

AU-DELÀ DE LA RÉUSSITE SCOLAIRE : LES ÉTUDIANTS DE SCIENCES COMPRENNENT-ILS VRAIMENT LA CHIMIE ?



CAROLINE CORMIER
Professeure
Cégep André-Laurendeau

Un de mes étudiants de chimie, inscrit au programme de Sciences de la nature, m'a déjà dit que selon lui, les électrons partagés dans une liaison chimique s'attiraient entre eux, créant ainsi la force d'attraction nécessaire pour tenir les atomes de la molécule ensemble. C'est bien sûr inexact, les électrons étant chargés négativement et les charges de même polarité se repoussant entre elles. Cependant, la représentation de la liaison chimique de cet étudiant lui paraissait si logique qu'il y tenait et ne semblait pas pouvoir en changer. Une telle représentation, personnelle, tenace et à première vue logique aux étudiants s'appelle une « conception alternative¹ ». Les conceptions alternatives sont nombreuses dans l'esprit de nos étudiants et sont souvent difficiles à débusquer si on ne possède pas les outils nécessaires.

C'est pour tenter un tel diagnostic que j'ai entrepris la recherche dont je parlerai ici. Bien que les concepts sur lesquels j'ai questionné les étudiants soient en chimie, certaines conceptions alternatives diagnostiquées seront aussi d'intérêt pour les professeurs de biologie, de physique et de mathématiques, car elles touchent des idées que les étudiants utilisent dans leur discipline.

Dans une vaste recherche avec près de 2 500 étudiants du programme de Sciences de la nature, j'ai tenté de repérer les conceptions alternatives les plus fréquentes en chimie. Il est ainsi ressorti de mes résultats que les étudiants de Sciences, même finissants, croient que les molécules se brisent lors de l'évaporation, qu'ils confondent les liaisons intermoléculaires avec les liaisons covalentes et qu'ils éprouvent toujours de la difficulté à additionner mentalement des vecteurs de polarité. Un survol de ces résultats sera présenté ici².

L'apprentissage des sciences est difficile pour les étudiants collégiaux : les concepts au programme sont nombreux, complexes et souvent peu intuitifs. Il est toutefois préoccupant de constater que même les étudiants qui réussissent leurs cours

de Sciences de la nature ne sortent pas tous du cégep avec des connaissances scientifiques reconnues. En effet, même les meilleurs étudiants peuvent avoir des idées bien ancrées dans leurs structures cognitives qui sont incorrectes selon la théorie scientifique acceptée (Driver et Easley, 1978). D'après Wandersee, Mintzes et Novak (1994), il y a des conceptions alternatives pour toutes les disciplines scientifiques des programmes de sciences. Un apprentissage réussi devrait pourtant aboutir à un système de représentations adéquates, cohérentes et exactes. Ainsi, pour favoriser un tel apprentissage, les professeurs devraient se préoccuper des conceptions alternatives de leurs étudiants en cherchant à les changer quand elles existent et en évitant de les perpétuer.

La recherche que j'ai menée durant les trois dernières années visait à repérer les conceptions alternatives les plus fréquentes autour de concepts de chimie chez les étudiants collégiaux de Sciences de la nature. Il est reconnu que les conceptions alternatives sont difficiles à diagnostiquer par les professeurs parce qu'elles ne s'expriment généralement pas dans un contexte de classe traditionnel et qu'elles sont constituées dans un système explicatif qui semble cohérent et fonctionnel aux étudiants (Astolfi et collab., 2008). Les divers examens que nous faisons passer aux étudiants ne sont pas conçus pour les diagnostiquer. Nos étudiants apprennent à répondre à nos questions d'examen et même lorsqu'ils réussissent nos cours, ils peuvent avoir une représentation personnelle du contenu qui n'est pas en accord avec la théorie scientifique.

