

RACONTEZ-MOI...

30 ans de vulgarisation scientifique





La présente publication a été réalisée pour le 30^e anniversaire du Concours de vulgarisation de la recherche de l'Acfas.

Les articles de cette publication sont des propositions de vulgarisation publiées entre 1993 et 2022.

Les textes lauréats et les commentaires des auteur-trice-s ont été révisés selon les principes d'écriture inclusive employés par l'Acfas. Seuls les titres des propositions sont demeurés inchangés.

Coordination générale

Audrey-Maude Falardeau

Collaboration au contenu

Sarah Bardaxoglou

Zoé Barry

Johanne Lebel

Frédéric Macé

Design graphique

Jennifer St-Georges

Illustration de la couverture

Martin Patenaude-Monette

Révision linguistique

Hélène Larue

Directrice générale

Sophie Montreuil

acfas@acfas.ca

acfas.ca

© Acfas, 2023

Catalogage avant publication de Bibliothèque et Archives nationales du Québec et Bibliothèque et Archives Canada

Titre : Racontez-moi... 30 ans de vulgarisation scientifique / publié sous la direction d'Audrey-Maude Falardeau.

Autres titres : 30 ans de vulgarisation scientifique | Trente ans de vulgarisation scientifique

Noms : Falardeau, Audrey-Maude, 1992- éditeur intellectuel. | Acfas (Association), organisme de publication.

Identifiants : Canadiana 20230056415 | ISBN 9782892451665 (livre numérique)

Vedettes-matière : RVM : Recherche—Canada—Ouvrages de vulgarisation. | RVM : Acfas (Association)—Prix et récompenses. | RVM : Sciences—Vulgarisation—Canada. | RVMGF : Ouvrages de vulgarisation.

Classification : LCC Q180.C3 R33 2023 | CDD 507.2071—dc23

MOT DU PRÉSIDENT	
Jean-Pierre Perreault, président de l'Acfas	5
MOT DU PARTENAIRE	
Jean-François Roberge, ministre de la Langue française et ministre responsable de la Francophonie canadienne	6
PRÉFACE	
2010 - <i>L'opossum Monodelphis domestica, un modèle qui marche</i> Ha-Loan Phan	7
INTRODUCTION	
Audrey-Maude Falardeau	11
PROPOSITIONS LAURÉATES	
1993 - <i>Et Dieu créa le chaos</i> Nicolas Marchand	13
1994 - <i>Qu'est-ce qui fait courir les physiciens?</i> Stéphane Durand	18
1995 - <i>L'érable à sucre, champion poids lourds par K.-O.</i> Annick Bertrand	23
1996 - <i>Météorites, cadeaux du ciel</i> Pierre Hudon	27
1997 - <i>L'avènement du pouvoir gris</i> Laurent Martel	31
1998 - <i>L'apoptose ou lorsque les cellules se suicident</i> Steve Charette	37
1999 - <i>L'art de l'architecture atomique</i> Alain Rochefort	41
2000 - <i>On se branche ?</i> Julie Poulin	45
2001 - <i>Mal de dos, mal de l'âme?</i> Clermont Dionne	49
2002 - <i>La guerre aux bactéries résistantes</i> Chantal Racine	53
2003 - <i>Une crise du logement... en forêt</i> Virginie-Arielle Angers	57

2004 - <i>Les erreurs en informatique ou comment déjouer les menteurs</i> Andrzej Pelc	61
2005 - <i>Noyer le CO₂ au fond de l'océan pour sauver notre planète?</i> Christian Lévesque	65
2006 - <i>Si le travail est plaisir, la vie serait joie</i> Jacques Forest	69
2007 - <i>Des forêts d'hier aux tourbières de demain</i> Annick Saint-Denis	74
2008 - <i>Le Bas-du-Fleuve, berceau de la littérature québécoise</i> Claude La Charité	77
2009 - <i>La nouveauté : de l'idéologie à la condition humaine</i> Dominique Lepage	80
2010 - <i>Il était une fois... le conte</i> Tristan Landry	83
2011 - <i>Une tête chercheuse pour mieux soigner</i> Viviane Lalande	86
2012 - <i>Un dîner de rois</i> Marie-Ève André	89
2013 - <i>Les chercheurs : incorrigibles flibustiers de la connaissance?</i> Thomas Burelli	92
2014 - <i>Des grenouilles qui savent compter</i> Richard Naud	95
2015 - <i>Tirer au sort nos députés pour renouveler la démocratie</i> Hugo Bonin	98
2016 - <i>L'Histoire au service de l'adaptation aux changements climatiques</i> Isabelle Mayer-Jouanjean	102
2017 - <i>La parole : entendue... et vue</i> Paméla Trudeau-Fisette	104
2018 - <i>Les supraconducteurs : ces matériaux qui nous donnent du fil à retordre</i> Sékou-Oumar Kaba	106
2019 - <i>L'autisme : un losange dans un monde de carrés</i> Mylène Legault, Jean-Nicolas Bourdon	108
2021 - <i>La symphonie des milieux humides</i> Audréanne Loiselle	118
2022 - <i>Créer un effet boule de neige participatif en HLM</i> Roxane Meilleur	120
REMERCIEMENTS	132



Chère lectrice,
Cher lecteur,

Déjà 30 ans que des jeunes féru-e-s de sciences se frottent à notre Concours de vulgarisation de la recherche pour raconter autrement leurs travaux et partager leur passion au-delà de la communauté scientifique. Le désir profond de transmettre des connaissances et de rendre intelligibles des enjeux complexes habite chacun des projets que vous vous apprêtez à découvrir.

Au fil des pages, vous lirez le récit de 30 histoires scientifiques qui éveilleront votre curiosité sur des projets de recherche divers, mais aussi sur leurs suites : Les hypothèses se sont-elles avérées justes? Comment les connaissances ont-elles avancé ces trois dernières décennies? Quelles répercussions ces travaux ont-ils eues sur la société? Cette rétrospective, vous le constaterez, est une illustration éloquente de l'évolution rapide des sciences dans différents champs disciplinaires.

Un tel panorama de vulgarisation scientifique témoigne aussi des précieuses clés que confère notre concours aux personnes qui y participent depuis 30 ans. Exposer des résultats, utiliser le mot juste et intéresser le public sont des exercices auxquels se prêtent encore aujourd'hui les personnes qui ont rédigé ces textes. Vulgariser et diffuser les sciences est pour certaines une affaire quotidienne – et même leur métier! – au bout d'un micro, d'une caméra ou de leur clavier. D'autres recourent aux techniques de communication scientifique éprouvées au sein de leur salle de classe au cégep ou à l'université pour enseigner la science. En dehors du cadre scolaire, la vulgarisation s'avère tout aussi utile pour collaborer et dialoguer avec des collègues et des partenaires aux expertises et aux profils variés.

Emprunter le chemin du Concours de vulgarisation de la recherche, c'est contribuer à sa manière à la culture scientifique et donner l'occasion à la communauté de se saisir des enjeux de la recherche, de s'appropriier les connaissances et de participer aux débats d'idées. Les 30 propositions originales répertoriées ici pourront vous en apprendre... et vous étonner!

Bonne lecture!

