

Spectre

Volume 50 / numéro 1 / novembre 2020

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

Sommaire

Spectre / volume 50 / numéro 1 / novembre 2020

Mot du président.....	2
Portraits et points de vue de scientifiques.....	3
La COVID-19 et la place des sciences dans la société.....	5
Comment les astronomes font-ils de l'astronomie.....	9
Du savoir universitaire au savoir du grand public.....	13
Isabel Desgagné-Penix : se contruire une identité forte et positive par la recherche scientifique.....	17
Parcours professionnel d'une femme en génie : flou, passion, défis, ancrages et soutien.....	20
Le cahier de laboratoire	
La ou le technicien en travaux pratiques : l'incarnation du scientifique dans le quotidien des élèves.....	23
Chenilles-espionnes, un projet de sciences citoyennes pour sensibiliser les jeunes à la biodiversité.....	25
Les sciences dans l'engagement social.....	29



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

9601, rue Colbert
Anjou, Québec H1J 1Z9
Téléphone : 514 948-6422

Directrice générale
Camille Turcotte/camille.turcotte@aestq.org

Coordonnatrice
Caroline Guay/caroline.guay@aestq.org

Rédacteur en chef
François Thibault

Comité de rédaction
Geneviève Allaire-Duquette / Isabelle Arseneau /
Jean-Philippe Ayotte-Beaudet / Caroline Cormier /
Mathieu Riopel

Comité de lecture
Marie-Claude Beaudry / Martin Brouillard / Éric
Durocher / Thomas Fournier / Alexandre Gareau
/ François Guay-Fleurent / Annick Lafond / Martin
Lahaie / Claudine Laplante / Kassandra L'Heureux /
Claude-Émilie Marec

Coordonnateurs du numéro thématique | Isabelle
Arseneau / Jean-Philippe Ayotte-Beaudet

Auteurs
Isabelle Arseneau / Jean-Philippe Ayotte-Beaudet
/ Marie-Claude Beaudry / Bastien Castagnéyrol
/ Pierre Chastenay / André Gagnac / Audrey
Groleau / Caroline Guay / Ève Langelier / Kassandra
L'Heureux / Alain Paquette / Dave Saint-Amours /
Émilie Secours

La direction publiera volontiers les articles qui
présentent un intérêt réel pour l'ensemble des
lectrices et des lecteurs et qui sont conformes à
l'orientation de Spectre. 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 auteurs et auteures. Les
pages publicitaires sont sous l'entière responsabilité
des annonceurs.

Dépôt légal : 4e trimestre 2020, ISSN 0700-852X





Mot du président

« La révolution moderne s'appuie sur la science. »ⁱ C'est cette phrase qui ouvrait le premier numéro du *Bulletin pédagogique de l'Association des professeurs de sciences du Québec* il y a un peu plus de 50 ans, maintenant. Le mot d'ouverture continuait en parlant des risques de concentrer l'avenir de l'enseignement uniquement sur les techniques en oubliant la science qui doit y jouer un rôle de premier plan : « Par exemple, on se dit prêt [...] à utiliser les méthodes modernes d'enseignement : un enseignement individualisé, des machines à enseigner, des méthodes audiovisuelles, que sais-je encore? Une fois de plus, on se rabat sur les seules techniques. On jette de la poudre aux yeux. »ⁱⁱ À l'époque de l'enseignement à distance, cette phrase prend un sens tout autre!

C'est un honneur, pour moi, d'avoir l'occasion de vous accueillir dans le 50^e volume de cette publication (qui s'est appelée *Spectre*, dès le 2^e numéro). Cinquante volumes de discussions pédagogiques, d'opinions, de partages. Cinquante volumes où

des passionnés partagent à d'autres passionnés le fruit de leurs expériences, de leurs recherches. Cinquante volumes à créer des liens entre celles et ceux qui ont à cœur l'enseignement de la science et sa qualité.

Outre cette introduction qui semble intemporelle, le reste du premier numéro du *Spectre* est un magnifique résumé de l'actualité éducative de son époque. Publié en mai 1967, on y retrouve un rapport très pointu sur la mise en place de classes-laboratoires. On imagine facilement qu'avec les polyvalentes qui se construisaient à l'époque, la question devait être d'actualité. On imagine aussi facilement que, si les décisions actuelles sont un reflet de celles de l'époque, les politiciens n'y ont probablement pas consulté les principaux concernés en amont des annonces.

On retrouve ensuite un document très détaillé traitant de la réforme en cours des programmes d'enseignements. Les besoins pour l'enseignement de la science lors de ce « renouveau pédagogique »ⁱⁱⁱ sont expliqués dans les moindres détails et sont étrangement près de nos préoccupations actuelles.

Cela étant, malgré les amusantes ressemblances, on peut facilement voir que *Spectre* a énormément évolué, depuis la fin des années 60. Plutôt que d'avoir quelques textes principalement signés par la présidence, nous avons maintenant une revue d'une qualité exceptionnelle, dirigée par une équipe de rédaction des plus motivée qui regroupe des textes de qualité de provenances diversifiées. De plus, *Spectre* est à l'aube d'une nouvelle transformation : le numéro actuel sera le dernier numéro en format papier. L'idée plane depuis plusieurs années, déjà, et comme pour plusieurs dossiers, la pandémie actuelle aura accéléré la réflexion. Selon un sondage réalisé récemment, une forte majorité des abonnés sont en accord avec la transition vers un format 100 % numérique. Lorsqu'on ajoute à l'équation le fait qu'en excluant les salaires, 60 % du budget du *Spectre* est englouti dans l'impression et les envois postaux et la quantité énorme de papier que cela représente, une seule décision semblait logique : à partir du prochain numéro, le *Spectre* ne sera disponible qu'en version numérique.

Aucun autre changement n'est prévu, seulement une importante économie de papier et de timbres! Comme le disait avant moi un ancien président : « Il serait bon que l'on comprenne qu'il n'est qu'une façon de dépasser et de vaincre la technique, c'est d'acquérir plus de sciences. »^{iv} Alors, ne pleurons pas trop la disparition de la version imprimée et concentrons-nous sur l'essentiel : toute la science contenue dans cette merveilleuse publication!

i TROTTIER, Bernard. (1967). Mot d'ouverture. *Bulletin pédagogique de l'APSQ*, 1 (1), 1.

ii *Ibid.*, p. 1.

iii *Ibid.*, p. 7.

iv *Ibid.*, p. 1.

Portraits et points de vue de scientifiques :

Quels apports pour l'éducation aux sciences et technologies?

Isabelle Arseneau, Université Laval

Jean-Philippe Ayotte-Beaudet, Université de Sherbrooke

Lorsque nous avons imaginé ce numéro thématique, il y a un an, nous souhaitions présenter des portraits de scientifiques et leurs points de vue à propos de leurs parcours, de leurs pratiques de recherche, de leurs engagements dans la communauté, des enjeux de la recherche et des visées de l'enseignement des sciences. Notre objectif était double. D'une part, nous voulions mettre en lumière le travail de ces femmes et de ces hommes qui participent à la production des savoirs scientifiques et au développement de la société. D'autre part, nous cherchions à souligner la pertinence de leur faire une place, d'une manière ou d'une autre, à l'école¹.

Nous croyons qu'il importe de présenter en classe les savoirs sous l'angle de l'entreprise scientifique, qui dépend des contextes et qui emporte avec elle divers enjeux, notamment économiques, politiques et sociaux. Cette préoccupation s'inscrit dans une vision de l'alphabétisation technoscientifique qui favorise la participation des jeunes à l'égard des grandes questions de l'heure, en particulier celles qui concernent l'environnement et la santé des populations. De nombreux travaux en didactique de sciences montrent en effet que l'enseignement de ces questions contribue à former des jeunes portés vers l'action, capables de participer à la production des connaissances et de contribuer aux conversations sociopolitiques (Bencze, 2017; Legardez et Simonneaux, 2006, 2011). Les programmes québécois d'éducation générale aux sciences (ministère de l'Éducation et de l'Enseignement Supérieur [MEES], 2017; ministère de l'Éducation du Loisir et du Sport [MELS], 2006, 2007) proposent d'ailleurs d'aborder de telles questions en classe, notamment en suggérant aux jeunes de consulter des experts et des expertes scientifiques.

Alors que nous traversons la pandémie de la COVID-19, le moment ne pourrait être mieux choisi par *Spectre* pour publier ce numéro thématique qui donne la parole à des scientifiques. Travaillant souvent dans l'ombre, ces personnes se retrouvent depuis quelques mois au cœur de l'actualité. Certaines participent à des débats scientifiques et sociopolitiques (par exemple sur le port du masque) alors que d'autres travaillent activement à l'élaboration de traitements fiables et sécuritaires tout en expliquant au public les processus scientifiques (souvent longs et cahoteux) permettant leur développement et leur usage éventuel. Plus encore, l'actualité récente nous montre que la

gestion sociopolitique de cette crise sanitaire exige une prise en compte des connaissances scientifiques actuelles sur le virus (sa nature, ses effets, sa contagiosité), mais également la collaboration (voire la solidarité) des citoyennes et des citoyens afin de contenir sa propagation, en attendant un vaccin. Cette pandémie met aussi en exergue une certaine crise de confiance envers les sciences et les institutions scientifiques – pensons par exemple à celles et ceux qui adhèrent aux théories du complot² – observée déjà depuis les années 1990 (Irwin, 1995; Wynne, 1987). Surtout, elle met en évidence la nécessité d'une éducation scientifique pour toutes et tous mettant l'accent sur les liens entre sciences, technologies, environnement et société.

Cette pandémie nous force donc à réfléchir à la manière dont les sciences sont présentées à l'école. Si la majorité des savoirs scientifiques qui se trouvent dans les programmes d'études sont ceux qui font l'objet d'un consensus scientifique, il ne faudrait pas s'y limiter. Les élèves doivent prendre conscience des processus inhérents à la production des connaissances scientifiques, par exemple en comprenant que les sciences évoluent et que ce qui nous apparaît certain aujourd'hui ne l'était pas hier. Dans un contexte où les crises sanitaires et environnementales (COVID-19, changements climatiques, érosion de la biodiversité) demandent des actions radicales, il apparaît désormais nécessaire de favoriser la participation des jeunes à l'égard de ces grandes questions à teneur scientifique et technologique en les outillant pour qu'ils développent une alphabétisation technoscientifique critique et démocratique.

En ayant ces préoccupations liées à l'éducation scientifique en tête, et dans le contexte bien particulier de la pandémie dans lequel nous nous retrouvons malgré nous, nous vous présentons huit textes dans ce numéro thématique.

Une première réflexion sur la place des sciences dans la société, ancrée dans l'actualité de la pandémie de la COVID-19, nous est proposée par **Kassandra L'Heureux**, étudiante à la maîtrise en sciences de l'éducation. Celle-ci s'appuie sur les propos de Philippe Martin, un microbiologiste-infectiologue avec qui elle s'est entretenue. Ce dernier, confronté aux problèmes de dépistage vécus au début de la pandémie, a su mettre rapidement sur pied une équipe de recherche afin de créer une enzyme permettant de détecter le virus, et ce, à faibles coûts.

Présenté comme une mise en dialogue réflexive, ce texte traite en particulier de la place du doute et du jugement critique en sciences, mais également du rôle social des scientifiques et de l'éducation scientifique.

De son côté, **Pierre Chastenay**, astronome et didacticien des sciences, nous présente un texte sur la démarche de production des connaissances en astronomie, qu'il propose de transposer en classe. Dans la foulée, il s'interroge sur la nature des savoirs scientifiques et sur les conditions de leur production et de leur diffusion. En certains aspects, cela rejoint l'article de **Dave Saint-Amour**, spécialiste en neuropsychologie, qui s'attarde à la nécessité de mobiliser et de diffuser les connaissances dans la société. Partant de certaines étapes de son parcours l'ayant conduit à étudier les effets de l'exposition aux contaminants environnementaux, il s'appuie sur ces récentes expériences afin de présenter son point de vue sur les enjeux du transfert des connaissances, en particulier dans la formation de la relève en sciences.

Audrey Groleau nous propose quant à elle un entretien avec Isabel Desgagné-Pénix, une chercheuse en biochimie passionnée dont le parcours atypique, les recherches et l'implication sociale sont remarquables. L'inspiration qu'elle trouve dans les savoirs autochtones ancestraux pour mener ses travaux, ses efforts pour faciliter le parcours des femmes et des personnes autochtones vers des carrières universitaires, ainsi que son regard sur le service à la collectivité des scientifiques, notamment auprès des jeunes, sont quelques-uns des aspects abordés lors de cet entretien. Dans cet ordre d'idées, **Ève Langelier**, titulaire de la Chaire pour les femmes en sciences et en génie au Québec, nous présente son parcours scolaire et professionnel, les défis auxquels elle a dû faire face, ainsi que les valeurs qui la guident et qui l'ont conduite à vouloir transmettre sa passion pour le génie tout en ayant un impact positif sur la société. Au passage, elle nous explique les particularités du génie et de la formation à l'ingénierie.

Dans Le cahier de laboratoire, **Caroline Guay** explore la façon dont un technicien en travaux pratiques, Vincent Rineau, compare sa pratique en contexte scolaire à ses expériences passées dans un laboratoire scientifique. Ce faisant, il nous parle de son désir de faire avancer les connaissances et de trouver des réponses à ses questions en s'appuyant sur certaines valeurs qu'il associe à l'activité scientifique comme la collaboration, la rigueur, la curiosité, le transfert des connaissances et l'esprit critique.

Chacun de ces textes présente donc, à sa manière, certains des rôles sociaux associés aux personnes œuvrant en sciences et génie. Les deux derniers articles traitent plutôt de la capacité des citoyennes et des citoyens à produire des connaissances scientifiques, mais également à mettre à contribution les sciences lorsque vient de temps de s'engager dans la société. À cet égard, le texte d'**Émilie Secours et de ses collègues** est illustratif. Il présente un projet de sciences citoyennes visant à sensibiliser les jeunes à la biodiversité. Ses auteurs et autrices y soutiennent que la participation citoyenne devrait influencer les connaissances scientifiques, et plus encore, le développement de la culture scientifique des communautés. Enfin, **Marie-Claude Beaudry** nous présente le portrait d'une personne engagée dans sa communauté et dans son quartier,

Amélie Desnoyers, qui applique une démarche scientifique à sa démarche citoyenne. Ce dernier texte met en évidence la capacité des citoyennes et des citoyens à poser des questions, à user de créativité, à colliger de l'information, à récolter des données et à argumenter; autrement dit, à mener des démarches socialement pertinentes et scientifiquement rigoureuses.

En somme, ce numéro thématique met en lumière l'enchevêtrement des relations entre sciences et société. Il éclaire notamment les rôles des scientifiques dans la société, mais également les rôles et les capacités des citoyennes et des citoyens dans la production des connaissances scientifiques. Chacun des textes présentés dans ce numéro aborde des parcours de scientifiques afin d'offrir un regard et des pistes de réflexion sur divers enjeux de la recherche, dont le financement, le transfert des connaissances, les sciences citoyennes, la place des femmes en sciences et en génie, ainsi que les postures épistémologiques et les valeurs que sous-tendent différentes pratiques de recherche. Assurément, par l'entremise de leurs enseignantes et enseignants, ces portraits, parcours et regards inspirants sauront trouver écho auprès des jeunes.