Pour mettre en lumière les conceptions alternatives en chimie, j'ai donc développé un outil constitué de vingt items à choix multiples à deux paliers, un type d'item à choix multiples constitué de deux questions successives : le premier palier de chaque item est une question à choix multiples qui évalue les connaissances des étudiants en chimie ; le deuxième palier est quant à lui un choix multiple présentant des justifications

¹ Certains auteurs les appellent « conceptions erronées », « conceptions naïves » ou « préconceptions ». Ces termes sont en grande partie synonymes. Bien que l'expression « conceptions alternatives » soit un calque de l'anglais (*alternative conceptions*), elle est malgré tout utilisée par les auteurs pour signifier des conceptions qui ne sont ni à proprement parler naïves, ni dans tous les cas erronées. L'expression « conceptions alternatives » est donc celle que nous utiliserons dans le présent article.

² On peut consulter le rapport complet de cette recherche (Cormier, 2013) au [www.cdc.qc.ca/parea/788523-cormier-conceptions-chimie-sciences-nature-andre-laurendeau-PAREA-2013.pdf].



parmi lesquelles les étudiants doivent choisir la raison qui explique leur choix au premier palier. Le questionnaire est proposé en ligne, sur une plateforme développée elle aussi dans le cadre de cette étude. Le questionnaire à deux paliers se nomme « Molécules, polarité et phénomène » et peut être consulté en annexe de mon rapport complet (Cormier, 2013).

Au total, 2 413 étudiants du collégial en Sciences de la nature ont participé aux différentes phases de cette recherche, entre 2010 et 2013. Les résultats de la passation du questionnaire en ligne chez 1 983 d'entre eux durant l'année scolaire 2012-2013 seront sommairement présentés et discutés ici.

► RÉUSSITE DES ÉTUDIANTS AU TEST : DES RÉSULTATS MITIGÉS

La première observation concerne le faible taux de succès des étudiants au questionnaire à choix multiples. En compilant les résultats aux deux paliers du test, j'ai calculé un score entre 0 et 1 pour chaque étudiant. Les moyennes de ces scores sont présentées au [tableau 1](#).

TABLEAU 1		SCORE MOYEN DES ÉTUDIANTS COLLÉGIAUX DE SCIENCES DE LA NATURE AYANT RÉPONDU AU QUESTIONNAIRE À DEUX PALIERS « MOLÉCULES, POLARITÉ ET PHÉNOMÈNES »		
		Score moyen	Écart-type	Nombre de répondants
Échantillon complet		0,49	0,10	1 983
1 ^{re} année	Garçons	0,49	0,10	495
	Filles	0,46	0,09	544
2 ^e année	Garçons	0,53	0,12	343
	Filles	0,49	0,10	601

La moyenne de l'échantillon complet se situe sous la barre du 50 %, à 0,49. Ce résultat pouvait toutefois être attendu, étant donné que des recherches avec des questionnaires similaires chez des étudiants postsecondaires ailleurs dans le monde ont aussi montré des résultats mitigés pour des questions conceptuelles de chimie (Mulford et Robinson, 2002).

Il est toutefois étonnant de noter que les garçons ont significativement un meilleur score que les filles, tant pour les étudiants en première année du programme de Sciences que pour ceux en deuxième année. La distance observée entre les moyennes a toutefois une taille d'effet faible. Il reste que cette différence ne va pas dans le sens de ce qui est généralement observé dans les tests de classement en sciences à travers le monde: en effet, à des évaluations standardisées, comme le

test PISA (Programme international pour le suivi des acquis des élèves) de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE, 2007), les filles réussissent mieux que les garçons en sciences.

Cependant, le type de questions du test « Molécules, polarité et phénomènes » est différent des questions de PISA, en ce sens où elles visent à diagnostiquer les conceptions alternatives; d'une part, ce sont des questions conceptuelles et non pas des questions algorithmiques et, d'autre part, je m'attendais à ce que les étudiants manifestent des conceptions alternatives. Le test « Molécules, polarité et phénomènes » ne cherche pas à classer les étudiants, mais plutôt à établir un portrait des écueils sur lesquels se bute leur apprentissage. C'est un outil qui vise à diagnostiquer les conceptions alternatives les plus fréquentes, pour fournir aux professeurs un portrait juste de leurs étudiants.

Il serait intéressant, dans une recherche future, de chercher à comprendre pourquoi les garçons ont mieux réussi à mon questionnaire, pour proposer des pistes pour que les garçons améliorent leur score aux tests standardisés et aux examens traditionnels, en mettant l'accent sur leurs forces.

