

# Concepts scientifiques et langage : un regard sur la polysémie

## *Étude comparatiste en biologie et chimie*

Robin Bosdeveix <sup>(1)</sup>

Sophie Canac <sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup>LDAR - Université d'Artois, Université Paris VII - Paris Diderot, Université de Rouen, Université de Cergy Pontoise, Université Paris-Est Créteil

### **Résumé**

Notre recherche propose d'étudier dans deux disciplines - biologie et chimie - la relation complexe entre les concepts scientifiques et les mots pour les nommer. Dans le cas des végétaux et du langage symbolique de la chimie, un même nom ou formule est associé à plusieurs concepts scientifiques suivant le contexte. Avec pour objectif de réaliser un état des lieux des pratiques enseignantes relatives à l'articulation entre signifiant et signifiés, cette communication porte sur l'étude du déterminant institutionnel influençant les pratiques. Nous observons, dans nos deux disciplines, que le caractère polysémique des signifiants est soit passé sous silence soit reste implicite dans les programmes et les manuels scolaires. En chimie, le langage symbolique est associé explicitement aux concepts d'atome et de molécule (niveau microscopique) et non à celui d'espèce chimique. En biologie, différentes façons d'envisager les végétaux sont envisagées mais sans en expliciter leurs domaines de validité et leurs limites propres. Ainsi, restant implicite, le décodage de la polysémie est à la charge des enseignant.e.s et est une source d'ambiguïté, alors qu'elle est une richesse pour l'expert.

### **Mots-clés**

Concept ; langage ; polysémie ; végétaux ; noms et formules chimiques ; pratiques enseignantes ; manuels scolaires

## ***Scientific Concepts and langage : A Cross Look at Polysemy***

### *Comparative study in biology and chemistry*

### **Abstract**

*Our research studies about the complex relationship between scientific concepts and words to name them in two disciplines - biology and chemistry. In the case of plants and*

*the symbolic language of chemistry, the same name (or formula) is associated with several scientific concepts depending on the context. With the objective of characterizing teaching practices relating to the articulation between signifiers and signified, this communication focuses on the study of the institutional determinant influencing practices. We observe, in our two disciplines, that the polysemy of signifiers is either ignored or implicit in curricula and textbooks. In chemistry, symbolic language is explicitly associated with the concepts of atoms and molecules (microscopic level) and not with chemical species. In biology, different conceptions of plants are considered, but without explaining their validity and limits. Thus, remaining implicit, the decoding of polysemy is the responsibility of teachers and is a source of ambiguity, whereas it is a wealth for the expert.*

**Key-words**

*Concept; language; polysemy; plants; names and chemical formulations; teaching practices.*

## INTRODUCTION

La construction de concepts scientifiques représente un enjeu majeur de l'enseignement scolaire afin de permettre aux élèves d'accéder à un certain niveau de compréhension du monde, de dépasser la singularité des objets étudiés et de donner aux savoirs une dimension plus systémique. Dans la perspective rationaliste qui est la nôtre, définir un concept, c'est se doter d'outils intellectuels pour résoudre un problème donné. Reprenant à notre compte la dualité entre concepts quotidiens et concepts scientifiques proposée par Vygotski (1934/1997), les concepts scientifiques se distinguent par leur caractère explicite et leur dimension langagière. « *Ils vivent à travers des représentations symboliques – au premier chef, le langage, et les autres systèmes symboliques en mathématiques* » (Rogalski, 2008, p. 36). Si de nombreuses recherches en didactique ont montré l'importance des pratiques langagières dans les apprentissages en sciences (e.g. Buty & Plantin, 2008 ; Jaubert, 2007 ; Lhoste, 2017), notre étude se focalise sur la relation complexe entre les concepts scientifiques et les mots pour les nommer qui peuvent présenter un caractère polysémique. Dans les exemples que nous allons présenter, un même signifiant (nom ou formule) est associé à plusieurs concepts scientifiques suivant le contexte. À la suite de Canguilhem (1994), rappelons qu'« *un même mot n'est pas un même concept. Il faut reconstituer la synthèse dans laquelle le concept se trouve inséré, c'est-à-dire à la fois le contexte conceptuel et l'intention directrice des expériences ou observations* » (ibid., p. 177). Si cette polysémie est une richesse pour l'expert, elle peut être source de difficultés pour le novice (Bosdeveix, 2017 ; Canac & Kermen, 2016). L'enseignant.e joue un rôle essentiel pour permettre aux élèves de construire cette articulation entre signifiant et signifiés dépendant étroitement du contexte et du problème travaillé.

