



REVUE HYBRIDE DE L'ÉDUCATION

Texte sur les retombées de la recherche

Retombées d'une formation donnée à des enseignantes de chimie du secondaire sur leur enseignement du concept de mole

Personnes autrices

Simone Abou Halloun, chargée de cours, Université de Montréal, Canada, simone.abou.halloun@umontreal.ca

Marcel Thouin, professeur titulaire, Université de Montréal, Canada, marcel.thouin@umontreal.ca



REVUE HYBRIDE DE L'ÉDUCATION

Déclaration de l'usage de l'IA dans l'élaboration de cet article

- Aucun usage de l'IA dans l'élaboration de l'article
- Recension des écrits utilisés dans l'article
- Idéation, élaboration du plan de l'article
- Rédaction de passages de l'article (utilisés tels quels ou modifiés par l'auteur)
- Reformulation ou réécriture de passages formulés initialement par l'auteur
- Analyse de données présentées dans l'article
- Création d'images, de figures, etc. présentées dans l'article
- Correction linguistique de l'article
- Vérification des normes bibliographiques
- Autre (précisez) :



REVUE HYBRIDE DE L'ÉDUCATION

La quantité de matière dont l'unité est la mole est l'un des concepts de chimie les plus difficiles à enseigner, non seulement en raison des liens qu'il faut tisser entre le macroscopique, le sous-microscopique et le symbolique, mais aussi en raison de son évolution socio-historique, qui est à l'origine de certaines conceptions erronées relatives au concept.

En effet, l'évolution socio-historique du concept explique une grande variété d'obstacles d'apprentissage au sujet de la mole. Tout d'abord, cette évolution complexe crée des confusions dans les représentations des personnes enseignantes. Vers 1900, la mole a été définie par Wilhelm Ostwald comme étant la masse d'une substance, exprimée en grammes, numériquement égale à son poids normal. En 1961, la mole a été adoptée comme un concept pour compter les entités chimiques et on a calculé « le nombre de moles » jusqu'en 1971, année où la « mole » est devenue la septième unité du concept de « la quantité de matière ». L'expression « quantité de matière » est controversée et source de confusion. D'une part, cette expression désigne plutôt l'échelle macroscopique et évoque les propriétés physiques de la matière (la masse et le volume). Or, comme l'expliquent plusieurs chercheurs, la notion de particule n'émerge pas de la notion de matière. D'autre part, cette expression pourrait renforcer la conception de la continuité de la matière, qui consiste à croire que la structure de la matière à l'échelle sous-microscopique est identique à sa structure observable à l'échelle macroscopique. En outre, les définitions du concept ont été réitérées au sein des Conférences générales des poids et mesures; la dernière définition date de novembre 2018. Dans ces définitions, le mot *mole* se retrouve associé aux trois sens suivants : 1) c'est une masse, exprimée en molécules-grammes ou en atomes-grammes; 2) c'est une portion de substance, exprimée en unité de masse; 3) c'est un nombre, ce qui implique que la quantité de substance est proportionnelle à un nombre spécifique d'entités chimiques (Kolb, 1978).

Faute de connaissances disciplinaires, épistémologiques, pédagogiques et didactiques, les personnes enseignantes ont parfois du mal à gérer l'enseignement du concept de la mole. D'abord, elles ont reçu, durant leur parcours universitaire, un enseignement plutôt opératoire du concept (Furió et al., 2000). En plus, la formation initiale n'aborde pas le point de vue épistémologique des concepts; or, enseigner correctement un concept demande de bien connaître son évolution socio-historique et de l'intégrer dans un réseau conceptuel pertinent. Enfin, le matériel didactique ne contribue pas à un enseignement efficace du concept; l'analyse des manuels scolaires et universitaires montre que le concept y est déproblématisé et anhistorique (Furió et al., 2000). Du reste, on y retrouve parfois des erreurs sémantiques, ce qui peut conduire les élèves à confondre des masses, des moles et des quantités de matière (Pekdağ et Azizoğlu, 2013).

Le concept de la mole est généralement enseigné à des adolescents et adolescentes qui n'ont pas nécessairement développé la



REVUE HYBRIDE DE L'ÉDUCATION

pensée formelle les aidant à appréhender l'abstraction. Ces jeunes pensent que la matière est continue et éprouvent des difficultés mathématiques ainsi que des difficultés à maîtriser le langage chimique. Les personnes enseignantes, quant à elles, ne maîtrisent pas suffisamment le concept pour tisser les liens entre les domaines sous-microscopique, macroscopique et symbolique. Par conséquent, elles choisissent souvent un enseignement opératoire durant lequel elles transmettent des algorithmes qui vont dénuder le concept de son sens.

Pour enseigner le concept de la quantité de matière dont l'unité est la mole, Fang et al. (2016) préconisent la distinction des deux aspects du concept de mole : un aspect nombre (la mole correspond à un groupement d'entités chimiques équivalent au nombre d'Avogadro) et un aspect masse (compter en pesant). Chacun de ces deux aspects devrait être acquis par l'élève, qui a aussi besoin de créer un lien entre les deux pour construire les modèles théoriques.