► LA CONCEPTION ALTERNATIVE LA PLUS GRAVE D'UN POINT DE VUE CONCEPTUEL : LES MOLÉCULES SE BRISENT LORSQU'ELLES S'ÉVAPORENT

Le résultat le plus troublant de la recherche est le très grand nombre d'étudiants qui croient que les molécules se brisent lorsqu'elles passent en phase gazeuse. En effet, pour la question Q15, les étudiants devaient choisir la représentation *c* comme produit de l'évaporation de l'eau, car bien sûr, l'eau qui s'évapore reste de l'eau, elle conserve donc sa structure et sa formule moléculaire, H₂O.

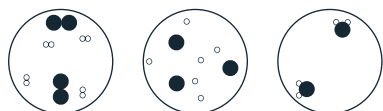
Q15 Vue grossie après évaporation

Le cercle dans la portion gauche montre une vue grossie d'une très petite portion d'eau liquide dans un contenant fermé.

Qu'est-ce que la vue grossie montrerait après l'évaporation de l'eau ?

Légende

Eau
 Oxygène
 Hydrogène



CHOIX DE RÉPONSE	a	b	c*
Nombre d'étudiants	263	410	1 310
Pourcentage de l'échantillon	13,3 %	20,7 %	66,1 %

À cette question, toutefois, 848 étudiants (42,8 % des répondants) ont répondu que les molécules d'eau se dissociaient lors de l'évaporation. Certains choisissaient la représentation montrant des molécules de H₂ et de O₂, en *a* (263 étudiants), ou encore des atomes isolés d'hydrogène et d'oxygène, en *b* (410 étudiants). D'autres étudiants, ayant pourtant choisi la bonne réponse (soit le choix *c*), justifiaient ensuite ainsi : « il peut y avoir quelques molécules d'hydrogène et d'oxygène qui sont formées (pas représentées sur le dessin)³ » (175 des 1 310 étudiants avaient la bonne réponse). Cette conception très répandue, que j'ai nommée « l'évaporation d'un composé entraîne le bris des liaisons covalentes de ses molécules », a aussi été observée dans la question Q14.

Q14 Température d'ébullition de l'éthanol et du méthanol

La température d'ébullition du méthanol (CH₃OH) est de 64,7 °C. Celle de l'éthanol (CH₃CH₂OH) est plus élevée, soit de 78,5 °C.

Pourquoi y a-t-il une différence entre les deux, et pourquoi la température d'ébullition de l'éthanol est-elle plus élevée ?

- a* Cette différence s'explique par la présence, chez l'un des composés, de liaisons hydrogène.
- b* Cette différence s'explique par la grosseur des molécules.
- c* Cette différence s'explique par le nombre de liaisons à l'intérieur des molécules.

CHOIX DE RÉPONSE	a	b*	c
Nombre d'étudiants	390	591	1 002
Pourcentage de l'échantillon	19,7 %	29,8 %	50,5 %

Pour cette question, la bonne réponse au premier palier est *b*, mais parmi les 591 étudiants qui l'ont choisie, plusieurs ont quand même choisi la justification selon laquelle les liaisons covalentes se brisent, soit « une plus grosse molécule a besoin de plus de chaleur pour que ses liaisons (C-H, C-C et C-O) se brisent ». Au total, 1 221 étudiants (61,6 % des répondants) témoignent de cette conception dans cette question lorsque l'on considère les réponses au premier et au deuxième palier.

À mes yeux, cette conception alternative est celle qui a les conséquences les plus fâcheuses parmi celles que j'ai observées. D'abord, elle est très répandue, beaucoup plus que ce à quoi je m'attendais. Ensuite, elle peut avoir une influence sur l'apprentissage de nombreux autres concepts de chimie, en particulier sur les processus de mise en solution. La solubilisation de composés moléculaires, la dissociation ionique de sels et l'ionisation de composés moléculaires dans l'eau sont des processus souvent confondus par les étudiants. Il arrive ainsi régulièrement que, dans le cours *Chimie des solutions*, les étudiants éprouvent de grandes difficultés à comprendre la mise en solution des électrolytes forts et faibles, par exemple, souvent parce qu'ils n'ont pas une représentation claire de la nature sous-microscopique du processus de mise en solution. Il sera question plus loin, dans le [tableau 2](#), de conceptions alternatives fréquentes à propos de la mise en solution.