Isabelle Arseneau
Université Laval



Jean-Philippe Ayotte-Beaudet
Université de Sherbrooke

RÉFÉRENCES

- Bencze, L. (2017). *Science and Technology Education Promoting Wellbeing for Individuals, Societies and Environments*. New York, NY : Springer.
- Irwin, A. (1995). *Citizen Science: A Study of People, Expertise and Sustainable Development*. Londres : Routledge.
- Legardez, A. et Simonneaux, L. (2006). *L'école à l'épreuve de l'actualité. Enseigner les questions vives*. Paris : ESF Éditeur.
- Legardez, A. et Simonneaux, L. (2011). *Développement durable et autres questions d'actualité. Questions socialement vives dans l'enseignement et la formation*. Dijon : Educagri éditions.
- Ministère de l'Éducation et de l'Enseignement Supérieur (MEES). (2017). *Sciences de la nature (200.B). Programme d'études préuniversitaires. Enseignement collégial*. Québec : MEES.
- Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport (MELS). (2006). *Programme de formation de l'école québécoise, enseignement secondaire, premier cycle*. Québec : MELS.
- Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport (MELS). (2007). *Chapitre 6 : Science et technologie. Programme de formation de l'école québécoise, enseignement secondaire, deuxième cycle*. Québec : MELS.
- Wynne, B. (1987). *Risk management and hazardous waste: Implementation and the dialectics of credibility*. Berlin : Springer-Verlag.

1 Mentionnons que le Tome 1 de la Collection Des Universitaires, une initiative du Regroupement Des Universitaires (composé de 420 scientifiques) qui a été créé en réponse à l'actuelle urgence climatique, vient de paraître au moment d'écrire ces lignes. Cet ouvrage, se voulant un recueil des communications grand public des membres du Regroupement Des Universitaires, s'inscrit directement dans cette volonté de donner la parole aux scientifiques. Il se destine entre autres aux enseignantes et aux enseignants et il est accessible en ligne : <https://desuniversitaires.org/collection-du/collection-du-tome-1/>. Ajoutons que le texte 115 ainsi que les sections 10 et 11 ont été rédigés à des fins éducatives.

2 Rémillard, David (14 septembre 2020). Les Canadiens moins complotistes que d'autres, selon une étude. Radio-Canada. [En ligne : <https://ici.radio-canada.ca/nouvelle/1733460/theories-du-complot-canada-comparaison-autres-pays-covid19>].

LA COVID-19 ET LA PLACE DES SCIENCES DANS LA SOCIÉTÉ

Réflexions sur les propos d'un microbiologiste-infectiologue

Propos recueillis par Cassandra L'Heureux, Université de Sherbrooke



Philippe Martin, microbiologiste infectiologue, médecin et professeur-chercheur, Université de Sherbrooke

Les raisons qui m'ont amenée à demander à Philippe Martin de m'accorder une entrevue sur le rôle des sciences dans la société sont multiples. En tant qu'étudiante à la maîtrise en sciences de l'éducation, je suis convaincue que l'enseignement et l'apprentissage des sciences jouent un rôle clé dans le développement de la pensée critique de nos élèves. Lorsque j'ai vu un article concernant l'enzyme Sars-CoV-2¹, j'ai tout de suite été intéressée par le sujet, puisqu'il était question d'une équipe de recherche ayant fait preuve d'initiative et de créativité pour résoudre une problématique sociale actuelle. Après la lecture de l'article, j'ai eu envie d'en apprendre davantage sur la vision des sciences que M. Martin avait développées en tant que microbiologiste infectiologue, médecin et professeur-chercheur à l'Université de Sherbrooke. Ce texte présente une mise en dialogue réflexive faite à la lumière des propos de M. Martin

qui dresse un portrait de sa vision de la culture scientifique, notamment en ce qui concerne l'importance du doute.

Le parcours de M. Martin

Après avoir terminé ses études collégiales, Philippe Martin a choisi de s'inscrire en médecine pour associer son amour des sciences pures à son désir de travailler avec les gens. Ses champs d'intérêt ne l'ont d'abord pas poussé vers la microbiologie. Ce serait plutôt le hasard des circonstances qui l'a amené à réaliser un stage dans ce domaine. À ce moment-là, il savait qu'il souhaitait devenir médecin, mais il ignorait que derrière cette profession se cache un éventail de spécialités.

P.M. : « J'avais un certain intérêt pour les sciences de la nature, mais je me suis un petit peu lancé là-dedans sans trop savoir ce que ça allait être... Finalement, j'ai réussi à trouver quelque chose qui m'intéressait dans la grande famille de la médecine. »

En se remémorant certains moments clés de son parcours scolaire qui ont inspiré sa carrière professionnelle, M. Martin me parle d'une expérience marquante qu'il a réalisée au secondaire. Celle-ci consistait à cultiver ses mains².

P.M. : « On avait fait bouillonner nos mains³ et l'on avait mis ça sur des géloses et placé ça au four. Le lendemain, on regardait ça et l'on voyait une colonie de bactéries pousser là-dedans. C'est là que j'ai pris conscience qu'il y a de petites affaires qui se promènent et qu'on ne voit pas! »

J'étais également curieuse de savoir si un enseignant ou une enseignante avait marqué le parcours scolaire de M. Martin. À cet effet, il m'explique qu'il se considère chanceux d'avoir eu de très bons pédagogues. Une caractéristique importante pour maintenir un climat d'apprentissage favorable, selon lui, est de créer un environnement non menaçant, c'est-à-dire un travail collaboratif et positif. En tant que professeur à l'université, il souhaite que ses étudiantes et étudiants apprennent également dans cet environnement.

P.M. : « Je pense que c'est ça la principale caractéristique d'un bon enseignant, une ouverture, un positivisme. C'est vraiment ce que j'ai essayé de répliquer comme modèle d'enseignant. »

Dans sa pratique, cette ouverture se perçoit par le fait de rendre les apprentissages agréables et de laisser place à l'erreur.

P.M. : « À mes étudiantes et mes étudiants, je dis tout le temps : mouillez-vous, ce n'est pas grave! Si l'on se trompe, on va voir pourquoi on s'est trompé. Puis, c'est souvent même plus formateur que de se faire dire ce qui aurait dû être fait. [...] Nous essayons d'avoir du plaisir là-dedans. »

L'enzyme Sherby-20

Comme médecin-infectiologue, il m'explique que son travail lui demande d'être en contact avec des patients et des patientes et de travailler au laboratoire. Son rôle, que ce soit en clinique ou au laboratoire, consiste à s'attarder aux cas plus complexes. Par exemple, il est sollicité lorsque les gens font de la fièvre sans raison apparente et que tous les tests ont déjà été faits. Il mène alors une enquête à l'aide de son microscope pour résoudre la problématique. Son premier contact avec l'arrivée de la COVID-19 au Québec s'est fait au Centre hospitalier de l'Université de Sherbrooke (CHUS) pendant la semaine de relâche.

P.M. : « J'étais là pendant la semaine de relâche, c'était moi qui étais de garde. Je voyais comment c'était. Je commençais à voir les gens qui arrivaient beaucoup d'Italie avec de la fièvre. On n'avait pas encore commencé à tester pour la COVID à Sherbrooke, ou du moins, dans les gros centres. Nous avons vu rapidement qu'il fallait trouver une façon de diagnostiquer la maladie. »

Ce premier constat l'a mené à un autre : les composantes pour fabriquer les tests de dépistage, nécessaires pour poser le diagnostic, étaient manquantes. Cette situation se répétait partout au Québec. À partir de ce moment et grâce à son rôle de chef de laboratoire, il a pu contacter les laboratoires de différents grands centres par l'entremise d'un groupe provincial avec des personnes représentantes du ministère de la Santé et des Services sociaux. Dans cette équipe, les chercheurs et chercheuses ont pu discuter des défis du dépistage et partager les idées. Leur objectif était de démarrer rapidement la recherche afin de résoudre le problème des composantes manquantes pour les tests de dépistages. Dans le contexte où la plupart des laboratoires ont fermé en raison des mesures gouvernementales, il a fait un appel à tous les chercheurs et chercheuses qui avaient encore accès à leur laboratoire. Il a voulu savoir si une équipe de recherche pouvait l'aider à trouver comment fabriquer l'enzyme nécessaire pour faire le dépistage. Il a reçu une réponse positive d'une équipe de recherche de Sherbrooke.

Afin de bien comprendre l'importance de ces éléments manquants, j'ai demandé à M. Martin d'expliquer le rôle de l'enzyme Sherby-20 dans la détection du coronavirus. Sa réponse a pris la forme d'une analogie très évocatrice.

P.M. : « En fait, la détection du virus, pour savoir si une personne a le virus, ça ressemble essentiellement à suivre une recette pour faire un gâteau. Pour faire un gâteau, ça prend des ingrédients comme de la farine et de la levure. Quand nous étions au mois de mars, nous n'avions plus de farine et nous avions des centaines de tests qui attendaient. Donc, nous avons fabriqué notre farine. Essentiellement, nous sommes partis de zéro et nous avons fabriqué la farine que nous avons pu utiliser pour faire notre recette de

gâteau, et il a levé [...] et ça a fait un bien beau gâteau! »

De cette façon, les efforts communs de plusieurs chercheurs et chercheuses ont mené à la création de l'enzyme Sherby-20, qui permet de détecter le virus à de très faibles coûts. Du point de vue de la recherche, ce n'est pas le seul projet que M. Martin a entrepris relativement à la pandémie. En effet, depuis que la COVID-19 est devenue LE sujet d'actualité, le nombre de ses collaborations avec d'autres équipes de recherche ne cesse d'augmenter. Il travaille actuellement sur une étude québécoise qui cherche à établir le pourcentage du personnel de la santé ayant été exposé à la COVID et ayant développé une immunité contre le virus.

Le doute et le jugement critique

Afin de répondre à ma question concernant sa vision des caractéristiques d'un ou d'une scientifique, Philippe Martin me mentionne qu'il a dû prendre du temps pour réfléchir à ce qu'il considère comme des qualités essentielles chez ces personnes.

Dans sa conception du scientifique, deux qualités clés ressortent : la place du doute et l'importance du jugement critique.

P.M. : « Je pense qu'être scientifique, c'est une façon de considérer une problématique et d'y réfléchir. C'est comme ça que je vois cela, être scientifique. Se baser sur des faits, du moins sur ce qu'on croit être des faits, et l'adapter à notre situation. Peser le pour et le contre. C'est toujours comme ça que j'envisage les problèmes qui me sont soulevés. On essaie de partir de ce qu'on connaît, des faits et de vraiment voir les deux côtés de la médaille avant de prendre une décision. Donc, je pense que d'être scientifique, c'est de toujours avoir une nuance. Je me méfie un peu des gens qui sont trop certains de quelque chose. Même moi, dans mon travail quotidien, je ne suis jamais certain à 100 %. Même pour les débats actuels de société comme le port du masque et les deux mètres de distance. C'est peut-être une solution, mais il y a des pour et des contre, ce n'est pas noir ou blanc comme certaines personnes aiment l'exprimer. »

Sa réflexion l'amène également à développer sa pensée sur la place des sciences dans la société et sur le rôle que les scientifiques y jouent.

P.M. : « Je pense que c'est très important. L'humain va toujours avoir des problématiques à résoudre. Il faut innover. On voit qu'avec les virus, il faut s'adapter et trouver des solutions. Je pense que ça va être les scientifiques qui vont être obligés de trouver des solutions à ces problèmes de la vie, comme le réchauffement climatique et tout ça. Donc, je pense qu'un monde sans scientifiques, malheureusement, est voué à tomber éventuellement dans l'âge des ténèbres et la déchéance. Donc oui, pour moi, les scientifiques sont extrêmement importants. »

Intriguée par sa description d'un monde sans scientifiques, je lui ai demandé à quoi ressemblerait plus précisément ce monde. Sa réponse m'a surprise. Elle était spontanée et très contextualisée. Il relève le glissement possible entre les faits et l'opinion, mais également les enjeux scientifiques liés aux prises de décisions. Comme l'illustre l'extrait qui suit, il considère que certains systèmes sont en désordre et, selon lui, manquent de cohérence.

P.M. : « Comme aux États-Unis, c'est exactement ça... [la prise de décision se fait sur une base] non scientifique. Des gens avec des opinions, sans se baser sur des faits, vont essayer d'émettre des politiques. Ça engendre du chaos, de l'improvisation, de mauvaises décisions, une société qui n'est plus capable d'avancer et de résoudre ses problèmes. Donc, je pense que ça serait ça, la vie sans scientifiques. »

Je me suis dit que, plus que jamais, les sciences doivent avoir une place indispensable dans l'enseignement. Si l'on souhaite que nos élèves développent leur jugement critique et le doute auquel M. Martin fait référence, il faut alors laisser la place au doute et au jugement critique dans la manière d'enseigner les sciences. Il mentionne lui-même que ce raisonnement peut être transposé en contexte scolaire.

P.M. : « C'est ça le raisonnement que m'a montré mon parcours scientifique et que je continue d'appliquer tous les jours. Il y a toujours le doute. Toujours, toujours, toujours le doute. Un doute raisonnable que j'expose à mes patients et patientes en leur disant toujours ce qui me semble être la meilleure option, mais en précisant qu'il n'y a pas de garantie. Je leur demande toujours ce qu'ils en pensent. Donc, c'est comme ça que j'essaie de considérer tous les problèmes. »

Conclusion

a création de l'enzyme Sherby-20 a été possible grâce aux efforts de plusieurs personnes chercheuses et particulièrement grâce au rôle de liaison que le professeur a joué dans ce projet. Quant à la place des sciences dans la société, il nous rappelle qu'un ou une scientifique base ses décisions sur l'évaluation des faits plutôt que sur ses opinions. Philippe Martin m'a permis de mieux comprendre le rôle d'un médecin-infectiologue, mais il m'a aussi ouvert les yeux sur une vision plus large du raisonnement scientifique et sur l'importance du rôle de l'éducation dans la formation de futurs citoyennes et citoyens capables de douter et de faire preuve de jugement critique. Notamment, j'ai réalisé les conséquences potentielles d'un manque d'éducation concernant la culture scientifique et le raisonnement scientifique.

¹ Université de Sherbrooke (2020, 22 avril). *Tests de dépistage de la COVID-19. S'adapter à vitesse grand V-Sherby-20.* . <https://www.usherbrooke.ca/actualites/nouvelles/nouvelles-details/article/42737/>

² La culture microbienne est une technique de laboratoire qui consiste essentiellement à placer des bactéries dans une gélose pour permettre la croissance bactérienne afin de dénombrer ou d'identifier les bactéries.

³ Le verbe « bouillonner » fait ici référence à la culture microbienne.



Kassandra L'Heureux, Université de Sherbrooke

Comment les astronomes font-ils de l'astronomie?

Pierre Chastenay, Université du Québec à Montréal

Quelle est la façon de procéder des scientifiques pour produire de nouveaux savoirs? Afin de répondre à cette question, on doit s'interroger sur la nature même des savoirs scientifiques et sur les conditions de leur production et de leur diffusion, des questionnements à la fois épistémologiques et pratiques informés par l'histoire des sciences et l'évolution des idées et des théories scientifiques. Vaste programme! Il s'agit toutefois d'une question fondamentale pour quiconque fait œuvre d'éducation scientifique, puisque les réponses à cette question peuvent directement informer les pratiques en classe, permettant (dans la mesure du possible) de faire vivre aux élèves la science telle qu'elle se fait. Dans le présent article, j'essaierai de répondre à cette question en me concentrant sur le travail des astronomes (que je connais bien, étant astronome moi-même!) et sur la façon dont ces scientifiques organisent la production de nouveaux savoirs dans leur champ d'études. J'indiquerai également comment cette approche peut être transposée en classe à la fin du primaire ainsi qu'au secondaire.

Alors, quelle est la méthode des astronomes pour faire de l'astronomie? La première étape de toute entreprise de découverte scientifique est le questionnement, essentiel à la démarche d'investigation. Comme l'écrivait Gaston Bachelard dans *La formation de l'esprit scientifique* (1938), « toute connaissance est une réponse à une question ». Mais la question seule ne suffit pas; il faut l'opérationnaliser pour en faire une véritable question de recherche. Cette opérationnalisation passe d'abord par la production d'hypothèses quant à la question de départ. C'est le fameux « je pense que... parce que... » que l'on incite tant les élèves à s'approprier. Ensuite, en se basant sur ces hypothèses, les astronomes conçoivent la meilleure façon de recueillir les observations qui leur permettront de juger de leur pertinence.