Jean-Pierre Perreault
Président de l'Acfas



La recherche francophone sous les projecteurs

La recherche francophone brille aujourd'hui de mille feux et je félicite les récipiendaires du Concours de vulgarisation de la recherche de l'Acfas pour leur originalité et leur capacité à livrer de l'information spécialisée à un public non initié, et ce, dans un français de qualité. Je salue également toutes les personnes qui ont soumis leur proposition dans le cadre de la 30^e édition du concours. Vos travaux font avancer votre domaine d'expertise en faveur de la promotion de la recherche en français et de la valorisation de la relève scientifique francophone dans notre société.

La place du français dans le domaine scientifique demeure un enjeu d'importance. Nous savons que l'anglais est souvent mis en priorité dans ce domaine. Ce concours est une occasion privilégiée de valoriser cette relève francophone auprès d'un large public et d'encourager les étudiantes-chercheuses et les étudiants-chercheurs à contribuer à un véritable changement de pratique dans le milieu de la science par la production de rapports de recherche en français. Je suis très fier de constater la rigueur dont font preuve les chercheuses et les chercheurs de la Francophonie.

Je remercie chaleureusement l'Acfas qui, par ce concours, vise à outiller au mieux la relève dans sa capacité à communiquer en français. Mettre en avant les études menées et rédigées en français, c'est aussi contribuer à l'établissement de la relève scientifique québécoise et lui prouver qu'elle peut tout à fait choisir de poursuivre ses études dans notre langue commune, peu importe la discipline.

La recherche francophone a de beaux jours devant elle!

Jean-François Roberge
Ministre de la Langue française
et ministre responsable de la Francophonie canadienne

**Ha-Loan Phan**

Présidente de Wikimedia Canada

Avide de transmettre ma passion des opossums, je me suis moi-même prêtée au défi du Concours de vulgarisation de la recherche en 2010. Je me souviens du sentiment de fierté qui m'habitait en déposant mon texte, alors que j'étais sur le point de terminer ma maîtrise en sciences biologiques sur le développement du système nerveux des mammifères. Ma recherche portait plus précisément sur les mécanismes intervenant dans la locomotion, soit l'action de se déplacer, des opossums. Le jeu de mots choisi pour titrer mon texte - *L'opossum Monodelphis domestica, un modèle qui marche* - m'apportait une satisfaction difficile à décrire. J'avais l'impression de résumer deux ans d'études en une simple phrase provoquant le sourire par sa qualité douteuse. Depuis cette expérience, ma curiosité pour la communication scientifique ne m'a jamais quittée. Comment communiquer habilement un message complexe, de manière intéressante, à un public hétérogène composé de néophytes et de spécialistes? Cela s'apprend-il dans les livres, sur les bancs d'école, sur Internet, au travail? Ou bien est-ce en communiquant que l'on devient communicateur ou communicatrice? Pour répondre à ces questions, je n'ai cessé de voguer entre l'action et une démarche réflexive.

Durant les années qui ont suivi, j'ai consolidé mon penchant naturel pour le transfert de connaissances et j'ai cherché à soigner ma langue, toujours à la conquête du mot juste et heureux. C'est un jeu grisant pour peu que l'on y porte une attention particulière. J'ai saisi de nombreuses occasions d'apprendre et d'enseigner la communication, notamment à l'emploi de l'Acfas, entre le service-conseil en communication au congrès, les multiples formations offertes à la relève en recherche, la réédition du *Guide pratique de vulgarisation scientifique* de Sophie Malavoy, et enfin, le lancement de la plateforme RaccourSci, « le chemin le plus court » vers une communication scientifique efficace, en français. Je remercie mes interlocutrices et interlocuteurs, mes collègues des corps professoral et étudiant, qui m'ont donné leurs rétroactions ou se sont prêtés aux miennes. Vous êtes une source d'inspiration quotidienne. Je salue tout particulièrement le travail d'un pilier de l'Acfas, l'inlassable Johanne Lebel, rédactrice en chef du *Magazine de l'Acfas*, véritable mousquetaire des mots avec qui j'ai le plaisir d'escarmoucher régulièrement.

Assembler les mots en récits

Dénicher et assembler les mots les plus précis et les plus jolis pour relayer ses idées de la façon la plus brillante possible, en français, est un travail qui s'apparente à l'orfèvrerie. Les productions qui suivent constituent des bijoux qui reflètent chacun un aspect de la grande Histoire de la recherche scientifique et qui, j'espère, sauront vous éblouir.

Lecteur·trice·s, laissez-vous transporter dans le temps et dans l'espace : il y a 4 milliards et 560 millions d'années, à Saint-Robert-de-Sorel au Québec, à dos de météorite, à la biosphère de Calakmul au Mexique, sur les ailes du sarcoramphé roi ou encore à bord du sous-marin robotisé Tiburon, à 3 kilomètres sous l'eau, au large de la Californie...

Avec le recul, certaines de ces idées n'ont pas pris une ride, au contraire. D'autres étudiant·e·s ont pris la relève dans les différents laboratoires et poursuivent ce travail artisanal qui se transmet de génération en génération. Mais que sont devenus les auteur·trice·s de ces textes ? Professeur·e·s, professionnel·le·s de la recherche, administrateur·trice·s... Certaines personnes en ont même fait un métier : vulgarisateur·trice·s ou journalistes scientifiques. Dans tous les cas, j'ai la certitude que l'expérience du concours les a inspirés dans leurs différentes pratiques. Les personnes qui s'expriment clairement et agréablement nous exaltent, que ce soit au détour d'un discours, d'un cours, d'un rapport de recherche ou en écoutant les informations.

Pourquoi vouloir vulgariser sa recherche ? Au-delà du défi créatif, vous participez à la conversation sciences et société. Celle-ci nous enrichit collectivement. Depuis 100 ans maintenant, l'Acfas participe à cette conversation et à la transmission des savoirs en français sous de multiples formes. En tant qu'acteur·trice·s de la recherche, il est de notre devoir d'expliquer notre travail aux divers publics, par transparence, pour bâtir des liens de confiance, mais aussi pour s'éclairer mutuellement. À titre de citoyen·ne·s au courant des avancées scientifiques, nous sommes plus averti·e·s pour nous manifester et pour agir sur des enjeux de société qui nous concernent, de l'écologie forestière aux changements rapides en informatique.

Vulgariser, c'est déplier et contextualiser un sujet complexe pour l'exprimer de manière simple, claire et à la portée de tout le monde, avec une émotion, une couleur et des images qui le rend unique. Toutes les occasions sont propices pour laisser sa trace ! En plus du Concours de vulgarisation de la recherche, vous pourriez choisir de créer votre chaîne de vidéos de vulgarisation, participer au concours Ma thèse en 180 secondes, ou encore, contribuer à l'encyclopédie libre Wikipédia. N'hésitez plus ! À vos plumes, à vos caméras et à vos magnétophones !

Bonne lecture !



L'opossum *Monodelphis domestica*, un modèle qui marche

L'exploration de l'environnement, la quête de nourriture, la fuite face à un prédateur et la recherche de partenaires sexuels dépendent d'une fonction primordiale chez les animaux comme chez les humains : la capacité de se déplacer ou locomotion. Parmi les recherches qui s'intéressent à cette fonction, on trouve celles qui ciblent le développement du système nerveux locomoteur. Habituellement, les travaux en neurobiologie développementale chez les mammifères utilisent le rat ou la souris comme modèles d'expérimentation. Cependant, une espèce exotique gagne en popularité comme modèle d'étude de la locomotion : il s'agit d'un marsupial, l'opossum *Monodelphis domestica*. Des réponses thérapeutiques aux lésions de la moelle épinière pourraient émerger de ces travaux.