Une autre influence, celle-là sur le cours *Chimie organique*, peut être à prévoir pour les étudiants qui croient que les molécules se brisent en changeant de phase. En effet, puisque la chimie organique vise à faire comprendre aux étudiants la réactivité des molécules, si les étudiants se représentent les molécules comme des assemblages somme toute assez fragiles, il leur sera difficile de comprendre, de prévoir et d'expliquer la réactivité variable des groupements fonctionnels des molécules organiques, qui ont chacun leur réactivité propre.

DES PROBLÈMES AVEC LES LIAISONS : LA LIAISON HYDROGÈNE

Les conceptions alternatives diagnostiquées relèvent surtout de la chimie, mais seront très certainement d'intérêt pour les professeurs des autres disciplines du programme de Sciences, parce qu'elles peuvent avoir des échos dans leurs cours aussi. Dans cette section et la suivante, je m'attarderai à décrire les résultats pouvant intéresser en particulier les professeurs de biologie, de physique et de mathématiques.

Comme nous l'avons vu à la section précédente, les liaisons à l'intérieur des molécules, qui tiennent les atomes ensemble et assurent la structure de la molécule, ne sont pas brisées dans un changement de phase. Ce sont plutôt les liaisons entre les molécules qui le sont. Ces liaisons, opportunément nommées liaisons intermoléculaires, sont moins fortes que les liaisons covalentes (intramoléculaires), cependant ce sont elles qui permettent à la matière d'avoir une certaine solidité ou à tout le moins une certaine consistance. Sachant cela, il est facile

³ Pour l'énoncé complet de toutes les questions et des justifications proposées au deuxième palier, consulter le rapport PAREA « Les conceptions en géométrie moléculaire d'étudiants de Sciences de la nature » (Cormier, 2013).



de comprendre que les liaisons intermoléculaires varient en intensité selon la substance : en effet, un gaz est moins consistant qu'un solide, car les liaisons entre les molécules qui le constituent sont moins fortes que celles entre les molécules d'un solide.

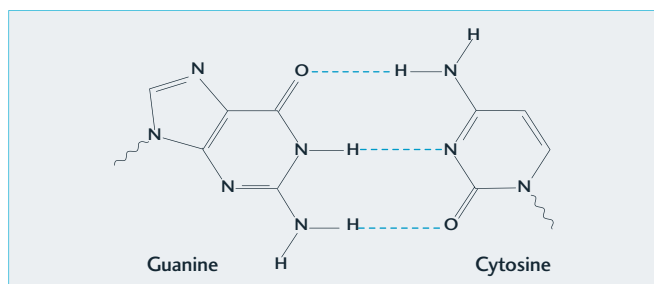
Nos étudiants apprennent à répondre à nos questions d'examen et même lorsqu'ils réussissent nos cours, ils peuvent avoir une représentation personnelle du contenu qui n'est pas en accord avec la théorie scientifique.

L'une des liaisons intermoléculaires, qu'on appelle la liaison hydrogène, est spécialement importante dans le programme de Sciences de la nature puisqu'elle est abondamment étudiée en chimie de même qu'en biologie. En effet, en biologie moléculaire, plusieurs processus sont expliqués par les liaisons hydrogène, comme l'affinité du site actif d'une enzyme pour son substrat ou la stabilité des structures secondaires des protéines. Les professeurs de biologie seront probablement intéressés aux résultats des questions Q13 et Q17.

Q13 Liaison hydrogène, ADN

Dans le schéma suivant, deux bases de l'ADN sont représentées : la guanine à gauche et la cytosine à droite. Ces deux bases sont dites complémentaires dans l'ADN.

Quel énoncé décrit le plus précisément ce que représentent les traits pointillés entre la guanine et la cytosine ?

