

Volume 55 / numéro 1 / mai 2026

Spectre



aesta

Association pour
l'enseignement de
la science et de la
technologie au Québec



Sommaire

Spectre / volume 55, numéro 1 / mai 2026

Mot de la présidence et de la rédaction 01

Mieux comprendre les processus cognitifs impliqués dans l'apprentissage de concepts scientifiques pour lesquels des conceptions intuitives interfèrent 02

Aborder l'écoanxiété en classe pour mieux la comprendre. Il s'agit peut-être d'un mal nécessaire. Doit-on s'en méfier? 06

Des albums de fiction réaliste dans l'enseignement de la technologie au primaire : réflexion et exemples d'albums de fiction réaliste pertinents pour l'enseignement de la démarche de conception 10

La modélisation de la calorimétrie. Comment éviter les sempiternelles « Pourquoi on apprend ça? » 13

Culture et citoyenneté québécoise : quelles opportunités pour l'interdisciplinarité 17

L'approche frugale en physique expérimentale : une façon de proposer des investigations authentiques et engageantes 22

Enseigner les sciences en adoptant une épistémologie autochtone et des pédagogies transformatrices : des jalons pour décoloniser l'éducation scientifique et développer une bienfaisance pour la nature chez les élèves 27

La pédagogie STIAM : favoriser l'inclusion dans l'apprentissage des sciences par la création artistique des élèves 32

Spectre

Revue publiée par l'Association pour l'enseignement de la science et de la technologie au Québec

Rédacteur en chef

Phylippe Laurendeau

Association pour l'enseignement de la science et de la technologie au Québec

3351, boul. des Forges
Trois-Rivières (Québec) G8Z 4M3

La reproduction des articles est autorisée à la condition de mentionner la source. La reproduction à des fins commerciales doit être approuvée par la direction. Les opinions émises dans cette revue n'engagent en rien l'AESTQ et sont sous l'unique responsabilité des auteures et auteurs.

Dépôt légal :
Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2026, ISSN 0700-852X

MOT DE LA PRÉSIDENTE



Cher lectrice,

C'est avec une immense joie – et une bonne dose de soulagement – que je vous invite à parcourir cette édition de Spectre, votre revue professionnelle. Je tiens à souligner l'importance du travail de notre rédacteur en chef Philippe Laurendeau dans la parution de ce numéro. Malgré les aléas que l'AESTQ a traversés dans les dernières années, Philippe a su tenir la barque de Spectre et accueillir les auteures dans le tumulte qui a fait trembler votre association. Maintenant que nous remontons la pente des difficultés financières qui ont fragilisé l'association, le conseil d'administration de l'AESTQ se joint à moi pour souligner l'importance de cette revue professionnelle.

Que ce soit dans la formation initiale et continue des personnes enseignantes, par la conservation des traces de l'innovation qui caractérise nos membres et le lien qui perdure entre les rencontres chaleureuses et riches que nous offrons lors des congrès, Spectre reste un projet phare de votre association. L'énergie déployée par les bénévoles pour ce numéro est impressionnante; vous en verrez les résultats au fil des articles.

Bonne lecture chères et chers collègues, au très grand plaisir de vous lire dans ces pages au cours des longues années que cette revue a devant elle.

Gabrielle B Durand
Présidente du conseil d'administration de l'AESTQ

MOT DE LA RÉDACTION



On se retrouve enfin! C'est qu'il y a un peu plus d'un an, notre association a bien failli disparaître, et Spectre avec elle. Heureusement, quelques membres se sont portés volontaires pour assurer la relance des opérations de l'Association. Ce soir d'avril, j'ai assuré le nouveau C.A. de ma volonté de remettre Spectre sur les rails. Je ne tenais surtout pas à être le dernier aux commandes de cette revue forte de plus de 50 ans d'histoire.

Depuis, la revue repose entièrement sur le travail d'une poignée de bénévoles. Un comité de rédaction veille aux grandes orientations de la revue, tandis qu'un comité de lecture d'une dizaine de personnes commente les textes reçus afin de m'assister dans la sélection des textes et les améliorations souhaitées. À cela s'ajoutent quelques membres du C.A. avec qui je communique régulièrement pour aiguiller les opérations. J'en profite d'ailleurs pour remercier chaleureusement toutes ces personnes. Sans vous, aucun feu dans la chaudière! Je veux aussi exprimer ma gratitude aux auteures et auteurs de ce premier numéro de 2026. D'abord pour leurs contributions à la revue. Mais surtout pour leur patience. Combien de fois ai-je promis une publication en 2025? C'est maintenant chose faite!

Je suis d'autant plus fier de présenter ce premier numéro du 55e volume de Spectre. Vous remarquerez que les noms des rubriques ont été légèrement actualisés afin de mieux refléter leur contenu. De l'écoanxiété à la calorimétrie, en passant par la décolonisation de l'enseignement, les albums de fiction et les processus cognitifs, vous y trouverez de quoi remplir votre bagage.

Quant à moi, je signe ici mon dernier éditorial. Après plusieurs années aux commandes, je descends du train ici, très honoré du privilège qui m'a été accordé. Merci aux membres du C.A. pour leur confiance. D'autres personnes passionnées prendront bientôt la relève afin que Spectre poursuive son chemin (de fer, pour en finir avec mon analogie ferroviaire).

Philippe Laurendeau
Rédacteur en chef
2021-2026

MIEUX COMPRENDRE LES PROCESSUS COGNITIFS IMPLIQUÉS DANS L'APPRENTISSAGE DE CONCEPTS SCIENTIFIQUES POUR LESQUELS DES CONCEPTIONS INTUITIVES INTERFÈRENT

- **Karène Brindle, Collège de Montréal et Université du Québec à Montréal**
- **Élisabeth Bélanger, Université du Québec à Montréal**
- **Steve Masson, Université du Québec à Montréal**
- **Lorie-Marlène Brault Foisy, Université du Québec à Montréal**

INTRODUCTION

Les résultats de plusieurs enquêtes internationales mettent en évidence que l'apprentissage des sciences est difficile pour un grand nombre d'élèves (voir par exemple Mullis et al., 2020). Plusieurs études indiquent que les difficultés des élèves pourraient s'expliquer par des variables liées directement aux contenus d'apprentissage. À cet égard, cet article vise à présenter les principales conclusions de deux mémoires de maîtrise en éducation, menés par les personnes autrices de cet article. Ces mémoires se sont précisément penchés sur deux variables : la familiarité de conceptions intuitives pouvant interférer dans l'apprentissage, et la complexité de certains concepts scientifiques à apprendre au primaire (Bélanger, 2023) et au secondaire (Brindle, 2024).

LA FAMILIARITÉ ET LA COMPLEXITÉ : DEUX VARIABLES À L'ORIGINE DES DIFFICULTÉS EN SCIENCES

Une première variable susceptible d'expliquer les difficultés fréquemment rencontrées par les élèves concerne les conceptions intuitives qui sont associées à certains concepts scientifiques (Potvin et Cyr, 2017). En effet, les élèves entretiennent souvent diverses conceptions intuitives, qui peuvent s'avérer utiles dans certains contextes, mais qui peuvent également être incompatibles avec les concepts scientifiques appris en classe. Par exemple, certains élèves croient que tous les métaux sont attirés par les aimants, alors que seulement quelques métaux le sont (Thouin, 2017). Ainsi, un ou une élève qui adhère à cette conception indiquera qu'une cuillère en métal est attirée par un aimant, ce qui est le cas. Cependant, ce même élève pourrait aussi croire qu'une bague en or est attirée par un aimant, alors que ce n'est pas le cas. Une autre conception largement documentée concerne la flottabilité : plusieurs élèves croient que les objets lourds ou gros coulent systématiquement (Potvin et Cyr, 2017), alors que ce n'est pas forcément le cas (c'est plutôt la masse volumique qu'il faut prendre en considération). Qui plus est, certaines conceptions intuitives persisteraient davantage que d'autres, notamment lorsqu'elles sont très familières pour les élèves (Brault Foisy et al., 2021). Une conception intuitive peut être familière lorsqu'elle concerne un phénomène facilement observable, lorsqu'elle est renforcée par les médias, ou encore parce que l'élève la perçoit comme étant utile dans son quotidien. Une deuxième variable susceptible d'expliquer les difficultés persistantes des élèves en sciences concerne la complexité de certains concepts scientifiques (Tümay, 2016). Effectivement, certains concepts scientifiques sont complexes, notamment en raison de leur niveau d'abstraction, de la terminologie employée et de la charge cognitive qui leur est associée.

LE CONTRÔLE INHIBITEUR : UNE FONCTION EXÉCUTIVE AU CŒUR DES APPRENTISSAGES SCIENTIFIQUES

Au cours des dernières années, plusieurs études ont mis en évidence le rôle central du contrôle inhibiteur dans les apprentissages en sciences et, plus largement, dans le raisonnement scientifique (Allaire-Duquette et al., 2019; Brault Foisy et al., 2015, 2021; Masson et al., 2014; Potvin et al., 2020). Le contrôle inhibiteur est une fonction exécutive, c'est-à-dire une fonction cognitive de haut niveau, qui permet à l'élève de résister à ses conceptions intuitives afin de sélectionner et de mobiliser le concept scientifique adéquat lorsque la situation l'exige (Allaire-Duquette et al., 2019). Ainsi, lorsqu'un ou une élève compare la flottabilité d'une petite balle en verre et celle d'une grosse balle en polystyrène blanc, il mobilise son contrôle inhibiteur pour résister à sa conception intuitive selon laquelle la grosse balle aurait tendance à couler davantage. Par la suite, l'élève peut alors mobiliser le concept scientifique adéquat et indiquer que c'est la petite balle en verre qui coule davantage que la grosse balle en polystyrène blanc.

Bien que le besoin de mobiliser son contrôle inhibiteur varie notamment en fonction de l'âge et de l'expertise, il semble que, dans certains contextes, même les spécialistes ont besoin d'inhiber (Allaire-Duquette et al., 2021).

LES HYPOTHÈSES ET LA MÉTHODOLOGIE DES PROJETS RÉALISÉS

Pour les deux mémoires, les hypothèses de recherche étaient que plus une conception intuitive est familière pour l'élève, plus lui résister serait exigeant. Dans la même lignée, plus un concept scientifique est complexe, plus l'effort nécessaire à sa sélection serait élevé.

Pour vérifier ces hypothèses, nous avons choisi des conceptions intuitives ayant des niveaux de familiarité variés, ainsi que des concepts ayant des niveaux de complexité distincts, issus des programmes de science et technologie (Gouvernement du Québec, 2011a, 2011b). Les quatre paires sont présentées dans le Tableau 1.

Tableau 1. Les quatre paires formées d'une conception intuitive et de leur concept scientifique correspondant

Niveau de complexité du concept scientifique	Niveau de familiarité de la conception intuitive	
	Faible	Élevé
Faible	<p>Tous les métaux sont attirés par les aimants.</p> <p>Seuls certains métaux sont attirés par les aimants.</p>	<p>Les solides sont rigides.</p> <p>Certains solides ne sont pas rigides.</p>
Élevé	<p>Le Soleil et la Lune sont à des distances similaires de la Terre.</p> <p>Le Soleil est environ 400x plus loin de la Terre que la Lune.</p>	<p>Les objets lourds coulent davantage que les objets légers.</p> <p>Les objets ayant une masse volumique plus élevée coulent plus que les objets ayant une masse volumique plus faible.</p>

Note. Les énoncés en bleu sont des conceptions intuitives et les énoncés en noir sont les concepts scientifiques correspondants.

Par la suite, nous avons conçu quatre tâches cognitives portant sur ces contenus. Quinze classes d'élèves du troisième cycle du primaire et de la quatrième secondaire, provenant de différentes écoles publiques de la grande région de Montréal, ont réalisé ces tâches sur des tablettes électroniques. Nous avons enregistré leurs temps de réponse et leur performance.

L'INFLUENCE DE LA FAMILIARITÉ DES CONCEPTIONS INTUITIVES ET DE LA COMPLEXITÉ DES CONCEPTS SCIENTIFIQUES

En accord avec les résultats d'études antérieures, nos données montrent que, tant au primaire qu'au secondaire, les performances des élèves étaient moins bonnes et les temps de réponse plus longs dans les situations où ils devaient résister à des conceptions intuitives, ce qui laisse croire que le contrôle inhibiteur est effectivement impliqué dans ces situations. Une découverte intéressante concerne les effets de la complexité des concepts scientifiques. Pour les deux ordres d'enseignement, les résultats montrent qu'un niveau de complexité élevé influence la mobilisation du contrôle inhibiteur. En effet, plus un concept scientifique est complexe, plus les performances et les temps de réponse sont affectés par le besoin de résister à des conceptions intuitives. Ces résultats appuient donc l'hypothèse que plus un concept scientifique est complexe, plus le besoin de contrôle inhibiteur est élevé.

Les résultats obtenus pour la familiarité sont cependant moins clairs. Ils donnent à penser que le niveau de familiarité des conceptions intuitives a peut-être un impact sur la mobilisation du contrôle inhibiteur, mais seulement lorsque le niveau de complexité des concepts en jeu est élevé.

LES IMPLICATIONS POUR L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES

Afin de soutenir l'apprentissage de concepts scientifiques pour lesquels des conceptions intuitives interfèrent, un premier point de départ pour les enseignants et enseignantes serait de se questionner sur le niveau de complexité des différents concepts scientifiques qui se retrouvent dans la progression des apprentissages, et ce, tant au primaire qu'au secondaire. Pour ce faire, il est utile de se demander si le concept scientifique est abstrait ou non, si la terminologie utilisée est inhabituelle, ou encore si plusieurs étapes sont nécessaires afin de se rendre à la réponse.

Par la suite, les enseignants et enseignantes peuvent se renseigner sur des stratégies pouvant être mises en place pour réduire le besoin de contrôle inhibiteur lors de l'apprentissage de concepts scientifiques. Par exemple, on pourrait essayer d'augmenter la saillance d'une information utile pour réussir la tâche demandée afin d'attirer l'attention des élèves vers celle-ci plutôt que vers des conceptions intuitives. Pour augmenter la saillance, il est possible de mettre les mots importants en **gras**, de les souligner, d'utiliser une **couleur différente** ou d'**augmenter leur taille**. Par la suite, les enseignants et enseignantes peuvent se renseigner sur des stratégies pouvant être mises en place pour réduire le besoin de contrôle inhibiteur lors de l'apprentissage de concepts scientifiques. Par exemple, on pourrait essayer d'augmenter la saillance d'une information utile pour réussir la tâche demandée afin d'attirer l'attention des élèves vers celle-ci plutôt que vers des conceptions intuitives.

CONCLUSION

En résumé, les principales conclusions des deux mémoires indiquent que le contrôle inhibiteur est nécessaire pour certains apprentissages en sciences, et ce, tant au primaire qu'au secondaire. En outre, plus le concept scientifique est complexe, plus le contrôle inhibiteur est requis afin de sélectionner ce concept aux dépens d'une conception intuitive qui ne mène pas au raisonnement scientifique approprié. À cet égard, le personnel enseignant doit donc se questionner sur les niveaux de complexité des concepts scientifiques afin d'évaluer à quel point le recours à des stratégies permettant de favoriser la mobilisation du contrôle inhibiteur est nécessaire.

Mémoires présentés dans cet article

Brindle, K. (2024). Influence de la familiarité des conceptions intuitives et de la complexité de leur concept scientifique correspondant sur la mobilisation du contrôle inhibiteur chez des élèves du secondaire [mémoire de maîtrise inédit]. Université du Québec à Montréal.

Bélanger, É. (2023). Effets de la familiarité des conceptions intuitives et de la complexité des concepts scientifiques sur la mobilisation du contrôle inhibiteur : une étude en amorçage négatif chez les élèves du primaire [mémoire de maîtrise inédit]. Université du Québec à Montréal.

Les deux mémoires de maîtrise ont été réalisés sous la direction de la professeure Lorie-Marlène Brault Foisys et du professeur Steve Masson de l'Université du Québec à Montréal.

Références

- Allaire-Duquette, G., Brault Foisy, L.-M., Potvin, P., Riopel, M., Larose, M. et Masson, S. (2021). An fMRI study of scientists with a Ph.D. in physics confronted with naive ideas in science. *Npj Science of Learning*, 6(1). <https://doi.org/10.1038/s41539-021-00091-x>
- Allaire-Duquette, G., Masson, S., Bélanger, M., Grabner, R. H. et Koschutnig, K. (2019). Individual differences in science competence among students are associated with ventrolateral prefrontal cortex activation. *Journal of Neuroscience Research*, 97(9), 1163-1178. <https://doi.org/10.1002/jnr.24435>
- Brault Foisy, L.-M., Ahr, E., Blanchette Sarrasin, J., Potvin, P., Houdé, O., Masson, S. et Borst, G. (2021). Inhibitory control and the understanding of buoyancy from childhood to adulthood. *Journal of Experimental Child Psychology*, 208, 105-155. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2021.105155>
- Brault Foisy, L.-M., Masson, S., Potvin, P. et Riopel, M. (2015). Is inhibition involved in overcoming a common physics misconception in mechanics? *Trends in Neuroscience and Education*, 4(1-2), 26-36. <https://doi.org/10.1016/j.tine.2015.03.001>
- Gouvernement du Québec. (2011a). Progression des apprentissages au primaire. Science et technologie. Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport.
- Gouvernement du Québec. (2011b). Progression des apprentissages au secondaire. Science et technologie 1^{er} cycle, Science et technologie 2^e cycle, Science et technologie de l'environnement. Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport.
- Masson, S., Potvin, P., Riopel, M. et Brault-Foisy, L.-M. (2014). Differences in brain activation between novices and experts in science during a task involving a common misconception in electricity. *Mind, Brain and Education*, 8(1), 44-55. <https://doi.org/10.1111/mbe.12043>
- Mullis, I. V. S., Martin, M. O., Foy, P., Kelly, D. L. et Fishbein, B. (2020). TIMSS 2019 international results in mathematics and science. Boston College, TIMSS & PIRLS International Study Center. <https://timssandpirls.bc.edu/timss2019/international-results/>
- Potvin, P. et Cyr, G. (2017). Toward a durable prevalence of scientific conceptions: Tracking the effects of two interfering misconceptions about buoyancy from preschoolers to science teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 54(9), 1121-1142. <https://doi.org/10.1002/tea.21396>
- Potvin, P., Malenfant-Robichaud, G., Cormier, C. et Masson, S. (2020) Coexistence of misconceptions and scientific conceptions in chemistry professors: A mental chronometry and fMRI study. *Frontiers in Education*, 5. <https://doi.org/10.3389/educ.2020.542458>
- Thouin, M. (2017). Enseigner les sciences et les technologies au préscolaire et au primaire (3^e éd.). MultiMondes.
- Tümay, H. (2016). Reconsidering learning difficulties and misconceptions in chemistry: Emergence in chemistry and its implications for chemical education. *Chemistry Education Research and Practice*, 17(2), 229-245. <https://doi.org/10.1039/c6rp00008h>

ABORDER L'ÉCOANXIÉTÉ EN CLASSE POUR MIEUX LA COMPRENDRE

IL S'AGIT PEUT-ÊTRE D'UN MAL NÉCESSAIRE. DOIT-ON S'EN MÉFIER?