De petits prématurés

L'opossum *M. domestica*, comme tous les marsupiaux – kangourous ou koalas –, naît dans un état très immature, après une gestation d'une quinzaine de jours. Il complète sa maturation hors de l'utérus, sur le ventre de sa mère, accroché à l'une des tétines. Cette naissance précoce de l'opossum permet l'observation d'événements qui se produisent *in utero* chez les mammifères placentaires, ce qui en fait un modèle de choix pour l'étude du développement de la locomotion.

L'opossum adulte ressemble à un petit rat au pelage gris foncé, il mesure une dizaine de centimètres et peut peser jusqu'à 200 g. Il s'élève facilement en captivité, se reproduit tout au long de l'année et peut engendrer entre 2 et 4 portées de 4 à 12 petits chacune par an. Cette espèce d'opossum est dite « généralisée » : elle ne présente pas de spécialisation motrice surdéveloppant les membres antérieurs (comme le koala, animal grimpeur) ou les membres postérieurs (comme le kangourou, animal sauteur). Son mode de locomotion est donc comparable à celui des mammifères quadrupèdes, tels que le rat ou la souris.

Le degré de développement du nouveau-né correspond à celui d'un rat ou d'une souris *in utero* d'environ 14 jours après conception. Chez ces derniers, il est difficile d'établir des liens entre le développement des centres nerveux moteurs localisés dans la moelle épinière et les mouvements locomoteurs associés, puisque ceux-ci sont cachés au sein de l'utérus maternel. Ainsi, pour l'opossum, il n'est pas nécessaire de sacrifier la mère gestante, car les petits naissent immatures!

Un nouveau-né mesure 1 cm et pèse 100 mg; sa peau rose est dépourvue de poils, ses yeux et ses oreilles sont encore fermés. Le voyage de l'orifice urogénital maternel jusqu'à une tétine est une étape décisive. Ce déplacement de quelques centimètres relève de l'exploit pour un nouveau-né, et si à l'arrivée l'opossum ne parvient pas à fusionner sa bouche à une tétine, il meurt. Une fois bien accroché, donc, le nouveau-né demeure là pendant les trois premières

semaines de sa vie. À la naissance, ses membres antérieurs griffus sont assez développés pour qu'il puisse se hisser le long du ventre de la mère à l'aide de mouvements rythmiques et alternés. En revanche, les membres postérieurs sont peu développés : ce sont des petits « moignons » immobiles sans articulations ni orteils. Ils ne bougeront que deux semaines après la naissance. C'est l'immaturation relative des membres de l'opossum à la naissance que les chercheurs exploitent au moment d'étudier le système moteur. En effet, si cette immaturité est visible de l'extérieur, elle l'est aussi sur le plan du système nerveux qui orchestre les mouvements : c'est le cas des centres moteurs situés dans la moelle épinière.

De l'opossum à l'humain

L'étude des comportements de *M. domestica* montre que pour parvenir à une locomotion mature et fonctionnelle, l'animal doit acquérir successivement la maturité du système musculosquelettique, le soutien adéquat par ses membres, et enfin, une coordination des membres orchestrée par le système nerveux. Chez l'humain, ces étapes sont similaires. Bien que nos membres postérieurs soient plus développés que ceux de l'opossum à la naissance, nous aussi avons marché à quatre pattes!

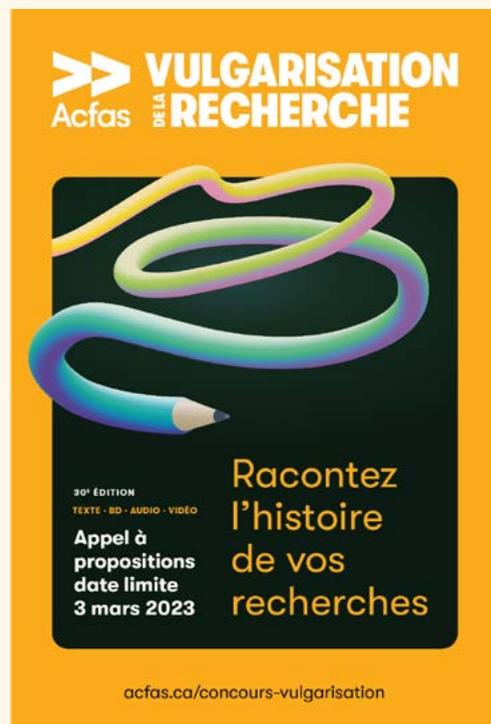
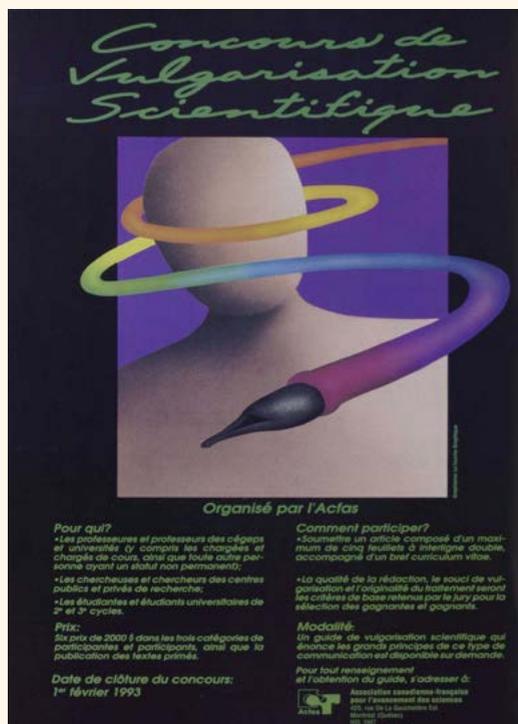
Outre des expériences relatives aux lésions de la moelle épinière et à la récupération des fonctions motrices, des études utilisant l'opossum en tant que modèle ont permis avec succès de décrire le développement de la machinerie nerveuse qui contrôle la locomotion. À ce jour, nous comprenons mieux chez l'opossum comment s'établissent les synapses (connexions neuronales) ainsi que les voies qui relient le cerveau à la moelle épinière et régulent les centres moteurs localisés dans la moelle épinière, tel le système de l'équilibre. Enfin, les données acquises chez l'opossum concordent avec celles obtenues chez le rat et la souris... L'opossum est donc bel et bien un modèle qui marche!

Racontez-moi...

30 ans de vulgarisation scientifique

2 novembre 1933. Un Léo Pariseau enjoué interprète « Les étapes d'une recherche » au 1^{er} Congrès de l'Acfas. D'emblée, il capte l'attention en ponctuant sa conférence de chansons et de contorsions de cordes vocales. Le premier président de l'Acfas vise alors à « dramatiser » ses expériences de recherche pour ses collègues. À sa manière, il s'inscrit avec humour dans une tradition de vulgarisation des savoirs, au sein d'une culture scientifique en pleine effervescence.

Les activités proposées aujourd'hui par l'Acfas perpétuent cette mission de communiquer avec style et clarté les savoirs auprès de divers auditoires. Cette volonté, d'abord exprimée au moyen de conférences tous publics, revêt désormais différentes formes : causeries avec les membres; publications variées de travaux vulgarisés, du *Magazine de l'Acfas* à la plateforme RaccourSci; formations sur les formats de vulgarisation ou concours divers mettant en vedette cet art de communiquer tels que Ma thèse en 180 secondes et La preuve par l'image. Autour de chacune de ces activités orbitent des organismes de culture scientifique, partenaires de choix pour la valorisation des savoirs vulgarisés.