L'étape de l'observation permet de faire remarquer que l'astronomie a ceci de particulier, par rapport à d'autres sciences, que les astronomes ne peuvent pas manipuler leurs objets d'étude (si l'on exclut les roches lunaires, les météorites et la poussière de comète). Alors que le physicien ou la physicienne peut varier la tension électrique aux bornes d'un montage expérimental, que le ou la chimiste peut changer les concentrations de ses réactifs, impossible pour l'astronome de modifier la température de surface d'une étoile pour voir comment cela influencera sa couleur, ou de lancer deux galaxies l'une contre l'autre pour étudier les fruits de leur collision. Les astronomes ne peuvent que recueillir patiemment les signaux que leur envoient les astres et essayer d'en déduire le plus d'informations possible à propos de leur nature et de leur évolution. Comme on le verra dans un instant, cela fait aussi en sorte que les activités de

modélisation prennent une importance cruciale en astronomie.

Une fois les observations recueillies, vient l'étape de l'analyse où l'astronome repère, dans les données, les régularités, les corrélations, les cycles et les invariants qui s'y cachent. Il s'agit d'une étape très importante, puisqu'elle permet d'extraire de la masse de données un minimum de faits et de relations que l'on cherchera ensuite à reproduire et à expliquer. En effet, ce que l'analyse révèle, c'est ensuite à un modèle explicatif de le reproduire le plus fidèlement possible. À l'aide du modèle, qui est une représentation fonctionnelle et simplifiée d'une classe d'objets ou de phénomènes, les astronomes ne retiennent que certains éléments d'une réalité complexe pour la représenter de façon plus simple et facilement manipulable. En astronomie, le modèle est en outre le seul outil que l'on peut manipuler pour contrôler les variables, tester une nouvelle hypothèse, faire des prédictions, etc. C'est ce statut épistémologique particulier qu'a le modèle en astronomie qui lui confère une si grande importance dans le travail des astronomes.

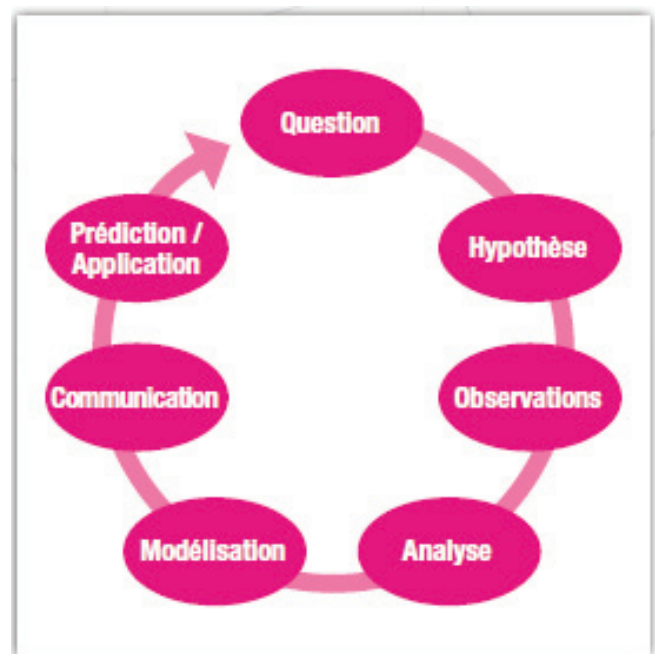


Figure 1. Le cycle de découverte en astronomie. Source : Auteur.

Que font les astronomes une fois que le modèle qu'ils ont conçu reproduit fidèlement les observations? Ils publient leurs résultats, bien sûr, idéalement dans des journaux scientifiques révisés par les pairs, afin de les soumettre au regard critique des collègues et, bien entendu, de s'assurer la préséance sur leur découverte! Ils en profitent également pour faire un certain nombre de prédictions, basées sur leur modèle, et proposer des applications qui mèneront à de nouvelles questions de recherche, à de nouvelles hypothèses et, ainsi, à un nouveau cycle de découverte (voir figure 1).

Bien sûr, la figure 1 montre une vision simplifiée et forcément rudimentaire du processus de production de nouvelles connaissances en astronomie : en réalité, il existe toujours des va-et-vient entre certaines étapes, par exemple entre l'analyse et la modélisation. Par ailleurs, la figure ne rend pas compte des nombreuses microdécisions qui doivent être prises à l'intérieur même de chaque étape, par exemple dans le choix d'un instrument d'observation. Enfin, on sait que le processus de découverte en science est tout sauf linéaire, et plusieurs essais et erreurs en marquent le parcours. Mais de manière générale, et comme outil pour « penser » la production de connaissances en astronomie, ce modèle est suffisant à la fois pour décrire le travail de recherche scientifique et pour réfléchir à une possible transposition didactique en classe de science.

En effet, je crois qu'il est possible, et même souhaitable, d'enseigner l'astronomie à l'école en proposant aux élèves de s'approprier les notions de base contenues dans les programmes scolaires en faisant de l'astronomie comme des astronomes. Dans ce qui suit, je m'emploierai à illustrer par un exemple concernant les phases de la Lune à quoi ce processus pourrait ressembler dans le contexte réel d'une salle de classe au primaire ou au secondaire.

Observer les phases de la Lune en faisant de l'astronomie comme les astronomes

Les phases de la Lune constituent un phénomène astronomique avec lequel les élèves sont déjà familiers, bien qu'il subsiste à leur sujet de nombreuses autres conceptions alternatives, par exemple l'idée que l'ombre de la Terre projetée sur la Lune est responsable des phases. De plus, les phases lunaires sont présentes dans le Programme de formation de l'école québécoise (PFÉQ) et la Progression des apprentissages (PdA) tant au primaire qu'au secondaire. Enfin, au deuxième cycle du secondaire, on vise l'intégration des activités d'observation et de modélisation à la démarche générale de recherche de réponses ou de solutions à des problèmes d'ordre scientifique ou technologique. Les phases de la Lune constituent donc un phénomène idéal à étudier pour proposer aux élèves de faire de l'astronomie comme des astronomes, tout en répondant aux exigences du PFÉQ.

La première étape en classe consiste à demander aux élèves ce qu'ils savent déjà à propos de la Lune et de ses phases. Une conversation ouverte devrait leur permettre d'exprimer leurs conceptions et de les confronter aux autres idées qui émergeront dans la classe. Faire réaliser une carte conceptuelle aux élèves constitue une autre excellente façon de procéder. Il est également important à ce stade-ci que les élèves prennent position concernant le mécanisme à l'origine des phases lunaires en écrivant leur hypothèse sous la forme « je pense que la Lune nous montre des phases parce que... ». La carte conceptuelle et l'hypothèse pourront faire l'objet de retours fréquents, à l'aide de papillons adhésifs amovibles et de crayons de différentes couleurs, afin de rendre visible l'évolution conceptuelle des élèves.

C'est à l'étape de l'observation que les élèves sentiront qu'ils se comportent vraiment comme des astronomes. Ce que les élèves devront noter quotidiennement sur leur fiche d'observation (une sorte de « calendrier lunaire » où ils inscriront leurs observations) dépend de leur âge et de leur niveau scolaire : les plus jeunes peuvent se contenter de dessiner l'aspect de la Lune d'un jour à l'autre, ce qui est déjà un défi pour certains; au secondaire, les plus vieux pourront en outre noter les heures de lever et de coucher de notre satellite, de même que l'illumination de la Lune (le pourcentage du disque lunaire visible) et l'élongation lunaire (l'angle sous-tendu par le Soleil et la Lune). Idéalement, l'activité devrait s'étendre sur un mois complet (une lunaison); l'utilisation d'applications pour téléphones intelligents et de gratuits d'astronomie comme Stellarium est fortement recommandée pour pallier une météo inclemente ou les périodes où la Lune n'est visible que tard dans la nuit.

L'analyse des données s'avère une étape cruciale, mais pour laquelle les élèves auront besoin de l'aide de l'enseignant ou de l'enseignante afin de repérer les éléments à retenir dans les données accumuléesⁱ. En effet, il est facile de se perdre dans la somme des données recueillies! Ce qu'il importe de faire remarquer aux élèves est le caractère cyclique des phases, croissantes puis décroissantes, le fait que la Lune est parfois visible le jour, parfois la nuit, souvent les deux, la variation de l'illumination et de l'élongation en fonction de la phase, etc. La nomenclature (nouvelle lune, premier quartier, lune gibbeuse, etc.) constitue également un apprentissage essentiel afin de bien nommer ce que l'on a observé.

ⁱ J'ai constitué un document d'aide à l'analyse, ainsi qu'une fiche d'observation des phases de la Lune, que je serai heureux de partager avec les personnes intéressées. Ces documents peuvent facilement être adaptés à plusieurs situations d'enseignement. Il suffit de m'écrire à chastenay.pierre@uqam.ca.

Comment les astronomes découvrent-ils des exoplanètes?

La **question** à l'origine de ce champ de recherche très actif en astronomie est la suivante : « Existe-t-il des planètes en orbite autour d'autres étoiles que le Soleil, ce que l'on appelle des exoplanètes? » En se basant sur l'**hypothèse** que de telles planètes existent (après tout, il y en a huit rien que dans le système solaire!) et que, parfois, elles « éclipsent » leur étoile temporairement, les astronomes ont conçu divers moyens afin de les **observer**. L'une d'elles, la méthode des passages, consiste à observer une étoile en continu et à guetter les moments où sa luminosité diminue temporairement. Un des projets les plus ambitieux à ce jour, le télescope spatial Kepler, est ainsi demeuré pointé pendant des années vers la constellation du Cygne, mesurant en continu la luminosité de 150 000 étoiles. Chaque fois que la brillance d'une étoile baissait de manière significative, l'information était transmise aux astronomes afin qu'ils ou elles **analysent** plus attentivement la courbe de luminosité de cet astre. Il pouvait bien sûr s'agir d'un faux signal ou d'une étoile intrinsèquement variable, mais lorsque la baisse de luminosité se répétait à intervalle régulier, les astronomes créaient un **modèle** numérique afin de déterminer les caractéristiques physiques et orbitales de l'objet (une exoplanète, selon toute vraisemblance) passant temporairement devant son étoile. Ces informations étaient aussitôt **publiées** afin que d'autres astronomes puissent confirmer les conclusions de l'équipe du télescope Kepler et assurer un suivi de l'étoile et de sa planète. Une des **prédictions** les plus intéressantes issues de ce vaste programme de recherche concerne le nombre potentiel d'exoplanètes présentes au sein de la Voie lactée : en extrapolant à l'ensemble du ciel le nombre de planètes découvertes dans la petite région du Cygne observée par le télescope Kepler, on estime qu'il existe de 100 à 400 milliards d'exoplanètes potentielles rien que dans notre galaxie! Parmi les nombreuses **nouvelles questions** soulevées par ces découvertes extraordinaires, la plus intéressante concerne l'existence d'exoplanètes semblables à la Terre, situées juste à la bonne distance de leur étoile pour que les conditions propices à l'apparition et à l'essor de la vie y soient réunies. Un nouveau **cycle de découverte** est en cours pour tenter de repérer ces objets fascinants...

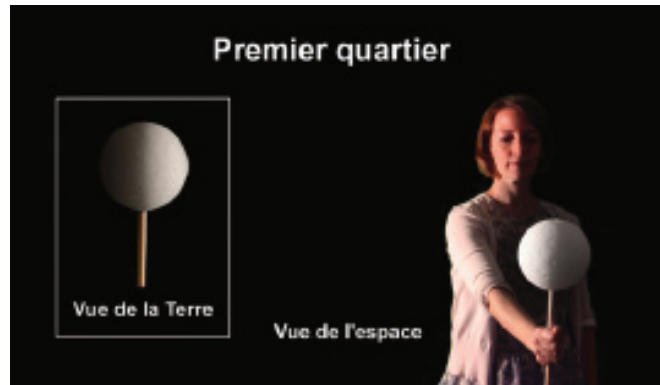


Figure 2 : Modélisation des phases de la Lune. Dans cette image, la lampe représentant le Soleil est à gauche (hors champ). La clé de la réussite de cette activité est une pièce parfaitement sombre, idéalement sans fenêtre. Source : NASA.

L'étape de la modélisation permet aux élèves de reproduire à l'aide d'un modèle concret ce qu'ils ont observé et consigné sur leur calendrier lunaire et découvert lors de l'analyse. Dans une pièce sombre, une ampoule nue représente le Soleil tandis que chaque élève tient une boule de styromousse blanche (la Lune) devant lui et l'observe comme si sa tête représentait la Terre (voir figure 2). Les élèves découvriront rapidement qu'en tournant lentement vers la gauche, ils reproduiront la séquence des phases exactement comme ils les ont observées. En prime, plusieurs découvriront également le mécanisme des éclipses de Lune et de Soleil!

On pourrait croire que l'étape de la communication présente peu d'intérêt; après tout, ce n'est pas comme si les élèves venaient de faire une grande découverte scientifique! Mais il s'agit au contraire d'une étape très importante, puisque pour expliquer leur modèle, les élèves doivent bien le comprendre. C'est souvent à cette étape que le modèle mental des phases lunaires, qui s'est lentement construit dans la tête des élèves, se cristallise enfin. On peut ainsi demander aux élèves de produire une courte vidéo décrivant leur modèle, ou les mettre au défi d'expliquer le mécanisme des phases de la Lune à des élèves des autres classes de l'école, à leurs parents, etc.

Vient enfin la dernière étape, celle de l'application et de la prédiction. On peut demander aux élèves d'utiliser leur modèle concret pour répondre à une série de questions du genre : « À quelle phase de la Lune peut-il se produire une éclipse de Soleil? » Ou encore : « Aujourd'hui, la Lune est au premier quartier; quelle sera sa phase dans une semaine? » Répondre à ces questions forcera les élèves à s'appropriier le modèle à un niveau fonctionnel qui l'ancrera encore davantage dans leur esprit. Enfin, on peut explorer avec leur modèle les phases de la Terre vues de la Lune (eh oui, les astronautes des missions Apollo ont bel et bien observé des phases de la Terre!), les phases des satellites des planètes Mars et Jupiter ou encore les phases de Mercure et de Vénus vues de la Terre. Ces nombreux exemples permettront aux élèves de réinvestir leur nouveau modèle mental dans diverses situations, montrant par le fait même son caractère universel et fructueux.

SUGGESTIONS DE LECTURE

Modéliser les phases de la Lune (en anglais) : <https://www.jpl.nasa.gov/edu/teach/activity/moon-phases/>

<https://www.youtube.com/watch?v=wz01pTvuMa0>

Gratuitiel d'astronomie Stellarium (pour Mac et PC) : <https://stellarium.org/fr/>

Chastenay, P. (2017). La didactique de l'astronomie. Dans S. El Euch, A. Groleau et G. Samson (dir.), *Didactiques : bilan et perspectives* (p. 73-97). Québec, Québec : Presses de l'Université Du Québec.

RÉFÉRENCE

Bachelard, G. (1938). *La Formation de l'esprit scientifique*. Paris : Vrin.