Notre projet de recherche est de réaliser un état des lieux des pratiques enseignantes relatives à ce travail didactique. Cette étude se place dans une perspective comparatiste entre didactique de la biologie et de la chimie. En chimie, nous focalisons sur l'introduction du langage symbolique en collège (noms et formules des espèces chimiques, des atomes et des molécules). En biologie, nous nous intéressons à l'activité classificatoire en collège et lycée, en prenant pour exemple le groupe des végétaux.

Cette communication portera sur l'étude du déterminant institutionnel des pratiques enseignantes (Kermen, 2018), à savoir les instructions officielles de l'enseignement secondaire et les manuels scolaires, constituant une ressource pour les enseignant.e.s. Notre question de recherche est la suivante : pour un signifiant donné, comment la diversité des signifiés est-elle prise en compte par les programmes et dans les manuels, et en particulier, quel est le degré d'explicitation de la polysémie du signifiant ainsi que la nature des articulations entre les différents signifiés ?

## **ANALYSE EPISTEMOLOGIQUE : LA RELATION MULTIPLE ENTRE SIGNIFIANT ET SIGNIFIES**

### **Le langage symbolique de la chimie**

Depuis Johnstone (1993), la recherche en didactique de la chimie s'intéresse aux difficultés rencontrées par les étudiants face à un enseignant se déplaçant constamment entre le registre des représentations, les réalités perçue et idéalisée, et leur interprétation en termes de modèles microscopiques - entités microscopiques - ou de modèles macroscopiques- réaction chimique (Kermen, 2018). Dans le registre des représentations, les noms et les formules chimiques jouent un rôle singulier en représentant aussi bien les concepts macroscopiques d'espèce chimique (corps pur) ou de réaction chimique, que les concepts microscopiques d'atomes, de molécules ou d'ions. Cette double signification a été une richesse au cours du XIX<sup>e</sup> siècle pour les chimistes. En permettant une interprétation dans ces deux niveaux, le langage symbolique du chimiste crée ainsi une passerelle entre le macroscopique et le microscopique (Taber, 2013). Or les élèves ont une interprétation du langage symbolique de la chimie majoritairement microscopique (Canac & Kermen, 2016). Nous nous intéressons à l'enseignement des noms et des formules chimiques au moment de leur introduction en cycle 4 et aux concepts qui leur sont alors associés.

### **La pluralité des végétaux**

Les végétaux, comme tout autre groupe biologique, désignent des concepts scientifiques qui n'ont de sens qu'au regard des problèmes auxquels ils répondent. Si les individus existent réellement (registre empirique), les groupes résultent d'une activité classificatoire et donc d'une construction humaine (registre des modèles). Il n'existe pas une unique acception des végétaux puisqu'elle dépend du type de classification et du problème travaillé (utilitaire, écologique, cellulaire, phylogénétique). Sur un plan fonctionnel, l'étude de la nutrition des êtres vivants et de leur place dans les écosystèmes permet d'envisager les végétaux comme des organismes photosynthétiques et des producteurs primaires à la base des réseaux trophiques. Sur un plan phylogénétique, les végétaux définis fonctionnellement par le partage de la photosynthèse ne forment plus un groupe valide, car ils ne partagent pas un ancêtre commun exclusif. Par conséquent, le terme « végétal » n'a plus d'usage dans un contexte phylogénétique, à moins de restreindre le groupe des végétaux à une seule lignée monophylétique de l'arbre du vivant (e.g. *Archaeplastida* ou lignée verte, plantes terrestres). Sur un plan cellulaire, les végétaux sont très souvent définis par rapport à un type particulier d'organisation et de fonctionnement cellulaire. Dans cette acception, les végétaux sont alors réduits aux seuls Eucaryotes photosynthétiques pourvus de plastides, d'une

paroi et d'une vacuole, en érigeant alors un modèle prototypique de 'la' cellule végétale. Mais ces différentes façons d'envisager les végétaux ne se superposent pas : chaque signifié possède son domaine de validité propre. Si certaines espèces sont végétales dans toutes les acceptions (plantes terrestres chlorophylliennes), d'autres ne sont végétales que dans certains cas. Les cyanobactéries, par exemple, sont végétales au sens écologique mais pas au sens cellulaire, n'étant pas eucaryotes.

Dans nos deux disciplines, un enjeu est donc de permettre aux élèves de saisir la profondeur des termes utilisés en relation avec le contexte problématique, ainsi que leur dimension construite et ainsi accéder à une polysémie réfléchie des signifiants. Cherchant à caractériser les pratiques enseignantes à ce sujet, présentons notre méthodologie d'analyse du déterminant institutionnel (programmes et manuels).

