **Key-words :**

*didactic transposition, symbol, formula, coefficient, curriculum*

## INTRODUCTION

L'enseignement-apprentissage de la symbolique chimique constitue un enjeu fondamental du cours de chimie dans l'enseignement secondaire et supérieur. Il n'est donc pas surprenant de constater que la symbolique chimique fait l'objet de nombreuses recherches en didactique de la chimie, portant tant sur des aspects épistémologiques et linguistiques que sur des aspects plus didactiques. Cependant, malgré les nombreux apports et propositions des didacticiens de la chimie au cours de ces trente dernières années, les difficultés rencontrées par les apprenants face à la symbolique chimique ne semblent pas s'affaiblir. Dans cet article, nous suggérons que les transpositions didactiques externes de la symbolique chimique, telles qu'elles sont pratiquées en Belgique francophone, sont susceptibles d'amener ou de renforcer une série de difficultés éprouvées par les élèves, et recensées dans la littérature.

## DIFFICULTES DES ELEVES FACE A LA SYMBOLIQUE CHIMIQUE

Nous ne développerons ici que deux exemples particulièrement pertinents issus de la revue de littérature de Taskin et Bernholt (2014). Premièrement, les formules chimiques ne rendent pas compte du type de liaisons impliquées dans la substance représentée, même si la juxtaposition des symboles chimiques induit l'existence d'un lien tacite. Or, le type de liaison constitue le critère qui permet de distinguer les corps moléculaires et les corps ioniques : des liaisons covalentes donnent lieu à une molécule, des liaisons ioniques donnent lieu à un réseau ionique. Dans l'esprit de nombreux élèves, la formule chimique est uniquement une formule « moléculaire » ; toutes les substances se voient composées de molécules. Deuxièmement, le coefficient stœchiométrique présente un nombre de significations tel qu'il est classé parmi les symboles « très problématiques » dans un article de Marais et Jordaan (2000). Une étude auprès d'élèves de 16-17 ans (grade 11) en Belgique francophone a confirmé l'existence d'une grande variété de significations du coefficient stœchiométrique et d'une confusion majeure entre molécules et atomes (Dehon et Snauwaert, 2015).

## TRANSPOSITION DIDACTIQUE

La transposition didactique est définie dans l'ouvrage de référence de Chevallard (1985/1991, p.39) comme « le travail qui d'un objet de savoir à enseigner fait un objet d'enseignement ». On distingue la transposition didactique externe, qui est la transformation des savoirs savants et des pratiques sociales de référence en programmes scolaires, et la transposition didactique interne, qui est définie comme le passage des savoirs à enseigner aux savoirs effectivement enseignés par le professeur dans la

classe. Les savoirs prescrits sont parfois très différents des savoirs savants car ils doivent s'inscrire dans les contraintes de l'enseignement, ce qui nécessite des transformations importantes. Verret (1975) cite cinq grandes transformations dont le phénomène de désyncrétisation<sup>1</sup>. Plus particulièrement, la transposition didactique implique souvent une simplification du modèle de référence dans le savoir savant. Cette simplification conceptuelle permet de faciliter la désyncrétisation et la programmation du savoir à enseigner.

## QUESTIONS DE RECHERCHE

1) Dans quelle mesure la symbolique chimique (et le concept de molécule y afférent) sont-ils transposés dans les programmes de chimie de troisième année des humanités générales en Fédération Wallonie-Bruxelles ?

2) Quels liens peut-on tisser entre les produits de la transposition didactique externe et certaines difficultés des élèves face à la symbolique chimique, recensées dans la littérature ?

## METHODOLOGIE

Nous avons étudié trois programmes de chimie de troisième année des humanités générales : l'ancien programme (FESeC, 2009) du réseau libre catholique, l'ancien programme du réseau de la Fédération Wallonie-Bruxelles (FWB, 2001), et le nouveau programme du réseau libre catholique (FESeC, 2014). Nous avons également consulté les outils d'accompagnement de ces programmes et certains manuels scolaires mettant en œuvre les savoirs prescrits. Enfin, le référentiel du cours de sciences du premier degré, exempt de symbolique chimique, a servi de base pour accéder aux prérequis conceptuels installés avant l'enseignement de la symbolique chimique proprement dit.