Pierre Chastenay, Université du Québec à Montréal

Du savoir universitaire au savoir du grand public

La route parfois sinueuse du transfert des connaissances

Dave Saint-Amour, Université du Québec à Montréal

C'est à 18 ans que j'ai vécu ma première et véritable crise existentielle. *J'étais alors étudiant au cégep* en sciences de la nature (sciences pures). En bon élève, j'avais suivi les cours avancés en maths, chimie et physique à la fin du secondaire. Lorsque j'ai dû choisir un programme collégial, je me suis dirigé vers ce qui m'était le plus familier et « confortable ». Curieux de nature, j'ai suivi un cours hors programme d'introduction à la psychologie à la deuxième session. Une réalité alors inconnue me frappe en plein visage, et je deviens complètement dérouté par rapport à mes aspirations professionnelles. Suis-je à la bonne place? Et si ma vocation était plutôt du côté des sciences humaines? Mais non, voyons! Il y a trop de concepts nébuleux en psychologie pour la personne rationnelle que je suis. Pour en avoir le cœur net, j'ai suivi un deuxième cours : psychologie sociale. Eurêka! Il était possible d'étudier les comportements humains à partir de la démarche scientifique, c'est-à-dire sur la base d'observations, d'hypothèses et d'expérimentations; j'avais trouvé ma voie. Arrivé à l'université, j'ai légèrement dévié en découvrant un autre domaine de la psychologie, tout aussi rigoureux, mais dont l'objet d'étude me passionnait davantage : le cerveau. Quelques années plus tard, j'avais terminé un doctorat en neuropsychologie à l'Université de Montréal; c'était en 2003.

Pour une meilleure compréhension de l'impact des polluants sur la santé du cerveau

Mes activités de recherche actuelles se concentrent sur l'étude des effets de l'exposition aux contaminants environnementaux sur le développement des fonctions cérébrales. Je m'intéresse ainsi au fonctionnement des systèmes sensoriels, de la cognition et de la régulation émotionnelle, du jeune enfant jusqu'à l'âge adulte, en lien avec l'exposition à différentes neurotoxines comme le mercure, le plomb ou les pesticides. Les études humaines pour comprendre les mécanismes cérébraux affectés par les polluants environnementaux demeurent trop peu nombreuses, alors qu'elles sont nécessaires pour réellement guider les réglementations en matière de santé des populations. Grâce à ma formation universitaire en neurosciences cognitives, mes travaux contribuent au développement de la recherche en santé environnementale en y apportant des outils d'investigation,

dont l'imagerie cérébrale, permettant de poser de nouvelles questions de recherche. Par exemple, quels impacts les contaminants environnementaux ont-ils précisément sur le fonctionnement de notre cerveau? À quel point affectent-ils les capacités d'apprentissage, le quotient intellectuel, la mémoire, l'attention? Quelles sont les fenêtres critiques d'exposition? Dans quelles circonstances ces contaminants sont-ils le plus susceptibles de nous nuire? Pour répondre à ces questions, je travaille avec des consortiums internationaux de chercheurs et chercheuses pour mieux comprendre les effets neurotoxiques de l'exposition à des polluants environnementaux, particulièrement lorsque cette exposition survient pendant la gestation, une période critique pour le développement cérébral. C'est dans ce contexte que mes recherches ont d'abord porté sur l'étude d'une cohorte de plusieurs centaines d'enfants inuits au Nunavik (*Nunavik Child Development Study*), une région située dans le Nord-du-Québec, en étroite collaboration avec des équipes de recherche de l'Université Laval. Mes travaux actuels portent sur la neurotoxicité des contaminants environnementaux auprès d'enfants, d'adolescents et d'adolescentes de la population générale au Canada¹ et en France²

Le prix à payer pour savoir

Poser une question de recherche est un processus intellectuel captivant (et relativement facile), mais le chemin pour arriver à la réponse peut s'avérer long et difficile. Le métier de chercheur comporte son lot de défis, dont celui d'obtenir des subventions de recherche, lesquelles sont le plus souvent nécessaires pour mener à bien un projet. En fait, la recherche scientifique est une activité collective (cela n'a jamais été aussi vrai qu'à notre époque) qui implique plusieurs acteurs. L'image du scientifique solitaire ayant fait une découverte extraordinaire est devenue l'exception plutôt que la règle. La recherche en santé est de plus en plus interdisciplinaire et intersectorielle. Mes activités de recherche s'inscrivent parfaitement dans ce mouvement, qui regroupe diverses disciplines telles que les neurosciences, la psychologie, la toxicologie, les sciences de l'environnement, la santé publique, etc. Le travail en silo est à toutes fins utiles révolu. Parler d'un facteur de risque génétique d'une maladie neurologique sans tenir compte du contexte psychosocial garantit une levée de boucliers dans la communauté scientifique, et c'est très bien ainsi.

Le financement de la recherche est devenu très compétitif et ardu; une personne en début de carrière peut facilement passer le tiers de son temps à cette activité de « recherche » de subventions... Le financement de la recherche se révèle d'autant plus difficile qu'il y a, depuis plusieurs années, un manque criant d'investissements pour la recherche scientifique, particulièrement au Québec, comparativement au reste du Canada. Je me considère comme chanceux dans ce jeu parfois déloyal, car j'ai connu suffisamment de succès pour que ma passion pour la recherche ne se fane pas. Heureusement, peu importe les contraintes et les réalités sociales, politiques ou économiques, le processus de la démarche scientifique reste intemporel et se suffit à lui-même. Pas besoin d'argent pour ressentir la joie intellectuelle de poser une nouvelle question de recherche, formuler une hypothèse et trouver la meilleure méthode pour la tester. Le suspense de l'attente des résultats peut parfois durer plusieurs années, notamment pour les études longitudinales, comme c'est le cas dans la majorité de mes études. Peu importe l'issue, le processus de découverte, avec toute sa beauté, a eu lieu et se répètera.

La nécessité de la mobilisation et de la diffusion des connaissances

Outre la tâche de « faire » de la bonne science, je crois fondamentalement, comme plusieurs collègues, que les chercheurs et chercheuses ont aussi la responsabilité de partager et de transmettre leurs connaissances au-delà de la communauté scientifique. Malheur à la personne qui ne présente pas de plan de transfert de connaissances (TC) dans sa demande de subvention; elle sera rejetée sur le champ! Le TC peut brièvement se définir comme « un processus dynamique qui réfère à l'ensemble des activités et des mécanismes d'interaction favorisant la diffusion, l'adoption et l'appropriation de nouvelles connaissances » (Lemire, Souffez et Laurendeau, 2009). Le TC peut, selon l'**état des** connaissances du domaine, prendre différentes formes, allant des communications scientifiques (publications, conférences, ateliers, etc.) jusqu'**à** la modification d'une loi ou de pratiques.

C'est en 2011 que j'ai véritablement commencé à m'impliquer dans des activités de transfert des connaissances et de communications. Dans la foulée de mes travaux de recherche auprès de jeunes Inuits du Nunavik, j'avais participé à l'élaboration d'un programme de TC avec la Direction de la santé publique de la *Régie régionale de la santé et des services sociaux du Nunavik*. Des documents vulgarisés expliquant les principaux résultats de nos recherches ont été créés et distribués à toutes les personnes participantes (parents et enfants) et dans tous les services de santé du Nunavik. Une série de capsules Web a également été créée sur le site du Centre pour la santé des Inuits, ainsi qu'une page Facebook contenant des informations en lien direct ou indirect avec les données de la recherche (<https://www.facebook.com/NCDStudy/>). Nos messages *étaient essentiellement centrés sur* les effets néfastes de la consommation de poissons contaminés (en particulier au méthylmercure) sur le développement neuropsychologique de l'enfant, tout en les mettant en perspective avec les effets bénéfiques des oméga-3 et du sélénium, *également présents dans le poisson*. Des recommandations de santé publique ont ainsi été émises en demandant à la population inuite de favoriser la

consommation de certains types de poissons, surtout pendant la grossesse, ayant un meilleur ratio nutriments/polluants (par exemple, l'omble de l'Arctique).

Outre cet exemple précis, j'ai participé à des conférences plus générales en santé environnementale auprès du grand public dans différents milieux, dont les Sceptiques du Québec, la Maison du développement durable et le Cœur des sciences de l'Université du Québec à Montréal, lesquels ont pour mission de contribuer au développement de la culture scientifique. J'ai aussi participé, en 2018, à un panel d'experts au Cœur des sciences appelé à commenter la projection du documentaire français « Demain, tous crétiens? ». Cet évènement a suscité un grand intérêt médiatique, à la suite duquel j'ai réalisé une série d'entrevues ayant pour objectif de nuancer et de rectifier certains propos des auteurs du documentaire quant à l'explication de la baisse du quotient intellectuel observée dans certains pays et le possible lien avec l'exposition aux perturbateurs endocriniens. Relativement à cet évènement, le Cœur des sciences m'a recontacté pour m'inviter cette fois à donner une conférence grand public que j'avais alors intitulée : « Contaminants environnementaux : menaces sur notre cerveau? » Cette conférence, et en particulier la période de questions qui a suivi, a été un évènement marquant pour moi et un réel catalyseur; à l'ère du sensationnalisme, de la désinformation et des fausses nouvelles, il m'est apparu évident que je ne devais pas me contenter de transmettre des connaissances au public, mais également trouver le moyen de mieux synthétiser l'information et promouvoir les faits et la pensée critique.

Un processus à ne pas sous-estimer

Bien que je trouve plaisir à partager mon savoir auprès de personnes qui n'ont pas de formation formelle en recherche, l'exercice n'a pas toujours été aussi agréable. Il est encore parfois ardu et il requiert une véritable préparation, d'autant plus que les chercheurs et chercheuses universitaires ne sont pas formés pour transmettre leurs résultats en dehors des milieux de la recherche, malgré toute la bonne volonté qu'ils peuvent avoir. Du secondaire à l'université, les programmes sont axés sur l'apprentissage des connaissances et de compétences certes, mais le TC ne figure nulle part. Comme si l'on pensait que la maîtrise du TC pouvait s'apprendre seul. Il y a des universitaires qui passent leur vie à étudier les processus et les effets des différentes stratégies de TC! Il ne suffit pas d'être capable de diffuser des résultats de recherche ou de promouvoir un programme jugé efficace sur la base de données probantes, il faut également savoir comment les gens parviendront à s'approprier ces connaissances et à les intégrer dans leur quotidien. En d'autres mots, le TC doit aller au-delà du volet scientifique et tenir compte d'une multitude de facteurs individuels et collectifs.

À la difficulté pour la personne qui fait de la recherche de bien maîtriser le processus de TC s'ajoute le fait que le TC et la vulgarisation scientifique sont encore trop peu valorisés. Par exemple, la reconnaissance formelle des activités de TC est absente dans les critères de promotion des chercheurs et chercheuses universitaires, alors qu'ils doivent paradoxalement de plus en

plus s'y investir. Conséquence : plusieurs d'entre eux évitent le TC pour mieux se consacrer à *leurs activités de recherche*. Je dois avouer, avec regret, que j'étais l'un de ceux-ci en début de carrière. La compétition est tellement forte aujourd'hui que les chercheurs et chercheuses doivent être stratégiques dans la manière d'investir leur ressource-temps. De plus, les taux de réussite aux concours des différents organismes de financement sont très faibles (de l'ordre de 15 % aux Instituts de recherche en santé du Canada, principal organisme subventionnaire fédéral en santé) et viennent le plus souvent avec des réductions budgétaires pour les heureuses personnes élues, ces dernières étant contraintes de couper plus ou moins toujours en premier les activités de transfert qu'elles avaient à l'origine prévu réaliser.

Heureusement, cela tend à changer, et je dois dire que le Québec montre très bien l'exemple en matière de valorisation pour le transfert des connaissances scientifiques dans la sphère publique. En effet, les Fonds de recherche du Québec ont lancé plusieurs initiatives en ce sens au cours des dernières années. La plus récente est le programme DIALOGUE qui vise à encourager la communauté scientifique à interagir avec le grand public et ainsi à susciter un intérêt et une meilleure compréhension de la démarche scientifique. Voici une courte illustration bien personnelle de ce programme. En effet, j'ai la chance d'être l'un des lauréats de la première édition du concours pour un projet intitulé « Santé du cerveau et polluants environnementaux : déconstruire les mythes pour mieux comprendre les faits et agir ». Le premier volet de ce projet consiste à mettre en place une plateforme numérique grand public qui sera alimentée par des conférences et des entretiens vidéos avec des experts et des professionnels de la santé, ainsi que par des questions provenant du grand public. De plus, les journalistes et les chercheurs pourront aussi bénéficier de cette plateforme, car elle contiendra une cartographie interactive de chercheurs et chercheuses disponibles pour répondre à leurs questions. Nous espérons inaugurer cette plateforme à la fin de l'année 2020 (<https://faireasatete.uqam.ca/>). Par ailleurs, des ateliers de sensibilisation seront organisés dans divers milieux, ciblant les cégépiens et cégépiennes, ainsi que les jeunes parents, en vue d'offrir des outils concrets permettant de détecter les informations douteuses ou non fondées relatives aux effets neurotoxiques des polluants environnementaux sur le cerveau (par exemple, l'exposition aux pesticides cause l'autisme). Des conférences grand public complèteront les ateliers en présentant des informations vulgarisées sur diverses thématiques concernant les impacts des polluants.

Le TC dans la formation de la relève

En tant que professeur d'université, mon quotidien est évidemment teinté d'échanges avec des étudiants et étudiantes de tous les horizons (principalement aux cycles supérieurs universitaires, mais également des stagiaires de premier cycle), que ce soit dans mes cours ou dans mon laboratoire. J'affectionne particulièrement d'échanger avec eux et de contribuer à promouvoir leur pensée scientifique pour le bien de leurs travaux de recherche. *Même si je n'exerce ma profession que depuis une quinzaine d'années, j'ai tout de même noté un changement notable quant à mes interactions avec les étudiants et étudiantes.* Un des facteurs responsables de ce changement est sans aucun doute l'incroyable accès à l'information dont nous disposons maintenant grâce à Internet. Il devint parfois difficile de gérer la surabondance d'études sur un sujet donné — *même en ne sélectionnant que les études « sérieuses »* —, et ce, sans compter les informations erronées qui circulent à vitesse grand V sur les réseaux sociaux. La population étudiante, par définition, absorbe beaucoup d'informations nouvelles et n'est pas toujours bien outillée pour sélectionner les plus pertinentes et, pire encore, pour détecter les informations douteuses et de mauvaise qualité. *Être capable de faire la part des choses quant aux informations dont on nous bombarde quotidiennement est devenu plus important que jamais.* Un principe bien connu de l'apprentissage est de construire le savoir à partir des connaissances antérieures des élèves/étudiants. Il va sans dire que le savoir sera d'autant plus difficile à atteindre s'il faut au préalable déconstruire une montagne de connaissances antérieures superflues. Ces dernières années, je me suis rendu compte qu'intégrer le TC pendant l'acquisition du savoir, et non pas seulement après, peut faciliter l'apprentissage. La raison est fort simple. Au cœur du TC, il faut d'abord synthétiser les faits pour ensuite transmettre la connaissance le plus efficacement possible. Demander à un étudiant ou à une étudiante de rendre compte d'un phénomène à l'écrit en une seule page plutôt que 15 est beaucoup plus exigeant intellectuellement. Même chose pour une présentation orale très courte : il suffit de visionner une capsule de *Ma thèse en 180 secondes* pour s'en convaincre. Et tout ça encore plus pour un public non spécialisé. **Évidemment**, la qualité d'un TC d'un domaine de recherche en construction a ses limites, mais le jeu en vaut la chandelle pour la formation des **étudiants** et étudiantes (ou même pour toute autre personne apprenante, incluant le corps professoral). Leur esprit de synthèse et leur jugement n'en seront que bonifiés. C'est la raison pour laquelle j'encourage maintenant systématiquement mes étudiants et étudiantes à participer, en parallèle à leurs travaux de recherche, à différentes activités de TC. C'est un investissement gagnant pour les deux parties.