- **Jean-Sébastien Gauthier, enseignant en science et technologie au secondaire, CSS du Chemin-du-Roy et candidat à la maîtrise en éducation, UQTR**

INTRODUCTION

Élodie est écoanxieuse. Au moment de répondre à un questionnaire de recherche sur le sujet, elle affirme avoir très souvent de la difficulté à dormir ou à faire ses devoirs en raison de ses préoccupations liées aux bouleversements environnementaux. Elle dit également avoir peur et penser fréquemment à son impact sur l'environnement. Élodie (nom fictif, élève réelle), 3^e secondaire, n'est pas seule à ressentir ces effets, quatre élèves de sa classe vivent une réalité semblable.

Quand on pense à tout ce que les bouleversements du climat menacent de compromettre dans nos vies, il est légitime pour des jeunes de 14 ans de les craindre, d'autant plus que cette thématique est délaissée par 40 % du corps enseignant du Québec (Schwartzberg et al., 2022). Les médias de tous types contribuent parfois à une éducation environnementale de base, mais, le plus souvent, ils présentent le drame des changements climatiques sans laisser de place à l'espoir ou aux solutions, alimentant plutôt ainsi une forme d'anxiété (Kelly, 2017).

Ce texte présente le concept d'écoanxiété du point de vue d'un enseignant de science et technologie et étudiant à la maîtrise en éducation, soucieux du bien-être psychologique de ses élèves et de ses collègues. Après avoir défini le concept, cet article propose un aperçu des meilleures pratiques à adopter avec ses élèves afin de tenir compte de cette écoanxiété, d'en minimiser les heurts et d'en tirer profit.

CE QU'ON CONNAÎT DE L'ÉCOANXIÉTÉ

Le terme écoanxiété est un néologisme employé depuis les années 90 pour désigner une forme d'angoisse liée aux bouleversements de notre environnement terrestre. Ce concept se rapproche de ceux de détresse climatique, d'anxiété liée aux changements climatiques ou de solastalgie. La recherche au sujet de l'écoanxiété a pris de l'ampleur dans les dernières années, en réponse aux conséquences de plus en plus marquées d'événements climatiques extrêmes sur les populations humaines. On la comprend maintenant mieux que jamais, mais on ne s'entend toujours pas sur une définition unique (voir encadré). Dans ce texte, la définition retenue est celle de Gousse-Lessard et Lebrun-Paré (2022) :

L'écoanxiété est un état de malaise psychologique et parfois physique de degré variable, caractérisé par l'appréhension d'une menace plus ou moins éloignée dans le futur et significativement associée à la catastrophe écologique, elle-même perçue comme incertaine, difficilement prévisible et peu contrôlable (par. 10).

Plutôt que de considérer l'écoanxiété comme un sentiment indépendant, plusieurs la voient comme l'amalgame d'émotions pouvant être vécues en réaction aux bouleversements du climat, telles que le sentiment d'abandon, la culpabilité, la tristesse ou la colère, ce qu'on pourrait appeler des écoémotions. En regroupant ces différents ressentis sous le terme parapluie d'écoanxiété, on se prive de nuances utiles à la compréhension de ces expériences distinctes et on néglige de les aborder précisément pour ce qu'elles sont.

Bien que l'écoanxiété soit un ressenti bien distinct de la culpabilité ou de la peur, il est clair que les écoémotions sont souvent intimement liées à l'écoanxiété elle-même et participent avec elle au vécu des individus affectés par la perspective des changements climatiques. Il est également intéressant de noter que l'écoanxiété, bien que caractérisée par le thème précis des bouleversements environnementaux, partage la plupart de ses caractéristiques avec l'anxiété modérée de sources variées (sociale, de performance, de séparation) et que ces dernières peuvent se confondre et s'alimenter entre elles. L'écoanxiété n'est toutefois pas considérée comme un trouble anxieux à part entière (Gousse-Lessard et Lebrun-Paré, 2022).

Devant l'ampleur du défi que posent les changements climatiques, il n'est plus permis de se croiser les bras. L'engagement écologique doit être universellement valorisé et encouragé. Étrangement, l'écoanxiété joue des rôles contradictoires dans l'émergence de l'engagement écologique. Pour plusieurs, elle fait perdre confiance en la capacité de l'humain à ralentir le bouleversement de nos écosystèmes et nuit à la volonté individuelle de s'engager pour le climat (Albrecht, 2011). Pour d'autres, la crainte d'un avenir environnemental à la qualité incertaine suscite plutôt des prises de décisions écoresponsables (Bouman et al., 2020).

Qu'elle soit ou non accompagnée d'un engagement soutenu de l'individu envers la cause climatique, l'écoanxiété tire son origine d'enjeux réels et l'on doit défendre la légitimité d'un tel sentiment, sans la pathologiser systématiquement. D'une part, puisqu'il s'agit d'un consensus scientifique, plusieurs manifestations climatiques auront des effets néfastes sur la qualité de l'environnement terrestre et forceront l'humanité à s'adapter, à se déplacer ou à faire de sérieux compromis sur son confort. D'autre part, les prévisions à propos des transformations de notre écosystème concernent un avenir suffisamment lointain pour que de nombreux événements les influencent, de sorte que notre réaction à leur annonce ne devrait pas non plus nous empêcher de vivre de manière équilibrée. Bien comprendre l'attention que l'on devrait accorder à l'écoanxiété dans nos vies relève alors d'une compréhension subtile des enjeux environnementaux et de leurs conséquences dans le temps et l'espace. En fait, la présence de l'écoanxiété chez un individu est légitime et peut même, lorsqu'accompagnée d'espoir, de courage et de connaissances suffisantes, être bénéfique. Prendre le temps d'en discuter avec les élèves et de la présenter comme une sonnette d'alarme utile à la mise en action est probablement une meilleure façon de présenter l'écoanxiété.

ABORDER LES PROBLÉMATIQUES ENVIRONNEMENTALES

Une fois que l'on comprend mieux soi-même le phénomène d'écoanxiété, il peut être pertinent de se demander ce qui pourrait être fait en classe pour aider les élèves à mieux vivre avec cette réalité. Sachant qu'une part de leurs sentiments anxieux provient des lacunes de leur compréhension des rouages des bouleversements planétaires ou de ce qu'il est possible de faire pour s'attaquer aux problématiques environnementales, prendre le temps d'en discuter honnêtement en classe est une première étape fondamentale (Léger-Goodes et al., 2022). Au Québec, on suggère au corps enseignant d'intégrer les thématiques environnementales dans son enseignement, mais personne n'a réellement le mandat clair de le faire.

Dans le programme de science et technologie, seuls quelques concepts liés à la thématique sont inscrits dans la progression des apprentissages (MELS, 2011) et, compte tenu du contenu imposé par les examens ministériels, plusieurs choisissent de sacrifier ces notions au profit de thématiques davantage représentées dans ces évaluations prescrites par le gouvernement. D'ailleurs, une grande part des concepts au cœur des problématiques environnementales ne figurent qu'au programme optionnel Science et technologie de l'environnement. Au Québec, un enseignement tenant compte de l'écoanxiété pourrait donc facilement accorder une plus grande place aux contenus liés à l'environnement, ce qui est d'ailleurs un souhait exprimé par plusieurs élèves (Maltais, 2023).

Il faut donc parler des changements climatiques, mais quand et dans quelle mesure? L'éducation sur le thème de l'environnement devrait être faite en tenant compte du niveau de maturité et d'autonomie des élèves. De jeunes élèves du primaire, par exemple, n'ont certainement pas la possibilité de faire leurs propres choix en matière de consommation ou de transport et sont loin d'avoir le droit de vote aux élections. Ces élèves n'ont pas non plus la perspective nécessaire pour apprécier la complexité d'enjeux environnementaux. Il est donc suggéré de profiter des premières années de scolarisation primaire pour planifier des activités d'apprentissage renforçant le sentiment d'appartenance à la nature et d'émerveillement envers celle-ci, alors que les dernières années du primaire et le secondaire pourraient être des moments où les enjeux environnementaux plus complexes et délicats seraient graduellement détaillés.

ABORDER LES SOLUTIONS

Au fil de leur parcours scolaire, les jeunes gagnent en pouvoir d'action et en perspective, ce qui donne lieu à une participation croissante de leur part dans la lutte contre les bouleversements environnementaux. Le système scolaire devrait alors en profiter pour intégrer des pistes de solutions aux contenus liés aux problématiques environnementales. L'enseignement pourrait comprendre des étapes de décomposition des différents problèmes, d'identification et de proposition de solutions applicables par les jeunes, en mettant de l'avant leur responsabilité individuelle, mais également en soulignant le rôle primordial des décisions collectives prises aux différents niveaux politiques. L'implication environnementale personnelle joue un rôle dans la construction de sens chez les jeunes qui vivent de l'écoanxiété, mais elle peut également leur montrer les limites de leur action individuelle, diminuant leur espoir et leur motivation. L'implication collective est d'autant plus intéressante à encourager, car elle offre en plus un soutien social précieux où des valeurs, des convictions et des intérêts peuvent être partagés (Desmarais et al., 2022).

L'une des clés de l'adaptation à l'écoanxiété est la capacité à entrevoir des mondes possibles qui ne seraient pas complètement décimés par les multiples bouleversements prévus à ce jour. Pour aider les jeunes à trouver un sens à ces transformations dramatiques, il serait possible de discuter en classe des différentes sources d'espoir, d'exemples concrets de solutions déjà mises en place ou imaginées par les élèves (Desmarais et al., 2022) ou des valeurs de courage, de solidarité et de persévérance face aux enjeux globaux.

ABORDER LES ÉMOTIONS

En plus d'aborder directement les enjeux environnementaux, le corps enseignant gagnerait à aborder en classe les émotions que peuvent susciter certains sujets délicats, notamment celles ressenties face aux constats difficiles formulés dans des cours d'éducation environnementale. Bien que cela puisse paraître peu orthodoxe pour plusieurs, prendre le temps d'aborder les émotions en classe serait même une bonne idée, peu importe le niveau ou la discipline (Ojala, 2012). Cette pratique permettrait de valider la présence de certaines émotions chez les jeunes et de briser l'isolement et l'incompréhension vécus avant d'avoir pu mettre des mots sur ces ressentis. Évidemment, parler d'écoanxiété avec les jeunes nécessiterait préalablement d'avoir examiné ses propres écoémotions, de les comprendre et de les accepter. Il est clair que certaines situations de classe sont moins propices que d'autres à un partage collectif des émotions, mais tenir compte de l'aspect émotionnel des enjeux environnementaux en équipe-école ou planifier des occasions de parler d'écoémotions offrirait des occasions de prendre soin de la santé mentale des jeunes, ainsi que de celle du personnel scolaire.

CONCLUSION

Le rôle des écoles québécoises dans l'adaptation des jeunes à l'écoanxiété est multiple. D'abord, ces lieux d'apprentissage et de vie en collectivité sont des espaces privilégiés pour aborder les causes et les conséquences des émotions liées aux bouleversements environnementaux, mais également pour contribuer à la coconstruction d'une vision optimiste de l'avenir du monde avec nos élèves. Pour parfaire leur compréhension des problématiques environnementales, il est crucial de les aborder en classe, et ce, de manière transversale tout au long de leur parcours. Comprendre les transformations environnementales et leurs impacts sociaux, économiques et politiques est aujourd'hui incontournable si l'on espère pouvoir exercer une citoyenneté responsable dans ce monde en transformation.

Une plus grande place doit être faite aux thématiques environnementales en classe. Pour ce faire, nous devons nous assurer que la réforme des programmes en science et technologie du primaire et du secondaire, planifiée par le gouvernement du Québec pour entrer en vigueur à partir de 2026 (Radio-Canada, 2023), nous permet ce pas vers l'avant. Une place importante doit être accordée aux différentes composantes des problématiques environnementales, dont leurs causes, leurs solutions et leurs conséquences multiples (y compris les écoémotions). Ne craignons pas de prendre la parole lors des consultations pour cette réforme et faisons entendre notre voix!

Références

- Albrecht, G. (2011). Chronic environmental change: Emerging 'psychoterratic' syndromes. Dans I. Weissbecker (dir.), *Climate change and human well-being: Global challenges and opportunities* (p. 43-56). Springer. New York. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-9742-5_3
- Bouman, T., Verschoor, M., Albers, C. J., Böhm, G., Fisher, S. D., Poortinga, W., Whitmarsh, L. et Steg, L. (2020). When worry about climate change leads to climate action: How values, worry and personal responsibility relate to various climate actions. *Global Environmental Change*, 62, 102061. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959378019301736>
- Desmarais, M.-É., Rocque, R. et Sims, L. (2022). Comment faire face à l'éco-anxiété : 11 stratégies d'adaptation en contexte éducatif. *Éducation relative à l'environnement*, 17(1). <https://id.erudit.org/iderudit/1093844ar>
- Gousse-Lessard, A.-S. et Lebrun-Paré, F. (2022). Regards croisés sur le phénomène « d'écoanxiété » : perspectives psychologique, sociale et éducationnelle. *Éducation relative à l'environnement*, 17(1). <https://id.erudit.org/iderudit/1093839ar>

- Kelly, A. (2017). Eco-anxiety at university: Student experiences and academic perspectives on cultivating healthy emotional responses to the climate crisis. (Mémoire/rapport académique), University of Colorado at Boulder. https://digitalcollections.sit.edu/isp_collection/2642/
- Léger-Goodes, T., Malboeuf-Hurtubise, C., Mastine, T., Généreux, M., Paradis, P. O. et Camden, C. (2022). Eco-anxiety in children: A scoping review of the mental health impacts of the awareness of climate change. *Front Psychol*, 13, 872544. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.872544>
- Maltais, M. (2023). Rapport de consultation : l'inclusion des enjeux environnementaux dans les milieux scolaires. *Spectre*, 52(3), 7-9. <https://www.aestq.org/fr/rapport-de-consultation>
- Ministère de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur (MELS). (2011). Progression des apprentissages au secondaire : science et technologie 1^{er} cycle, science et technologie 2^e cycle, science et technologie de l'environnement. <https://cdn-contenu.quebec.ca/cdn-contenu/education/pfeq/secondaire/progressions-apprentissages/PFEQ-progression-apprentissages-science-technologie-secondaire.pdf>
- Ojala, M. (2012). Regulating worry, promoting hope: How do children, adolescents, and young adults cope with climate change? *International Journal of Environmental and Science Education*, 7, 537-561. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ997146.pdf>
- Radio-Canada. (2023, 20 octobre). Québec révisera ses programmes de science et technologie au primaire et au secondaire. <https://ici.radio-canada.ca/nouvelle/2019870/programme-science-technologie-ecoles-quebec>
- Schwartzberg, P., Stevens, J., Acton, K. et Elliott, S. (2022). Perspectives des Canadiens sur les changements climatiques et l'éducation : 2022. L'Éducation au service de la Terre. <https://lsf-ist.ca/fr/wp-content/uploads/2023/02/Perspectives-des-Canadiens-sur-les-changements-climatiques-et-leducation-2022.pdf>

SUGGESTIONS DE LECTURE

- Des Universitaires, Regroupement de chercheuses et chercheurs universitaires du Québec. (2021, 26 novembre). Écoanxiété : l'accueillir, la comprendre et la prendre en charge. *Unpointcinq*. <https://unpointcinq.ca/article-blogue/eoanxiete-accueillir-comprendre-prendre-en-charge/>
- Maltais, M. (2022). L'éducation aux changements climatiques vue par une élève de 4^e secondaire. *Spectre*, 51(3), 7-18. <https://www.aestq.org/fr/education-climatique-eleve>

DES ALBUMS DE FICTION RÉALISTE DANS L'ENSEIGNEMENT DE LA TECHNOLOGIE AU PRIMAIRE

RÉFLEXION ET EXEMPLES D'ALBUMS DE FICTION RÉALISTE PERTINENTS POUR L'ENSEIGNEMENT DE LA DÉMARCHE DE CONCEPTION

- **Jolyane Damphousse, Université du Québec à Trois-Rivières**
- **Audrey Groleau, Université du Québec à Trois-Rivières et Université Laval**

INTRODUCTION

En science et technologie (ST) au primaire, le ministère de l'Éducation du Québec (MEQ), par l'entremise du Programme de formation de l'école québécoise (PFEQ), souligne l'importance de privilégier des contextes dans lesquels les élèves seront initiés à l'activité scientifique et technologique (Gouvernement du Québec, 2001). Il rappelle que ces disciplines font appel à plusieurs démarches, dont la conception technologique et l'investigation scientifique, et que les élèves doivent faire preuve de créativité dans leur travail (Gouvernement du Québec, 2001). Conséquemment, l'enseignement des ST doit s'éloigner des cours classiques de type « papier/crayon » et des expériences très dirigées. Le programme invite aussi les enseignants et enseignantes à tisser des liens avec les autres disciplines, surtout au premier cycle, où il n'y a pas de temps réservé aux ST dans la grille-horaire (Gouvernement du Québec, 2001). La littérature jeunesse constitue donc une porte d'entrée intéressante pour aborder à la fois le français et les ST. Dans cet article, l'utilisation de la littérature jeunesse pour l'enseignement de la technologie sera abordée, en particulier en lien avec la démarche de conception technologique. En plaçant la technologie dans un contexte, les récits de fiction peuvent en effet rendre la technologie plus compréhensible et concrète pour les élèves (Axell, 2017). Bien que la lecture d'un ouvrage jeunesse puisse contribuer à l'acquisition de connaissances de ST, cela ne suffit pas pour amener les élèves à développer leurs compétences disciplinaires. Ici, le livre jeunesse est plutôt vu comme un point de départ pour réaliser une démarche de conception technologique.