## RESULTATS PRINCIPAUX

Le prérequis principal au cours de chimie de troisième année est le modèle moléculaire, vu initialement au premier degré de l'enseignement ordinaire (grades 7 et 8). La

---

<sup>1</sup> Structuration artificielle du savoir à enseigner en champs de savoir distincts, alors que ces savoirs forment un réseau complexe et interdépendant dans le savoir savant.

molécule est à ce moment l'objet de définitions disparates, variables selon les programmes et les outils d'accompagnement de ces programmes : bille à la limite de la divisibilité de la matière, plus petite partie d'un corps pur qui possède encore les caractéristiques de ce corps pur, etc. Cependant, une constante est observée : le modèle moléculaire permet de décrire toute la matière. On trouve ainsi, dans le référentiel de compétences, une affirmation comme « les corps purs sont constitués de molécules identiques », qui affirme sans équivoque l'omniprésence des molécules dans la constitution de la matière (FWB, 2013, p. 45). Dans les trois programmes de troisième année consultés, on peut observer un cheminement prescrit, qui tient compte des fondations conceptuelles installées au premier degré. En troisième année, après un bref rappel du modèle moléculaire du premier degré, le modèle atomique est abordé en rupture avec le modèle moléculaire, ce qui nécessite une redéfinition du concept de molécule. La molécule devient alors un « assemblage électriquement neutre d'au moins deux atomes » (Godts, 2017). Confortant le « tout moléculaire » installé au premier degré, cette définition englobe tous les corps composés d'au moins deux atomes, quelles que soient les liaisons chimiques impliquées. En bref, tout assemblage atomique<sup>2</sup> est défini comme une molécule. Cette simplification du modèle de référence du concept de molécule est connexe à la désyncrétisation : elle est le produit de la déconnexion programmée des concepts d'atome, de molécule et de liaison chimique. En effet, si c'est au premier degré que les élèves rencontrent pour la première fois le concept de molécule, il faut attendre deux ans pour que le modèle atomique soit confronté au modèle moléculaire dans les curricula formels visés. Il faut encore attendre deux ans de plus pour que les élèves soient initiés aux liaisons chimiques, et permettre ainsi une restriction potentielle du concept de molécule aux seules liaisons covalentes. La planification programmatique a donc une influence décisive dans les transformations des significations données au concept de molécule. Il arrive ainsi que certains élèves s'arrêtent à l'une ou l'autre définition du concept de molécule rencontrée dans le cursus, sans l'adapter aux connaissances postérieures (Taber et Coll, 2002).

Le fait que le concept de molécule soit déconnecté des concepts qui le définissent dans le savoir savant et la simplification du modèle de référence qui l'accompagne, présentent trois conséquences sur la symbolique chimique. Premièrement, si tout assemblage est moléculaire, alors toute formule chimique est moléculaire également. On peut donc parler de molécule de chlorure de sodium et de formule moléculaire « NaCl » sans que ne se pose aucun problème conceptuel : la molécule de « NaCl » est

---

<sup>2</sup> Le concept d'élément étant abordé plus loin dans le programme, le symbole chimique représente à ce moment du cours soit l'atome correspondant, soit la substance correspondante.