Conclusion

Mon vœu le plus cher est de transmettre quelques notions **élémentaires** de TC auprès des plus jeunes. Sans entrer dans les dédales du TC, il importe **à mon avis** de mieux outiller nos jeunes devant la multitude d'informations qui les entourent en leur offrant plus d'occasions encadrées (scolaires ou parascolaires) de réflexion critique sur des sujets d'actualité scientifique (par exemple, le 5G est-il vraiment dangereux pour la santé). Cela est d'autant plus important que la très grande majorité des jeunes s'informent via les médias sociaux³. Nul besoin de préciser que les programmes *éducatifs*, que ce soit au niveau secondaire, collégial ou universitaire, sont riches à plusieurs égards, mais parfois pauvres pour développer l'esprit critique et les compétences à distinguer l'information solide et fiable des rumeurs et des canulars. J'espère que cela changera dans les prochaines années, car, nous ne le répèterons jamais assez, les apprenants et apprenantes d'aujourd'hui forment la relève et les artisans de la science de demain. Il fait nul doute pour moi que les jeunes en fin de secondaire ou au début de *cégep* sont le public à *privilégier* pour obtenir l'impact souhaité quant à la promotion de la pensée critique et de la rigueur scientifique. N'hésitez pas à m'inviter si le cœur (et la raison) vous en dit!

RÉFÉRENCE

Lemire, N., Souffez, K. et Laurendeau, M-C. (2009). Animer un processus de transfert des connaissances : bilan des connaissances et outil d'animation. Québec : Institut national de santé publique.

1 Étude MIREC (Maternal-Infant Research on Environmental Chemicals)

2 Étude PÉLAGIE, Perturbateurs Endocriniens : Étude Longitudinale sur les Anomalies de la Grossesse, l'Infertilité et l'Enfance

3 Enquête NETendances, Internet pour s'informer et communiquer, CEFRIO 2017



Dave Saint-Amour, Université du Québec à Montréal

Isabel Desgagné-Penix : se construire une identité forte et positive par la recherche scientifique

Retour sur le parcours atypique de la biochimiste Isabel Desgagné-Penix et sur ses efforts pour faciliter le parcours de femmes et des personnes autochtones vers les sciences de la nature

Propos recueillis par Audrey Groleau

La professeure de biochimie Isabel Desgagné-Penix ne cesse d'impressionner par les recherches de grande qualité menées dans son laboratoire. Elle a d'ailleurs récemment obtenu deux chaires de recherche et remporté le Prix Mitacs pour leadership exceptionnel 2019. Ce qui est moins connu, c'est son engagement dans de nombreuses activités de promotion des sciences auprès des femmes et des personnes autochtones.

Audrey : Nous nous connaissons depuis quelques années. Je connais plutôt bien la nature de ton travail, mais je ne pense pas que ce soit le cas du lectorat de *Spectre*. En quoi consiste plus précisément ton travail au quotidien?

Isabel : Je suis professeure de biochimie à l'Université du Québec à Trois-Rivières (UQTR). Les professeurs et professeures d'université ont une tâche qui se décline généralement en trois volets : la recherche, l'enseignement et le service à la collectivité. La recherche me tient particulièrement à cœur. C'est une partie importante de ma tâche, et c'est aussi ma façon de connecter avec les gens. Les membres de mon équipe de recherche et moi travaillons sur le métabolisme spécialisé végétal. Nous tentons de comprendre comment les plantes médicinales produisent des molécules actives, puis nous essayons de reproduire cette production dans d'autres systèmes vivants, comme les microalgues. L'intérêt est notamment d'éviter de surcultiver ces plantes médicinales. En effet, la plupart des plantes médicinales se retrouvent en nature, dans des écosystèmes en équilibre, et sont parfois des espèces protégées. De plus, ce ne sont pas toutes ces plantes qui sont faciles à cultiver par l'agriculture. En même temps, on ne veut pas utiliser les sols normalement employés pour produire de la nourriture pour cultiver des plantes médicinales, car les molécules produites par les plantes

sont souvent en petite quantité. Il faudrait beaucoup de plantes (et beaucoup de sols) pour obtenir une petite quantité d'un médicament, d'où l'intérêt de les comprendre et de copier leur « recette biochimique » pour produire leurs molécules bioactives dans des systèmes autres comme les bactéries, les levures ou les microalgues. Dans mon laboratoire, nous favorisons les microalgues parce qu'en plus de produire le médicament voulu, elles le font en purifiant l'air, puisqu'elles sont capables de photosynthèse. Aussi, une fois le médicament prélevé, le reste des microalgues peut servir pour d'autres applications comme les biocarburants. En somme, nous travaillons sur des méthodes durables, « vertes », de produire des médicaments.

Je donne aussi différents cours de biochimie. Mon collègue Hugo Germain et moi avons récemment mis sur pied le profil « cannabis » du baccalauréat en biochimie. Nous travaillons donc au développement de cours sur le cannabis et sur des plantes médicinales. En ce qui concerne le service à la collectivité, je tiens à ce que de jeunes femmes et des personnes autochtones puissent continuer leur formation, peu importe le domaine, tant qu'elles trouvent leur passion et comprennent que d'aller à l'université, ce n'est pas si effrayant, même si ça peut sembler être une importante marche à franchir. J'oriente donc mes activités de service à la collectivité en ce sens.



Isabel Desgagnés-Penix

Audrey : Qu'est-ce qui t'a menée à la carrière de professeure de biochimie végétale?

Isabel : Quand j'étais jeune, j'adorais aller dans la forêt avec ma grand-mère. Elle m'expliquait que telle plante pouvait aider à guérir une verrue ou à traiter un ongle incarné. Je voulais savoir comment on peut cicatriser telle blessure et pourquoi on met de la gomme de sapin sur telle autre. Je voulais comprendre comment ça marche! J'ai saisi plus tard que ce que ma grand-mère m'enseignait, c'était des savoirs autochtones.

Je lisais aussi beaucoup d'ouvrages dans lesquels l'héroïne, malgré bien des difficultés, s'en sortait parce qu'elle était en quelque sorte la chamane de la tribu. Ces livres-là parlaient des manières dont elle utilisait une plante pour sauver une autre personne. C'était parfois des romans des Premières nations, parfois des romans ou des films européens, qui se déroulaient par exemple au Moyen Âge. J'ai toujours eu la fibre voulant comprendre comment fonctionnent les médicaments, ce que faisaient les apothicaires, etc.

Je n'ai toutefois jamais pensé que je pouvais faire carrière dans un tel domaine. J'étais bonne à l'école et je voulais entrer en médecine. Mais au moment de l'admission, j'étais sur les listes d'attente. Donc j'ai décidé d'étudier la microbiologie. Après mon baccalauréat, j'ai encore posé ma candidature en médecine... et j'étais encore sur les listes d'attente. J'ai commencé la maîtrise en attendant le verdict final. Puis quand on a été rendu à mon nom sur la liste d'attente, j'avais déjà fait quelques mois à la maîtrise et je « tripais ».

Quand j'étais jeune, je ne savais pas en quoi consistait la recherche. Je n'avais pas d'autres idées de ce que quelqu'un pouvait faire en sciences si ce n'était d'être médecin. Une personne qui étudiait en biochimie, pour moi, devenait professeure. Je n'avais jamais pensé devenir professeure,

et surtout pas à l'université. Je faisais donc une maîtrise en immunologie. Comme un petit vampire, on allait prendre le sang d'animaux, puis on pouvait ajouter des molécules pour empêcher certains mécanismes de se produire. Je n'avais pas compris que ces molécules-là pouvaient être produites par les plantes. J'avais en tête qu'on utilisait des inhibiteurs... faits par l'entreprise de qui l'on achète le produit!

J'ai beaucoup aimé la recherche, mais je me suis ennuyée : je trouvais que Sherbrooke était une grosse ville, je trouvais que j'étais loin de la forêt, que j'étais loin de ma famille, même si elle était un peu dysfonctionnelle. J'ai décidé de revenir à la maison. Ça a été une période difficile. J'avais l'impression de ne plus avoir ma place nulle part. Je suis partie au Texas sur un coup de tête, et il y a eu une autre période plus difficile. Après quelque temps, j'attendais un enfant. J'ai donc voulu me trouver un meilleur emploi, un emploi qui permettrait de subvenir à nos besoins. C'est de cette manière que j'ai été embauchée dans un laboratoire de recherche d'une université texane. La professeure pour qui je travaillais faisait de la recherche sur les plantes. Je n'avais jamais travaillé avec les plantes, du moins pas en recherche.

Puis il y a cette conception répandue en biologie selon laquelle la recherche en médecine, par exemple sur le cancer, serait plus « noble » que les travaux portant sur les plantes. J'avais cette conception-là et je n'étais pas seule parce que je l'entendais autour de moi. Mais j'avais besoin d'un emploi, et la chercheuse avait besoin de quelqu'un qui faisait de la biologie moléculaire, et c'est ce que j'avais fait pendant ma maîtrise! De fil en aiguille, des étudiants et des étudiantes sont venus dans le laboratoire, et j'ai commencé à leur montrer comment faire des choses. À ce moment-là, ma vie avait un sens : j'avais un enfant qui venait d'arriver, et ma vie professionnelle prenait un sens. Les gens venaient vers moi pour apprendre, y compris ceux d'autres laboratoires : « Comment fais-tu telle technique? Comment extrais-tu l'ARN? » Je m'apercevais que j'étais bonne dans ce que je faisais. Et à un moment donné, ma patronne m'a offert de faire un doctorat. Elle n'avait plus les moyens de me payer comme professionnelle, mais elle pouvait m'octroyer une bourse pour étudier au doctorat. Je me suis dit : « Bien voyons donc, moi, faire un doctorat? » Je pouvais continuer ce que je faisais déjà, mais suivre des cours en même temps et, finalement, obtenir un doctorat. C'était ça, ou je perdais mon emploi. J'ai décidé de m'inscrire au doctorat.

C'est comme si ça m'avait construite. Ça m'a donné de la confiance. J'étais en train de me remplumer tranquillement, puis j'avais mon fils qui grandissait. Je me disais : « Je pense que je l'ai trouvée, ma voie. C'est comme ça que je vais montrer à mon fils que j'ai trouvé un domaine dans lequel je suis bonne. » Et ça a continué au postdoctorat, puis j'ai obtenu un poste de professeure.

Donc maintenant, c'est ce que je veux montrer aux autres : il existe plusieurs chemins, mais celui de la recherche, il a fonctionné pour moi. Je pense qu'il peut aussi fonctionner pour d'autres.

Audrey : Est-ce un peu dans cet ordre d'idées que tu as présidé le comité organisateur de l'Expo-Sciences autochtone du Québec 2020 de l'Association québécoise autochtone en science et en ingénierie (AQASI)¹?

Isabel : Le président de l'AQASI m'a parlé de la possibilité de tenir l'évènement à l'UQTR. J'y suis d'abord allée comme juge chaque année depuis 2017. J'ai adoré observer les jeunes présenter leur kiosque, voir le feu dans leurs yeux. Et j'ai réalisé que j'aurais pu être parmi ces jeunes-là il n'y a pas si longtemps, même si je n'ai jamais eu l'occasion de participer à une Expo-Sciences. En tant que professeure, j'ai la possibilité d'avoir un impact important, de montrer aux jeunes que de trouver leur voie peut passer par l'éducation. L'UQTR, c'est un bel endroit, c'est entouré de forêt. Ce n'est pas si grand ni effrayant que ça, et l'on y offre une formation de bonne qualité. Les jeunes peuvent démarrer leurs études ici puis rester ou aller plus loin.

L'éducation des jeunes autochtones et des jeunes femmes me tient particulièrement à cœur. Allez en sciences, poursuivez vos études, peu importe dans quel domaine! Quand je donne mon temps pour ça, je ne le compte pas. J'adore ça! Je souhaite que quelques-uns continuent leurs études, puis retournent dans leur communauté. Les jeunes vont se dire : « il y a des personnes qui me ressemblent dans les laboratoires de recherche. Ce ne sont pas seulement des Blancs avec des cheveux blancs puis des sarraus. » C'est surtout ça qui m'a donné envie de m'engager dans l'Expo-Sciences.

Je siége aussi aux tables d'accessibilité aux autochtones. J'ai de plus participé à des balados sur les femmes en sciences. Quand j'ai commencé à enseigner, je ne pensais pas faire ce genre d'activités. C'est venu tranquillement, quand on m'a sollicitée. Et quand je participais à une telle activité, il y a des étudiantes qui venaient me voir en me disant : « Moi aussi, ma grand-mère faisait ça; moi aussi, j'ai subi de la violence quand j'étais jeune. » Ça a nourri un petit démon en moi qui m'empêche d'arrêter. J'ai l'impression que je ne peux plus arrêter, jusqu'au moment où une personne 100 % autochtone ou une femme qui parle bien mieux que moi va prendre ma place. Je n'ai pas l'impression d'être une bonne modèle. Mais j'ai l'impression de défricher le chemin pour une personne qui sera meilleure que moi. Je ne suis pas 100 % autochtone, je n'ai pas grandi dans les communautés, je ne veux pas prendre la place d'une autre personne ni faire de l'appropriation culturelle. Ce que je veux, c'est que les gens voient qu'il y a un chemin. Je veux le défricher, mais je ne veux pas être en avant. Je veux rester à l'arrière-plan.

Audrey : En terminant, que dirais-tu à des enseignants ou à des enseignantes de sciences et de technologie pour les encourager à favoriser les parcours comme le tien?



Audrey Groleau, Université du Québec à Trois-Rivières

Isabel : Je pense qu'une des clés est de célébrer toute cette diversité. Quand on a un groupe de jeunes de différentes cultures, il faut essayer d'allumer le feu dans leurs yeux. On peut intégrer des exemples qui sont près de leur vécu. Si une ou un élève parle des canots de sa communauté, on peut se demander comment il est fait et avec quels matériaux. On pourrait aussi proposer des activités autour des plantes médicinales.

Il importe aussi d'encourager les élèves. Quand ils font un bon coup, peu importe sa teneur, la petite tape dans le dos est importante, surtout pour ceux et celles qui la reçoivent moins souvent. Cette tape-là rend toute la journée plus belle. Ça peut ouvrir une porte qui n'aurait jamais été ouverte autrement.

C'est d'ailleurs ça qui a fait que j'ai continué. Ce sont des enseignants et des enseignantes de sciences qui ont cru en moi, alors que je ne m'imaginai pas scientifique. Il y a certains pédagogues qui vont faire pencher une décision d'un côté ou de l'autre, notamment en ce qui concerne le fait de rester à l'école ou de l'abandonner. En tant qu'enseignante, on ne sait pas nécessairement qu'on a ce pouvoir-là. Quand un étudiant te raconte quelque chose qui n'a rien à voir avec le cours – il vient officiellement te voir pour une question du cours, mais il te raconte qu'il vit des moments difficiles –, juste le fait de l'avoir écouté, ça fait toute une différence. Il travaille plus dans le cours. Il est moins gêné de poser ses questions, il reste après le cours, il échange avec les autres, il te demande ce que tu fais dans ton laboratoire, s'il peut venir y faire un tour. Et l'on vient souvent d'assister au début d'une carrière...

¹ L'activité a malheureusement dû être annulée en raison de la pandémie de COVID-19.

Parcours professionnel d'une femme en génie : flou, passion, défis, ancrages et soutien

Ève Langelier, Université de Sherbrooke, Chaire pour les femmes en sciences et en génie au Québec

Le génie est une profession majoritairement masculine. Au Québec, en 2018-2019, la représentation féminine au sein des inscriptions au baccalauréat en génie était de 22 %, tandis qu'elle était de 15 % au tableau de l'Ordre des ingénieurs du Québec. Au moment d'écrire ces lignes, les femmes représentaient 14 % du corps professoral de la Faculté de génie de l'Université de Sherbrooke, et 6 % au Département de génie mécanique. Le génie est un domaine passionnant; il permet de développer des solutions à des problèmes d'actualité et il mène à une grande diversité de carrières. Ce champ d'activité reste pourtant méconnu de plusieurs et semble intimidant pour certaines femmes. Voici donc un exemple de parcours qui a mené une jeune fille sportive et artiste à l'ingénierie : le mien. J'espère qu'il vous permettra de jeter un regard nouveau sur le génie.