COMMENT CHOISIR UN BON LIVRE JEUNESSE POUR L'ENSEIGNEMENT DE LA DÉMARCHE DE CONCEPTION TECHNOLOGIQUE?

Le ministère de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur (MEES) encourage les enseignants et enseignantes à utiliser l'album en classe (Gouvernement du Québec, 2018). Il s'agit d'un livre dans lequel on retrouve à la fois du texte et des images employés conjointement pour produire un message cohérent (DeRoy-Ringuette, 2019). Le MEES (Gouvernement du Québec, 2018) souligne aussi la possibilité que les albums traitent d'une autre discipline que le français (ici, la technologie) et que des activités postlecture soient réalisées (par exemple des démarches de conception technologique).

Comme le mentionne Foster (2009) à la suite d'une analyse de 72 albums de fiction et d'activités postlecture (toutes des démarches de conception technologique), peu d'ouvrages et d'activités contiennent l'étape finale de la démarche, soit la mise à l'essai du prototype. Seulement 32 proposent une mise à l'essai, parmi lesquels uniquement 14 permettent de la réaliser dans des conditions réelles. La mise à l'essai du prototype est pourtant une étape clé de la démarche de conception technologique^[1] (Centre de développement pédagogique pour la formation générale en science et technologie, 2011; Gouvernement du Québec 2006). Foster (2009) souligne qu'il n'est pas surprenant que la majorité des activités postlecture ne mènent pas à une mise à l'essai formelle, puisque les conceptions technologiques proposées sont basées sur des objets présents dans des albums de fiction qui font appel à l'imaginaire, donc qui sont difficiles à reproduire ou à adapter dans la réalité.

Prenons l'exemple d'un album de fiction dont l'objet réalisé ne peut pas être mis à l'essai dans la réalité, Comment fabriquer son grand frère : une histoire d'anatomie et de bricolage (Vauglade, 2016). Ce livre présente l'histoire d'une petite fille qui souhaite concevoir un grand frère. La petite fille le conçoit à l'aide de matériaux de la vie de tous les jours. Par exemple, elle utilise des élastiques pour les muscles et une tomate pour le cœur. Tout au long du livre, elle s'informe au sujet de chacune des parties du corps avant de la construire. Le livre est donc pertinent pour l'enseignement de l'anatomie humaine, puisqu'il présente des connaissances scientifiques vulgarisées. Par contre, du côté de la technologie, la conception proposée n'est pas réaliste. À la fin du livre, le grand frère s'anime grâce à une formule magique, « veux zouer », prononcée par la petite sœur.

[1] Pour une représentation visuelle des étapes de la démarche, nous vous suggérons de consulter l'affiche du Centre de développement pédagogique pour la formation générale en science et technologie à l'adresse suivante : <https://ecoleouverte.ca/ressources/51488>

En classe, il serait impossible de demander aux élèves de concevoir et surtout de mettre à l'essai un prototype de grand frère comme c'est le cas dans le livre. En somme, afin de choisir un bon livre pour l'enseignement de la démarche de conception technologique, il faut miser sur un album de fiction réaliste.

LES ALBUMS DE FICTION RÉALISTE

Considérant que les albums de fiction sont utiles pour représenter la technologie de manière visuelle pour les élèves (Axell, 2017) et que, comme cela est montré dans l'exemple ci-dessus, les activités postlecture prenant la forme d'une démarche de conception à partir d'albums de fiction peuvent complexifier l'étape de la mise à l'essai (Foster, 2009), l'intérêt des albums de fiction réaliste apparaît dès lors évident. En effet, ce type d'album présente une histoire ayant une proximité maximale avec le monde réel avec un minimum de déformation (Soudani et Héraud, 2012).

Le récit de fiction réaliste ne fait pas que raconter des histoires imaginaires, mais détermine et décrit un monde possible, parfaitement concevable, loin d'être arbitraire ou incohérent. Il constitue un monde qui, bien que virtuel, pourrait exister, parce qu'il partage avec la notion de monde des attributs essentiels qui le rendent intelligible. (Soudani et Héraud, 2012, p. 5)

Surtout étudiés dans le domaine de la didactique des sciences (biologie et physique), les albums de fiction réaliste présentent une solution de rechange à l'enseignement expérimental classique (Soudani et al., 2015). Tout de même, nous y voyons un intérêt certain pour la didactique de la technologie. En effet, tout comme en didactique des sciences, l'immersion dans un album de fiction réaliste amène les élèves à « s'interroger [...] sur les modes possibles de fonctionnement et de représentation des phénomènes du monde » (Soudani et Héraud, 2012, p. 4). Si Soudani et Héraud (2012) sont d'avis que les albums de fiction réaliste sont pertinents pour favoriser l'appropriation de connaissances en sciences, nous pensons qu'ils le sont tout autant du côté de la technologie.

DES EXEMPLES D'ALBUMS DE FICTION RÉALISTE POUR L'ENSEIGNEMENT DE LA DÉMARCHE DE CONCEPTION TECHNOLOGIQUE

Voici deux exemples d'albums de fiction réaliste avec lesquels on peut introduire une activité de conception dont la mise à l'essai est possible dans la réalité. De plus, ces deux albums permettent d'aborder, par leur lecture ou par l'activité de conception, des savoirs essentiels du programme de formation au primaire.

Quel génie! d'Ashley Spires

Le livre présente l'histoire d'une petite fille qui adore concevoir des objets (Spires, 2014). Il s'agit d'un livre de fiction réaliste puisque, d'une part, c'est une histoire inventée et que, d'autre part, la petite fille utilise des techniques réalistes (visser, scier, aplanir et coller) pour concevoir des objets. Il permet d'étudier, avec les élèves, toutes les étapes de la démarche de conception en insistant sur l'importance de ne pas se décourager lorsqu'on réalise ce type de démarche. En effet, une telle démarche ne fonctionne habituellement pas du premier coup. Ce livre favorise la réalisation, à la suite de sa lecture, d'une démarche de conception technologique. En s'inspirant du travail de la petite fille, on peut inviter les élèves à concevoir un prototype de panier s'accrochant à une trottinette pour transporter un petit chien comme dans l'histoire, ou encore des objets du quotidien comme un sac d'école. Cet album, tout comme la conception qui s'en suit, permet de travailler, entre autres, les savoirs essentiels suivants : « Fabrication (ex. : interprétation de plans, traçage, découpage, assemblage, finition) » (Gouvernement du Québec, 2001, p. 158) et « Utilisation d'outils (ex. : pince, tournevis, marteau, clé, gabarit simple) » (Gouvernement du Québec, 2001, p. 158).

Lindbergh : la fabuleuse aventure d'une souris volante de Torben Kuhlmann

Cette histoire présente une petite souris qui souhaite se rendre en Amérique grâce à un engin volant (Kuhlmann, 2022). C'est bien entendu une histoire de fiction, puisque c'est une souris qui conçoit un objet, mais elle peut tout de même être qualifiée de réaliste. En effet, la souris personifie un humain lorsqu'elle conçoit l'engin volant, mais conserve certaines de ses caractéristiques réelles, comme le fait de pouvoir se faufiler dans de petites ouvertures et d'être menacée par des prédateurs tels que le chat et l'humain. La souris utilise une démarche de conception relativement complète : elle commence par avoir une idée, dessine ensuite un plan, rassemble des matériaux, fabrique l'objet, le met à l'essai et l'améliore. Ce livre permet donc d'amener les élèves à réaliser un projet de conception portant sur les objets volants comme un avion en papier ou un parachute. Ces objets, par leur caractère réaliste, peuvent être mis à l'essai. Ce livre et le projet qui s'en inspire amènent les élèves à étudier deux savoirs essentiels du programme de formation, soit les « effets de l'attraction gravitationnelle sur un objet (ex. : chute libre, pendule) » (Gouvernement du Québec, 2001, p. 157) et les « technologies du transport (ex. : automobile, avion, bateau) » (Gouvernement du Québec, 2001, p. 158).

CONCLUSION

L'album de fiction réaliste présente une valeur ajoutée pour l'enseignement de la technologie dans les classes du primaire pour au moins trois raisons. Premièrement, il soutient l'enseignement du français comme celui de la technologie. Deuxièmement, il contextualise la technologie et la rend plus visible et compréhensible pour les élèves. Finalement, les activités de conception technologique qui en prolongent la lecture sont réalistes et facilitent l'étape de la mise à l'essai. Par cette réflexion, nous encourageons les enseignants et enseignantes à tenter l'expérience d'enseigner la technologie et la démarche de conception à partir d'albums de fiction réaliste.

Références

- Axell, C. (2017). Technology and children's literature. Dans M. J. de Vries (dir.), *Handbook of technology education* (p. 1-17). Springer.
- Centre de développement pédagogique pour la formation générale en science et technologie. (2011). Démarche de conception technologique au primaire [image en ligne]. <https://ecoleouverte.ca/ressources/51488>
- DeRoy-Ringuette, R. (2019). Proposition d'une définition de l'album [communication orale]. 33^e congrès mondial du Centre international d'études francophones (CIEF), Ottawa. <http://doi.org/10.13140/RG.2.2.35023.20641>
- Foster, P. N. (2009). An analysis of children's literature featured in the "Books to Briefs" column of *Technology and Children*, 1998-2008. *Journal of Technology Education*, 21(1), 25-43. <https://doi.org/10.21061/jte.v21i1.a.2>
- Gouvernement du Québec. (2001). Programme de formation de l'école québécoise. Éducation préscolaire, enseignement primaire. Ministère de l'Éducation.
- Gouvernement du Québec. (2006). Programme de formation à l'école québécoise. Enseignement secondaire, Programme de science et technologie, 1^{er} cycle. Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport.
- Gouvernement du Québec. (2018). L'album en classe. Éducation préscolaire, enseignement primaire et secondaire. Ministère de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur.
- Kuhlmann, T. (2022). *Lindbergh : la fabuleuse aventure d'une souris volante* (4 éd.). NordSud.
- Soudani, M. et Héraud, J.-L. (2012). De la modélisation fictionnelle à la modélisation scientifique à travers la lecture problématisée de l'album *Plouf!*. *Repères. Recherches en didactique du français langue maternelle*, 45, 225-244.
- Soudani, M., Héraud, J.-L., Soudani-Bani, O. et Bruguière, C. (2015). Mondes possibles et fiction réaliste. Des albums de jeunesse pour modéliser en science à l'école primaire. *Recherches en didactique des sciences et des technologies*, 11, 135-160.
- Spires, A. (2014). *Quel génie!* Scholastic.
- Vauglade, A. (2016). *Comment fabriquer son grand frère : un livre d'anatomie et de bricolage*. L'école des loisirs.

LA MODÉLISATION EN CALORIMÉTRIE

COMMENT ÉVITER LES SEMPITERNELLES « POURQUOI ON APPREND ÇA? »

- **Nicolas-Félix Lacombe, étudiant au doctorat en didactique des sciences, Université de Sherbrooke**
- **Fatima Bousadra, professeure en didactique des sciences, Université de Sherbrooke**

INTRODUCTION

Lors d'un laboratoire de chimie au secondaire, on peut remarquer que les élèves réalisent les manipulations expérimentales en suivant machinalement des consignes et en demandant régulièrement à leur enseignant ou enseignante ce qu'ils ou elles doivent écrire ou faire. Lorsqu'un concept abstrait est présenté, l'une des questions soulevées est : « Pourquoi on apprend ça? » Or, ces observations et ce type de question ne sont pas systématiquement des marqueurs d'un manque d'intérêt, cela témoigne parfois, voire souvent, d'un manque d'intégration par les élèves des concepts enseignés dans leurs propres schèmes de pensée au moment de l'apprentissage (Haigh et al., 2012). Depuis plusieurs décennies, les recherches en didactique de la chimie montrent que la manière de se représenter les liens entre les concepts de nature abstraite et les phénomènes chimiques observables (ici abrégée par l'expression « modèle ») est très différente pour l'apprenant ou apprenante (élève ou adulte) et pour le ou la spécialiste (chimiste ou personne enseignant la chimie) (Coll et Treagust, 2001; Dehon, 2018; Kermen, 2005). En effet, les novices ne voient pas le laboratoire comme une façon de découvrir et de comprendre les phénomènes chimiques, contrairement aux enseignantes et enseignants qui voient le lien entre l'expérience et l'apprentissage (Grosslight et al., 1991).

Toutefois, afin que la question de la pertinence s'impose pour les élèves, il faut non seulement prendre conscience de la différence entre les deux systèmes de pensée, mais aussi, et surtout, s'assurer que la tâche d'apprentissage proposée à l'élève tient réellement compte des conditions de transition entre les registres empiriques et théoriques d'une expérimentation. Cet article propose de revenir sur le processus de modélisation vu comme une approche didactique pour faire évoluer les élèves de leur système de pensée vers celui des scientifiques. Pour illustrer nos propos, nous allons nous appuyer sur les concepts mobilisés lors d'expérimentations en calorimétrie.

1. LES MODÈLES DE CHALEUR ET DE TEMPÉRATURE : QUAND LA RÉALITÉ SENSORIELLE NOUS JOUE DES TOURS

Imaginons que nous demandons à un adolescent ou adolescente si le fait d'ajouter de l'eau tiède dans un verre d'eau tiède la réchauffe. Sa réponse sera probablement non. De même, si nous lui demandons si l'eau à 20°C est plus chaude qu'un lingot de fer à 20°C, elle ou il répondra possiblement que non. Si nous posons les mêmes questions à un ou une chimiste, il ou elle répondra oui, dans les deux cas. Est-ce à dire qu'elles ou ils vivent dans deux mondes différents? En fait, c'est la relation entre l'expérience (sensible et scientifique) et la représentation du monde qui diffère.

1.1. Les modèles et la modélisation intuitive des élèves

Les travaux de Grosslight et al. (1991) et plus tard de Tiberghien et al. (2009) ont montré que les jeunes élaborent leurs concepts d'abord dans l'expérience sensible, cherchant une relation causale directe entre le modèle et l'expérience vécue. Des études ont en effet retracé comment leurs expériences quotidiennes et scolaires induisent l'idée que chaleur et température sont identiques (Yaçinkaya et al., 2009). Premièrement, dans la vie quotidienne, et particulièrement lorsque la météo est évoquée, l'on utilise les mots de façon interchangeable, ce qui amène à les placer dans la même catégorie (Chi, 2005). Deuxièmement, notre corps détecte le réchauffement et le refroidissement par la différence de température davantage que par une mesure exacte de la chaleur (Vestergaard et al., 2023). Comme les élèves cherchent une relation directe entre l'expérience et le modèle, le réchauffement de deux objets à la même température devient ainsi inimaginable.

Ces exemples exposent la différence presque inexistante, pour les élèves, entre le modèle et la réalité perçue par les sens. Comme l'expliquent Grosslight et al. (1991), elles ou ils transposent les caractéristiques de la réalité au modèle, sans les adapter. C'est leur difficulté à accepter un nouveau modèle (« Il est cohérent avec ce que je vis, quel avantage a le modèle scientifique? ») et à envisager que les modèles puissent être modifiés (« Soit c'est cohérent avec la réalité, soit ça ne l'est pas ») (Grosslight et al., 1991).

1.2. Les modèles et la modélisation chez les chimistes

Généralement, dans leur pratique, les chimistes recourent aux modèles pour expliquer des problèmes ou répondre à des questions suscitées par l'expérience scientifique (Orange, 2005). Dans le cas de la calorimétrie, il est facile de démontrer qu'un chauffage équivalent de différents liquides n'entraîne pas une température équivalente, d'où la nécessité de distinguer chaleur et température. Toutefois, rien dans l'expérience concrète n'explique ces différences, étant donné que la chaleur, comme toute énergie, n'est pas directement mesurable. Il faut donc se référer à des idées abstraites pour s'assurer de la cohérence de l'explication, idées qui prennent la forme de théories dans le cas des sciences. Le modèle est alors élaboré pour concrétiser les concepts théoriques et les faire corrélés avec une représentation abstraite de l'expérience (Martinand, 2002).