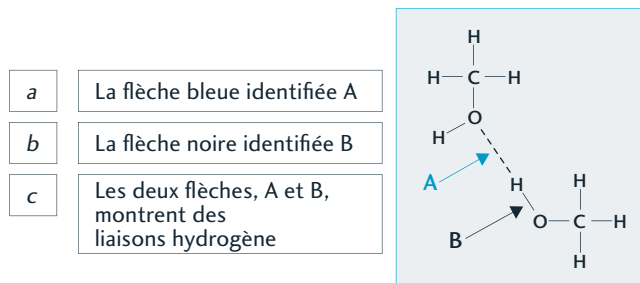


- a Des liaisons covalentes polaires
- b Des liaisons intermoléculaires
- c Des forces électrostatiques

CHOIX DE RÉPONSE	a	b*	c
Nombre d'étudiants	556	1 193	234
Pourcentage de l'échantillon	28 %	60,2 %	11,8 %

Q17 Où est la liaison hydrogène ?

Sur le schéma suivant, quelle(s) flèche(s) indique(nt) la position d'une ou plusieurs liaisons hydrogène ?



- a La flèche bleue identifiée A
- b La flèche noire identifiée B
- c Les deux flèches, A et B, montrent des liaisons hydrogène

CHOIX DE RÉPONSE	a*	b	c
Nombre d'étudiants	1 205	317	461
Pourcentage de l'échantillon	60,8 %	16 %	23,2 %

À la question Q13, de nombreux étudiants répondaient que ce sont des liaisons covalentes (choix *a*) qui lient les bases complémentaires dans l'ADN (556 étudiants), alors que ce sont en réalité des liaisons hydrogène. D'autres disaient que ce sont des forces électrostatiques. En réalité, les liaisons chimiques (intra et intermoléculaires) sont en effet causées par l'attraction électrostatique entre des charges opposées, mais ce ne sont pas seulement des forces électrostatiques ; les pointillés sont plus précisément décrits comme des liaisons intermoléculaires (choix *b*), et de manière encore plus précise comme des liaisons hydrogène (ce qui était dans la justification *b1*, au deuxième palier). À la question Q17, je demandais un peu l'inverse, soit d'évaluer où étaient les liaisons hydrogène. Près du quart des étudiants (461 d'entre eux) considèrent que les deux flèches pointent une liaison hydrogène, alors que la flèche B désigne en fait une liaison intramoléculaire.

Ces deux dernières questions mettaient en scène des représentations schématiques de molécules et de liaisons. Ces représentations sont fréquemment utilisées dans les cours de chimie, mais il demeure que leur interprétation relève presque de l'apprentissage d'un langage nouveau pour les étudiants, le langage de la chimie, qui s'écrit avec des petits symboles et des petits traits qui ne signifient pas grand-chose pour le profane. La chimie s'étudie à trois niveaux de représentation, le niveau symbolique (comme dans le cas présent), le niveau sous-microscopique (où l'on s'imagine le comportement de particules trop petites pour être vues) et le niveau macroscopique (celui des phénomènes observables, comme l'évaporation

ou la couleur de la matière). La transition entre ces niveaux est réputée difficile pour les étudiants en sciences, même au postsecondaire (Taber, 2001). Les questions Q13 et Q17 nécessitent l'interprétation du niveau symbolique à travers les modèles sous-microscopiques et plusieurs étudiants y ont effectivement répondu incorrectement. La conception associée à la question Q13 est que les liaisons hydrogène sont des liaisons covalentes.

► PLUS QUE DES CONCEPTIONS ALTERNATIVES ISOLÉES : UN VÉRITABLE CADRE CONCEPTUEL VRAISEMBLABLE AUTOUR DE LA LIAISON CHIMIQUE

À première vue, il peut sembler que la conception alternative selon laquelle la liaison hydrogène est une liaison covalente ne relève que d'une confusion de vocabulaire, mais c'est plus grave qu'il n'y paraît. En effet, si les étudiants mettent dans un même « grand sac conceptuel » les liaisons covalentes et intermoléculaires (comme on le voit par ceux qui répondent à la question Q17), on comprend aisément qu'ils croient, en retour, que les molécules se décomposent en atomes lors de l'évaporation, comme je l'ai expliqué à la section précédente.