Du flou à la passion

Adolescente, je m'impliquais grandement dans le sport. Le ski alpin était ma passion, mais j'aimais aussi beaucoup le volleyball et le soccer. À temps perdu, je dessinais parfois. À l'école, je préférais les sciences. Quand on m'interrogeait sur mon choix de carrière, je n'avais pas de réponse précise. C'était le flou.

Mes centres d'intérêt et mon entourage ont influencé le choix de mon cheminement. Aimant le dessin et la biologie, j'ai voulu pendant un temps dessiner des planches anatomiques comme le faisait une cousine paternelle. Mais vous en conviendrez, il n'y a pas beaucoup de débouchés dans ce domaine, et c'est parfois un peu lugubre... Par la suite, baignant dans le monde de l'aviation privée et du parachutisme, j'ai voulu dessiner des avions. C'est ainsi que j'ai finalement choisi de m'inscrire au baccalauréat en génie mécanique.

Comme plusieurs autres étudiantes, c'est au premier jour de classe que j'ai su qu'il s'agissait d'un milieu majoritairement masculin. Je m'y sentais quand même bien. J'adorais mes cours et j'avais de bons amis. Durant ma formation, j'ai obtenu deux stages dans une entreprise de produits chimiques. Ces expériences m'ont permis de constater que je ne voulais pas travailler en usine. Au même moment arrivait un nouveau professeur spécialisé en biomécanique. Cette rencontre a orienté le reste de ma carrière. Je me projetais en train de concevoir des équipements médicaux, d'aider les autres en utilisant mes connaissances en ingénierie.

J'ai donc réalisé une maîtrise en génie mécanique sur un projet de bio-ingénierie. Je me sentais vraiment à ma place. J'adorais ce que je faisais. Comme je n'avais pas de plan de carrière et que j'aimais apprendre, j'ai de nouveau été influencée par un professeur qui, cette fois, m'a offert d'entreprendre un projet de doctorat. Il s'agissait d'une option que je n'avais pas envisagée, mais qui m'a plu.

J'ai donc entamé un doctorat en génie biomédical. Ce fut une expérience à la fois agréable, difficile et enrichissante. Agréable parce que j'apprenais beaucoup et que j'étais bien entourée. Difficile parce que je sortais de ma zone de confort : formée en génie mécanique, je faisais désormais de la biologie cellulaire et de la biochimie. Enrichissante parce que j'ai acquis beaucoup d'autonomie et développé mon sens critique.

Par la suite, j'ai mis au monde deux beaux garçons, obtenu des contrats de recherche et commencé des études postdoctorales. J'ai enfin découvert, grâce à mon directeur de maîtrise et ami, une offre d'emploi pour un poste en enseignement de la bio-ingénierie. C'est ainsi que j'enseigne et que je fais de la recherche à l'Université de Sherbrooke depuis juin 2004. J'adore ce travail qui me permet de transmettre ma passion et d'avoir un impact positif sur la société.

Aussi, depuis mai 2015, j'ai la chance d'être titulaire de la Chaire pour les femmes en sciences et en génie au Québec, dont la mission est d'accroître la représentation féminine en sciences et en génie. J'avais participé à un concours lancé en 2014 par le Conseil de recherche en sciences naturelles et en génie du Canada. Encore une fois, c'est mon directeur de maîtrise et ami qui m'avait encouragée à poser ma candidature...

Quelques défis en cours de route

Aujourd'hui, je suis très heureuse du chemin parcouru et de ce que j'accomplis. Ce chemin a d'ailleurs été heureux, mais quand même parsemé de quelques défis, dont certains sont associés au fait d'être une femme. Par exemple, au baccalauréat, un professeur avait proposé de me trouver un stage. Quelque temps plus tard, il m'annonçait, gêné, que l'entreprise qu'il entrevoyait ne voulait pas de femmes. Je me suis dit que je ne souhaitais pas travailler dans une telle entreprise et je suis vite passée à autre chose sans trop réaliser ce qui venait de se produire.

Lors de mes stages dans le domaine de l'industrie chimique, j'ai eu droit à quelques remarques sexistes et sifflements de la part de travailleurs dans l'usine. Encore une fois, je n'en ai pas vraiment été affectée, car je me sentais respectée dans les bureaux; en outre, les comportements inappropriés se manifestaient rarement.

Ce n'est que plus tard, avec l'arrivée de la famille, que j'ai commencé à réaliser comment la maternité ou la possibilité de celle-ci peut avoir un effet sur une trajectoire professionnelle. Vers la fin de mon doctorat, j'ai toute une surprise, une belle surprise, celle de tomber enceinte de mon premier garçon. À l'époque, mon conjoint travaillait à Québec, et j'étudiais à Montréal. C'était le début de l'articulation études-famille. J'ai eu la chance d'avoir un directeur de thèse très compréhensif par rapport à la situation. J'ai même eu droit à une pièce calme avec un lit pour me reposer au besoin! Avec le recul, je réalise que plusieurs étudiantes ne bénéficient pas d'aussi bonnes conditions.

Plus tard, au cours de discussions concernant mon avenir ou l'embauche d'une femme, j'ai entendu des commentaires exprimant une inquiétude quant à une maternité « potentielle ». Il faut toutefois se souvenir qu'il y a aussi de très belles histoires, comme l'embauche d'une femme enceinte qu'une direction attendra, convaincue qu'il s'agit de la bonne personne pour le poste.

La conciliation travail-famille a aussi représenté un défi émotif pour la jeune professeure que j'ai été. Je me sentais tiraillée. J'adorais mon travail. Il me stimulait, mais il était toutefois très exigeant en temps et en énergie. J'avais l'impression de ne pas être assez disponible pour ma famille. Mon conjoint m'a grandement aidée à trouver mon équilibre.

Un autre défi que je pense pertinent de partager est le syndrome de l'imposteur. J'ai toujours eu une grande confiance en moi dans mes cours. J'avais une certaine facilité et je travaillais fort, quoique les passages de niveau (par exemple, le passage du cégep à l'université) demeuraient anxiogènes. Mon manque de confiance s'est principalement exprimé une fois sur le marché du travail. Encore aujourd'hui, même si j'ai une très belle carrière, je dois parfois recadrer mes pensées et me convaincre que je suis à ma place. Avec mes travaux à la Chaire, j'ai appris que plusieurs femmes manquent de confiance en elles et qu'il y a une grande composante culturelle à cette situation. Malheureusement, cela peut freiner plusieurs femmes dans leur choix et leur progression de carrière. Le sachant, on peut les encourager à relever des défis. C'est ce que mon directeur de thèse a fait en me parlant du concours associé à la Chaire pour les femmes en sciences et en génie. Et ça a fonctionné, car au départ, je ne pensais pas poser ma candidature!

Mes ancrages

Ce qui m'aide à surmonter les défis, ce sont mes motivations profondes. Au bout du compte, elles sont relativement simples, mais bien présentes :

- aider (avoir un effet positif sur la vie des gens ou sur la société);
- collaborer (travailler en équipe pour avoir un plus grand impact et pour socialiser);
- apprendre (nourrir mon appétit de faire mieux);
- enseigner (transmettre ma passion, mes connaissances et mes réflexions);
- aimer (exploiter mes champs d'intérêt et mes forces);
- me réaliser (donner le meilleur de moi-même).

Lorsque je suis fatiguée et qu'un doute s'installe en moi, je pense à ce pour quoi je fais ce travail, à mes motivations. C'est ce qui m'ancre à cette carrière et m'énergise à nouveau.

Si semblables et si différents

Les sciences et le génie ont longtemps été pour moi des domaines très proches. D'ailleurs, on peut s'inscrire au baccalauréat en sciences ou en génie en détenant la même formation préuniversitaire en sciences de la nature. On dit aussi souvent que le génie est une application des sciences.

Ce n'est que dans les cinq dernières années, grâce aux travaux de la chaire en éducation (collaboration avec Fatima Bousadra, didacticienne de la technologie, CREAS [Centre de recherche sur l'enseignement et l'apprentissage des sciences]), que j'ai saisi la particularité du génie. En génie, on conçoit des solutions à des problèmes. La majorité du temps, il n'y a pas qu'une seule solution possible, mais une diversité de solutions. On cherche alors la meilleure en fonction du contexte qui est traduit dans le cahier des charges fonctionnel. À titre d'exemple, les contextes des pays développés et ceux des pays en développement diffèrent grandement pour la conception d'instruments médicaux. Dans les pays en développement, l'accessibilité, l'abordabilité et la facilité de réparation deviennent souvent prioritaires comme critères de conception. Dans les pays développés, l'ergonomie, l'accès à plusieurs options, la polyvalence et la précision auront des poids plus importants dans les choix de conception. Ainsi, un incubateur pour bébé prématuré¹, un microscope pour détecter la malaria² et une prothèse de genou³ conçus pour utilisation dans les pays en développement se distinguent grandement des nôtres. De façon similaire, les critères de conception d'un instrument médical seront en partie différents si son usage est destiné à une équipe spécialisée en milieu hospitalier ou à un patient à la maison.

Je dirais donc que la formation à l'ingénierie, ou à la technologie, développe une façon de penser : définir le problème dans son contexte, imaginer une diversité de solutions, choisir la meilleure solution selon le contexte, l'évaluer et la mettre en œuvre. Bien entendu, le développement des solutions repose sur les sciences, mais le processus de détermination de la meilleure d'entre elles dépasse l'application des sciences.

En ce sens, je suis convaincue que l'enseignement de la technologie est pertinent et essentiel à tous les niveaux d'enseignement. Bien sûr, il bonifie l'enseignement des sciences en démontrant des applications pratiques, mais aussi, et surtout, il développe la pensée créative et la pensée critique. De plus, dans une approche orientante, il permet d'exposer les élèves à un domaine très vaste (une vingtaine de spécialités) offrant une grande variété de carrières stimulantes (conception, gestion, assurance qualité, entretien préventif, validation de prototype, etc.), dont l'un des objectifs consiste à résoudre des problèmes importants d'aujourd'hui et à bâtir le monde de demain.

Conclusion

Aujourd'hui, j'enseigne la conception aux étudiants et étudiantes en bio-ingénierie et en enseignement des sciences au secondaire. Je fais aussi de la recherche en génie ayant pour but d'améliorer la santé des gens et je travaille à favoriser l'inclusion des femmes en science et en génie. Je suis très heureuse dans mon travail et fière de ce que j'accomplis. Pour me rendre où je suis, j'ai eu des coups de pouce de personnes importantes dans ma vie qui m'ont encouragée et soutenue quand venait le temps de prendre des décisions ou quand je devais surmonter des défis. Je n'ai jamais eu de plan de carrière; mes passions m'ont plutôt guidée, et j'ai surmonté mes craintes. Aujourd'hui, c'est à mon tour d'encourager et de soutenir...

1 Embrace Nest : <https://www.embraceinnovations.com/#products>

2 The Paper Microscope : <https://www.foldscope.com/>

3 ReMotion Knee : <https://d-rev.org/projects/mobility/>

Note explicative : La bio-ingénierie, le génie biomédical et la biomécanique sont trois domaines qui intègrent le génie aux domaines de la médecine et de la biologie. La bio-ingénierie crée des produits ou des biens pour le vivant (p. ex. : équipements sportifs ou médicaux). Le génie biomédical est un sous-ensemble de la bio-ingénierie qui inclut davantage des notions de médecine. La biomécanique étudie les forces et les mouvements du monde vivant ainsi que leurs répercussions. Elle est souvent utilisée en bio-ingénierie et en génie biomédical. Par exemple, on peut étudier la biomécanique des globules rouges afin de concevoir de meilleurs systèmes de dialyse ou étudier la biomécanique de la marche pour concevoir des exosquelettes.



Eve Langelier, Université de Sherbrooke



Le cahier de laboratoire

La ou le technicien en travaux pratiques : l'incarnation du scientifique dans le quotidien des élèves

Caroline Guay, AESTQ, avec la précieuse aide d'Isabelle Arseneault, Université Laval

Cette chronique vise à explorer la façon dont la pratique en contexte scolaire d'une ou d'un technicien en travaux pratiques (TTP) peut être influencée par ses expériences antérieures dans un laboratoire scientifique. Ce texte met en lumière les aspects clés d'une conversation menée auprès de Vincent Rineau, TTP à l'école Gabriel-Le-Courtois de Sainte-Anne-des-Monts (Centre de services scolaire des Chic-Chocs), pendant laquelle il a été questionné sur son expérience professionnelle et sur la manière dont il aborde son rôle auprès des élèves. Il vise également à partager certains éléments d'une réflexion personnelle qui s'en est suivie.

Vincent Rineau possède un diplôme d'études collégiales en chimie-biologie obtenu en 2000. Cette formation technique très diversifiée lui a permis de travailler dans plusieurs milieux. Il a d'abord été technicien de laboratoire et assistant de recherche dans le laboratoire du Dr Claude Perreault, à l'Institut de recherche en immunologie et en cancérologie de l'Université de Montréal, où il a été amené à contribuer à divers projets de recherche sur le cancer, l'immunothérapie et la greffe de moelle osseuse. Ses années au sein de cette équipe de recherche lui ont permis d'entrer en contact avec des jeunes en formation. Cela a alimenté son intérêt pour travailler en contexte scolaire, ce qu'il fait depuis 2007.

Des contextes différents, mais des motivations communes

Durant ses années en laboratoire, M. Rineau était habité par un désir de faire avancer les connaissances et de participer aux découvertes : « Trouver un médicament pour traiter le cancer, ce n'est pas rien! » Il souligne avoir eu la chance d'expérimenter le travail collaboratif au sein d'une équipe positive, rigoureuse et efficace. Le fait de travailler à l'amélioration des connaissances s'avérait aussi très motivant pour lui. Il trouvait particulièrement stimulant le fait que son travail était rarement répétitif : « Une réponse génère souvent une nouvelle question. »

Vincent Rineau mentionne que dès l'amorce de sa carrière, il ne s'est pas senti spécialement outillé pour faire face à ses responsabilités en laboratoire de recherche. Il en aurait d'ailleurs été de même à ses débuts dans le monde de l'éducation. En effet, il parle de sa formation, de son travail en laboratoire de recherche et de sa tâche comme TTP comme d'un continuum. Il considère que sa formation lui a permis de se développer comme « généraliste », c'est-à-dire qu'elle l'a surtout outillé à trouver de manière autonome les réponses dont il a besoin pour poursuivre son travail. En laboratoire, il a donc dû se spécialiser pour répondre aux besoins spécifiques des chercheurs et chercheuses avec qui il œuvrait. Ce fut plutôt l'inverse en milieu scolaire. Afin de composer avec les diverses disciplines scientifiques abordées au secondaire (chimie, biologie, physique, astronomie, géologie, environnement, technologie), il a dû se développer comme « ultragénéraliste », même si son énergie, ses actions et ses décisions sont encore destinées à la recherche de réponses.

En milieu scolaire, l'élève est au centre des préoccupations et du travail de M. Rineau et de ses collègues enseignants et enseignantes, avec qui il se pose constamment des questions concernant la meilleure façon d'aborder une notion ou un concept, et ce, particulièrement pour soutenir les élèves en difficulté. Ensemble, ils tentent une réponse, la testent, en évaluent le résultat et s'ajustent afin d'avoir le meilleur impact sur l'apprentissage des élèves.

M. Rineau parle ainsi de son école comme d'un grand laboratoire. De la même façon qu'il participait aux travaux de recherche sur de nouveaux traitements pour le cancer, il recherche maintenant avec l'équipe enseignante des façons de rendre le plus stimulant possible l'apprentissage des sciences, d'adapter l'enseignement pour faire vivre la réussite aux élèves, tout en maintenant leur intérêt pour l'école.