Dans cette optique, un modèle est une représentation manipulable qui expose les relations entre les savoirs théoriques, l'expérience concrète et le langage chimique (Kermen, 2018). Il est donc plus abstrait que l'expérience et plus concret que la théorie (Tiberghien et al., 2009). Par exemple, l'équation d'échange de chaleur ($q=mc\Delta T$) est un modèle de thermodynamique. Il s'agit d'une façon de représenter le réchauffement ou le refroidissement, dont les règles de calcul sont liées aux principes de thermodynamique et aux expériences de calorimétrie. De plus, ces modèles sont par nature hypothétiques, modifiables et contextualisés, puisque les concepts abstraits qui les fondent peuvent changer, être réfutés par une expérience, et sont construits en réponse à des problèmes spécifiques plutôt qu'à des règles universelles (Martinand, 2002).

Ainsi, contrairement aux modèles élaborés par les élèves, les modèles des chimistes sont différents de la réalité perçue, parce qu'ils constituent un outil pour interpréter, voire prédire, cette dernière à l'aune de la théorie (Martinand, 2002). De facto, les relations entre les modèles et les expériences sont indirectes, car les caractéristiques des modèles découlent aussi d'un raisonnement théorique (Tiberghien et al., 2009). C'est cette assise abstraite qui donne aux modèles scientifiques un pouvoir de prédiction et d'explication qui dépasse la prédiction à partir des faits empiriques (Genzling et Pierrard, 1994).

En revanche, un modèle scientifique doit par définition être vérifiable par une expérience, sinon ce n'est qu'une fabulation (Martinand, 2002). C'est pourquoi les modèles scientifiques sont toujours hypothétiques, modifiables et contextualisés, même si avec le temps certaines hypothèses cessent d'être contestées (Martinand, 2002). Par conséquent, modéliser en sciences implique de construire une représentation abstraite pour expliquer une expérience et de l'appliquer dans une expérience pour vérifier sa correspondance avec la réalité (Martinand, 2002).

Vient alors la question : comment faire pour modéliser scientifiquement en classe?

2. COMMENT MODÉLISER EN CLASSE

Martinand (2002) et Orange (2005) ont démontré que la modélisation en classe passe par trois points d'appui incontournables :

- 1) La problématisation;
- 2) La responsabilisation de l'élève;
- 3) La tâche de représentation.

La problématisation implique de centrer le laboratoire sur un problème abstrait qui donne sens à la construction du modèle (Orange, 2005). La comparaison du chauffage d'huile, d'eau ou de n'importe quelle substance pourrait être l'un de ces problèmes en calorimétrie, puisqu'il n'y a rien dans l'expérience qui permet d'expliquer les différences, ce qui justifie a posteriori la différence entre chaleur et température. Cela donne donc un sens à la modélisation et lie les concepts développés aux problèmes que les élèves résolvent. On évite alors le « Pourquoi on apprend ça? ».

La responsabilisation de l'élève vise à ce qu'il ou elle développe lui-même ou elle-même le modèle scientifique (Martinand, 2002). Cela ne signifie pas que les personnes enseignantes ne l'aident pas ou qu'elles n'apportent pas un début de modèle, puisque l'élève ne possède pas l'ensemble des connaissances requises pour résoudre le problème abstrait (sinon, pourquoi aurait-on besoin de l'enseigner?) (Marzin-Janvier, 2013). Toutefois, il est nécessaire que les élèves élaborent par elles-mêmes ou eux-mêmes les relations entre l'expérience et le modèle, car c'est cette démarche qui les entraîne à garder une cohérence entre la réflexion et l'expérimentation (Marzin-Janvier, 2013).

De cette façon, l'expérience ne sert plus à confirmer l'idée des personnes enseignantes, mais à explorer l'inconnu et à réfléchir sur les idées des apprenants et apprenantes. Cela les engage davantage dans la réflexion, donne un sens à la tâche, aux apprentissages et brise l'impression que les sciences sont dogmatiques (Martinand, 2002). Par exemple, une enseignante pourrait exposer une représentation de la température, puis demander si le niveau d'agitation modifie la tendance à se réchauffer (est-ce qu'une substance plus chaude se réchauffe plus facilement?) Plusieurs hypothèses sont possibles (une substance froide se réchauffe rapidement, la tendance est égale, etc.) De là, la classe prend le relais et organise un protocole rigoureux pour évaluer de façon systématique la tendance à se réchauffer et comparer différentes substances (utiliser un étalon de chauffage, comme une réaction chimique, et observer la différence de température atteinte). De ce fait, les élèves relient le modèle aux hypothèses et au protocole, donc établissent des relations entre le modèle et l'expérience. De plus, la question laisse plusieurs possibilités émerger et favorise donc la confrontation d'idées non imposées par l'enseignante.

Enfin, la tâche la plus importante pour comprendre les modèles scientifiques et leurs liens avec l'interprétation de l'expérience est la représentation (Martinand, 2002). Le fait de dessiner, de schématiser et d'illustrer le phénomène lui-même permet de transformer le modèle en outil intellectuel manipulable. C'est grâce à cette représentation que l'élève peut tisser des liens entre sa réflexion et son expérience. Pourquoi tel dessin est-il impossible, quels sont les liens entre les règles du dessin et les règles de la réalité ou de la théorie, quel lien y a-t-il entre l'hypothèse et l'interprétation des résultats, etc. (Martinand, 2002; Marzin-Janvier, 2013). Dans le cas de la calorimétrie, cela implique que tant l'hypothèse que la discussion soient accompagnées de dessins où la chaleur est représentée par le changement dans le mouvement des particules. La prédiction demandée précédemment pourrait, par exemple, se faire avec un graphique des variations de température en fonction de la température de départ, ou encore des dessins de molécules à différentes températures pour la même chaleur lorsque la capacité calorifique est intégrée au modèle. Cette utilisation récurrente permettrait aux élèves de cerner comment le modèle permet l'interprétation de la réalité pour ainsi garder le fil conducteur du modèle tout au long de l'expérience.

C'est donc par la tâche de représentation que l'on parvient à tirer la pensée intuitive vers les formes de pensée propres aux sciences, car c'est à travers cette activité que l'on amène les élèves à vivre un débat scientifique. À partir de la question «Imaginons que la chaleur est accrochée aux molécules, est-ce que le mélange de deux molécules peut être plus chaud que la somme des deux molécules?», on peut guider les débatteurs et débatteuses à statuer que certaines relations conceptuelles sont possibles et impossibles, que certains concepts ne sont pas cohérents avec la réalité, etc. Par exemple, dès que l'on représente la température comme un degré d'agitations, l'idée que le froid se transmet perd son sens, puisque le froid n'est pas une contrepartie de la chaleur, mais plutôt une valeur moindre de chaleur. La réflexion sur les questions abstraites est donc simplifiée par la tâche de représentation, ce qui leur permet ensuite de mieux comprendre comment interpréter l'expérience (Marzin-Janvier, 2013).

En combinant les trois points d'appui, on arrive à faire transiter l'apprenant ou l'apprenante d'un modèle intuitif à un modèle scientifique. La problématisation et la responsabilisation de l'élève l'amènent à considérer l'importance d'une vision plus globale et abstraite de ses idées, ce que la tâche de représentation permet. De plus, l'ancrage de la démarche dans un problème abstrait vient justifier par lui-même les caractéristiques des modèles scientifiques, d'autant plus que le modèle qui en résulte ne peut pas être autre chose qu'une hypothèse modifiable et contextualisée.

CONCLUSION

Les difficultés des élèves à comprendre les modèles des chimistes viennent de leur idée que la réalité s'explique à partir de l'expérience seule, alors que les modèles des chimistes sont un intermédiaire entre une théorie et l'expérience (Kermen, 2018). Cette différence crée des difficultés à interpréter le laboratoire, car les idées théoriques leur semblent inutiles et illégitimes pour interpréter leurs observations. La modélisation peut les amener à dépasser ces difficultés parce qu'elle donne un sens à l'élaboration des modèles scientifiques à travers la problématisation (Orange, 2005). De plus, la tâche de représentation donne aux apprenants et apprenantes les moyens de comprendre les concepts abstraits et leurs relations avec l'expérience, ce qui leur permet de comprendre la nécessité de l'abstraction autant que la cohérence entre l'expérience et la théorie (Martinand, 2002). Enfin, les rendre responsables de la construction du modèle donne une légitimité au modèle développé et au laboratoire, puisque l'un comme l'autre deviennent des moyens pour explorer leurs idées, et pas seulement celles des scientifiques (Martinand, 2002). Ainsi, la modélisation présente un grand potentiel pour faire comprendre l'intérêt, le processus et l'importance de la réflexion scientifique.

Références

- Chi, M. T. H. (2005). Commonsense conceptions of emergent processes: Why some misconceptions are robust. *The Journal of the Learning Sciences*, 14(2), 161-199. https://doi.org/10.1207/s15327809jls1402_1
- Coll, R. K. et Treagust, D. F. (2001). Learners' mental models of chemical bonding. *Research in Science Education*, 31(3), 357-382. <https://doi.org/10.1023/A:1013159927352>
- Dehon, J. (2018). L'équation chimique, un sujet d'étude pour diagnostiquer les difficultés d'apprentissage de la langue symbolique des chimistes dans l'enseignement secondaire belge [Thèse de doctorat, Université de Namur]. https://pure.unamur.be/ws/portalfiles/portal/38343652/2018_DehonJ_these.pdf
- Genzling, J.-M. et Pierrard, M.-A. (1994). La modélisation, la description, l'explication et la prédiction. Dans J.-L. Martinand, *Nouveaux regards sur l'enseignement et l'apprentissage de la modélisation* (p. 47-77). Institut national de recherche pédagogique.
- Grosslight, L., Unger, C., Jay, E. et Smith, C. L. (1991). Understanding models and their use in science: Conceptions of middle and high school students and experts. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(9), 799-822. <https://doi.org/10.1002/tea.3660280907>
- Kermen, I. (2005, octobre). Pourquoi une transformation chimique s'arrête-t-elle? Les explications d'élèves de terminale S. 4es Rencontres de l'ARDIST. <https://hal.science/hal-02883035>
- Kermen, I. (2018). Raisonnements d'élèves confrontés à l'évolution d'un système chimique. Dans *Enseigner l'évolution des systèmes chimiques au lycée : savoirs et modèles, raisonnements d'élèves, pratiques enseignantes* (p. 71-102). Presses universitaires de Rennes.
- Martinand, J.-L. (2002). Apprendre à modéliser. Dans R. Toussaint (dir.), *Changement conceptuel et apprentissage des sciences. Recherches et pratiques*. (p. 12). Éditions Logiques.
- Marzin-Janvier, P. (2013). Comment donner du sens aux activités expérimentales? [Mémoire, Université Joseph-Fourier - Grenoble I]. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00966001>
- Orange, C. (2005). Problématisation et conceptualisation en sciences et dans les apprentissages scientifiques. *Les Sciences de l'éducation - Pour l'Ère nouvelle*, 38(3), 69-94. <https://doi.org/10.3917/lse.383.0069>
- Tiberghien, A., Vince, J. et Gaidioz, P. (2009). Design-based research: Case of a teaching sequence on mechanics. *International Journal of Science Education*, 31(17), 2275-2314. <https://doi.org/10.1080/09500690902874894>
- Vestergaard, M., Carta, M., Güney, G. et Poulet, J. F. A. (2023). The cellular coding of temperature in the mammalian cortex. *Nature*, 614(7949), 725-731. <https://doi.org/10.1038/s41586-023-05705-5>
- Yalçinkaya, E., Özgecan, T. et Yezdan, B. (2009). High school students' conceptions about energy in chemical reactions. *Pamukkale University Journal of Education*, 26(26), 1-11.

CULTURE ET CITOYENNETÉ QUÉBÉCOISE: QUELLES OPPORTUNITÉS POUR L'INTERDISCIPLINARITÉ?

MODALITÉS, BÉNÉFICES ET OBSTACLES ASSOCIÉS À LA JONCTION DES PROGRAMMES DE CCQ ET DE ST-STE

- **Florent Bézard, enseignant en science et technologie au secondaire, Pensionnat du Saint-Nom-de-Marie**

INTRODUCTION

Les avancées scientifiques et technologiques soulèvent souvent des enjeux cruciaux sur le plan sociétal. Qu'elles soient sociales, environnementales, sanitaires, éthiques, politiques et même géopolitiques, les conséquences d'une application scientifique sont souvent hétérogènes et difficiles à prévoir. Un nouveau vaccin à ARN messager est-il efficace et sécuritaire pour traiter la COVID-19? Un agent conversationnel issu de l'intelligence artificielle est-il à craindre? Répondre adéquatement à ces questions suppose non seulement d'avoir de bonnes connaissances en sciences pures et en sciences sociales, mais aussi de savoir articuler les concepts issus de ces diverses disciplines. C'est pourquoi il est tout à fait opportun de placer les élèves dans des situations qui facilitent le rapprochement de leurs compétences scientifiques avec leurs savoirs culturels et leurs compétences critiques.

Au moment de la rédaction de cet article, l'implantation du nouveau programme de Culture et citoyenneté québécoise (CCQ), en remplacement de celui d'Éthique et citoyenneté québécoise (ECR), est presque effective. Après une brève comparaison des programmes d'ECR et de CCQ, ce texte tentera donc d'explorer les modalités, les bénéfices et les obstacles reliés à une jonction entre les programmes de CCQ et de Science et technologie ou Science et technologie de l'environnement (ST-STE) lors de la 4^e année du secondaire.

1. MODIFICATIONS MAJEURES ENTRE LES PROGRAMMES D'ECR ET DE CCQ

Après comparaison des programmes d'ECR et de CCQ, la première observation que l'on relève est le **passage de trois à deux compétences disciplinaires** (CD):

- « Étudier une réalité culturelle » (CD1) comportant quatre composantes (circonscrire l'objet d'étude, analyser les relations sociales, évaluer les savoirs, exposer une compréhension enrichie)
- « Réfléchir sur une question éthique » (CD2) incluant quatre composantes (dégager la dimension éthique d'une situation, examiner une diversité de points de vue, élaborer un point de vue, dialoguer)

Ainsi, la CD3 en ECR (Pratiquer le dialogue) disparaît, mais les savoir-faire sont largement repris à travers les nouvelles composantes de la nouvelle CD2.

Le deuxième changement concerne la volonté de s'éloigner des stricts aspects religieux et de ses liens avec l'environnement social et culturel pour adopter **une approche plus largement sociologique**. La nouvelle compétence vise d'ailleurs « l'acquisition et le développement de savoir-faire propres à la démarche critique de recherche en sociologie » (MEQ, 2022).

De plus, le programme de CCQ organise ses **thèmes par niveaux et en lien transversal avec les compétences disciplinaires** (Tableau 1). Ces thèmes sont reliés à des concepts devant tous être considérés comme prescriptifs.

Tableau 1. Thèmes et concepts du programme de CCQ de 4^e secondaire

Culture et citoyenneté québécoise (CCQ), 4 ^e secondaire	
Thèmes	
Concepts principaux : concepts particuliers	
Relations et bienveillance	
Relations affectives/amoureuses/sexuelles : <i>intimité, réciprocité...</i>	
Altruisme et pratiques de bienveillance : <i>écologisme, souci de l'autre...</i>	
Communication numérique : <i>hostilité en ligne, authenticité...</i>	
Justice et droit	
Justice : <i>principe et types de justice</i>	
Injustice : <i>discrimination, recours juridique</i>	
Institutions juridiques : <i>tribunaux, Charte des droits et libertés...</i>	
Encadrement juridique de la vie amoureuse/sexuelle : <i>consentement, violence...</i>	
Culture et production symbolique	
Nature : <i>culture matérielle et immatérielle</i>	
Culture/Sous-culture : <i>culture classique, culture scolaire...</i>	
Culture autochtone et changement culturel : <i>hybridation culturelle, acculturation...</i>	
Technologies et défis d'avenir	
Technologie : <i>technocritique, technophilie</i>	
Technologie et humanité : <i>transhumanisme, posthumanisme</i>	
Innovation technologique : <i>biotechnologie, réalité virtuelle</i>	
Intelligence artificielle : <i>algorithme</i>	
Transition écologique et technologie	

En résumé, la dissociation des compétences disciplinaires et des éléments de contenus dans le nouveau programme donne un plus grand choix de combinaison de concepts entre les disciplines et davantage d'options pédagogiques qu'auparavant.

2. QUELS RAPPROCHEMENTS DISCIPLINAIRES ENTRE LA CCQ ET LA ST-STE?

2.1. La combinaison des concepts

Une jonction efficace entre la CCQ et la ST-STE peut passer par l'identification des concepts les plus féconds. En l'occurrence, les concepts abordés en 4^e secondaire dans les deux programmes offrent de nombreuses possibilités pour réussir cette jonction.

Le tableau 2 ci-bas retient les grandes problématiques environnementales, telles que décrites en 4^e secondaire dans le Programme de formation de l'école québécoise (PFEQ) (MELS, 2007a, 2007b), pour les croiser avec les concepts principaux de CCQ qui sont les plus susceptibles de favoriser un décloisonnement disciplinaire. Aux points de croisement figurent **des concepts convergents**, parfois non explicitement inclus dans l'un ou l'autre des programmes sous forme de concepts prescrits.