Affiches de la 1^{re} édition en 1993 et de la 30^e édition en 2023

Pour sa part, le Concours de vulgarisation de la recherche de l'Acfas récompense depuis 1993 les travaux de scientifiques de tous les domaines de la connaissance. À partir de 2015, le concours est dédié à la relève, pour lui permettre de développer de nouvelles compétences et de raconter ses recherches autrement. Grâce à la bande dessinée, à la vidéo, au texte ou au reportage audio, les jeunes chercheur·euse·s peuvent exprimer leur créativité et leur passion.

Ainsi, depuis 30 ans ont été récompensées 154 personnes, provenant de 15 établissements universitaires et de 17 établissements de recherche ou d'études postsecondaires francophones établis au Québec et au Canada.

L'Acfas souhaite valoriser, en cette année anniversaire, une sélection de 30 propositions lauréates du concours au fil des années et commentées aujourd'hui par les personnes qui les ont alors présentées. Ces 30 récipiendaires témoignent ici de l'évolution de leur thématique de recherche, lorsque l'exercice s'y prête, et offrent un aperçu de leur relation avec la vulgarisation scientifique.

Au fil de ces pages, vous découvrirez des propositions de tous horizons : de la science du chaos au suicide des cellules, en passant par la philosophie de la nouveauté et la symphonie des milieux humides, laissez-vous transporter dans ces histoires de recherche en mots, en sons et en images. Laissez ces scientifiques passionné·e·s vous raconter l'histoire de leurs travaux.

Audrey-Maude Falardeau
Acfas

 1993

ET DIEU CRÉA LE CHAOS

Nicolas Marchand

Assistant de recherche en psychologie
Centre hospitalier Côte-des-Neiges

Jusqu'à récemment, les chercheur·euse·s détestaient le désordre. Puis, ils se sont aperçus que même le désordre est parfois naturel. Ce fut le début de la science du chaos.

Qu'ont en commun la fibrillation d'un cœur qui va s'éteindre et la Grande Tache rouge de Jupiter? Pour autant qu'on puisse les percevoir à travers les lentilles d'un microscope ou d'un télescope, ils apparaissent comme des systèmes complexes donnant souvent l'image d'un mouvement plutôt irrégulier, désordonné ou turbulent : *in extenso*, ils semblent chaotiques.

La Grande Tache rouge de Jupiter, ovale, grouillante et mystérieuse, fascine depuis près de 400 ans. Plusieurs hypothèses se sont succédé à son sujet. Tour à tour, elle est devenue lac de lave, lune, corps flottant, colonne de gaz. Puis ouragan, après qu'on a vu les photos envoyées de la sonde Voyager en 1978. Mais c'était une approximation, car la Tache tourne dans le sens contraire des ouragans et perdure, à l'inverse de ces derniers qui disparaissent après quelques jours. Les chaoticien-ne-s voient aujourd'hui la Tache comme un îlot de stabilité issu de la mer de fluides en turbulence dans laquelle elle baigne.

La musique d'un cœur qui bat peut sembler régulière la plupart du temps. Un cœur sain suit un régime périodique prévisible. Mais certaines de ses pathologies, telles la fibrillation ou les autres arythmies, dérogent de ce rythme pour emprunter une voie irrégulière et désordonnée, qui pousse le système circulatoire (et le reste du corps) vers la mort. À défaut d'un modèle précis expliquant ce passage du périodique à l'irrégulier, les sciences médicales ont pallié les poussées de désordre par l'essai de différentes doses de médication et l'expérimentation de diverses formes de cœurs artificiels. Certains physiologistes conçoivent aujourd'hui le cœur comme un système qui engendre un flot sanguin tout autant turbulent que stagnant. Ces deux phénomènes semblent *a priori* fort différents, et se retrouvent donc sous les bons soins de disciplines distinctes. Les universités regorgent ainsi de biochimistes, de cardiologues, de sociologues travaillant souvent sur le même élément, l'humain. Chaque spécialiste travaille dans son champ délimité par l'échelle, microscopique ou macroscopique.

Selon l'approche scientifique classique, les spécialistes cherchent à atteindre la forme la plus simple, et révélatrice, d'un phénomène, qui sera compris uniquement s'il est stable et prévisible. Le désordre embarrasse, il sème la confusion. Ce cadre convient bien aux systèmes linéaires ou périodiques, mais les systèmes non linéaires n'y trouvent pas leur place. D'abord, les tenants de cette approche croient qu'une solution n'est pas bonne si elle n'est pas stable, si elle ne résiste pas à une petite variation de ses « paramètres », voire à une variation provoquant du désordre. Ensuite, si un phénomène est simple,

son comportement l'est aussi. Enfin, des systèmes différents vont forcément se manifester par des comportements différents.

Le désordre représente alors un bruit sans structure. L'irrégularité, qu'on peut rencontrer autant sur une carte météo que dans un robinet qui fuit, est ainsi vite classée dans l'erreur expérimentale ou la mesure inadéquate. Elle n'offre pas de trace lisible et prévisible.

Le rôle du désordre

Pour la science du chaos, en essor depuis plus d'une trentaine d'années, la Grande Tache rouge de Jupiter et la fibrillation d'un cœur sont mues par des processus similaires qui les animent en un mélange dynamique d'ordre et de désordre.



Lac de lave? Lune? Ouragan? Certains scientifiques croient aujourd'hui que la Grande Tache rouge de Jupiter est plutôt un îlot de stabilité dans une mer de fluides en turbulence. Une explication directement issue de la théorie du chaos. En avant-plan : la Terre, pour donner une idée de la dimension de cette tache. Photo : gracieuseté du Planétarium de Montréal.

L'émergence de la théorie du chaos met en lumière le rôle du désordre dans la nature. Ce dernier n'est plus un négligeable caillou embrumant l'ordre universel, mais un phénomène à part entière gouverné par ses propres forces. Les tenants de la science du chaos désirent ainsi s'attaquer à la complexité offerte par la nature, alors que la science classique, selon ces personnes, s'évertue à la simplifier.

D'où viennent ces nouvelles idées? Au début du siècle, notamment, le mathématicien Henri Poincaré, pour ne nommer que lui, avait déjà entrevu l'importance de l'étude du désordre. Mais c'est il y a une trentaine d'années que de curieuses observations et démonstrations ont réellement commencé à enfoncer le cadre scientifique classique. Bon nombre de celles-ci, soutenues par l'essor de l'informatique, ont contribué à la popularité contemporaine de la science du chaos. Voyons quelques-unes des plus significatives.

Edward Lorenz, météorologue au MIT à Boston dans les années 1950, tentait en vain de simuler (lire prévoir) le temps sur son ordinateur. Il se butait à l'imprédictibilité. Au début, il crut d'abord

que c'était du « bruit », une erreur informatique qui l'empêchait d'obtenir un résultat satisfaisant, stable... Mais son problème venait plutôt de ce qu'on appelle désormais « l'effet papillon » : en théorie, le battement d'aile d'un papillon en Chine peut provoquer une tempête redoutable aux États-Unis. Pourquoi? La variation infime d'une des conditions initiales entraîne des conséquences gigantesques sur le système météorologique. Sur la base de telles observations, la possibilité qu'un système puisse engendrer de l'imprédictibilité, même si aucun bruit extérieur n'y est introduit, est désormais envisageable. Pour ainsi dire, le désordre est naturel. Il n'est pas un accident.