Vincent Rineau, technicien en travaux pratiques , École Gabriel-Le-Courtois (Centre de services scolaire des Chic-Chocs

De cette manière, M. Rineau considère que sa façon d’aborder son rôle de TTP à l’école n’est pas si éloignée de celle de voir son travail comme assistant de recherche en laboratoire. En fait, il poursuit les mêmes objectifs : trouver des réponses à ses questions et faire avancer les connaissances. Peu importe le contexte, il importe pour lui de collaborer, de partager son savoir, de faire preuve de rigueur, de demeurer curieux, de mettre à contribution ses talents de vulgarisateur et d’exercer son esprit critique et scientifique. Il n’est donc pas surprenant de constater que les mots-clés utilisés par M. Rineau pendant l’entretien pour parler de ses deux expériences de travail sont les mêmes : plaisir, travail d’équipe, nouveautés, recherche, communication, améliorations des connaissances et de l’apprentissage, réussite.

Réflexion personnelle en guise de conclusion

Cette rencontre avec M. Rineau m’a fait réaliser que mes aprioris ne correspondaient finalement pas à ses réponses à mes questions. En effet, je m’attendais à ce que ce dernier me décrive deux expériences fort différentes, tant sur le plan des contextes de travail que sur celui des rôles et des motivations professionnels. Si M. Rineau est conscient que ses expériences comme technicien de laboratoire et comme assistant de recherche ont un impact sur sa façon d’aborder son rôle actuel de TTP au secondaire, il a également mis en évidence de nombreuses similitudes entre les deux milieux. De son point de vue, ses diverses expériences professionnelles viennent avant tout teinter la personne qu’il est et la manière dont il aborde son travail.

Au cours d’une discussion avec ma fille de 15 ans, Emmy, à propos de ses cours de sciences et technologie et des adultes qui y sont impliqués, elle m’a parlé de son enseignant, d’une technicienne en éducation spécialisée et de deux TTP. Lorsque je lui ai demandé qui, parmi ces personnes, était le ou la scientifique, elle a spontanément répondu : « Les TTP! » Cela m’a fait réaliser que pour les jeunes, les TTP incarnent à l’école l’image du ou de la scientifique. En somme, cette rencontre avec Vincent Rineau m’a permis de réfléchir à leur travail essentiel ainsi qu’à leur impact sur l’apprentissage des élèves.

Chenilles-espionnes, un projet de sciences citoyennes pour sensibiliser les jeunes à la biodiversité

Émilie Secours, Université du Québec à Montréal, Alain Paquette, Université du Québec à Montréal, Jean-Philippe Ayotte-Beaudet, Université de Sherbrooke, Andrée Gignac, Mouvement 4-H, et Bastien Castagneyrol, INRAE Nouvelle Aquitaine

Qu'est-ce que les sciences citoyennes et d'où viennent-elles?

Plusieurs disciplines scientifiques, notamment celles associées à l'histoire naturelle, se sont construites à l'aide d'un partenariat entre universitaires et amateurs dès le XIX^e siècle (Dias da Silva, Heaton et Millerand, 2017; Julliard, 2017; Silvertown, 2009). La pratique des sciences, à ses débuts, est souvent l'entreprise de citoyennes et citoyens curieux, réalisée comme loisir (Silvertown, 2009). En effet, les suivis de phénomènes naturels, notamment par la collecte de spécimens ou les inventaires naturalistes effectués lors de grandes expéditions, se font par des processus ouverts et participatifs, suivant l'ampleur de la tâche (Dias da Silva et coll., 2017). Bien sûr, l'amour de la nature et le plaisir de l'observer sont souvent à la base du dévouement des amateurs et amatrices pour l'acquisition des connaissances, et ce, encore aujourd'hui (Bell, Marzano, Cent et coll., 2008). Les projets de sciences citoyennes ont toujours été particulièrement intéressants en raison de leur grande sérendipité, c'est-à-dire qu'ils ont un potentiel de découvertes inusitées à cause de la quantité d'observations récoltées (Tulloch, Possingham, Joseph et coll., 2013).

Plus récemment, les avancées dans le domaine des sciences participatives sont liées aux technologies de l'information et aux médias numériques, qui permettent le déploiement de projets d'envergure. En effet, le futur des sciences participatives réside dans la création de bases de données naturalistes, de cartes interactives, de plateformes en ligne de toutes sortes, de communautés virtuelles et d'éléments ludiques (Newman, Wiggins, Crall et coll., 2012). Cela permet d'augmenter la visibilité des contributions réalisées par les citoyennes et citoyens, ainsi que les possibilités de participation (Dias da Silva et coll., 2017). Ces nouvelles sciences citoyennes favorisent l'accès à des biens communs à l'échelle mondiale, améliorent les connaissances et permettent même une reconnexion avec les milieux naturels (Ellis, Waterton et Wynne, 2010). Ironiquement, cela est rendu possible grâce aux nouvelles technologies informatiques qui intègrent des fonctions avancées de gestion, de stockage, d'acquisition et de visualisation des données, soit la cyberinfrastructure!

L'origine du projet Chenilles-espionnes

Le projet Chenilles-espionnes a vu le jour en Europe. Pour mieux comprendre les effets des changements globaux, des scientifiques ont eu l'idée originale d'instaurer un projet de sciences citoyennes dans des écoles. En constatant le succès du projet lancé par Bastien Castagneyrol (INRAE Nouvelle Aquitaine) en Europe, l'équipe en sciences biologiques d'Alain Paquette (Université du Québec à Montréal [UQAM]) a voulu le faire rayonner jusqu'ici pour nos écoles. De là est né un partenariat avec des chercheurs et chercheuses universitaires en éducation scientifique (Université de Sherbrooke et UQAM), ainsi qu'avec l'équipe du Mouvement 4-H, un organisme à but non lucratif et une fédération de loisir scientifique, afin de développer une version québécoise du projet. Ainsi, des enseignantes et des enseignants et leurs élèves, des groupes de jeunes (4-H, campeurs, scouts), ainsi que des citoyens pourront vivre une expérience unique, tout en aidant concrètement les scientifiques, par l'acquisition et la transmission des données biologiques qu'ils observeront.

En quoi consiste le projet Chenilles-espionnes?

L'activité en soi est assez simple à réaliser et permet d'éveiller la curiosité à même le milieu de vie quotidienne. Les participants conçoivent de fausses chenilles en pâte à modeler (figure 1) pour ensuite les installer aux branches d'un arbre localisé autour de la maison, de l'établissement scolaire ou dans un parc (figure 2). Ces leurres restent en place pendant deux semaines. Durant cette période, les prédateurs des chenilles, comme les oiseaux, les mammifères, les araignées ainsi que les insectes, laissent des traces d'attaques.

Lorsque les élèves récoltent les fausses chenilles pour les analyser (figure 3) et envoyer les résultats aux scientifiques, les personnes participantes au projet sont témoins d'interactions propres à leur milieu, des plus simples aux plus inusitées, grâce aux types de marques (figure 4). Cette expérience permet, sur le plan individuel, de mettre en lumière la réalité des interactions trophiques et leur potentielle importance dans le fonctionnement de l'écosystème. Cependant, c'est à la suite de la mise en commun des observations de l'ensemble des

Les visées profondes des projets de sciences participatives dans nos sociétés

De façon plus générale, la plupart des initiatives en sciences citoyennes, comme le projet Chenilles-espionnes, visent les objectifs suivants.

Rendre plus accessibles les connaissances scientifiques théoriques ou les pratiques appliquées à l'ensemble de la population (Schmeller, Henry, Julliard et coll., 2009).

Favoriser un rapprochement entre la population et les scientifiques, par la coproduction de savoirs dans l'action et les apprentissages mutuels (Dias da Silva et coll., 2017; Hubert, Aubertin et Billaud, 2013).

Sensibiliser les citoyennes et les citoyens à l'importance de la recherche scientifique dans les prises de décision politique et de gouvernance (Haywood et Besley, 2014; Schmeller et coll., 2009).

Augmenter ou améliorer les efforts de conservation biologique et la gestion plus durable des ressources (Campbell et Vainio-Mattila, 2003).

Ainsi, au fil du temps, les personnes participantes acquièrent une plus grande confiance envers les scientifiques, en plus de devenir plus compétentes et engagées dans ce type d'expérience participative (Newman et coll., 2012). Les sciences citoyennes rendent également la population plus outillée pour comprendre les enjeux socioécologiques actuels et pour y jouer un rôle actif, notamment par une implication dans les processus démocratiques (Schmeller et coll., 2009). En effet, ces projets ont le potentiel de renforcer les liens entre les membres d'une communauté, ce qui peut mener à une certaine autonomisation individuelle ou collective, et donc à une meilleure auto-efficacité (Fernandez-Gimenez, Ballard et Sturtevant et coll., 2008; Lawrence, 2006). Ce phénomène a d'ailleurs été nommé « citoyenneté scientifique » pour la première fois par Alan Irwin (1995).

participantes et des participants, pour en faire des résultats, qu'il devient possible de répondre aux problématiques plus complexes qui nous interpellent. Les élèves et les personnes participantes expérimentent ainsi les avantages de la collaboration, puisque c'est grâce à celle-ci que nous pouvons finalement saisir les effets de la biodiversité des plantes urbaines sur la présence ou l'efficacité des prédateurs ou des parasitoïdes qui contrôlent les insectes nuisibles.

Le projet Chenilles-espionnes comporte deux volets distincts : un à caractère éducatif et un environnemental. Il vise notamment la sensibilisation des jeunes générations aux enjeux liés aux changements globaux et aux rôles des études scientifiques quant à leur compréhension. Cette initiative s'avère plutôt originale, car sa méthodologie est conçue pour être réalisée en milieux éducatifs formels et non formels, comme à l'école, dans un club 4-H ou dans un camp d'été. Cela permet non seulement de soutenir la recherche en sciences biologiques de manière fiable et à long terme, mais également d'assurer le maintien d'une éducation visant une meilleure compréhension des interactions naturelles et du fonctionnement d'une expérience scientifique.

Outre les milieux éducatifs, les citoyennes et les citoyens peuvent également contribuer au projet Chenilles-espionnes, que ce soit parce qu'ils sont des mordus de la nature, des personnes curieuses ou qu'ils forment une famille qui désire réaliser une activité éducative et divertissante (site du projet : <https://clubs4h.wixsite.com/chenilles-espionnes>).

Quelle est la portée du projet?

L'expérience éducative vécue au sein du projet Chenilles-espionnes offre la possibilité aux chercheurs et chercheuses en éducation d'approfondir des questions de recherche qui permettront, espérons-le, d'améliorer la manière dont on enseigne les sciences aux jeunes. Ces spécialistes s'intéressent essentiellement aux effets des activités de terrain vécues en écologie sur la qualité des apprentissages et sur leur pérennité à plus long terme.

Pour les écologistes, le projet Chenilles-espionnes permettra de vérifier des hypothèses pertinentes dans le contexte socioécologique actuel, notamment d'anticiper les effets des changements globaux sur les écosystèmes. Comme ces changements favorisent la prolifération et la propagation d'espèces nuisibles et/ou envahissantes (Brodeur, Boivin, Bourgeois et coll., 2013), cette étude vise à déterminer les réponses des différents milieux urbains en présence de ravageurs, comme peuvent l'être les insectes défoliateurs (les chenilles dans ce cas-ci). Les hypothèses avancées suggèrent ceci : 1) plus la densité d'arbres est élevée et 2) plus ces arbres sont diversifiés (la biodiversité), plus il y aurait de niches écologiques différentes pouvant abriter une quantité et une variété de prédateurs. Ces derniers, surtout s'ils sont diversifiés, auraient la capacité d'agir comme agent de contrôle sur les insectes ravageurs.

Un partenariat prometteur avec le milieu éducatif

L'établissement d'une « citoyenneté scientifique » se construit sur le long terme, mais elle peut être grandement favorisée si des projets de sciences participatives font partie intégrante de l'éducation des jeunes. C'est entre autres la raison pour laquelle le partenariat avec les écoles est très intéressant et qu'il a été mis de l'avant par les porteurs du projet Chenilles-espionnes. Les personnes participantes pourront ainsi démystifier les sciences, vivre une expérience originale et contribuer à construire une société ayant une meilleure littératie scientifique. À l'ère actuelle de l'Internet, l'information circule rapidement et peut parfois s'avérer approximative, ou encore ne pas s'appliquer dans tous les contextes, ce qui peut alors nous induire en erreur. Il est donc pertinent de pouvoir déceler ces informations non validées, mais aussi d'adopter un regard critique quant à leurs motivations sous-jacentes. D'ailleurs, le fait de se réapproprier la démarche scientifique lors de cette activité permet d'envisager comment elle pourrait être davantage appliquée dans les prises de décisions.

De plus, l'expérience proposée peut être marquante dans la mémoire des élèves et des autres personnes participantes, car elle peut éveiller leur curiosité par rapport au monde naturel et un intérêt jusque-là insoupçonné pour la recherche. Les animateurs et animatrices et le personnel enseignant peuvent également voir leur propre développement enrichi par cette expérience, tout comme leurs capacités scientifiques (Zoellick, Nelson et Schauffler, 2012). À la suite d'un accompagnement par l'équipe de recherche, les personnes participantes acquerront une certaine expertise si elles désirent répéter l'expérience dans le futur, ce qui améliorera la qualité des observations pour les biologistes. Également, l'implication annuelle des classes donnera des jeux de données empiriques des plus robustes et représentatifs de la réalité sur le long terme (Zoellick, Nelson et Schauffler, 2012). En effet, le projet en question, tout comme la plupart de ceux qui visent une meilleure compréhension du monde naturel, nécessite une grande quantité de données, recueillies sur une longue période et sur un territoire étendu, en raison de la complexité des enjeux (Dias da Silva et coll., 2017; Haywood et Besley, 2014).



Émilie Secours,
Université du Québec à
Montréal



Alain Paquette,
Université du Québec à
Montréal



**Jean-Philippe Ayotte-
Beudet,** Université de
Sherbrooke



Andrée Gignac,
Mouvement 4-H



Bastien Castagneyrol,
INRAE Nouvelle
Aquitaine

Selon l'équipe de chercheurs et chercheuses en éducation scientifique, ce projet est prometteur au chapitre de la richesse des apprentissages possibles. En effet, l'activité éducative proposée s'inscrit dans une approche expérientielle, car les personnes participantes sont plongées dans l'action, dans le milieu naturel, et elles effectueront des manipulations (Sauvé, 2006; Shah et Martinez, 2016). Plutôt que de simplement conceptualiser de la théorie sur les vivants en classe, les apprentissages sont réellement vécus dans un milieu réel à proximité de l'école. Ce genre de contexte d'apprentissage est de nature à favoriser l'implication et la participation chez les élèves (Ellis et coll., 2010; Julliard, 2017). De plus, il ne s'agit pas simplement d'observer la présence ou l'absence d'une espèce dans le milieu; les participantes et les participants s'intéressent aux interactions trophiques et à la diversité fonctionnelle des espèces (Julliard, 2017). Ainsi, en dépassant le concept de biodiversité, qui sert parfois seulement à dresser une liste d'espèces, il devient possible d'avoir une vision d'ensemble sur le fonctionnement des écosystèmes en évolution, ce qui expose les personnes participantes à la grande complexité du vivant.

Conclusion

Dans le contexte socioécologique actuel, caractérisé par des changements difficiles à anticiper dans les écosystèmes, toute initiative ayant pour but de sensibiliser la population à l'importance de la biodiversité urbaine et des sciences dans la gestion environnementale est la bienvenue. À notre avis, la participation des citoyennes et des citoyens doit influencer le développement des connaissances scientifiques. Une communauté qui détient une expertise scientifique de base a le potentiel de se prendre en main, de remettre en question les informations obtenues dans les médias, ainsi que les décisions politiques. Les sciences citoyennes ont ce pouvoir de contribuer au développement d'un bagage scientifique accessible à tous. Ces savoirs, surtout lorsqu'ils sont acquis par les plus jeunes générations, offrent le potentiel de faire évoluer les pratiques sociétales vers un modèle qui correspond davantage à ses valeurs, à ses préoccupations et à sa vision du futur.