Tableau 2. Problématiques des programmes ST-STE et convergence avec le contenu conceptuel du programme de 4^e secondaire en CCQ

ST-STE	Culture et citoyenneté québécoise			
Problématiques	Concepts principaux du programme de 4 ^e secondaire			
	Altruisme et pratiques bienveillantes	Justice et injustice	Technologie et humanité	Innovation technologique et transition écologique
Changements climatiques et Énergie (ST-STE)	Diminution individuelle ou collective du bilan carbone Écoresponsabilité, pratiques d'efficacité et de sobriété énergétiques	Inégalités et excès des émissions de GES, réfugiés climatiques Inégalités d'accès et surconsommation énergétique	Technophilie, technocritique, technosolutionnisme	Principes et portées de technologies « vertes » Utilisation des ressources renouvelables, potentielles et de futures énergies (thorium, hydrogène...) Politiques de gestion et de restriction
Eau potable (ST-STE) et Matières résiduelles (STE)	Écoresponsabilité, sobriété, impacts sanitaires, émissions polluantes	Inégalités d'accès, inégalités sanitaires, surconsommation, gaspillage, excès des rejets	Technophilie, technocritique, technosolutionnisme	Procédés d'assainissement, agents chimiques, biodégradation Politiques de gestion et de restriction
Déforestation (ST-STE) et Production alimentaire (STE)	Préservation de la biodiversité, antispécisme, véganisme, écoresponsabilité, consommation biologique et locale	Excès d'abattage des arbres Inégalités d'accès, inégalités sanitaires	Technophilie, technocritique, technosolutionnisme, posthumanisme, transhumanisme	OGM, agents de conservation des aliments Politiques d'accès et d'encadrement

Les *concepts convergents* proposés au tableau 2 peuvent servir de prétexte à intégrer les concepts particuliers associés aux problématiques environnementales et scientifiques comme ceux du nouveau programme de CCQ. On peut aussi passer par des principes technologiques largement utilisés ou innovants (voir colonne Innovation technologique) pour favoriser l'apprentissage de concepts reliés à chacun des programmes. L'annexe B du programme STE (MELS, 2007b) propose une longue liste d'applications liées aux problématiques précitées.

2.2. Les approches pédagogiques et leurs impacts sur les compétences

Dans le cadre d'un travail interdisciplinaire, la pédagogie retenue par l'enseignant ou l'enseignante peut influencer sur l'apport respectif de chaque discipline, sur la nature des liens qui les unit et sur les compétences stimulées chez l'élève.

D'abord, **l'apprentissage par problème** présente une situation authentique, mettant en jeu des connaissances reliées, en principe, à une discipline précise. La séquence pour l'élève consiste à établir un diagnostic, avant de communiquer et d'argumenter pour, finalement, proposer une solution.

Dans le cadre du programme de ST-STE, on pourrait demander aux élèves de décrire les impacts énergétiques et/ou environnementaux d'une pratique industrielle ou sociétale (recours aux combustibles ou au nucléaire, appropriation ou pollution de l'eau...), de proposer une solution de rechange pour répondre aux problèmes induits par cette pratique et de mesurer les conséquences sociales, économiques et éthiques de la solution proposée. Dans un tel sujet, les CD1 et 2 en ST-STE (chercher des réponses/solutions à des problèmes, mettre à profit ses connaissances) sont sollicitées. Elles amènent à dégager la dimension éthique du contexte et à défendre son point de vue (CD2 du programme de CCQ).

L'approche par projet ensuite vise l'utilisation en contexte des savoirs et leur acquisition par la réalisation du projet ou d'un produit fini. En guise d'exemple, on pourrait demander aux élèves de proposer un changement de comportement personnel pour lutter contre une des problématiques environnementales incluses au tableau 2 (ex.: réduire la consommation de viande, limiter l'utilisation d'une technologie...). La conception d'un objet technologique peut aussi être au centre du projet (éolienne, station météorologique...) pour en déduire certaines performances (puissance, rendement, précision de la mesure...) et en évaluer ses effets sociétaux en termes de production et d'acceptabilité éthique ou sociale. Dans ces exemples, les CD1 et CD2 en ST sont mises au service des deux compétences en CCQ (exposer une compréhension enrichie d'une réalité culturelle; dégager une dimension éthique d'une situation). Une action réciproque et rétroactive des compétences est aussi favorisée ici.

Enfin, **les débats et les controverses** permettent le partage de points de vue lors de discussions encadrées. In fine, l'élève peut exprimer un avis pertinent sur un sujet en saisissant la dimension subjective, temporaire et perfectible de sa pensée. Ces approches développent les CD2 en CCQ (dialoguer sur une question éthique) et CD3 en ST-STE (participer à des échanges d'informations scientifiques). Elles offrent aussi, par l'échange, de réviser une opinion en stimulant rétroactivement les autres compétences des deux disciplines (CD1 en CCQ et CD2 en ST-STE).

3. LES DIFFICULTÉS ASSOCIÉES À L'INTERDISCIPLINARITÉ CCQ/ST-STE

La mise en place d'un travail interdisciplinaire n'est pas chose aisée. Elle suppose pour le personnel enseignant d'**assurer une coordination** sur son avancée dans chacun des programmes: le choix d'une méthode pédagogique (démonstrative, interrogative, découverte...) conditionne en effet la connaissance ou la méconnaissance préalable des concepts clés pour l'élève. Une entente sur le plan de l'échéancier est donc nécessaire et permettra aussi de déterminer les séances qui supposeraient la présence simultanée des deux enseignants ou enseignantes.

Une approche interdisciplinaire profitable pour les élèves suppose qu'ils et elles soient dans les meilleures conditions pour construire une pensée complexe. **Une bonne maîtrise des concepts clés** doit être garantie en amont par le personnel.

Les croyances irrationnelles, ou parfois les thèses conspirationnistes, peuvent représenter un obstacle pour les élèves qui y adhèrent. Les enseignants et enseignantes peuvent faire valoir que la réflexion critique doit s'opérer dans les limites de ce qui a été enseigné au sein de l'établissement. De plus, les croyances religieuses peuvent venir s'interposer au déploiement d'une pensée critique sur des thématiques telles que la sexualité, la théorie de l'évolution biologique ou la cosmologie (Sélosse et al, 2020). Ici, accueillir les propositions des élèves et inviter à l'altérité des explications est l'option idéale.

CONCLUSION

La modernisation du programme d'Éthique et culture religieuse est une aubaine pour les enseignants et enseignantes de ST-STE. Elle permet en même temps de se référer à des contenus spécifiquement prescrits pour la 4^e secondaire et de joindre plus librement les concepts et les compétences des deux disciplines. Par conséquent, offrir une réflexion interdisciplinaire CCQ/ST-STE à l'élève peut passer par des initiatives pédagogiques plus diversifiées et efficaces pour l'atteinte des objectifs d'apprentissage.

Selon le philosophe Bernard Stiegler, toute technologie, comme tout médicament, est un pharmakon, c'est-à-dire **à la fois un remède et un poison** (Ars Industrialis, 2010). Dans ce cadre, on peut envisager qu'une avancée scientifique est systématiquement suivie par une ou plusieurs applications technologiques amenant, non pas des effets positifs ou négatifs, mais des effets simultanément positifs et négatifs. Il est donc crucial, pour un adulte citoyen responsable, d'une part de comprendre et de savoir critiquer les effets sociétaux des progrès techno-scientifiques, d'autre part de rectifier ses usages des technologies en lien avec ses connaissances scientifiques et environnementales. Si le décloisonnement entre les programmes de ST-STE et de CCQ permet d'atteindre ces objectifs pour l'élève, il mérite qu'on s'y investisse.

Références

Ars Industrialis. (2010). Pharmakon (pharmacologie).

<https://arsindustrialis.org/pharmakon>

Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport (MELS). (2007a). Science et technologie.

Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport (MELS). (2007b). Science et technologie de l'environnement.

Ministère de l'Éducation du Québec (MEQ). (2022). Programme provisoire de Culture et citoyenneté québécoise.

Sélosse, M. A., Lecointre, G., Westhof, E. et Boudeau, D. (2020, 19 novembre). Comment enseigner les SVT face aux fondamentalismes ? Libération. https://www.liberation.fr/debats/2020/11/19/comment-enseigner-les-svt-face-aux-fondamentalismes_1806092/



UQÀM

**Partenariat pour le développement
et la réussite de la formation scientifique
au secondaire**

**Une communauté d'enseignants qui
cherche, comprend et transforme**

partenariatsciences.uqam.ca

L'APPROCHE FRUGALE EN PHYSIQUE EXPÉRIMENTALE

UNE FAÇON DE PROPOSER DES INVESTIGATIONS AUTHENTIQUES ET ENGAGEANTES

- **Frédéric Bouquet et Julien Bobroff, Université Paris-Saclay, CNRS, Laboratoire de Physique des Solides ; Institut Villebon - Georges Charpak**
- **Geneviève Allaire-Duquette, Université de Montréal**

INTRODUCTION

L'enseignement des sciences expérimentales en physique à l'université est souvent réalisé par des travaux pratiques (TP), ces séances pendant lesquelles les personnes étudiantes procèdent à des manipulations. Les TP sont considérés comme essentiels à la formation scientifique, et répondent à différents objectifs pédagogiques : acquisition de compétences techniques, manipulation de matériel, illustration de phénomènes vus en cours, apprentissage de la démarche scientifique, conception d'expériences et de protocoles et analyse de données (Kozminski et al., 2014).

Les TP ne sont toutefois pas toujours appréciés des personnes étudiantes, surtout dans le cas des expérimentations de type «recette» (Deacon et Hajek, 2011). Celles-ci se caractérisent souvent par un protocole fermé et très strict, qui guide les personnes étudiantes quant aux mesures à effectuer en laissant peu de place à l'autonomie, et ce, tant dans la conception du montage expérimental que dans la prise de mesures et dans l'analyse des données.

Ces activités fermées ne permettent pas de développer une compréhension de l'ensemble des étapes de la démarche expérimentale, car il y a peu d'autonomie dans les démarches à effectuer et très peu de réflexion sur la démarche d'investigation réalisée. Cette façon d'envisager la démarche expérimentale est d'ailleurs très éloignée des pratiques ouvertes et authentiques qui caractérisent le travail des scientifiques.

Dans ce texte, nous proposons d'explorer l'approche frugale, qui a pour objectif d'inciter les personnes étudiantes à mener des démarches d'investigation hors du cadre formel de la classe ou du laboratoire. Les étudiantes et étudiants utilisent du matériel de la vie de tous les jours, dans différents contextes, par exemple en étant immergés dans une fiction ou encore en étant plongés dans la forêt.

POURQUOI AVOIR RECOURS À DU MATÉRIEL FRUGAL?

Utiliser du matériel expérimental frugal, c'est-à-dire du matériel simple, commun ou peu cher, est une façon de proposer des démarches d'investigation plus ouvertes. Ces démarches permettent de faire des choix ou d'utiliser différentes ressources pour répondre à une question posée. Plusieurs avantages sont associés à cette approche (Al-Shamali et Connors, 2010; Kovarik et al., 2020)

- L'approche offre l'occasion de concevoir et de modifier le montage expérimental, ce qui permet de centrer l'apprentissage sur la démarche scientifique ainsi que sur la collecte et l'analyse des données.
- Elle rend possible un enseignement expérimental à distance. Cela peut être particulièrement intéressant pour une formation continue ou pour assurer la continuité pédagogique dans le cas d'une absence prolongée.
- L'utilisation de matériel frugal permet de demander aux personnes étudiantes de faire des mesures chez elles, ce qui ouvre des possibilités pédagogiques pour l'enseignement de la physique expérimentale, par exemple l'adoption d'une pédagogie de la classe inversée.
- L'approche frugale facilite l'approche par projet et le travail en groupe en surmontant les défis de la co-utilisation des locaux et des équipements.
- Elle offre l'occasion de sortir l'expérimentation des laboratoires formels qui peuvent donner un côté intimidant et artificiel à l'expérience.
- Elle diminue les coûts et l'empreinte écologique associés aux TP dans le contexte d'une nécessaire sobriété à l'heure de la crise climatique. L'utilisation de matériel frugal permet en effet la réutilisation de matériel déjà disponible et peut éviter l'achat de matériel neuf.

Parmi tous ces avantages, l'objectif central de l'approche frugale demeure celui de démythifier les instruments de mesure et d'ancrer les expérimentations en physique dans le réel. Cela permet de proposer autre chose que des activités d'apprentissage fermées et contrôlées. En ouvrant les démarches d'investigation, les personnes étudiantes développent également des habiletés différentes, dont le bricolage, la conception technique, le travail en équipe, l'autonomie et la créativité.

Dans ce contexte, les téléphones intelligents (smartphones) peuvent jouer un rôle pertinent. En effet, il s'agit d'un objet que la vaste majorité des personnes étudiantes possède déjà et dont l'utilisation peut être optimisée pour faire de la physique. Il contient notamment de nombreux capteurs (microphone, caméra, accéléromètre, gyroscope, etc.) qui peuvent être utilisés pour faire des mesures de phénomènes physiques variés (voir Monteiro et Marti (2022) pour un état de l'art). Plusieurs applications permettent de travailler sur les données recueillies par ces capteurs. Nous utilisons régulièrement l'application Fizziq (conçue pour l'enseignement préuniversitaire) ou phyphox (adaptée à l'enseignement universitaire) à cet égard. Ces deux applications sont gratuites et disponibles sur les appareils de marque Apple et sur ceux dont Android est le système d'exploitation. Dans ce qui suit, nous proposons plusieurs façons d'utiliser le téléphone intelligent et le matériel frugal afin de réaliser des expérimentations ouvertes en physique. Ces exemples ont tous été mis à l'essai dans nos classes universitaires.

LA PHYSIQUE AU BOUT DES DOIGTS

Cette expérimentation invite les personnes étudiantes à découvrir comment faire une mesure physique en utilisant un téléphone intelligent. Dans une salle de classe typique mais spacieuse, avec du matériel de tous les jours organisé dans des caisses (pailles, carton, mousse, ruban adhésif, papier d'aluminium, pâte à modeler, etc. (Fig. 1)), il s'agit de faire des mesures lors de séances hebdomadaires.

D'abord guidées sur la méthode, les personnes étudiantes sont de plus en plus libres, jusqu'à un dernier projet très ouvert. Ainsi, une année, nous avons commencé par l'étude du pendule (chaque groupe fabrique un pendule en suspendant un téléphone intelligent et étudie ses oscillations), puis nous avons réalisé des projets plus ouverts (propagation du son dans un tube étudié en déplaçant un écouteur dans le tube, atténuation de la lumière à travers des feuilles transparentes avec le capteur de luminosité, lien entre accélération et vitesse de rotation avec les capteurs de mouvements, son émis par une corde de guitare en fonction de sa longueur et de sa tension avec le microphone, résonance d'une bouteille en fonction du volume d'eau qu'elle contient, etc.), pour finir avec la conception collective d'un jeu d'évasion dans lequel chaque énigme ne peut se résoudre que par une mesure physique réalisée à l'aide de son téléphone.

Les rapports que les personnes étudiantes doivent produire prennent d'abord la forme de comptes rendus classiques, puis ils évoluent vers des formes plus originales : affiche, animation pas à pas, site web, etc. Dans le cas du jeu d'évasion, il a été testé par des personnes étudiantes de l'université qui n'avaient pas suivi notre cours.



Figure 1. Le matériel proposé comporte des pailles, du carton, de la mousse, des tiges en bois, du ruban adhésif, des outils de découpe, des fils et ficelles, des gobelets, des mètres mesuriers, de la papeterie variée, des blocs de construction, des élastiques, des morceaux de coton, du papier d'aluminium et de la pâte à modeler. La liste n'est pas exhaustive, et elle est régulièrement modifiée.

DES PROJETS DE PHYSIQUE AVEC DES MICROCONTRÔLEURS ARDUINO

Pour aller au-delà du côté « boîte noire » du téléphone intelligent, les personnes étudiantes utilisent des capteurs et microcontrôleurs venus du monde des laboratoires de fabrication collaboratifs (fab labs) : les cartes Arduino (Bouquet et al., 2017). Avec ces objets et du matériel de récupération, il s'agit de mener, en environ cinq jours, une étude physique dont le sujet est laissé libre : mesures de mécanique avec des capteurs de mouvements, de physique ondulatoire avec des microphones, de thermodynamique avec des thermomètres, etc. (Fig. 2). Cela permet d'utiliser une approche par projet sans trop de problèmes de matériel, mais aussi de se confronter aux défis de conception et de fabrication de dispositifs expérimentaux ainsi qu'au fonctionnement des capteurs, tout en laissant un très grand choix dans le sujet à explorer.

Laisser les personnes étudiantes concevoir leur sujet sans liste préétablie, puis le piloter de A à Z est un aspect important dans cette activité qui mène à des projets variés, comme l'étude de l'effet magnéto-calorique ou du rebond d'une balle, la fabrication et le test d'une balance, l'étude de la déformation d'une poutre métallique et de l'effet d'un recuit thermique ou encore l'étude de la percolation électrique dans un mélange de billes métalliques et isolantes. Certains projets particulièrement aboutis ont pu faire l'objet de publications auxquelles les personnes étudiantes de troisième année universitaire ont participé (Henaff et al., 2018; Hilberer et al., 2018). Lors du confinement dû à la pandémie de COVID-19, cet enseignement a pu être maintenu à distance. Il a permis de maintenir un lien privilégié avec les étudiants et étudiantes, plus riche que les cours en ligne plus unidirectionnels.

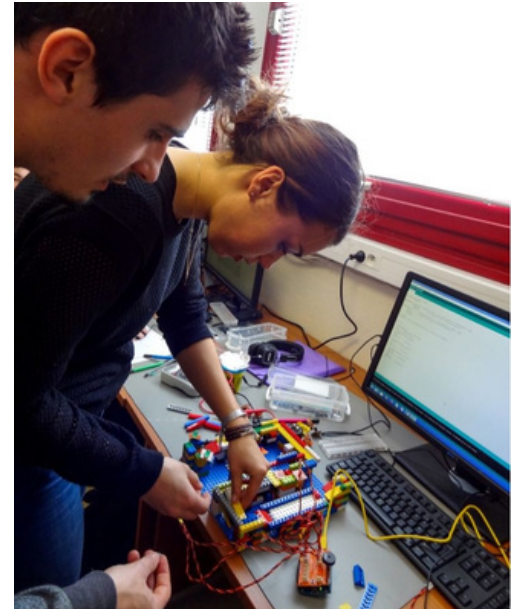


Figure 2. Construction d'un dispositif de mesure avec un capteur relié à une carte Arduino.