Je propose de considérer ce « grand sac » de conceptions alternatives autour des liaisons chimiques comme un cadre conceptuel vraisemblable, à savoir un ensemble de conceptions alternatives et de croyances autour d'un même sujet, qui sont susceptibles de se manifester dans des circonstances variées et ainsi avoir des répercussions négatives sur la compréhension et l'apprentissage de plusieurs notions (Driver et Easley, 1978). Les conceptions alternatives qui sont présentées dans le [tableau 2](#) constituent ce cadre conceptuel vraisemblable. Ce tableau indique aussi le pourcentage d'étudiants qui ont démontré une telle conception alternative dans leurs réponses à certains items du questionnaire.

► LES CONCEPTIONS ALTERNATIVES EN CHIMIE PEUVENT AUSSI INQUIÉTER LES PROFESSEURS DE PHYSIQUE ET DE MATHÉMATIQUES : L'ADDITION VECTORIELLE

Mes collègues de mathématiques et de physique partageront sans doute ma perplexité quant aux difficultés qu'éprouvent plusieurs étudiants de Sciences pour faire mentalement une addition vectorielle pourtant simple en apparence. L'addition vectorielle est nécessaire en chimie pour prédire la polarité des molécules.

La polarité est une propriété des substances. Par exemple, l'eau, une substance polaire, dissout très bien les substances

CONCEPTIONS CONSTITUANT LE CADRE CONCEPTUEL VRAISEMBLABLE DE LA LIAISON CHIMIQUE		
CONCEPTION	ITEM	POURCENTAGE*
Liaisons intermoléculaires		
Les liaisons intermoléculaires sont les liaisons à l'intérieur des molécules.	Q11	49,4 %
Les liaisons hydrogène sont des liaisons covalentes.	Q17 Q13	39,2 % 22,7 %
Les liaisons hydrogène sont des liaisons dipôle-dipôle.	Q18 Q13 Q17	11,1 % 9,7 % 9,5 %
Liaisons covalentes		
L'évaporation d'un composé entraîne le bris des liaisons covalentes de ses molécules.	Q14 Q15	61,6 % 42,8 %
Les liaisons covalentes se brisent lors de la mise en solution.	Q19	10,7 %
Mise en solution		
Les composés moléculaires s'ionisent toujours dans l'eau.	Q10 Q19	19,3 % 3,2 %
La mise en solution de composés moléculaires entraîne la réorganisation du solvant et du soluté en de nouveaux composés.	Q10	12,5 %

* Pourcentage des répondants manifestant cette conception alternative.

polaires (comme le sucre), mais pas les substances non polaires (comme l'huile). La polarité des substances s'explique par les caractéristiques des molécules qui les constituent : les molécules d'eau, comme les molécules de sucre, ont un moment dipolaire non nul, dû à une séparation de charges dans la molécule. Dans le cours *Chimie générale*, on enseigne aux étudiants comment prédire la polarité des molécules à partir de leur structure. Pour ce faire, les étudiants doivent mentalement additionner des vecteurs de polarité et déterminer si la résultante est nulle (donnant une molécule non polaire) ou non nulle (ce qui donne une molécule polaire). Cet apprentissage est essentiel à la compréhension de concepts qui suivront dans leurs études, notamment tout ce qui concerne la réactivité des substances.

La question Q05 du test « Molécules, polarité et phénomènes » demande de faire une telle addition vectorielle. Il s'agit de la



question la mieux réussie de tout le test, avec un score moyen de 3,54 sur 5 (70,8 %). Toutefois, les étudiants qui ne parvenaient pas à résoudre une question si simple réussissaient significativement moins bien que la moyenne toutes les autres questions du test.

Q05 La plus polaire, boules et bâtonnets

Laquelle de ces représentations montre une molécule polaire ?



CHOIX DE RÉPONSE	a	b*	c
Nombre d'étudiants	339	1 298	346
Pourcentage de l'échantillon	17,1 %	65,5 %	17,4 %

Les vecteurs de moment dipolaire, représentés sur les schémas par les flèches barrées, donnent une résultante nulle pour la molécule *a* et la molécule *c*. En effet, en *a*, les trois vecteurs « tirent » de telle manière à s'annuler entre eux. C'est la même chose pour la molécule *c*: sa forme est tridimensionnelle, mais les vecteurs s'annulent bien entre eux dans l'espace.