RÉFÉRENCES

- Bell, S., Marzano, M., Cent, J. et coll. (2008). What counts? Volunteers and their organisations in the recording and monitoring of biodiversity. *Biodiversity and Conservation*, 17(14), 3443-3454. doi: 10.1007/s10531-008-9357-9
- Brodeur, J., Boivin, G., Bourgeois, G. et coll. (2013). Impact des changements climatiques sur le synchronisme entre les ravageurs et leurs ennemis naturels: conséquences sur la lutte biologique en milieu agricole au Québec. *OURANOS: Fond vert Québec*, 17-18.
- Campbell, L.M. et Vainio-Mattila, A. (2003). Participatory development and community-based conservation: Opportunities missed for lessons learned? *Human Ecology*, 31(3), 417-437.
- Dias da Silva, P., Heaton, L. et Millerand, F. (2017). Une revue de littérature sur la « science citoyenne » : la production de connaissances naturalistes à l'ère numérique. [A review of the citizen science literature: Producing naturalist knowledge in the digital age]. *Natures Sciences Sociétés*, 25(4), 370-380. doi: 10.1051/nss/2018004
- Ellis, R., Waterton, C. et Wynne, B. (2010). Taxonomy, biodiversity and their publics in twenty-first-century DNA barcoding. *Public Understanding of Science*, 19(4), 497-512. doi: 10.1177/0963662509335413
- Fernandez-Gimenez, M.E., Ballard, H.L. et Sturtevant, V.E. (2008). Adaptive Management and Social Learning in Collaborative and Community-Based Monitoring: A Study of Five Community-Based Forestry Organizations in the western USA. *Ecology and Society*, 13(2).
- Haywood, B.K. et Besley, J.C. (2014). Education, outreach, and inclusive engagement: Towards integrated indicators of successful program outcomes in participatory science. *Public Understanding of Science*, 23(1), 92-106. doi: 10.1177/0963662513494560
- Hubert, B., Aubertin, C. et Billaud, J.-P. (2013). Recherches participatives, recherches citoyennes ... une clarification nécessaire. [Participative Research and Citizen Research... a Necessary Clarification]. *Natures Sciences Sociétés*, 21(1), 1-2. doi: 10.1051/nss/2013078
- Irwin, A. (1995). *Citizen science: A study of People, Expertise and Sustainable Development*. Psychology Press.
- Julliard, R. (2017). Science participative et suivi de la biodiversité : l'expérience Vigie-Nature. [Citizen science and biodiversity monitoring: Vigie-Nature, a French experience]. *Natures Sciences Sociétés*, 25(4), 412-417. doi: 10.1051/nss/2018008
- Lawrence, A. (2006). No Personal Motive? Volunteers, Biodiversity, and the False Dichotomies of Participation. *Ethics, Place & Environment*, 9(3), 279-298. doi: 10.1080/13668790600893319
- Newman, G., Wiggins, A., Crall, A. et coll. (2012). The future of citizen science: Emerging technologies and shifting paradigms. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 10(6), 298-304. doi: 10.1890/110294
- Sauvé, L. (2006). Complexité et diversité du champ de l'éducation relative à l'environnement. *Chemin de traverse*, 3, 51-62.
- Schmeller, D.S., Henry, P.Y., Julliard, R. et coll. (2009). Advantages of volunteer-based biodiversity monitoring in Europe. *Conserv Biol*, 23(2), 307-316. doi: 10.1111/j.1523-1739.2008.01125.x
- Shah, H.R. et Martinez, L.R. (2016). Current Approaches in Implementing Citizen Science in the Classroom. *Journal of Microbiology & Biology Education*, 17(1), 17-22. doi: 10.1128/jmbe.v17i1.1032
- Silvertown, J. (2009). A new dawn for citizen science. *Trends in Ecology & Evolution*, 24(9), 467-471. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tree.2009.03.017>
- Tulloch, A.I.T., Possingham, H.P., Joseph, L.N. et coll. (2013). Realising the full potential of citizen science monitoring programs. *Biological Conservation*, 165, 128-138. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2013.05.025>
- Zoellick, B., Nelson, S. J. et Schauffler, M. (2012). Participatory science and education: bringing both views into focus. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 10(6), 310-313. doi: 10.1890/110277

Les sciences dans l'engagement social

Depuis plus de 10 ans, Amélie Desnoyers s'implique dans différents projets citoyens de son quartier. Cette entrevue met en lumière le rôle des sciences dans ses projets, ses réflexions et son engagement social. Son parcours varié offre un regard sur la pertinence des sciences dans son quotidien.

Marie-Claude Beaudry, Université de Sherbrooke

Introduction

Si je vous dis le mot « scientifique », à quoi pensez-vous? L'image clichée est certes celle d'une personne vêtue de son sarrau blanc, dans un laboratoire, entourée de béchers et de solutions vaporeuses. Mais est-ce l'unique voie possible pour tout un chacun qui souhaite faire des sciences? Et si les scientifiques se trouvaient plus près de vous que vous ne le pensiez, loin de leur laboratoire?

Aujourd'hui, je vous propose de sortir des stéréotypes et d'aller avec vous à la rencontre d'une scientifique pour qui les sciences se vivent dans son environnement naturel : son quartier! J'ai invité Amélie Desnoyers à réaliser une entrevue sur le rôle que jouent les sciences dans son espace citoyen. Cette femme est une véritable citoyenne engagée... et une scientifique qui sort des sentiers battus. En fait, Amélie n'est pas l'incarnation de la scientifique stéréotypée, mais plutôt une personne qui applique la démarche scientifique à sa propre démarche citoyenne.

Formée en psychologie, Amélie est spécialiste en réadaptation en déficience visuelle. L'essentiel de son travail vise à aider sa clientèle à reconquérir son autonomie et à maximiser son potentiel visuel. L'altruisme et le pouvoir d'agir sont parmi les piliers de sa profession. Ils sont si profondément ancrés qu'elle les met en action bien au-delà de sa vie professionnelle, jusque dans son rôle de scientifique-citoyenne! Immisçons-nous dans cet aspect de la vie d'Amélie Desnoyers.

Vous avez dit « citoyenne engagée »?

Amélie, vous êtes une citoyenne engagée depuis plus de dix ans dans des projets qui ont pour enjeux principaux l'environnement et la santé publique. Comment cette expérience a-t-elle commencé?

Lors d'un voyage en Europe, j'ai rencontré une personne qui était activement militante dans les sphères environnementales et politiques. Ce champ était nouveau pour moi, ça a piqué ma curiosité. Quand je suis revenue au Québec, j'ai pris l'habitude de **m'informer** sur les enjeux énergétiques. C'est là que j'ai commencé à me sentir interpellée. Avec ce flot d'informations, je me suis rendu compte d'aberrations politiques en matière d'organisation énergétique. C'est alors que j'ai décidé de participer à ma première manifestation. À partir de ce moment-là, mon rôle de citoyenne a pris une nouvelle tangente. Je me suis sentie entrer en action : je voulais aller au-delà de l'information en prenant ma place. De projet en projet, j'ai rencontré des gens. Ce sont vraiment ces rencontres qui m'ont amenée à toutes ces expériences d'implication citoyenne. Ce n'est pas qu'un seul élément, mais plutôt un processus.

Qu'est-ce que ça signifie, pour vous, l'implication citoyenne?

Ça prend plusieurs formes en fait. De manière générale, c'est de se mêler *des affaires* (et non de *ses affaires*)! C'est de se dire « moi, comme citoyenne, j'ai une place. Je ne fais pas que travailler, avoir des loisirs ou m'occuper de ma famille. J'ai une place dans ce qui se décide, dans ce qui s'aménage en ville ». C'est occuper son rôle social, celui qui a des impacts sociaux ou environnementaux, selon ce qu'on éprouve comme cause. Pour ma part, je me suis impliquée dans des projets concrets comme l'agriculture urbaine. J'ai joint un comité qui vise le verdissement du quartier. J'ai aussi participé à des consultations publiques sur l'aménagement de mon quartier en allant y **poser des questions**. Avec d'autres citoyens et citoyennes du quartier, j'ai exercé mon droit d'initiative instauré par la Ville de Montréal¹.

Et les sciences dans tout ça?

Comment les sciences sont-elles pertinentes dans votre démarche d'implication citoyenne?

D'abord, les sciences sont une source d'information. Des scientifiques ont produit des données utilisables pour réfléchir, pour **analyser**. Devant un enjeu complexe, j'utilise la science pour mieux comprendre. Si je n'ai pas les compétences requises pour comprendre les données, alors je peux consulter des spécialistes directement. J'ai déjà fait appel à un chercheur pour qu'il vienne donner une conférence et aider la collectivité à mieux comprendre les impacts d'un projet de développement industriel dans notre quartier. La **vulgarisation** fait partie des éléments clés de l'implication.

Ces données sont aussi pertinentes pour **argumenter**. Prenons un exemple concret. La Ville de Montréal voulait aménager un pôle de transport de marchandises en plein cœur d'un quartier résidentiel. Collectivement, nous nous questionnions sur les répercussions réelles dans le quartier, sur les émissions de dioxyde de carbone et sur le bruit que les transports occasionneraient. Les données sur les émissions existent pour d'autres contextes. On pouvait donc les interpréter et faire des parallèles avec notre quartier : est-ce profitable qu'autant de camions partagent le voisinage, considérant les données sur les polluants et sur le bruit? On utilisait des données existantes pour appuyer notre raisonnement, pour débattre de nos arguments. Si, par exemple, on parle de détruire un boisé urbain, alors je peux chercher des données d'études scientifiques sur les impacts à court et à long terme d'une telle transformation.

Les sciences deviennent aussi un outil de sensibilisation et de mobilisation. En ayant des données concrètes qui démontrent comment ça peut se répercuter dans la vie quotidienne, alors on obtient davantage de crédibilité.

Les sciences constituent même une source **d'expérimentation**. Le premier exemple que je pourrais donner, c'est dans l'un des projets de développement du quartier. Les représentants nous disaient qu'ils ne pouvaient pas nous informer sur les impacts de leur projet, parce qu'ils n'avaient pas encore produit les études nécessaires. Déjà, en tant que citoyen, on peut se demander :

« Comment est-ce possible de réfléchir à un projet sans avoir accès à des données potentielles? » Alors, collectivement, on a envisagé les sciences citoyennes : on s'est intéressé à la production de données recueillies par les gens du quartier. Ils auraient collecté des données et les auraient transmises à des personnes qui pouvaient les analyser. Bien que nous n'ayons pas eu à entamer ce processus, nous savons qu'il fait partie des possibilités. Le second exemple s'applique aux projets citoyens en agriculture urbaine. Pour pérenniser les projets, on doit nécessairement s'informer sur les composantes du sol, sur le degré d'ensoleillement et sur les fertilisants naturels à utiliser, par exemple. On fait des expérimentations selon les différentes sources et l'on obtient nos propres données scientifiques. La science devient un levier d'action.

Comment arrivez-vous à accéder aux données scientifiques nécessaires à vos réflexions?

Les informations existent, elles sont là, quelque part. Il faut cependant prendre du temps pour les chercher. Je dois admettre que l'ampleur de la recherche va dépendre de la nature du projet dans lequel on s'implique. C'est l'un des critères importants qui rend l'accès aux données facile ou non.

Si l'on prend un exemple comme l'agriculture urbaine, les données sont facilement accessibles sur différents blogues ou autres sites plus formels. Dans des cas comme celui-là, il faut se donner un peu de temps pour chercher les informations.

Par contre, pour des projets qui sèment davantage de controverses, il est possible que les données vulgarisées soient plus difficiles à trouver. Dans certaines situations, les données n'existent pas encore ou elles ne sont, pour l'instant, pas rendues publiques. C'est donc difficile de raisonner de façon éclairée parce que les données ne sont pas accessibles. Il faut donc être créatif et trouver une façon d'y accéder. On pense alors à la science citoyenne, comme je l'ai mentionné tout à l'heure.

Dans d'autres situations, il y a ce qu'on appelle l'accès aux données brutes : c'est une masse de données non vulgarisées. Pour une personne isolée, la réflexion à partir de ce type de données devient hautement complexe.

Ça m'amène à un deuxième critère : la collectivité et, précisément, l'intelligence collective. C'est de mettre à profit les compétences de chacun pour compartimenter l'ampleur de la tâche. Ce qui est intéressant des projets citoyens, c'est quand on se met ensemble pour arriver à nos fins. L'expérience de l'engagement citoyen peut vite devenir prenante, et les événements peuvent basculer rapidement. En étant plusieurs, on divise les tâches, on partage les informations, mais on répartit aussi la fatigue relative à cette implication. On ne peut pas arriver aux mêmes résultats si l'on travaille seul. C'est le travail collectif qui nous permet de prendre position.

Que diriez-vous à quelqu'un qui a la tête pleine de projets sociaux, mais qui hésite à s'engager plus formellement à cause de l'ampleur de la tâche?

L'action collective absorbe la fatigue individuelle qui peut nous accabler par moments. La collectivité, c'est une force. C'est comme de créer des ponts entre des îles isolées. Mon action individuelle peut avoir de petits effets sur une personne dont les actions auront, à leur tour, des effets sur d'autres personnes. Quand on a un espace collectif, un espace qui s'engage dans la volonté d'un changement, il y a toujours quelqu'un qui monte la garde. Ça permet à chacun de se reposer et à d'autres de prendre le flambeau en attendant. C'est la force collective qui nous permet de voir grand!

Merci Amélie!

Conclusion

Ce portrait permet de mieux comprendre comment il est possible, voire nécessaire, de mettre à profit la démarche scientifique dans une démarche citoyenne. Dans sa vie quotidienne, Amélie porte un sarrau invisible dans chacune des dimensions de ses projets : que ce soit pour poser des questions, pour user de créativité et même pour récolter des données pertinentes à son argumentation, cette citoyenne engagée est soutenue par une démarche socialement et scientifiquement rigoureuse.

L'entrevue réalisée auprès d'Amélie Desnoyers donne une vision moins répandue de la dimension sociale de la science. S'informer, poser des questions, analyser, vulgariser, argumenter et expérimenter font partie intégrante de la démarche scientifique, un processus que les éducateurs et éducatrices scientifiques enseignent à leurs élèves de tous âges. La science, dans les projets citoyens, est non seulement concrète, mais elle constitue aussi un moyen pour apporter des changements. Pourquoi ne pas intégrer un tel projet à l'enseignement des sciences? De cette belle rencontre, je retiens que tous les citoyens et citoyennes peuvent s'émanciper en utilisant un pouvoir d'agir collectivement afin de transformer le monde sous l'œil de la science.

Et vous, portez-vous un sarrau invisible dans votre vie citoyenne?

[1 http://ville.montreal.qc.ca/portal/page?_pageid=6578,56915583&_dad=portal&_schema=PORTAL](http://ville.montreal.qc.ca/portal/page?_pageid=6578,56915583&_dad=portal&_schema=PORTAL)

Suggestions de lecture

Caron, S. (2017, 23 août). Cité de la logistique : OCPM se penchera sur le dossier. *Journal Métro*. Repéré à <https://journalmetro.com/actualites-hochelaga-maisonneuve/1188169/cite-de-la-logistique-ocpm-se-penchera-sur-le-dossier/>

Desnoyers, A. (2018, 17 novembre). Relance de l'est de Montréal : repenser la gouvernance portuaire. *Le Devoir*. Repéré à <https://www.ledevoir.com/opinion/idees/541569/relance-de-l-est-de-montreal-repenser-la-gouvernance-portuaire>



Marie-Claude Beaudry, Université de Sherbrooke