UTILISER UNE FICTION POUR ENGAGER LES ÉTUDIANTS ET ÉTUDIANTES

Dans cette activité, les personnes étudiantes intègrent un scénario où elles deviennent des membres d'une équipe de soutien technique (Fig. 3). Pendant deux jours consécutifs, leur équipe doit aider des cosmonautes ou des espions dans leur travail (fabriquer des dispositifs pour mesurer l'activité sismique, magnétique ou lumineuse d'une planète inconnue; concevoir, fabriquer et tester un dispositif pour émettre et capter un signal lumineux, etc.). Le personnel enseignant est présent et fait avancer l'histoire, mais il joue également des rôles dans lesquels ils n'ont pas de compétences en physique. Les équipes doivent donc décider elles-mêmes des directions à suivre. Les enseignantes et enseignants peuvent quand même faire des retours à l'équipe à travers différents artifices : experts internationaux disponibles uniquement pendant quelques minutes ou instance de certification extérieure qui envoie un rapport. Ce format permet un engagement important des étudiants et étudiantes (Bouquet, Bobroff, Delabre et al., 2023). Un site web permet à toute personne enseignante de tenter une expérience similaire avec des options adaptées à ses propres contraintes de temps et de niveau (Enseigner la physique par la fiction, 2022).



Figure 3. Les personnes étudiantes conçoivent et fabriquent des prototypes pouvant être lancés par la fenêtre, avec un temps de chute le plus près possible de deux secondes. L'atterrissage doit faire un maximum de bruit. Un test collectif est organisé au bout d'une heure et demie, à l'issue duquel ils et elles choisissent collectivement le dispositif qui répond le mieux aux besoins exprimés par un espion en mission.

FAIRE DE LA PHYSIQUE EN FORÊT

Il est possible d'exploiter le nomadisme que permet l'utilisation de matériel frugal en proposant aux étudiants et étudiantes de faire de la physique en milieu naturel (Bouquet, Bobroff, Etienne et al., 2023). Cette expérimentation permet de réfléchir à la problématique du dérèglement climatique et de montrer que la physique est un outil qui permet de décrire et de comprendre le réel, même en dehors d'une situation bien contrôlée d'un laboratoire. En encourageant les équipes à regarder la forêt avec l'œil de la physique, elles peuvent par exemple y étudier le lien entre la densité des arbres et leur hauteur, le débit d'une rivière, la chute d'un gland, l'effet de la densité des arbres sur l'atténuation sonore ou l'élasticité d'une branche (Fig. 4). Tous ces projets sont ensuite présentés dans le cadre d'une exposition éphémère conçue collectivement par la classe.



Figure 4. Groupe d'étudiantes mesurant la densité surfacique d'arbres et l'intensité sonore moyenne en forêt pour étudier la corrélation entre ces deux grandeurs.

CONCLUSION

L'approche frugale permet le déploiement d'une pédagogie authentique et riche en physique expérimentale. Les retours que nous avons reçus des personnes étudiantes nous convainquent de l'intérêt de proposer des projets plus ouverts admettant des solutions multiples. Parmi ces retours, on retrouve :

- des commentaires sur les compétences expérimentales développées lors de l'enseignement : « Prendre une mesure correctement, ce n'est pas si simple » et « la conception et les contraintes d'une expérience étaient enrichissantes ».
- des commentaires sur l'autonomie et la liberté de mener son projet : « Satisfaction d'avoir pu effectuer de A à Z un projet scientifique tout en voyant que l'on pouvait utiliser nos connaissances »; « le fait de choisir nous-mêmes le thème sur lequel on veut travailler et de monter nous-mêmes nos expériences » et « la liberté qu'on avait ».
- des commentaires sur le travail en groupe : « répartir les tâches. Discuter, faire valoir son point de vue lorsqu'on n'est pas d'accord »; « parfois, le travail en groupe, ce n'est pas facile, car on a tous des idées différentes et on ne se met pas d'accord aussi facilement... » et « le travail en groupe peut être très efficace en s'organisant ».

Enfin, l'approche frugale nous permet aussi d'atteindre un objectif absolument incontournable, autant pour les personnes étudiantes qu'enseignantes, celui de prendre du plaisir à faire de la physique : « La science n'est pas que des calculs longs et incompréhensibles. Ça peut être vraiment fun ».

REMERCIEMENTS

Ce travail a bénéficié du support et du financement de la Chaire de recherche-action sur l'innovation pédagogique de l'Université Paris-Saclay et de l'Institut Villebon – Georges Charpak. Nous remercions tout le personnel enseignant qui nous a suivis dans ces enseignements et les étudiants et étudiantes qui les ont subis.

Références

- Al-Shamali, F. et Connors, M. (2010). Low-cost physics home laboratory. Dans D. Kennepohl et L. Shaw (dir.), *Accessible elements: Teaching science online and at a distance* (p. 131-145). AU Press.
- Bouquet, F., Bobroff, J., Delabre, U., Barberet, P., Berry, V., Allaire-Duquette, G. et Moyon, M. (2023). Using fiction in physics' laboratories to engage undergrad students. Dans G. S. Carvalho, A. S. Afonso et Z. Anastácio (dir.), *Fostering scientific citizenship in an uncertain world. Selected papers from the ESERA 2021 conference* (p. 171-182). Springer.
- Bouquet, F., Bobroff, J., Etienne, L. A. et Vardon, C. (2023). Teaching physics in the woods. *American Journal of Physics*, 91(9), 685-689. <https://doi.org/10.1119/5.0143470>
- Bouquet, F., Bobroff, J., Fuchs-Gallezot, M. et Maurines, L. (2017). Project-based physics labs using low-cost open-source hardware. *American Journal of Physics*, 85(3), 216-222. <https://doi.org/10.1119/1.4972043>
- Deacon, C. et Hajek, A. (2011). Student perceptions of the value of physics laboratories. *International Journal of Science Education*, 33(7), 943-977. <https://doi.org/10.1080/09500693.2010.481682>
- Enseigner la physique par la fiction (2022). <https://vulgarisation.fr/fictions/>
Henaff, R., Le Doudic, G., Pilette, B., Even, C., Fischbach, J.-M., Bouquet, F., Bobroff, J., Monteverde, M., Marrache-Kikuchi, C. A. (2018). A study of kinetic friction: The Timoshenko oscillator. *American Journal of Physics*, 86(3), 174-179. <https://doi.org/10.1119/1.5008862>
- Hilberer, A., Laurent, G., Lorin, A., Partier, A., Bobroff, J., Bouquet, F., Even, C., Fischbach, J.-M., Marrache-Kikuchi, C. A., Monteverde, M., Pilette, B. et Quay, Q. (2018). Temperature-dependent transport measurements with Arduino. *Papers in physics*, 10, 100007-100007. <https://doi.org/10.4279/pip.100007>
- Kovarik, M. L., Clapis, J. R. et Romano-Pringle, K. A. (2020). Review of student-built spectroscopy instrumentation projects. *Journal of Chemical Education*, 97(8), 2185-2195. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00404>
- Kozminski, J., Beverly, N. et Lewandowski, H. (2014), American Association of Physics Teachers recommendations for the undergraduate physics laboratory curriculum. American Association of Physics Teachers. https://www.aapt.org/Resources/upload/LabGuidelinesDocument_EBendorsed_nov10.pdf
- Monteiro, M. et Martí, A. C. (2022). Resource letter MDS-1: Mobile devices and sensors for physics teaching. *American Journal of Physics*, 90(5), 328-343. <https://doi.org/10.1119/5.0073317>

ENSEIGNER LES SCIENCES EN ADOPTANT UNE ÉPISTÉMOLOGIE AUTOCHTONE ET DES PÉDAGOGIES TRANSFORMATRICES

- **Liliane Dionne, Ph. D., Faculté d'éducation, Université d'Ottawa**
- **Diane Campeau, Ph. D., Faculté d'éducation, Université de l'Alberta**

INTRODUCTION

Nous assistons actuellement à une crise climatique qui s'accompagne notamment d'une augmentation de la fréquence des phénomènes météorologiques extrêmes. Cette crise serait imputable à notre avidité d'exploiter et d'utiliser les ressources naturelles. Conséquemment, nous devons changer nos habitudes de vie, développer des valeurs de bienfaisance à l'égard de la nature et éduquer les jeunes générations en ce sens. De tels changements demandent une transition vers un mode de vie simple, ce qui implique de s'opposer à la société de consommation.

Avant la venue des Européens, les peuples autochtones pratiquaient ce mode de vie simple sur le dos de la Grande Tortue, ou Kitchi Mikinak (nom donné à l'Amérique du Nord par les Anishinabés, un groupe de Premières Nations important au Canada et aux États-Unis). Pendant des millénaires, ils ont su préserver les magnifiques écosystèmes de Kitchi Mikinak (Couture, 2020).

La crise climatique est un contexte idéal pour renforcer les littératies environnementales et autochtones dans l'éducation scientifique, et ce, dès le préscolaire. Cette intégration est l'une des clés pour parvenir à décoloniser les pratiques d'enseignement, et s'ouvrir à l'adoption d'attitudes proécologiques qui garantissent un avenir viable. Battiste (2023) définit la décolonisation comme un processus de reconnaissance des valeurs et des savoirs autochtones, et comme une démarche de sagesse favorisant la rencontre entre Autochtones et les non-Autochtones en vue d'un cheminement commun respectueux de ces savoirs.

L'objectif de cet article est de présenter une réflexion et des pistes d'action pour décoloniser les pratiques d'enseignement et développer les compétences écologiques des élèves. En proposant la mise en place de jalons, nous visons à appuyer le personnel enseignant dans ses efforts pour développer l'esprit critique des élèves, en particulier face à la société de consommation et à notre mode de vie actuel, ainsi qu'à les encourager à aimer notre Terre tout en protégeant ses richesses naturelles.

1. PARADIGMES ET PÉDAGOGIES AUTOCHTONES

L'un des paradigmes autochtones repose, dans une vision à la fois cyclique et circulaire, sur l'équilibre et l'harmonie des relations interactives et réciproques entre les mondes physique et métaphysique (Couture, s. d., Snively et Williams, 2016). Cette vision circulaire fait partie de la culture de plusieurs communautés autochtones, que ce soit chez les Anishinabés du Canada, ou encore chez les Tohono O'odham (« Desert People ») en Arizona (voir Figure 1). Ce paradigme correspond à une perspective selon laquelle il n'existe pas de hiérarchie des connaissances, et où l'apprentissage est conçu de manière existentielle et expérientielle, en étant ancré dans l'environnement naturel (Couture, s. d.).

Les pédagogies autochtones sont tissées d'éléments interdépendants liés à la culture, à savoir les connaissances et l'apprentissage ancrés dans le territoire, les récits, l'histoire et la langue. Les savoirs autochtones seraient une forme de connaissance ancrée dans le territoire et interprétée à travers l'histoire et de nombreux contextes, tout en renvoyant à un univers vivant et conscient (Campeau, 2019).



Figure 1. Vision circulaire du peuple Hohokam et de leurs descendants Tohono O'odham

Source : L. Dionne, Saguaro National Park, Arizona, 2023.

Les enseignantes et les enseignants sont des acteurs clés dans la promotion d'une compréhension scientifique de notre monde, ainsi que dans le développement d'une ouverture des élèves aux épistémologies autochtones et, ce faisant, aux points de vue traditionnels et réciproques sur les relations entre l'humain et l'environnement. Elles et ils constituent des modèles pour favoriser le développement d'une pensée critique, permettant aux jeunes de porter un jugement sur des informations susceptibles d'influencer leur vie. Les savoirs autochtones traditionnels peuvent guider les enseignantes et les enseignants dans leurs efforts pour sensibiliser les élèves aux bienfaits de la nature. Afin d'adopter un programme éducatif inspiré du paradigme autochtone, il apparaît essentiel de développer des activités éducatives significatives favorisant la décolonisation et le développement de l'esprit critique des élèves. Pour ce faire, les administrations scolaires et le personnel enseignant sont invités à établir des relations positives, authentiques et saines avec certains membres des communautés avoisinantes – notamment des Aînés et Aînées, ainsi que des Gardiennes et Gardiens des savoirs traditionnels – à l'origine de conseils, d'enseignements et de protocoles autochtones traditionnels.

Dans la section suivante, des pédagogies transformatrices qui valorisent les savoirs autochtones, ainsi que les savoirs écologiques, sont présentées comme des jalons pour décoloniser l'enseignement des sciences. Il s'agit d'exemples de stratégies éducatives aussi qualifiées de pédagogies transformatrices, puisqu'elles relient les dimensions affectives, cognitives et kinesthésiques des élèves, et renforcent leur agentivité, entendue comme leur capacité à influencer et transformer le cours des événements. Ces pédagogies appellent à des apprentissages interdisciplinaires et expérientiels.

2. JALONS POUR DÉCOLONISER L'ENSEIGNEMENT ET CONTRIBUER À LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE

Antoine et al. (2018) reconnaissent trois éléments clés des pédagogies autochtones : 1) la circularité et l'interconnexion entre le passé, le présent et le futur, et entre la Terre, les humains et les animaux; 2) l'intégration de récits traditionnels; et 3) l'apprentissage expérientiel. Il est possible de relier ces éléments clés à des stratégies pédagogiques, lesquelles peuvent constituer des jalons permettant graduellement d'évoluer vers la décolonisation de l'enseignement. La reconnaissance de la circularité et de l'interconnexion est liée à la pédagogie du lieu, puisque les humains font partie du territoire, et vice versa[SN1] . Le second élément clé, soit le recours à des récits traditionnels, est assuré par l'approche narrative. Enfin, l'apprentissage expérientiel possède une connexion évidente avec la pédagogie par la nature, puisque l'ensemble des éléments naturels sert de laboratoire vivant pour mener des observations et des expériences actives et réflexives avec les élèves.

Nous suggérons de mettre graduellement en place ces stratégies pédagogiques transformatrices pour instaurer des situations d'apprentissage et d'évaluation (SAÉ) en science et technologie mobilisant une éducation environnementale incluant des perspectives autochtones, dans le but de poser des jalons concrets en matière de décolonisation et de démocratisation de l'enseignement.

2.1 Premier jalon : instaurer une pédagogie du lieu

La pédagogie du lieu ou du territoire mobilise l'histoire ainsi que la vie socioéconomique et culturelle du milieu afin d'en favoriser l'analyse critique par les élèves et d'en tirer des apprentissages pour l'avenir. L'apprentissage basé sur le territoire considère également l'environnement comme un coenseignant, allégeant du coup les responsabilités du personnel enseignant en tant que seul détenteur du savoir (Woodhouse et Knapp, 2000). Gruenewald (2003) suggère de relier la pédagogie du lieu à la pédagogie critique, en amenant les élèves à poser un regard critique sur les dégradations environnementales et du paysage causées par les décisions actuelles et passées. La vision critique contribue à renforcer l'attachement des élèves à la Terre nourricière et à les encourager à la protéger. L'établissement de discussions approfondies sur les liens de causalité entre la préservation de l'environnement pour les générations futures, sa dégradation par l'exploitation capitaliste insensée des ressources et le mode de vie traditionnel des communautés autochtones, qui a permis de conserver la nature pendant des millénaires, constitue l'une des clés pour décoloniser les pratiques d'enseignement.

Le premier jalon pour décoloniser l'enseignement consiste donc à instaurer une pédagogie du lieu et à reconnaître le territoire où l'on se trouve. Pour ce faire, il est conseillé d'amener les jeunes à aller à l'extérieur pour se connecter avec le territoire, l'environnement, eux-mêmes et la communauté. Pour reconnaître le territoire, le site Web Native Land Digital propose une carte interactive permettant de situer de nombreux territoires autochtones à travers le monde (Native Land Digital, 2023). Notons que l'interprétation des frontières entre les nations autochtones peut varier considérablement d'une source de référence à l'autre. La notion de territoire se rattache intimement aux communautés autochtones, car leurs traditions culturelles sont reliées à la Terre et aux activités qu'elles pratiquent sur ce territoire. Le territoire est l'endroit où ces communautés ont vécu, ont grandi, ont appris et où leurs ancêtres reposent. Un exemple d'activité de reconnaissance du territoire avec les élèves pourrait consister à rechercher les noms autochtones traditionnels de lieux, dont la plupart ont été perdus lors de la colonisation. Il est possible d'obtenir ces noms traditionnels autochtones en communiquant directement avec les communautés autochtones locales ou en consultant leurs sites Web (Gouvernement du Canada, Ressources naturelles, 2023).

Par exemple, dans la région de Gatineau, la rivière Kitcisipi ou la rivière des Outaouais peuvent servir de point d'ancrage pour enseigner l'histoire des Premiers Peuples, ainsi que pour sensibiliser les élèves aux activités économiques, telles que la drave, qui ont contribué jadis à la colonisation et au développement de la région. Ce point d'ancrage sert également à mettre en lumière le bassin versant de la rivière des Outaouais, qui correspond au territoire d'Omàwiniwinì Anishinàbeg Aki, soit le territoire ancestral du peuple algonquien. Les Gardiennes et Gardiens du savoir, les Aînées et Aînés et les membres de la communauté Kitigan-Zibi Anishinàbeg constituent des personnes-ressources de la région en matière de toponymie autochtone et d'intégration du territoire à des fins pédagogiques. La rivière des Outaouais a souffert et souffre encore de l'activité industrielle régionale; les élèves doivent porter un regard critique sur ces réalités et développer leur agentivité pour construire des ponts avec la communauté et mettre en œuvre des projets favorisant l'adoption de modes de vie durables et la revitalisation de la rivière. Les élèves doivent être informés que le changement climatique a entraîné des crues importantes de cette rivière, à l'origine des inondations de 2017 et 2019, lesquelles ont entraîné des répercussions négatives sur la population riveraine et l'économie de la région.