Le météorologue s'attaqua ensuite à la roue hydraulique, un système de la dynamique des fluides, pour clarifier et développer davantage ses observations. Il accoucha d'un article désormais célèbre : « Deterministic non periodic flow », paru en 1963. Malheureusement, son article n'eut pas une notoriété instantanée, car les scientifiques qui s'intéressaient au désordre travaillaient dans des sphères d'activité éloignées. Cela n'a pas favorisé la transmission de sa trouvaille!

Benoît Mandelbrot, lui, sentait son intuition brimée par la géométrie classique. Dans les années 1960, il se mit à réfléchir sur les formes exhibées par la nature. Il en déduisit que le carcan euclidien était insuffisant pour expliquer les formes irrégulières. « Les nuages ne sont pas des sphères », dit-il. En ressuscitant quelques démonstrations et curiosités mathématiques du début du siècle, il se lança dans une exploration des formes pour créer une véritable géométrie de la nature, qu'il décrivit dans son livre *Fractals: Form, Chance and Dimension*, publié en 1978. Mandelbrot s'est aperçu qu'en théorie, certaines formes sont invariantes d'échelle : leur structure reste la même du microscopique au macroscopique, et se répète à l'infini. La base venait d'être jetée pour l'étude des processus dynamiques communiquant de l'infiniment petit jusqu'à l'infiniment grand.

Voici cinq critères que le physicien Hao Bai Lin propose aux scientifiques pour s'assurer que le phénomène observé est véritablement chaotique.

1. Le désordre est engendré par une cause simple, comme une équation simple, venant du système lui-même.
2. Le désordre n'est pas dû à une erreur, à un bruit ou à une cause extérieure au système.
3. Le comportement apparemment erratique du système dépend de petits changements des conditions initiales.
4. À long terme, le comportement global du système ne dépend pas des conditions initiales.
5. L'état erratique du système est atteint par une succession d'événements (par exemple, par une boucle de rétroaction mathématique).

Le simple et le complexe

Vers le milieu des années 1970, Mitchell Feigenbaum travaillait au laboratoire national américain de Los Alamos. Gleick rapporte dans son livre *La théorie du chaos* que Feigenbaum passait son temps à observer les nuages, dont les formes étranges l'intriguaient. Ses collègues le trouvaient brillant, mais un peu reclus : il mijotait. En manipulant des équations « simples » de type sinusoidal et parabolique, comme celles relatives aux variations de populations animales, il vit la trace du chaos. Feigenbaum n'essayait pas alors de résoudre l'équation, ce que s'appliquaient à faire la majorité de ses collègues, mais il observait plutôt son comportement! En faisant une boucle de rétroaction mathématique, en entrant une donnée de départ dans l'équation, puis en y réintégrant successivement le nouveau produit, il parvint à un résultat fascinant : une formule simple engendrait un chaos imprévisible, qui ne dépendait pas des caractéristiques ou de l'allure de cette fonction.

En effet, quelles que soient les fonctions, quadratiques ou trigonométriques, Feigenbaum observe « l'ordre se fondre doucement en désordre », après avoir atteint une certaine valeur critique. Voilà pour les chaoticien·ne·s la notion d'universalité, suggérant que les systèmes physiques différents suivent des dynamiques similaires, et que le simple, symbolisé par une équation simple, peut engendrer du complexe.

La théorie du chaos trouve là sa farine à pétrir et les fondations nécessaires pour une nouvelle méthodologie de recherche. Le désordre existe et il possède sa géométrie fractale propre. Pour les chaoticien·ne·s, les systèmes simples peuvent engendrer le complexe, et les systèmes complexes peuvent engendrer des comportements simples. Selon eux, les lois qui régissent la complexité sont universelles. Le chaos, qui était classiquement vu comme indésirable, peut être générateur d'ordre. Prigogine l'illustre bien en rappelant que l'univers, créé d'une explosion (d'un désordre), a néanmoins engendré des galaxies et des planètes... Le désordre devient objet d'étude.

Voici donc une science en émergence et qui séduit. Ses principes et ses moyens d'étude sont davantage spécifiés, et ce qui peut sembler n'être que jeux ou illusions mathématiques et simulations informatiques est de plus en plus employé dans les sciences de la vie et les sciences sociales. Ses dentrites s'étendent, formant progressivement une large arborisation au travers des disciplines traditionnelles. Cette science tend vers la multidisciplinarité en s'opposant à la fragmentation coutumière des savoirs. Ainsi, on ne se surprend plus d'entendre le mot *chaos* dans la bouche d'un·e critique d'art, d'un·e directeur·trice de centre de recherche questionnant un·e collègue mathématicien·ne, ou encore, sur l'entête d'un congrès de psychologie appliquée. Il reste à l'avenir (imprévisible...) à nous révéler jusqu'où le chaos marquera la science et la pensée.



Nicolas Marchand, Ph. D.

Directeur du Bureau du vice-rectorat à la Vie académique
Université du Québec à Montréal (UQAM)

La théorie du chaos était, au moment de la rédaction de l'article, une piste de fondements pour des projets en psychologie au sein de mon groupe de pairs. Puis, j'ai bifurqué en histoire des sciences pour mener des travaux sur l'émergence de la psychologie comme discipline et profession.

Fast forward : j'ai fait carrière dans l'administration de l'enseignement supérieur. Ce concours de l'Acfas se présentait comme prétexte pour satisfaire un intérêt de toujours pour la communication et brasser un terrain susceptible de fonder une recherche doctorale en neuropsychologie. Cet intérêt, au final, s'est transposé dans un autre projet correspondant mieux à un attrait pour le développement organisationnel et le soutien à l'enseignement supérieur. Ce que je retiens le plus de la théorie du chaos dans l'interprétation des choses de la vie? Le principe de sensibilité aux conditions initiales.

La vulgarisation scientifique est demeurée pour moi un outil quotidien en appui à la traduction des besoins universitaires et scientifiques pour la gestion des ressources et des structures, au cœur de mes fonctions de médiation entre la prestation des activités et le soutien des services, entre les enjeux universitaires, administratifs et politiques, et pour la valorisation de la mission scientifique dans les représentations externes. Cela dit, de manière plus large, nous pouvons nous demander si la vulgarisation scientifique ne tient pas, aujourd'hui plus que jamais, un rôle d'une importance capitale. Elle doit sortir des productions traditionnelles et s'ajuster aux nouvelles conjonctures de communication, à la fragmentation des réseaux sociaux, à l'éclatement des canaux et des chambres d'échos, pour combattre la désinformation et la déperdition de la valeur des critères de vérité, des faits, des canons de la méthode et du professionnalisme. Le travail sans relâche de plusieurs blogueur·euse·s s'est révélé à ce titre remarquable durant la pandémie. Je pense, par exemple, à Jean Barbeau, Roxane Borgès Da Silva, Mathieu Nadeau-Vallée et Alain Vadeboncoeur. Sauver la raison est un enjeu actuel saillant. Et la vulgarisation démocratise la raison.

 1994

QU'EST-CE QUI FAIT COURIR LES PHYSICIENS?

Stéphane Durand

Professeur de physique au collège Édouard-Montpetit
Chercheur affilié à l'Université McGill et l'Université de Montréal

Il se pourrait que l'univers ait dix dimensions. Pourtant, dans la vie de tous les jours, il semble bien n'y avoir que trois dimensions d'espace et une de temps. Pourquoi alors six dimensions supplémentaires?