Pour cette question, 328 étudiants (16,5 % de l'échantillon) ont justifié leur choix incorrect de la molécule *a* ou bien de la molécule *c* comme molécule polaire de la façon suivante: «les vecteurs de polarité ne s'annulent pas entre eux». Si les vecteurs ne s'annulaient pas, ces molécules seraient effectivement polaires. Mais ils s'annulent, alors ce sont de mauvaises réponses. Ces étudiants n'ont, paradoxalement, pas une conception alternative en chimie par rapport à cette question, mais plutôt une incompréhension de l'addition vectorielle. C'est un exemple frappant des difficultés qu'ils peuvent rencontrer en chimie, mais qui ne concerne pas exclusivement les cours de chimie.

Une autre portion des répondants, soit 246 étudiants (12,4 %), a choisi de justifier la réponse *a* ou la réponse *c* en disant que «Les vecteurs de polarité s'annulent entre eux», ce qui est vrai d'un point de vue de l'addition vectorielle, mais cette fois-ci inexact d'un point de vue chimique! Cette confusion montre que ces étudiants ne comprennent pas le sens de «polarité des molécules». Peut-être ont-ils fait une association entre le mot «non» dans l'expression «résultante non nulle» et «molécule non polaire», conduisant à raisonner de façon opposée. J'ai d'ailleurs nommé cette erreur de raisonnement «l'argument opposé», et je l'ai observée aussi dans une question à propos

de la définition des molécules, où les étudiants expliquaient de manière incorrecte qu'un sel d'ammonium était une molécule «parce que composé d'anions et de cations».

CONCLUSION

Selon Keith S. Taber (2001), la principale difficulté en chimie réside dans les trois niveaux de représentation que je mentionnais plus haut. Pour aider les étudiants à comprendre les phénomènes de changement de phase, il est important d'illustrer les notions enseignées à chacun des trois niveaux: comment symbolise-t-on ce phénomène? Comment les molécules interagissent-elles? Que peut-on voir lorsque ce phénomène se produit? En cours de route, il est aussi important de revenir inlassablement sur la distinction entre les liaisons intra et intermoléculaires, dans tous les contextes où c'est pertinent. Ces nombreuses itérations permettront aux étudiants de se construire une définition personnelle complète et exacte de ces concepts.

La première condition pour stimuler le changement conceptuel est de bien connaître les conceptions alternatives des étudiants. Comme elles sont difficiles à repérer dans le cadre d'un enseignement traditionnel, il est pertinent de déployer des méthodes diagnostiques différentes, comme le test «Molécules, polarité et phénomènes». Les professeurs qui ont décelé les conceptions alternatives de leurs étudiants peuvent les utiliser comme un levier cognitif pour aider ces derniers à les surmonter. C'est ce qui importe, au fond: connaître ce que les étudiants ne comprennent pas, puis tenter de les accompagner vers un apprentissage réussi.

Les tests diagnostiques comme celui que j'ai développé peuvent être un bon point de départ pour les professeurs. Il en existe d'autres, pour la plupart américains, très réputés pour le diagnostic des conceptions alternatives en chimie (Mulford et Robinson, 2002) ou bien en physique mécanique, le *Force Concept Inventory* d'Hestenes, Wells et Swackhamer (1992). En ajoutant à notre panoplie d'outils d'évaluation certains instruments voués à l'évaluation diagnostique conceptuelle, on prendrait soi-même conscience des conceptions alternatives de nos étudiants. À partir de là, les chercheurs qui s'intéressent au champ de recherche du changement conceptuel recommandent que les professeurs mettent les étudiants face à leurs conceptions alternatives, pour causer un conflit cognitif qui serait salutaire à la remédiation des conceptions alternatives. Les travaux de Posner et collab. (1982) sur le changement conceptuel ont fait leur marque. Ces chercheurs suggèrent que les conditions pour qu'un changement conceptuel se produise dans l'esprit des étudiants sont d'abord que



les étudiants ressentent une insatisfaction par rapport à leur propre représentation, puis que le modèle qu'on leur présente en remplacement soit intelligible pour eux, qu'il leur paraisse plausible et leur semble fécond.