## **METHODOLOGIE**

### **Pour le langage symbolique de la chimie**

Nous avons repéré dans les trois dernières générations de programme de collège, ce qui est spécifié pour les noms et les formules chimiques. Nous avons ensuite étudié huit ouvrages scolaires de collège : quatre du cycle 4 pour les nouveaux programmes de 2015, deux de cinquième et deux de quatrième des deux générations de programme antérieures. Nous avons recherché si les noms et les formules chimiques sont utilisés pour représenter des concepts du niveau microscopique ou du niveau macroscopique ou les deux et avec quel niveau d'explicitation. Les noms scientifiques n'étant jamais introduit explicitement dans les programmes, nous nous sommes plus particulièrement intéressée aux chapitres d'introduction des formules chimiques et des équations chimiques proposées dans chaque ouvrage.

### **Pour les végétaux**

Nous avons analysé les deux dernières générations des programmes de collège et ceux de lycée, en utilisant une grille d'analyse résultant d'une étude didactique et épistémologique préalable. Chaque occurrence aux végétaux a été catégorisée selon le type de conception mobilisée (ou signifié). L'analyse des manuels des principaux éditeurs s'est focalisée sur les classes de sixième (cycle 3), de cycle 4 et de seconde, dans lesquelles la classification phylogénétique est étudiée. Nous avons examiné comment sont envisagés les végétaux dans un cadre phylogénétique par les manuels prenant l'exemple de ce groupe et si la différence avec les autres acceptions des végétaux est formulée ou bien reste implicite.

## RESULTATS

### Pour le langage symbolique de la chimie

Dans les différents programmes de collège, aucune consigne n'est indiquée à propos de la nomenclature. Le fait que le nom de la molécule et de l'espèce chimique sont identiques n'est jamais explicité. La formule chimique est introduite en lien avec les concepts d'atome et de molécule. Le double aspect microscopique et macroscopique du langage n'est jamais évoqué. Dans les ouvrages scolaires les plus anciens, la différence entre nom scientifique et nom courant pour caractériser une espèce chimique est évoquée. Une carte d'identité est alors proposée indiquant les propriétés physiques caractéristiques de l'espèce chimique. Mais cela disparaît complètement dans les manuels les plus récents. Comme dans les programmes, aucun ouvrage n'indique explicitement que le nom de l'espèce chimique et celui de la molécule associée sont identiques. De façon générale, peu de précautions langagières sont prises dans les livres qui restent souvent très imprécis dans l'utilisation des noms. Dans la phrase ci-dessous, nous trouvons le langage courant (caramel) et le langage scientifique (saccharose) et l'utilisation du niveau microscopique (molécule) pour illustrer un phénomène macroscopique (goût et couleur).

« La transformation du saccharose en caramel. Les molécules qui se forment donnent au caramel son goût et sa couleur » (Belin, quatrième, 2011).

Dans tous les ouvrages, partie cours et activités, la formule est explicitement reliée à un niveau microscopique, en tant que représentation de la molécule. Les équations chimiques se lisent explicitement, ou parfois implicitement, à un niveau microscopique alors que le concept de réaction est macroscopique. Un glissement s'opère dans les exercices au moment de l'utilisation de la conservation de la masse. La formule est alors utilisée pour représenter l'espèce chimique dans les bilans, comme dans l'exemple ci-après :  $m\text{CO}_2 = m\text{O}_2 + m\text{C}$ .

### Pour le groupe des végétaux

Dans les programmes, les différents signifiés des végétaux sont envisagés : conception par opposition (le vivant réduit à un couple végétaux / animaux), conception fonctionnelle (basée sur la photosynthèse et le rôle écologique de producteur primaire), conception fonctionnelle et cellulaire (Eucaryotes photosynthétiques avec plastes), conception macrocentrée (réduisant les végétaux aux plantes terrestres ou aux plantes à fleurs). La classification phylogénétique est au programme de collège, mais sans exemple imposé. Les végétaux peuvent être l'objet de l'étude au choix des enseignants. Au lycée, ce sont les Vertébrés qui sont étudiés en seconde et les Hominidés

en terminale S. Cependant, les programmes n'explicitent pas l'absence de superposition des différentes conceptions des végétaux, ne mettant alors pas en garde les enseignant.e.s sur le caractère polysémique.