Plusieurs chercheurs conseillent l'analogie comme outil de base dans l'enseignement du concept de mole. Mais l'analogie, essentielle dans l'apprentissage des concepts abstraits, doit faire référence à un domaine qui offre un grand nombre de similitudes avec le concept à expliquer. De ce fait, les chercheurs dénoncent les analogies généralement utilisées dans les manuels scolaires (douzaine, dizaine, centaine, etc.) et le discours des personnes enseignantes, car ces analogies font référence à un groupement facilement dénombrable à l'échelle macroscopique, ce qui ne favorise pas l'appréhension de l'aspect qualitatif du concept.

Dans une analogie réussie, les deux domaines présentent un grand isomorphisme de structure. Le domaine de référence (ou le domaine familier aux élèves) est plus simple que le domaine cible (domaine du concept scientifique) et le transfert du domaine de référence au domaine cible est plausible. En chimie, l'utilisation de telles analogies facilite l'appréhension de la relation du triplet (le macroscopique, le sous-microscopique et le symbolique).

Dans le cadre de la présente recherche, des enseignantes étaient encadrées pour construire une analogie modélisante afin d'améliorer l'enseignement du concept de la quantité de matière dont l'unité est la mole. Elles ont conçu des activités au sein desquelles les élèves ont travaillé avec des solides, réduits en grains et connus, pour appréhender l'importance du regroupement, construire les formules mathématiques en vue de calculer le nombre de grains et comprendre le besoin de désigner différemment le regroupement et le nombre regroupé. Puis, un transfert vers le domaine cible leur a permis d'appliquer les modèles mathématiques construits, visant à calculer des quantités de matière et de s'appropriier le langage scientifique adéquat du concept.

Les formations ont porté sur différents thèmes : l'évolution socio-historique de la mole, la planification d'une activité de modélisation, les



REVUE HYBRIDE DE L'ÉDUCATION

caractéristiques d'une analogie réussie, les erreurs sémantiques dans le langage chimique. À la suite de ces formations, les enseignantes ont planifié des activités durant lesquelles les élèves devaient dénombrer des grains de sucre et de poivre à partir de variables physiques (masse et volume). La seule donnée dont disposaient les élèves est la masse de $1,5 \times 10^5$ grains. Les enseignantes ont invité les élèves à nommer ce nombre ainsi que le groupement réalisé avec ce nombre. Après la manipulation, les élèves ont complété un « texte à trou » en utilisant le vocabulaire qu'ils ont choisi et en exploitant un modèle mathématique basé sur la proportionnalité. Les enseignantes ont ensuite utilisé une simulation pour montrer les dimensions dans notre environnement, en allant d'un extrême à l'autre, soit de l'univers entier jusqu'aux particules constituant l'atome. L'observation des mesures à l'échelle microscopique donnait du sens à la mole. Le concept scientifique a alors été introduit avec le langage chimique approprié (le nombre d'Avogadro pour le nombre, la mole pour le regroupement, l'unité mol, etc.). Un tableau dressant les similitudes et les limites de l'analogie a permis de rendre l'apprentissage plus adéquat. Les enseignantes ont expérimenté la séquence à trois reprises. Après chaque mise à l'essai, les enseignantes ont fait un retour réflexif et proposé des améliorations. Après trois cycles de mises à l'essai, une version définitive qui semble satisfaisante a été créée.

Au cours de la formation, les enseignantes ont témoigné de l'évolution de leurs connaissances professionnelles. D'un point de vue disciplinaire, elles ont mieux maîtrisé le concept qu'elles enseignaient d'une façon opératoire. D'un point de vue pédagogique et didactique, elles ont apprécié les approches d'enseignement acquises et elles ont développé un sens critique envers les analogies et les activités de modélisation qu'on trouve dans les manuels scolaires. Elles se sont réjouies d'avoir réussi à créer une activité pratique pour enseigner un concept abstrait. Elles étaient satisfaites de la dévolution créée par le défi proposé et de leur enseignement.

La formation, de type *design-based research*, planifiée et réalisée dans le cadre de cette recherche visait à créer des ponts entre les chercheurs en sciences de l'éducation et les personnes enseignantes. Les connaissances issues de la recherche et du terrain ont contribué à planifier une séquence d'enseignement d'un des concepts les plus abstraits de la chimie. L'analogie modélisante conçue est considérée comme une réussite et semble être une approche prometteuse en chimie. La collaboration s'est avérée motivante pour la chercheuse et pour les enseignantes qui ont témoigné de l'évolution de leurs connaissances professionnelles.

Références

Fang, S.-C., Hart, C. et Clarke, D. (2016). Identifying the critical components for a conceptual understanding of the mole in



REVUE HYBRIDE DE L'ÉDUCATION

secondary science classrooms. *Journal of Research in Science Teaching*, 53(2), 181-214.

Furió, C., Azcona, R., Guisasola, J. et Ratcliffe, M. (2000). Difficulties in teaching the concepts of « amount of substance » and « mole ». *International Journal of Science Education*, 22(12), 1285-1304

Kolb, D. (1978). The Mole. *Journal of Chemical Education*, 55(11), 728.

Pekdağ, B. et Azizoğlu, N. (2013). Semantic mistakes and didactic difficulties in teaching the “amount of substance” concept: a useful model. *Chemistry Education Research and Practice*, 14(1), 117-129.