Depuis une dizaine d'années, plusieurs centaines de scientifiques œuvrant en physique et en mathématiques travaillent avec acharnement sur la dernière trouvaille en matière de physique théorique : une théorie de grande *unification*. Pourquoi pareil engouement? Parce que cette théorie cherche à expliquer tous les phénomènes physiques à partir d'*une seule* loi fondamentale. Quelle est au juste cette théorie? Pourquoi nécessite-t-elle un espace à dix dimensions? Et pourquoi pourrait-elle éventuellement expliquer d'où vient le bigbang (cette explosion primordiale de laquelle serait né l'univers il y a 15 milliards d'années)? Autant de questions auxquelles on tentera de répondre.

D'abord, que signifie le terme *unification*? À cet égard, voici quelques questions :

- Pourquoi la Lune tourne-t-elle autour de la Terre?
- Pourquoi les planètes sont-elles rondes, tandis que les astéroïdes ont la forme de « patates »?
- Pourquoi une fourmi peut-elle facilement transporter un objet pesant plusieurs fois son propre poids, alors qu'un humain réussit à peine à en supporter un de son propre poids?
- Pourquoi y a-t-il des marées?
- Pourquoi ne peut-il y avoir de montagne plus haute que le mont Everest sur la Terre?
- Pourquoi n'y a-t-il pas d'atmosphère sur la Lune?
- Pourquoi les petits animaux (insecte, écureuil, chat, etc.) sont-ils la plupart du temps effilés et agiles, tandis que les gros (éléphant, hippopotame, rhinocéros, etc.) sont toujours massifs?
- Pourquoi la Lune possède-t-elle une face cachée?
- Pourquoi l'univers ne peut-il être qu'en expansion ou en contraction?
- Pourquoi les trous noirs sont-ils invisibles?
- Pourquoi Newton était-il génial?
- Pourquoi lisez-vous ceci?

Questions intéressantes, n'est-ce pas? (Sauf la dernière, bien sûr!) Qui semblent *a priori* indépendantes. Eh bien non! Toutes ces questions possèdent la *même* réponse : à cause de la force de gravité. Surprenant, non? Et qui a découvert la loi de la gravité? Newton. C'est d'ailleurs pourquoi il était génial.

Voilà poindre tout doucement cette idée de l'unification : expliquer le plus de choses possible à partir du moins de lois possible. Ainsi, on vient de considérer toute une panoplie de phénomènes apparemment distincts qui sont pourtant la conséquence d'une seule et même force : la gravité. Néanmoins, il existe aussi d'autres forces dans la nature et il est maintenant temps d'être un peu plus systématique, et d'expliquer plus précisément en quoi consiste une théorie d'unification.

Pourquoi quatre forces?

L'univers contient deux types d'entités fondamentales : les *particules élémentaires* et les *forces* qui les font interagir. Les particules élémentaires sont les constituants de base de l'univers, soit les plus petites particules à partir desquelles toute la matière peut être construite. Elles composent les atomes, qui à leur tour constituent les molécules, et par conséquent toute la matière. En simplifiant, on peut dire qu'il y a trois particules élémentaires : l'électron, le proton et le neutron¹. En effet, les atomes sont formés de protons et de neutrons au centre (le noyau), et d'électrons qui gravitent autour. En variant l'agencement de ces trois particules, on peut former une centaine d'atomes différents. Ensuite, on peut combiner ces atomes d'innombrables façons pour produire la quasi-infinité de molécules qui composent toute la matière autour de nous. Par conséquent, toute la complexité, la diversité et la richesse de la nature se ramènent au jeu de trois particules de base!

Ces particules élémentaires interagissent entre elles sous l'effet de quatre forces fondamentales : la force de gravité, responsable de l'attraction universelle (déjà mentionnée); la force électromagnétique, décrivant les phénomènes électriques et magnétiques (par exemple, l'attraction entre les électrons et le noyau de l'atome, ainsi que la propagation de la lumière); la force nucléaire, dont résulte l'attraction des particules se trouvant à l'intérieur du noyau (protons et neutrons); et la force faible, responsable de la radioactivité. Chacune de ces forces englobe une quantité très vaste de phénomènes; on l'a vu pour la gravité, mais le même genre de situation existe aussi pour les autres forces. Donc, en résumé, tous les phénomènes connus de l'univers se ramènent au jeu de quatre forces agissant sur trois types de particules élémentaires. Mais pourquoi *quatre* forces et *trois* particules?

Depuis qu'ils ont découvert que les forces électrique et magnétique – apparemment très différentes l'une de l'autre – ne sont que deux manifestations particulières d'une seule et même force plus générale (la force électromagnétique), les physicien-ne-s sont à la recherche d'une force universelle qui engloberait les quatre interactions fondamentales. Autrement dit, ces scientifiques cherchent une superforce dont la gravité, l'électromagnétisme, la force nucléaire et la force faible ne seraient que quatre manifestations différentes (c'est-à-dire quatre cas particuliers). C'est ce qu'on appelle l'*unification* des forces.

De plus, dans cette théorie d'unification, les différentes particules élémentaires apparaissent comme diverses facettes d'une *unique* superparticule. Bref, une telle théorie permettrait d'expliquer tous les phénomènes physiques à partir d'une seule loi fondamentale : une superforce agissant sur une superparticule. C'est ce qui fascine tant les physicien-ne-s. Bien sûr, il n'est pas question ici d'expliquer cette théorie hautement mathématique, mais plutôt de faire saisir (à l'aide d'une analogie) pourquoi elle nécessite des dimensions supplémentaires.

Un monde plat

Transposons tout cela dans le cadre de notre analogie. Imaginons un « monde » à deux dimensions (la surface d'une feuille de papier, par exemple) sur lequel vivent des « êtres » plats. Supposons que ce monde contienne seulement deux sortes de particules élémentaires, représentées par deux types de figures géométriques : des disques et des carrés (figure 1). Les « atomes » de ce monde sont alors représentés par des figures plus complexes formées par différents agencements des figures de base. À leur tour, les « molécules » sont des agencements d'atomes, et ainsi de suite. Toute la matière de ce monde est donc constituée de divers agencements de disques et de carrés. Il y a aussi différentes forces qui font interagir ces particules, mais, pour simplifier, on ne les considérera pas et on se posera