un assemblage de deux « atomes » différents. Cette transposition didactique de la formule chimique est à mettre en parallèle avec la difficulté pour certains élèves de distinguer les corps ioniques et les corps moléculaires. Plus tard dans le cursus, il apparaît nécessaire d'intégrer le caractère ionique de la « molécule » de chlorure de sodium. Or, cette intégration ne se fait pas sans difficultés. Pour certains élèves, la nature moléculaire du chlorure de sodium n'étant pas remise en question, le caractère ionique se loge dans les interactions « intermoléculaires » à l'intérieur du cristal. Deuxièmement, si toute formule chimique est moléculaire, on peut appliquer à toute équation chimique une lecture dite « moléculaire ». Ainsi, si l'on considère l'équation de réaction de neutralisation du chlorure d'hydrogène par l'hydroxyde de sodium ( $\text{HCl} + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$ ), il est possible de la lire comme suit : « une molécule de chlorure d'hydrogène et une molécule d'hydroxyde de sodium réagissent pour former une molécule de chlorure de sodium et une molécule d'eau ». Il en ressort une transposition didactique du concept de réaction chimique en lui-même : on assigne aux molécules, et seulement aux molécules, la capacité d'entrer en réaction. Troisièmement, à une signification unique de la formule chimique sont associées une signification unique de l'indice (nombre d'atomes dans une molécule) et une signification unique du coefficient stœchiométrique (nombre de molécules impliquées dans la réaction chimique). Si, pour un élève, le coefficient indique exclusivement un nombre de molécules, il devient difficile pour le professeur de soutenir, en quatrième année, que le coefficient constitue une proportion, un ratio réactionnel.

## CONCLUSIONS

Nous avons analysé, par le prisme du cadre théorique de la transposition didactique, trois programmes de chimie de troisième année, dans deux réseaux d'enseignement en Belgique francophone. Cette analyse a permis de mettre à jour des mécanismes de transposition didactique externe, telles que la désyncrétisation et la simplification du modèle de référence du concept de molécule au premier degré, qui peuvent jouer un rôle majeur dans l'émergence de difficultés d'apprentissage pour les élèves face à la symbolique chimique.

## BIBLIOGRAPHIE

Chevallard, Y. (1985/1991). *La transposition didactique. Du savoir savant au savoir enseigné* (2<sup>e</sup> éd. revue et augmentée). Grenoble, France : La Pensée sauvage (1<sup>re</sup> éd., 1985).

Dehon, J. & Snauwaert, P. (2015). L'équation de réaction : une équation à plusieurs inconnues – Étude de productions d'élèves de 16-17 ans en Belgique francophone. *Recherches en didactique des sciences et des technologies*, 12, 209-235.

FESeC - Fédération de l'enseignement secondaire catholique. (2009). *Programme de sciences générales pour le deuxième degré* (D/2009/7362/3/09). Humanités générales et technologiques, Enseignement catholique secondaire, Bruxelles.

FESeC - Fédération de l'enseignement secondaire catholique. (2014). *Programme de sciences générales pour le deuxième degré* (D/2014/7362/3/23). Humanités générales et technologiques, Enseignement catholique secondaire, Bruxelles.

FWB – Ministère de la Fédération Wallonie-Bruxelles. (2001). *Programme de chimie du deuxième degré* (58/2000/240). Enseignement secondaire ordinaire de plein exercice, Humanités générales et technologiques, Administration générale de l'Enseignement et de la Recherche scientifique, 2<sup>nd</sup>e édition, Bruxelles.

FWB – Ministère de la Fédération Wallonie-Bruxelles. (2013). *Socles de compétences*. Enseignement fondamental et premier degré de l'enseignement secondaire, Administration générale de l'Enseignement et de la Recherche scientifique, Bruxelles.

Godts, P. (2017). Clarifications conceptuelles (UAA1 – SCBCHI). Repéré à <http://enseignement.catholique.be/fesec/secteurs/sciences/?p=1203#more-1203>.

Marais, P. & Jordaan, F. (2000). Are we taking symbolic language for granted? *Journal of Chemical Education*, 77(10), 1355–1357.

Taber, K.S. & Coll R. (2002). Bonding. Dans J.K. Gilbert, O. de Jong, R. Justi, D.F. Treagust & J. van Driel (dir.), *Chemical Education: Towards Research-based Practice* (p. 213-234). Dordrecht, Pays-Bas: Kluwer Academic Publishers.

Taskin, V. & Bernholt, S. (2014). Students' understanding of chemical formulae: a review of empirical research. *International Journal of Science Education*, 36(1), 157-185.

Verret, M. (1975). *Le temps des études*. Paris, France : Honoré Champion.