2.2 Second jalon : intégrer une approche par les récits

Dans la continuation du premier jalon, où le paysage culturel et les caractéristiques ancestrales et actuelles du territoire servent de lieu d'enseignement, le second jalon consiste à mobiliser une tradition orale en lien avec le sujet de la leçon. Lorsqu'il est question de décoloniser l'éducation scientifique et environnementale, les narrations ou les récits liés au sujet d'étude servent à sensibiliser les élèves [SN1] aux épistémologies autochtones (Cajete, 1994). Ces récits ont un sens explicite ainsi qu'un sens implicite qu'il importe de faire découvrir aux élèves. Ils présentent en effet un ancrage à la fois culturel et historique, qui renvoie le plus souvent à l'interdépendance qui existe entre les êtres humains et la Terre-Mère.

Par exemple, le partage d'histoires autochtones sur la façon dont la diversité des vivants et la santé des écosystèmes ont été maintenues pendant des millénaires, par les différentes communautés autochtones vivant sur le dos de Kitchi Mikinak, constitue une stratégie prometteuse pour susciter l'espoir chez les élèves.

Le repérage d'histoires autochtones authentiques peut se faire en consultant les communautés locales afin d'obtenir leur permission d'utiliser des récits écrits. Les récits présents sur les sites Web peuvent également nécessiter l'obtention de permissions d'usage. Si les récits écrits ne sont pas accessibles, un autre moyen d'accéder aux histoires autochtones consiste à inviter une Aînée ou un Aîné, ou encore un Gardien ou une Gardienne des savoirs autochtones en classe.

2.3 Troisième jalon : adopter une pédagogie par la nature

En plus de l'approche narrative, le paradigme autochtone fait souvent intervenir des formes de pédagogie expérientielle en lien avec le vivant et le non-vivant naturels. Comme troisième jalon pour décoloniser l'enseignement, nous suggérons d'introduire la pédagogie par la nature à la SAÉ. Il s'agit d'une méthode qui permet d'explorer l'environnement et de recourir à l'apprentissage à l'extérieur et dans la nature pour enseigner diverses notions du programme scolaire dans l'ensemble des matières. Par exemple, lorsqu'on demande aux élèves de dénombrer les espèces d'insectes présentes dans un cerceau déposé au sol, elles et ils peuvent du même coup développer des concepts mathématiques. Que ce soit pour apprendre en écologie que les petites bestioles, souvent mal aimées, sont essentielles au recyclage de la matière organique en forêt, ou en géométrie, pour repérer les formes présentes dans la nature, cette pédagogie peut de surcroît contribuer au bien-être et à la qualité de vie des élèves (Barford et Bentsen, 2018).

La pédagogie par la nature éduque à l'environnement et permet aux élèves de développer leur compréhension des écosystèmes environnants et des animaux et des plantes qui y vivent. En encourageant un contact étroit par immersion dans la nature, cette connexion contribue à développer la relation affective des élèves avec l'environnement, en plus de favoriser l'acquisition de compétences écologiques essentielles. Il est certain que la pédagogie par la nature nécessite une préparation de la part du personnel enseignant, soit un investissement en temps, en ressources, en énergie, en plus de l'adoption de normes de sécurité. Elle peut néanmoins apporter un sens et un approfondissement des connaissances sur un territoire donné. Une fois cette méthode adoptée, il devient difficile de s'en passer.

3. UN RÉPERTOIRE DE RESSOURCES QUI PRÉSENTE DES PÉDAGOGIES TRANSFORMATRICES DE DÉCOLONISATION

Pour illustrer l'intégration de pédagogies transformatrices et de perspectives autochtones, nous renvoyons les lectrices et lecteurs au Tableau STE (www.tableaust.ca). À noter que ce site Web constituait au départ un répertoire de ressources en science et technologie pour les enseignantes et les enseignants de la 4^e à la 6^e année du Québec et de l'Ontario (Dionne et al., 2019).

Ces dernières années, le Tableau a évolué pour offrir des SAÉ en éducation à l'environnement et au changement climatique pour l'ensemble du primaire, certaines d'entre elles adoptant un paradigme autochtone. Il est à noter que le site Web est toujours en construction.

Certaines SAÉ ou pratiques gagnantes du Tableau nous semblent particulièrement intéressantes pour illustrer les jalons proposés dans ce texte. Pour mieux comprendre l'approche par les récits et l'apprentissage par le lieu, les activités Plantes médicinales et Original s'avèrent de riches illustrations; pour appuyer le recours à la pédagogie par la nature, la SAÉ Perte biodiversité s'avère intéressante, puisqu'on y impliquera les élèves dans un projet de jardinage basé sur la permaculture. La compréhension scientifique et environnementale se développe ainsi au fur et à mesure que les élèves s'engagent activement dans l'apprentissage des cycles de vie des espèces vivantes, du cycle de l'eau ou des interactions sol-plantes. Ce faisant, ils et elles acquièrent une compréhension de ce que constitue la durabilité des écosystèmes et leur impact sur les êtres vivants non humains et humains.

CONCLUSION

Les enseignantes et les enseignants peuvent bénéficier de l'intégration de pédagogies transformatrices et s'en servir comme levier pour enseigner des modes de vie plus durables aux élèves, comme les modes de vie traditionnels autochtones, respectueux de la nature ou prônant une justice sociale. Les pédagogies du lieu et par la nature et l'approche par les récits peuvent aider le personnel enseignant à développer la littératie climatique des élèves et à lutter contre des préjugés qui pourraient être encore présents à l'égard des peuples autochtones.

L'adoption d'épistémologies autochtones et de pédagogies transformatrices est nécessaire, mais ne peut à elle seule remplacer des actions au niveau politique, structurel et organisationnel. Premièrement, l'éducation à l'environnement et au changement climatique est encore trop peu présente dans les pratiques enseignantes au primaire et au secondaire, et encore moins au post-secondaire. Ensuite, la collaboration entre les écoles, les peuples autochtones, les gouvernements et les organisations environnementales s'avère essentielle pour relever les défis locaux, nationaux et mondiaux auxquels nous sommes actuellement confrontés. Développer des relations cordiales avec la communauté et avec les membres des communautés autochtones constitue une voie à privilégier pour renforcer les partenariats entre les écoles, les communautés et les organisations autochtones. Nous pensons qu'une ouverture immédiate des milieux scolaires à la communauté est nécessaire pour soutenir la décolonisation des cours de science et technologie.

Pour optimiser l'enseignement de ces contenus et pédagogies aux élèves, il importe que les programmes scolaires élaborés par chaque province canadienne présentent en qualité et en quantité des contenus et des résultats d'apprentissage en éducation à l'environnement et au changement climatique (Field et al., 2020), ainsi que des attentes relatives aux perspectives autochtones, tout en misant sur les pédagogies transformatrices comme processus. Des efforts de transition écologique et d'autochtonisation en éducation se traduisent par l'élaboration de programmes riches pour la formation initiale et continue en enseignement, mettant l'accent sur l'écologie, la sensibilisation culturelle et la reconnaissance des savoirs autochtones. Ces curriculums nécessitent l'implantation d'approches interdisciplinaires favorisant la prise de conscience des liens entre l'environnement, les organismes vivants, la culture et la société. Les communautés de recherche universitaires et enseignantes sont appelées à travailler ensemble pour mesurer l'efficacité des pédagogies transformatrices sur le terrain en vue de les implanter durablement. Ces efforts visent l'intégration d'approches pédagogiques inclusives, s'inscrivant dans des épistémologies autochtones, tout en se matérialisant dans des ressources clés en main pour le personnel enseignant.

Mais, d'ores et déjà, si le personnel enseignant reconnaît la valeur des savoirs autochtones et des pédagogies transformatrices, et l'importance d'éduquer à l'environnement et au changement climatique, et, avec toute l'aide et les ressources nécessaires, travaille à bâtir une société dotée de valeurs citoyennes bienveillantes envers la nature, nous serons alors mieux outillés pour prendre soin de la planète.

Références

- Antoine, A., Mason, R., Mason, R., Palahicky, S. et Rodriguez de France, C. (2018). Pulling Together: A guide for curriculum developers. BCcampus. <https://www.ufv.ca/media/assets/faculty-of-science-health-and-human-services/health-sciences/docs/Pulling-Together-A-Guide-for-Curriculum-Developers-1570036450.pdf>
- Barford, K. et Bentsen, P. (2018). Don't ask how outdoor education can be integrated into the school curriculum; ask how the school curriculum can be taught outside the classroom. *Curriculum Perspectives*, 38(2), 151-156. DOI:10.1007/s41297-018-0055-9
- Battiste, M. (2023). *Decolonizing Education: Nourishing the Learning Spirit*. UBC Press.
- Cajete, G. (1994). *Look to the mountain: An ecology of Indigenous education*. Kivaki Press. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED375993.pdf>
- Campeau, D. (2019). *Pédagogie autochtone et pédagogie du lieu: démarche hybride pour l'intégration de dimensions culturelles autochtones dans l'enseignement au primaire au Québec*. (Thèse de doctorat, Université de Sherbrooke). <https://savoirs.usherbrooke.ca/handle/11143/15042>
- Couture, Y. H. (s.d.). *Rebâtir le cercle*. (Rapport inédit). Centre Mikinak. Senneterre, Québec
- Couture, Y. H. (2020). *Le retour de la Grande Tortue*. Les Éditions Hyperborée.
- Dionne, L., Couture, C., Savoie-Zajc, L. et Petringa, N. (2019). The Tableau STE project: Inspiring francophone teachers with effective science practices. *Alberta Journal of Educational Research*, 65(4), 360-380. <https://doi.org/10.11575/ajer.v65i4.58447>
- Field, E., Schwartzberg, P., Berger, P. et Gawron, S. (2020). Climate Change Education in the Canadian Classroom Perspectives, teaching practice, and possibilities. Education Canada. <https://www.edcan.ca/articles/climate-change-education-canada/>
- Gouvernement du Canada – Ressources naturelles Canada. (2023). *Stories from the land: Indigenous place names in Canada*. <https://natural-resources.canada.ca/simple-science/stories-from-the-land-indigenous-place-names-canada/24409>
- Native Land Digital. (2023). Interactive map of Indigenous territories. <https://native-land.ca/maps/native-land>
- Snively, G. et Williams, L. (Eds.). [SN1] (2016). *Knowing home: Braiding Indigenous scientific science with western science*. University of Victoria. <https://greatbearrainforesttrust.org/wp-content/uploads/2018/05/Knowinghomebook1.pdf>
- Woodhouse, J. et Knapp, C. E. (2000). Place-based curriculum and instruction: Outdoor and environmental education approaches (ERIC Digest). ERIC <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED448012.pdf>

LA PÉDAGOGIE STIAM

FAVORISER L'INCLUSION DANS L'APPRENTISSAGE DE LA SCIENCE ET TECHNOLOGIE PAR LA CRÉATION ARTISTIQUE DES ÉLÈVES

- **Emily Diane Sprowls, Université McGill**
- **Sandrine Lavigne, Université de Montréal**

RÉSUMÉ

La pédagogie Sciences, Technologies, Ingénierie, Arts et Mathématiques, ou STIAM, offre des contextes d'apprentissage de la science et technologie stimulants en y incluant les arts, favorisant ainsi la pensée créative. En animant un club parascolaire appuyé sur cette pédagogie dans une école primaire, nous avons observé une multiplication des façons de pratiquer et de définir la science et la technologie, cultivant ainsi des pratiques inclusives pour l'apprentissage des élèves. Ce club avait pour objectif d'encourager la participation active des élèves, qui évoluaient en collaboration avec des étudiant·e·s universitaires en sciences. Nous partageons ici nos observations de telles pratiques ayant favorisé l'inclusion et l'engagement des élèves.

INTRODUCTION

Lorsqu'elle est orientée vers la justice sociale, la pédagogie STIAM a le potentiel de mettre en lumière les inégalités sociales et de modifier les rapports asymétriques de pouvoir qui se manifestent souvent dans les contextes éducatifs formels en sciences. Cette méthode s'efforce spécifiquement d'éviter que les pratiques enseignantes ne perpétuent les inégalités du passé en intégrant différentes approches d'apprentissage et de pratique de la science et la technologie. Afin d'y parvenir, la pédagogie STIAM intègre les arts dans l'enseignement des sciences, des technologies, de l'ingénierie et des mathématiques (STIM). Cet ajout vise l'inclusion des élèves en valorisant des créations et des processus artistiques qui leur sont propres dans l'apprentissage des sciences.

En tant qu'éducatrices scientifiques soucieuses des principes d'équité, de diversité et d'inclusion, nous avons donc appliqué la pédagogie STIAM dans le contexte d'un club parascolaire situé dans une école publique anglophone d'un quartier multiethnique de Montréal et composé en majorité d'immigrant·e·s. Nous avons appelé cette initiative « Projet STIAM ». Le Projet STIAM a impliqué une vingtaine d'élèves de 5^e et 6^e année ainsi que six étudiant·e·s de l'Université McGill et de l'Université de Montréal et s'est échelonné sur une période de dix semaines, au moyen de rencontres hebdomadaires d'une durée d'une heure et demie. Le club a été créé selon un partenariat école-université avec deux objectifs : 1) pour les élèves du primaire, enrichir les apprentissages en science et technologie; et 2) offrir aux enseignant·e·s en formation et aux étudiant·e·s en sciences des opportunités d'engagement en enseignement des sciences aux côtés des jeunes. Ainsi, le club a été créé pour favoriser l'apprentissage de la science et de la technologie dans la participation et dans l'investigation en collaboration avec des étudiant·e·s universitaires. Au cours de cette expérience, nous avons pu observer que la pédagogie STIAM a permis la cohabitation d'une multitude de manières d'impliquer les élèves dans les activités scientifiques proposées.

Dans le texte qui suit, nous allons d'abord décrire notre pédagogie STIAM, puis nous reviendrons plus en détail sur le déroulement du club parascolaire pour montrer comment l'approche STIAM a favorisé l'inclusion de divers apprenant·e·s en intégrant des pratiques artistiques, en encourageant les essais-erreurs et en adoptant une définition plurielle des sciences. Ensuite, nous présenterons trois réflexions conjointes de Sandrine, l'une des étudiant·e·s universitaires, et d'Emily, l'une des deux coordonnatrices universitaires du programme. Elles se prononceront sur notre approche pédagogique STIAM et ses répercussions sur l'inclusion en enseignement de la science et de la technologie. Enfin, nous rapporterons notre analyse du Projet STIAM pour partager des pratiques pédagogiques STIAM innovantes qui permettent de créer de vastes opportunités d'inclusion des élèves, de leurs idées, de leur créativité et de leurs connaissances en science et technologie.

PÉDAGOGIE STIAM INCLUSIVE

Les STIAM se définissent par l'interdisciplinarité entre les STIM et les arts. Afin d'intégrer ces arts dans notre programme scientifique, nous nous sommes appuyées sur Conner et al. (2017) en employant quatre pratiques clés : 1) engager des concepts scientifiques pour créer quelque chose qui a une valeur personnelle ou esthétique; 2) mener une exploration ouverte dans le contexte de la science, de la technologie ou des arts; 3) expérimenter plusieurs tentatives ou procédés et 4) échanger sur le processus et les résultats pour coconstruire de nouvelles compréhensions.

Toutefois, nous définissons également la pédagogie STIAM par sa vision critique de la science et des pratiques inclusives. En effet, elle est davantage orientée vers l'équité et l'inclusion des élèves et leurs différentes façons d'apprendre et de pratiquer la science et la technologie; cette orientation fait contraste avec l'égalité ou l'accessibilité, qui peut signifier simplement offrir les mêmes possibilités à tou-te-s (Calabrese Barton et al., 2021). Au-delà d'amener les sciences vers une plus grande diversité, les STIAM visent également à élargir les définitions des sciences et des scientifiques afin que tou-te-s les apprenant-e-s puissent se sentir reconnu-e-s, valorisé-e-s et représenté-e-s dans leurs intérêts, leurs applications ou leurs pratiques scientifiques. Dans le but de respecter cette vision de l'inclusion, il est nécessaire de reconnaître et de transformer les idées normatives dominantes concernant les pratiques scientifiques et enseignantes. Cela permet de créer de nouvelles façons d'apprendre, d'enseigner et de pratiquer les sciences dirigées par et en collaboration avec les jeunes (Bell et al., 2013; Seiler et Gonsalves, 2010). Ainsi, nous avons accordé une grande place aux voix des élèves dans le choix et la planification des activités. Cette prise de pouvoir des jeunes dans l'exploration des STIM permet d'encourager une multitude de façons de pratiquer des sciences tout en encourageant la diversité des apprenant-e-s et en renforçant les liens interpersonnels grâce à l'apprentissage collaboratif et à la création (Rahm et al., 2022).

PROJET STIAM : NOTRE PARTENARIAT ÉCOLE-UNIVERSITÉ

Nous avons appliqué ces idées de diversité et d'inclusion dans l'apprentissage des sciences dans le cadre de notre partenariat école-université du projet STIAM. Concrètement, les élèves ont fabriqué de la glu (Fig. 1), construit des tours en guimauves et en bâtons (Fig. 2), programmé des robots-dessinateurs, créé des circuits électriques et conçu des avions en papier ainsi que des filtres à eau.