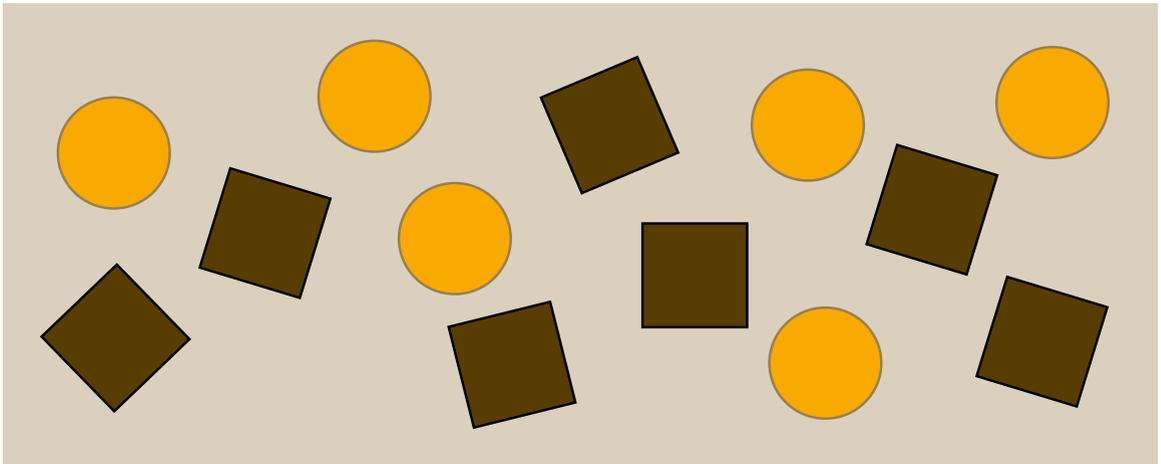


FIGURE 1

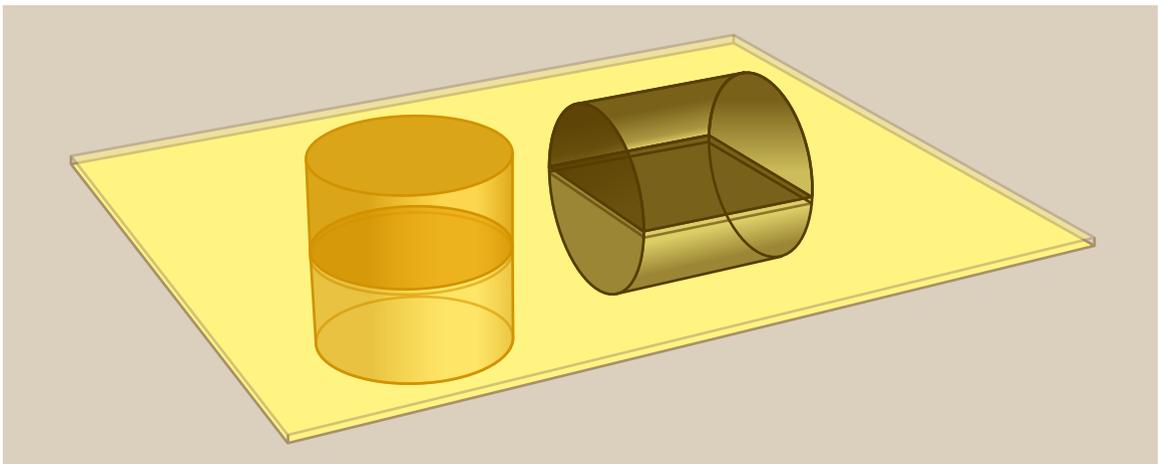


FIGURE 2

seulement une question : pourquoi y a-t-il deux types de particules élémentaires? Ou, autrement dit : y a-t-il un lien entre un disque et un carré? À première vue : non. Il semble n'y avoir absolument aucun lien entre ces deux figures. Pourtant, à bien y penser, il en existe un : c'est le cylindre. Vu de face, il apparaît comme un disque; vu de côté, c'est un carré ou un rectangle (figure 2)! Donc, disque et carré ne sont pas fondamentaux, mais seulement deux facettes d'un même objet plus fondamental : une superparticule cylindrique.

Notez la nécessité *absolue* d'introduire une dimension supplémentaire pour établir ce lien. Dans l'espace ordinaire à deux dimensions de ce monde plat, ce lien est *totalem*ent impossible à discerner : les êtres plats ne perçoivent que des sections du cylindre, comme l'indique la figure 2. Il faut bien se rendre compte qu'il est impossible, pour des êtres à deux dimensions, de visualiser cette troisième dimension, tout comme il est impossible, pour nous, d'en imaginer une quatrième; pour eux, cette superparticule est donc extrêmement abstraite, comme le serait pour nous une théorie nécessitant un espace à plus de trois dimensions.

Dix dimensions

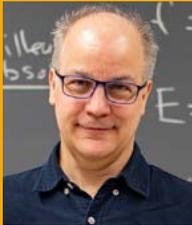
De façon analogue, les vraies théories d'unification nécessitent des dimensions supplémentaires pour qu'on puisse établir le lien entre les trois particules élémentaires (proton, neutron et électron) et les quatre forces fondamentales (gravitationnelle, électromagnétique, nucléaire et faible). Dans le cadre de notre analogie, il suffisait d'une dimension supplémentaire; dans la réalité, il en faut six de plus... Pour un total de dix².

On pourrait être tenté de croire que tout cela n'est qu'un jeu et que ces dimensions supplémentaires ne sont que le fruit de l'imagination des scientifiques. Il n'en est rien. De fait, les quatre forces fondamentales se séparent en deux grandes catégories : d'une part, il y a la gravité (c'est-à-dire une force macroscopique); d'autre part, il y a les forces électromagnétique, nucléaire et faible (c'est-à-dire trois forces microscopiques), qu'on réunit sous le vocable de *forces quantiques*, la théorie quantique étant une théorie du très petit. On a donc deux théories complémentaires : la gravité et la théorie quantique. Mais, *conceptuellement*, ces deux théories sont incompatibles. En général, cela importe peu, car elles gouvernent deux catégories de phénomènes qui ne se chevauchent pas du tout : phénomènes microscopiques et phénomènes macroscopiques.

En réalité, ce n'est pas tout à fait exact : la théorie de la gravité est en fait une théorie des phénomènes massifs. Bien sûr, en général, les objets *massifs* sont gros, donc la gravité est bien une théorie du macroscopique, et tout est parfait... Sauf dans (au moins) un cas : lors du bigbang. À ce moment, tout l'univers était concentré dans un volume infiniment petit. À cet instant, l'univers était à la fois massif et petit! Par conséquent, pour discuter rigoureusement du début de l'univers, il faudrait concilier – c'est-à-dire unifier – la théorie de la gravité et la théorie quantique. Ce qui n'est pas encore fait, mais le sera par une théorie de grande unification (car elle unifie tout!). Ainsi, une telle théorie pourra (peut-être) répondre à la question : D'où vient le bigbang? Voilà ce qui fait courir les physicien·ne·s ...

NOTES

1. Il n'y a pas seulement trois types de particules élémentaires. Le proton et le neutron, contrairement à l'électron, ne sont pas des particules élémentaires, car ils sont eux-mêmes constitués de particules encore plus petites tels les quarks.
2. Depuis Einstein, on considère le temps comme une dimension. Ainsi, l'univers accessible à nos sens est à quatre dimensions (trois dimensions d'espace et une dimension de temps) tandis que les théories d'unification seraient à dix dimensions (neuf d'espace et une de temps). On les appelle « théories de supercordes ». ([Note de 2023] Plus récemment, une nouvelle version de ces théories a vu le jour... nécessitant onze dimensions.)



Stéphane Durand

Professeur de physique au cégep Édouard-Montpetit
Membre du Centre de recherches mathématiques de l'Université de Montréal

Mon article portait sur de possibles dimensions cachées dans l'univers, un sujet à la fois spectaculaire et controversé : spectaculaire, car la puissance des mathématiques permettait d'aller encore plus loin dans notre compréhension du cosmos ; controversé, car cette théorie est tellement abstraite qu'elle semble impossible à vérifier expérimentalement. Cela était le cas il y a 29 ans lorsque j'ai écrit mon article, et c'est encore le cas aujourd'hui. C'est donc une théorie encore spéculative – mais rigoureuse! Une théorie ultra-élégante qui pourrait, entre autres, répondre à la question : d'où vient le bigbang? Toutefois, concernant l'élégance de cette théorie, deux camps s'affrontent : les spécialistes qui considèrent que cette théorie est « trop belle pour être fausse », et celles et ceux pour qui elle est « trop belle pour être vraie »!