Dans les manuels étudiés, plusieurs d'entre eux ont pris pour exemple les végétaux en cycles 3 et 4. En seconde, dans le cadre du chapitre sur la nature du vivant, la parenté est travaillée à différentes échelles. Certains manuels positionnent alors les végétaux dans un arbre phylogénétique en relation avec des caractères cellulaires (présence de chloroplastes). Deux stratégies relatives à la classification phylogénétique se dégagent. La première est la plus commune en collège : elle limite les espèces à classer à un groupe monophylétique : les végétaux terrestres ou la lignée verte. Le contrôle de la collection permet de ne pas soulever le problème du polyphylétisme des végétaux au sens fonctionnel. Cette stratégie s'inspire de la collection proposée dans l'ouvrage dirigé par Lecointre (2008, p. 316). La seconde stratégie est présente dans plusieurs manuels de seconde. Elle présente les végétaux comme les eucaryotes photosynthétiques possédant des plastes (conception fonctionnelle et cellulaire). Envisagée dans le cadre de la parenté, ce groupe est étonnamment présenté comme monophylétique. Le problème de l'origine convergente des plastes n'étant pas envisagée, la réduction des végétaux à la seule lignée verte (chloroplastes à deux membranes) est laissée dans l'ombre. Dans les deux stratégies, la polysémie du terme végétal est implicite.

## CONCLUSION

Qu'il s'agisse du langage symbolique en chimie ou des végétaux, le caractère polysémique des signifiants est soit passé sous silence soit reste implicite, dans les programmes comme dans les ouvrages scolaires. La polysémie non explicitée devient une ambiguïté et conforte l'idée qu'il existerait une définition unique pour un nom scientifique. Expliciter le contexte, préciser le sens des mots (molécule de  $\text{CO}_2$  ou le gaz  $\text{CO}_2$  ; les végétaux au sens de...) permettrait pourtant de tirer profit de ce qui en fait une richesse dans les deux disciplines. Cette ambiguïté a également été observée dans le cadre des pratiques de deux enseignant.e.s au cours de séances ordinaires en chimie (Canac, 2017) et dans les raisonnements de futurs enseignants au cours de leur formation professionnelle en biologie (Bosdeveix, 2017). Cette recherche comparatiste révèle l'importance d'une prise de recul épistémologique face à cette polysémie. Elle nous conforte dans l'idée qu'il s'agisse d'un véritable enjeu pour l'enseignement et la formation des enseignant.e.s pour la chimie et la biologie, dont la pertinence est vraisemblablement valable pour d'autres termes polysémique (e.g. respiration, gène, énergie).

## BIBLIOGRAPHIE

- Bosdeveix, R. (2017). Les raisonnements classificatoires de futurs enseignants de SVT sur le groupe des végétaux. *Recherches en Didactique des Sciences et des Technologies RDST*, 16 (à paraître).
- Buty, C., & Plantin, C. (dir). (2008). *Argumenter en classe de sciences. Du débat à l'apprentissage*. Lyon : INRP.
- Canac, S. (2017) *Le langage symbolique de la chimie en tant que méta-niveau entre registre empirique et registre des modèles : une problématique de l'enseignement-apprentissage de la chimie*. Thèse de doctorat. Université Paris-Diderot
- 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.
- Canguilhem, G. (1994). *Études d'histoire et de philosophie des sciences*. Paris : Librairie Philosophique J. Vrin.
- Jaubert, M. (2007). *Langage et construction de connaissances à l'école : Un exemple en sciences*. Pessac : Presses universitaires de Bordeaux.
- Johnstone, A. H. (1993). The development of chemistry teaching: A changing response to changing demand. *Journal of Chemical Education*, 70(9), 701-705.
- Kermen, I. (2018, à paraître). *Enseigner l'évolution des systèmes chimiques au lycée*. Rennes : Presses Universitaires de Rennes.
- Lecointre, G. (dir). (2008). *Comprendre et enseigner la classification du vivant* (seconde ed.). Paris : Belin.
- Lhoste, Y. (2017). *Épistémologie & didactique des SVT. Langage, apprentissage, enseignement des sciences de la vie et de la Terre*. Pessac : Presses universitaires de Bordeaux.
- Rogalski, J. (2008). Théorie de l'activité et cadres développementaux pour l'analyse liée des pratiques des enseignants et des apprentissages des élèves. *Dans F. Vandebrouck (dir.), Activités des élèves et pratiques des enseignants en classe de mathématique* (p. 23-30). Toulouse : Octarès.
- 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. (1934/1997). *Pensée et langage*. Paris : Ed. La dispute.