[...] en sachant à quoi s'attaquer, [les professeurs] pourront proposer des activités de réflexion ou des explications [...] destinées à cet effet à leurs étudiants.

La remédiation des conceptions alternatives en chimie, telles que diagnostiquées chez les étudiants québécois de Sciences, devrait faire l'objet de recherche subséquente, où des dispositifs didactiques de changement conceptuel pourraient être développés spécifiquement pour cette population.

Les étudiants de Sciences de la nature ont des conceptions alternatives concernant des concepts de chimie qui touchent des connaissances conceptuelles de base. Dans cette étude, j'ai trouvé que plusieurs étudiants avaient des conceptions alternatives sur des concepts qui peuvent avoir un effet non seulement en chimie, mais aussi dans les autres disciplines du programme de Sciences, particulièrement à propos des changements de phase, de la liaison hydrogène et de l'addition vectorielle. Ces conceptions alternatives pourront servir de base aux professeurs souhaitant favoriser le changement conceptuel chez leurs étudiants: en effet, en sachant à quoi s'attaquer, ils pourront proposer des activités de réflexion ou des explications qui sont précisément destinées à cet effet à leurs étudiants. ●

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ASTOLFI, J.-P., DAROT, É., GINSBURGER-VOGEL, Y. et J. TOUSSAINT. *Mots-clés de la didactique des sciences* (2^e éd.), Bruxelles, de Boeck Université, 2008.

CORMIER, C. « Les conceptions en géométrie moléculaire d'étudiants de Sciences de la nature, Modes de raisonnement et diagnostic de conceptions alternatives fréquentes en chimie », Rapport de recherche PAREA, Montréal, 2013 [www.cdc.qc.ca/parea/788523-cormier-conceptions-chimie-sciences-nature-andre-laurendeau-PAREA-2013.pdf].

DRIVER, R., et J. EASLEY. « Pupils and Paradigms: a review of literature related to concept development in adolescent science students », *Studies in Science Education*, n° 5, 1978, p. 61-84.

HESTENES, D., WELLS, M., et G. SWACKHAMER. « Force concept inventory », *The Physics Teacher*, n° 30, 1992, p. 141-158.

MULFORD, D. R., et W. R. ROBINSON. « An inventory for alternate conceptions among first-semester general chemistry students », *Journal of Chemical Education*, vol. 79, n° 6, 2002, p. 739-744.

ORGANISATION DE COOPÉRATION ET DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUES. *PISA 2006 : Les compétences en sciences, un atout pour réussir. Volume 1 - Analyse des résultats*, Paris, OCDE, 2007 [www.oecd.org/pisa/39777163.pdf].

POSNER, G. J., STRIKE, K. A., HEWSON, P. W., et W. A. GERTZOG. « Accommodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change », *Science Education*, vol. 66, n° 2, 1982, p. 211-227.

TABER, K. S. « Building the structural concepts of chemistry: some considerations from educational research », *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, vol. 2, n° 2, 2001, p. 123-158.

WANDERSEE, J. H., MINTZES, J. J., et J. D. NOVAK. « Research on alternative conceptions in science », dans D. Gabel (dir.), *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*, New York, Simon & Schuster Macmillan, 1994, p. 177-210.

Caroline CORMIER enseigne la chimie au Cégep André-Laurendeau depuis cinq ans. En plus de la recherche dont cet article fait état, elle collabore présentement à un autre projet PAREA portant sur l'intérêt et la motivation des jeunes pour les sciences. Elle poursuit en parallèle des études doctorales en didactique des sciences à l'Université de Montréal. Elle est aussi coauteure du manuel *Chimie organique*, publié en 2013 aux Éditions CEC.

caroline.cormier@claurendeau.qc.ca

Des traces de SPB* chez vos étudiants ?
* Syndrome de la page blanche

Outils pour écrire des récits d'aventures de science-fiction et d'aventures exotiques
75 pages • 14,95 \$

Dictionnaire de l'Imagination
293 pages • 29,95 \$

Éditions du Bégonia voyageur • www.begoniavoyageur.com