L'animation et le format des activités ont également varié au cours des semaines afin d'explorer diverses méthodes d'expérimentation scientifique et dans le but d'enrichir les interactions entre les élèves pendant leurs processus scientifiques. Par exemple, au début du programme, les élèves répartis en petits groupes ont fait une rotation à travers différents défis STIAM, chacun encadré par des étudiant-e-s de l'université, ce qui a favorisé le tissage de liens. Au cours des dernières semaines, la classe a participé à des activités STIAM mettant en scène l'ensemble du groupe ainsi que des projets sélectionnés par les élèves.

Puisque nous avons accordé une importance à la voix des élèves, les jeunes ont travaillé conjointement avec les étudiant-e-s de l'université pour planifier, expérimenter et créer les projets qu'ils et elles ont choisis en petits groupes. Chaque semaine, les étudiant-e-s et les élèves remplissaient ensemble des sondages portant sur leurs impressions et leurs réactions concernant les activités. Elles et ils pouvaient également ajouter leurs suggestions d'activités pour la semaine suivante. Les sondages ont été élaborés à partir de matériel pour recueillir les commentaires des jeunes participant aux programmes scientifiques hors cadre du projet Youth Equity and STEM (www.yestem.org). Ainsi, certains défis STIAM ont été choisis par les élèves, comme la construction de parcours de billes, la programmation de robots-jouets, la confection de parachutes pour les œufs en chute libre et la construction de volcans classiques de bicarbonate de soude et de vinaigre.

LES STIAM FAVORISENT L'INCLUSION DE LA CRÉATIVITÉ EN SCIENCES

À travers notre engagement avec les élèves, nous avons observé une inclusion de la diversité des élèves au moyen de la créativité. En effet, grâce à leur inclusion des arts, les STIAM ont permis aux élèves de mettre en avant-plan leur créativité dans leur processus scientifique, tout comme dans nos pratiques pédagogiques. Notamment, cette possibilité a encouragé certaines libertés supplémentaires dans le processus d'investigation scientifique, comme le poids de l'intuition, de l'émerveillement, de la curiosité ou de la déception. Cette ouverture à la créativité des élèves a également fait ressortir des dimensions moins attendues dans notre animation scientifique, comme la place des émotions ou encore la place de l'esthétisme dans la création et l'apprentissage (Morel et Fafard, 2023).



Figure 1. Expériences avec de la glu



Figure 2. Défis STIAM - Construction de tours en guimauves et bâtons

Concrètement, nous avons vu des élèves expérimenter avec les couleurs à des fins esthétiques ou encore avec les textures à des fins sensorielles en fabriquant de la glu. En offrant une myriade de variables et d'ingrédients à tester, une multitude d'approches étaient accessibles pour s'engager dans l'activité. Par exemple, lorsque certain-e-s élèves étaient insatisfaits de leurs résultats de glu, un grand nombre d'investigations scientifiques étaient possibles. Autre exemple, nous avons vu des élèves intégrer leurs intérêts personnels dans leur processus scientifique lorsque l'activité leur semblait trop difficile ou inintéressante. Autre exemple encore, dans la réalisation de glu, cette personnalisation a permis aux élèves de préserver leur engagement dans l'exploration des sciences tout en créant différents types de glu. Le niveau de complexité plus personnalisé a suscité un intérêt plus grand que la recette de glu initiale.

Cette inclusion de diverses pratiques scientifiques plus inusitées et créatives a permis d'élargir nos attentes concernant la participation des élèves dans les cours de science et technologie. En acceptant et en valorisant ces pratiques inattendues, nous avons observé une plus grande participation. La pédagogie STIAM était essentielle dans cette diversification des pratiques scientifiques des élèves, puisqu'elle nous forçait, les éducateur-trice-s, à remettre en question nos attentes et à permettre ces contextes éducatifs dans lesquels les élèves peuvent explorer librement les sciences selon leurs envies artistiques et créatives. Toutefois, lorsque nous avons laissé les élèves créer de nouvelles pratiques scientifiques, elles et ils n'ont pas toujours trouvé le succès espéré.

LES STIAM FAVORISENT L'ACCEPTATION DES PROCESSUS ESSAIS-ERREURS

Les processus d'essais-erreurs se sont trouvés au centre de plusieurs démarches des élèves lors des activités scientifiques présentées, que ce soit dans la recherche d'un résultat donné ou d'un objectif stimulant ou accessible pour une activité donnée. D'ailleurs, il a été fréquent qu'un ou une élève ait tenté de réaliser une activité selon le défi ou l'objectif proposé au départ, mais que le sentiment d'échec, la frustration ou tout simplement le désintérêt personnel motive l'élève vers l'exploration de résultats autres. Par exemple, lors de la construction de tours en bâtonnets, nous avons structuré l'activité autour d'un objectif de réussite plutôt habituel, notamment la visée d'une construction haute et stable.

Cet objectif était tiré d'une vision plus pragmatique des concepts de centre de masse ou d'ingénierie structurelle. En revanche, après plusieurs essais décevants concernant la construction de tours, certain-e-s élèves ont expérimenté la construction d'autres structures, comme des sculptures en équilibre ou la reconstruction de bâtiments familiers. Ainsi, les élèves ont pu initialement explorer les concepts visés par l'objectif fixé au départ pour l'activité. Selon les déceptions et les nouvelles connaissances suscitées par leurs différents essais, certain-e-s élèves ont déterminé qu'il leur était préférable de modifier l'activité en se fixant leurs propres objectifs pour continuer leurs apprentissages. Ces processus d'essais-erreurs ont donc permis aux élèves d'accepter les erreurs et les émotions négatives comme faisant partie intégrante et essentielle du succès des démarches scientifiques. Ces processus, également vécus par les étudiant-e-s dans leur rôle d'éducateur-trice-s, leur ont alors enseigné que ces mêmes erreurs et émotions négatives font tout autant partie du développement de pratiques enseignantes inclusives réussies.

Nous avons également observé l'intégration du processus d'essais-erreurs au sein du travail d'équipe. Lors de la fabrication de fusées propulsées par une réaction acido-basique, nous avons vu des groupes utiliser différentes quantités de solvant à deux reprises afin de trouver la quantité optimale requise pour obtenir un maximum de propulsion. La comparaison des différents résultats permettait de surpasser les erreurs individuelles, pour la réussite de tou-te-s. Cela a permis de comprendre le rôle des échecs dans le développement scientifique. Cette négociation des élèves par essais-erreurs a été marquante pour comprendre l'importance d'une diversité des pratiques et des façons de voir les sciences et pour maximiser le succès de chacun-e.

LES STIAM FAVORISENT UNE DÉFINITION PLURIELLE DES SCIENCES

La créativité des élèves et leurs processus d'essais-erreurs ont mené à l'observation d'une diversification des motivations et des définitions en sciences. Par conséquent, les définitions entourant les sciences se sont multipliées au travers des différentes pratiques scientifiques de chaque élève. Ainsi, Projet STIAM a vu des sciences dont les normes se sont élargies au cours des semaines pour correspondre à tou-te-s ses apprenti-e-s, ce qui a rendu les sciences d'autant plus inclusives.

Par exemple, lors d'une activité traitant de la fabrication du volcan classique, des élèves ont testé les variables des réactifs et des volumes, ainsi que différentes méthodes de construction et différents matériaux pour construire un modèle de volcan. En fournissant une grande variété de matériel, les élèves avaient la liberté d'introduire des aspects fantastiques et des éléments décoratifs inattendus, comme des gemmes, dans leurs créations. Cela a éveillé leur curiosité et leur conversation concernant la formation des cristaux dans la lave, tandis que d'autres élèves se sont concentré-e-s sur l'essai de différentes réactions acido-basiques pour obtenir l'effet d'une éruption explosive.

En particulier, en travaillant avec des élèves culturellement diversifié-e-s et neurodivergent-e-s, nous avons remarqué que cette appropriation plus libre et personnelle a motivé les apprentissages scientifiques et les processus de création de tou-te-s. Cela a permis à tou-te-s les membres du groupe d'y trouver son épanouissement en sciences dans la panoplie de motivations, de pratiques et de résultats souhaités possibles.

C'est ainsi que Projet STIAM a reconnu les diverses façons de pratiquer les sciences et même de définir les succès en sciences. Comme les élèves sont appelé-e-s à différentes démarches et à diverses motivations dans leur exploration des sciences, les objectifs et les critères de réussite se sont multipliés. Dans l'exemple précédent, les élèves ont créé des volcans qui étaient non seulement conformes aux attentes scientifiques, mais elles et ils ont également montré la pertinence des objectifs esthétiques et des approches alternatives dans l'acquisition de nouvelles connaissances scientifiques. Ainsi, leurs succès en sciences n'étaient plus seulement limités à la satisfaction des attentes des éducateur-trice-s. Grâce à l'inclusion d'une diversité de formes de réussites reconnues et valorisées dans les activités proposées, nous avons observé qu'un plus grand nombre d'élèves s'épanouissaient et s'impliquaient en sciences.

DISCUSSION ET RECOMMANDATIONS

Somme toute, l'expérience de Projet STIAM a contribué à perturber les définitions typiques plus rigides des sciences et a remis en question nos pratiques éducatives. Effectivement, les trois observations tirées de notre implication dans le Projet STIAM rapportées ici nous ont montré la multitude de façons dont les élèves du primaire et les étudiant-e-s universitaires s'engagent dans de telles activités scientifiques. Cet engagement transparait notamment dans l'usage d'une grande créativité, dans l'émergence de processus d'essais-erreurs ainsi que dans l'acceptation de différents buts ou définitions propres aux processus scientifiques.

La pédagogie STIAM nous a donc fourni des moyens, en tant qu'éducatrices scientifiques, d'élargir nos définitions des sciences afin de permettre la réécriture ou la personnalisation des STIAM par différent-e-s élèves (Vossoughi et al., 2021), ce qui a rendu nos pratiques plus diversifiées et surtout plus inclusives. Nous avons alors pu recadrer la pédagogie de la science et de la technologie d'une perspective plus normative, centrée sur « la » bonne façon de faire, à un nouveau paradigme plus ouvert sur une remise en question de nouveaux contextes et de nouvelles activités et relations dans l'apprentissage des sciences (Calabrese Barton et al., 2021).

En conséquence, nos pratiques ont redéfini ce que signifie se sentir à l'aise ou s'épanouir en science et technologie pour les jeunes, pour les enseignant-e-s en formation et pour les étudiant-e-s en sciences. Ce recadrement a été possible grâce à l'inclusion des arts et à l'apprentissage autonome des élèves encouragées par les approches STIAM, offrant ainsi de nouvelles opportunités aux élèves culturellement ou racialement marginalisé-e-s de négocier et de reconnaître leur inclusion dans les sciences malgré les inégalités sociales amplifiées dans les domaines des STIM (Barton et Tan, 2019).

Par cet article, nous souhaitons participer aux partages et à l'exploration de cette pédagogie STIAM dans des contextes d'enseignement plus formels ou dans de futurs partenariats école-université. Ainsi, nous avons adapté les recommandations de Conner et al. (2017) pour décrire les enseignements clés suivants du Projet STIAM :

1. Impliquer les idées des élèves et permettre certains choix dans les activités STIAM.
2. Intégrer les pratiques disciplinaires scientifiques et artistiques, à savoir l'investigation et l'expérimentation plus exploratoires.
3. Aménager des espaces ouverts pour permettre aux élèves d'expérimenter entre eux à l'aide de matériaux et d'outils scientifiques et artistiques, puis d'en discuter.
4. Cultiver un rapport serein à l'erreur, tenir compte des craintes des élèves face à l'échec et équilibrer le niveau de difficulté avec les réussites.

En conclusion, nous avons rapporté notre analyse du Projet STIAM pour illustrer des moyens pratiques que les pédagogies STIAM inclusives peuvent créer comme de vastes opportunités d'inclure les élèves et leurs idées, leur créativité et leurs connaissances en sciences. Ce projet s'inscrit dans une démarche visant à rendre notre enseignement des sciences plus équitable, notamment en reconnaissant le rôle des arts en sciences, parmi de nombreuses pistes à explorer pour lutter contre les formes d'oppression vécues par les élèves issu-e-s de la diversité.

Ce projet a été partiellement financé par une subvention du CRSH attribuée à Allison Gonsalves et Jrene Rahm, ainsi que par le projet de formation des enseignant-e-s du Département d'études intégrées en sciences de l'éducation de l'Université McGill, dirigé par Allison Gonsalves et Emily Sprowls.

Veillez faire parvenir votre correspondance à Emily Sprowls : emily.sprowls@mail.mcgill.ca

Références

- Barton, A. C. et Tan, E. (2019). Designing for rightful presence in STEM: The role of making present practices. *Journal of the Learning Sciences*, 28(4-5), 616-658.
- Bell, P., Bricker, L., Zimmerman, H. T. et Tzou, C. (2013). Discovering and supporting successful learning pathways of youth in and out of school: Accounting for the development of everyday expertise across settings. Dans B. Bevan, P. Bell, R. Stevens, A. Razfar (dir.), *LOST Opportunities* (vol. 23, p.119-140). Springer.
- Calabrese Barton, A., Greenberg, D., Kim, W. J., Brien, S., Roby, R., Balzer, M., Turner, C. et Archer, L. (2021). Disruptive moments as opportunities towards justice-oriented pedagogical practice in Informal Science Learning. *Science Education*, 105(6), 1229–1251.
- Conner, L. D. C., Tzou, C., Tsurusaki, B. K., Guthrie, M., Pompea, S. et Teal-Sullivan, P. (2017). Designing STEAM for broad participation in science. *Creative Education*, 8(14), 2222-2231.
- Morel, M. et Fafard, E. (2023). La notion d'art scientifique. *Spectre*, 53(1).
- Rahm, J., Gonsalves, A. J. et Lachaine, A. (2022). Young women of color figuring science and identity within and beyond an afterschool science program. *Journal of the Learning Sciences*, 31(2), 199–236.
- Seiler, G. et Gonsalves, A. (2010). Student-powered science: Science education for and by African American students. *Equity & Excellence in Education*, 43(1), 88-104.
- Vossoughi, S., Davis, N. R., Jackson, A., Echevarria, R., Muñoz, A. et Escudé, M. (2021). Beyond the binary of adult versus child centered learning: Pedagogies of joint activity in the context of making. *Cognition and Instruction*, 39(3), 211-241.

PRIX RAYMOND-GERVAIS



Depuis sa création, le Fonds du Prix Raymond-Gervais, anciennement connu sous le nom de Fonds du prix annuel de l'AESTQ, reconnaît des personnes ayant contribué de manière remarquable à l'amélioration et à la promotion de l'enseignement des sciences et technologies au Québec. En 1995, ce prix a été renommé « Prix Raymond-Gervais » en hommage à son président-fondateur, consolidant ainsi sa mission de mettre en lumière l'excellence dans l'éducation scientifique. Le Fonds du Prix Raymond-Gervais est une association sœur de l'AESTQ : les membres de l'AESTQ sont automatiquement membres du Fonds. C'est donc avec grand plaisir que nous vous présentons dans les pages de Spectre les lauréats 2025 du Prix Raymond-Gervais.

CATÉGORIE PRIMAIRE/SECONDAIRE

Madame Cynthia Jacques

Depuis le début de sa carrière il y a presque 20 ans, Mme Jacques se distingue par une passion remarquable pour l'enseignement des sciences et de la technologie. Toujours à l'affût des meilleures pratiques, elle participe activement à la formation continue et s'investit dans le Partenariat pour le développement et la réussite de la formation scientifique au secondaire. Visionnaire et engagée, Mme Jacques a également mis sur pied une Escouade TIC, un regroupement d'élèves formés pour soutenir leurs pairs et les enseignants dans l'usage du numérique. Cette initiative illustre parfaitement sa capacité à allier la technologie, la pédagogie et la collaboration pour les mettre au service de la réussite de tous. Son leadership pédagogique se manifeste également dans de nombreux projets novateurs, comme le développement d'un programme de génie de l'environnement et la création d'un Fab Lab scolaire.



CATÉGORIE COLLÉGIAL/UNIVERSITAIRE

Madame Sylvie Barma

Titulaire d'un baccalauréat en biologie, d'une maîtrise et d'un doctorat en didactique de l'Université Laval, Madame Barma a su unir la rigueur scientifique et la créativité pédagogique. Elle a dirigé le programme de baccalauréat en enseignement au secondaire et est à l'origine du Laboratoire Maker, un espace unique où les futures enseignantes et enseignants expérimentent, créent et innovent. Madame Barma est une pionnière dans l'application de la Théorie de l'activité en éducation francophone. Ses travaux portent sur des thèmes essentiels : la persévérance scolaire, l'intégration du numérique, la programmation informatique, les questions socialement vives et les liens entre science, technologie et société. Son œuvre scientifique est impressionnante : près d'une cinquantaine d'articles, plusieurs ouvrages collectifs, des dizaines de conférences — et une reconnaissance récente avec le Prix des Éditeurs 2023 du CJLT/RCAT. Son rayonnement dépasse largement les murs de l'université. Mandatée à plusieurs reprises par le ministère de l'Éducation, elle a dirigé d'importantes études sur l'intégration de la compétence numérique dans le Programme de formation de l'école québécoise, notamment la réflexion sur le profil de sortie numérique des élèves de 5^e secondaire.



SOUMETTEZ LA CANDIDATURE D'UN ENSEIGNANT EXCEPTIONNEL POUR LE CONCOURS 2026 !

Vous connaissez un-e professionnelle de l'enseignement de la science et/ou de la technologie qui mériterait qu'on reconnaisse l'excellence de son travail? Proposez sa candidature au prix RAYMOND-GERVAIS 2026 (49^e édition !). Vous trouverez toutes les informations nécessaires incluant le formulaire de mise en candidature sur notre [page web](#). Vous pouvez aussi communiquer directement avec Pierre Lachance, président du Fonds (pierrelmst@gmail.com).

Date limite : 15 juin 2026