Je peux certainement dire que mon prix au Concours de vulgarisation de la recherche de l'Acfas de 1994 a lancé ma carrière de vulgarisateur! En effet, ce prix a absolument catalysé mon désir de partager la science avec le grand public. Par la suite, en particulier, j'ai publié mon premier livre de vulgarisation sur la théorie de la relativité d'Einstein, conçu des affiches sur les mathématiques qui ont été présentées dans différents pays, réalisé les « Carnets insolites du prof Durand » à l'émission *Les années lumière* de Radio-Canada pendant cinq années et différentes séries vidéo (entre autres pour la série télévisée *Les Rescapés* de Radio-Canada), etc. Depuis plus récemment, je m'intéresse à l'histoire de l'architecture présentée du point de vue d'une d'un·e physicien·ne. À cet égard, je suis présentement « artiste-scientifique en résidence » à l'École d'art de Sutton, sur le thème *Art et science : des liens à contempler*. Bref, la vulgarisation est devenue partie intégrante de ma vie professionnelle, en parallèle avec mon enseignement et mes activités de recherche.

 1995

L'ÉRABLE À SUCRE, CHAMPION POIDS LOURDS PAR K.-O.

Annick Bertrand

Postdoctorante en biologie végétale
Centre de foresterie des Laurentides

Les parties de sucre printanières se déroulent souvent dans une érablière bien aménagée. Pour maximiser la production de sirop, l'acériculteur-trice élimine les espèces autres que l'érable à sucre ainsi que les individus vieux ou malades afin de laisser place à l'élite : des arbres jeunes et vigoureux ayant des chances d'être de bons producteurs d'eau d'érable. Dans les érablières non exploitées, une sélection s'exerce aussi entre les espèces, mais de façon naturelle. En forêt, la compétition entre les végétaux se fait principalement pour la lumière et les éléments nutritifs.

Le combat est subtil et le jeu en vaut la chandelle : une meilleure qualité de vie pour les espèces les mieux adaptées. Dans les forêts de feuillus, l'érable occupe souvent une place prépondérante. Les érablières naturelles sont constituées d'un peuplement mixte où l'érable se retrouve en association avec le peuplier, le hêtre, le bouleau jaune ou le cerisier d'automne. Les cimes des érables se trouvent toujours dans les strates élevées, dominantes ou codominantes, et ce, malgré un taux de croissance faible. Sa position dominante, l'érable l'acquiert de haute lutte dans un cadre où, comme vous pourrez le constater, tous les coups sont permis. À la suite d'une perturbation, tels un feu ou une coupe, la végétation se développe en une série de stades pour aboutir à des forêts relativement stables qu'on appelle *communautés climaciques*. En évoluant, la communauté forestière crée de nouvelles conditions de microclimat, de sol et d'humus qui font régresser certaines espèces au profit d'autres mieux adaptées aux nouvelles conditions. C'est ainsi que des arbres et arbustes peuvent s'associer à l'érable à sucre (*Acer saccharum Marsh.*) et déclencher l'évolution vers l'érablière. Avant même de monter sur le ring, l'érable à sucre est parmi les favoris grâce à certains avantages naturels. Il se retrouve exclusivement en Amérique du Nord, dans les régions au climat frais et humide. Quoiqu'il préfère les sols riches et bien drainés, l'érable croît bien sur un large éventail de types de sols, les seules restrictions étant les sols secs, minces et les terrains inondés. C'est grâce au peu d'exigences qu'il a en matière de sites qu'il a pu s'établir un peu partout dans le sud du Québec. Parmi les avantages compétitifs de l'érable à sucre, mentionnons d'abord la reproduction et la croissance des jeunes pousses. La floraison des arbres débute vers l'âge de 22 ans et commence tôt au printemps, vers la deuxième semaine de mai. On a longtemps cru que la pollinisation des fleurs se faisait uniquement par la voie des insectes, mais certains travaux ont démontré qu'elle pouvait aussi se faire par le vent (Gabriel et Garrett, 1984).

Après la fécondation, il y a formation du fruit, composé de deux parties appelées *samares*. Ces deux samares ailées sont réunies à la base et contiennent habituellement chacune une graine. Les samares sont vertes pendant l'été et deviennent jaunâtres, puis brunes à la fin de la période de mûrissement, en septembre. Dès ce stade précoce, l'érable à sucre a l'avantage pour quatre rounds. Premier round : le nombre de semences produites est phénoménal. Lors d'une bonne année de fructification, on a récolté au Michigan près de 20 millions de samares par hectare (Godman et coll., 1990). Deuxième round : les ailes des samares et leur texture particulière, légère comme du papier, permettent aux fruits de tourner sur leur axe comme les pales d'un hélicoptère et d'être disséminés jusqu'à 100 m de leur géniteur, ce qui favorise l'occupation de nouveaux sites.

Pas frileux, patient et... « toxique »!

Troisième round : la germination des graines n'a pas lieu dès qu'elles touchent le sol, car elles sont en dormance. Dans le cas de l'érable, la dormance est une adaptation qui empêche la germination en automne même si les conditions de température et d'humidité sont optimales, les jeunes pousses ne pouvant survivre à l'hiver. Il semble qu'elle soit due en partie aux téguments (enveloppes des graines), trop durs, qui empêchent l'entrée d'eau nécessaire à la germination de l'embryon (Webb et Dumbroff, 1969). Pour sortir de la dormance, les graines requièrent une période de stratification de 40 à 90 jours, c'est-à-dire une étape où elles sont exposées à un taux d'humidité élevé et à des températures proches du point de congélation. Ces conditions de stratification, qui permettent aux téguments de s'attendrir, sont celles que l'on retrouve sous la neige en hiver. De plus, la stratification est utile à la maturation des graines, puisque certains composés chimiques de la graine subissent des transformations pendant cette période. Par exemple, des composés inhibiteurs de croissance sont éliminés et les sucres nécessaires à la nutrition des jeunes pousses sont synthétisés. Quatrième round : la germination printanière de l'érable à sucre est exceptionnelle. Parmi toutes les espèces ligneuses, l'érable est celle dont la température optimale de levée des graines (1 °C) est la plus basse (Godman et coll., 1990). Les graines peuvent même germer lorsqu'il reste de la neige! Cette caractéristique unique explique l'abondante régénération de l'érable à sucre. Une des qualités prépondérantes des jeunes érables est la patience. Les jeunes pousses d'érable à sucre tolèrent bien l'ombre et peuvent supporter une longue période de suppression de croissance. Cette adaptation leur permet de se développer lentement sous un couvert végétal assez dense et d'attendre patiemment le moment propice, une éclaircie due à une coupe ou le bris d'un arbre voisin, pour pouvoir se développer pleinement. La capacité des jeunes pousses à tolérer l'ombre des géniteurs fait que les érablières se régénèrent de façon permanente. Curieusement, la croissance optimale des jeunes pousses se fait dans 35 à 90 % d'ombre. Une trop forte intensité lumineuse peut nuire à ces dernières. Cela s'explique par le fait que les jeunes érables apprécient l'humidité que leur procure le sombre sous-bois, car leur système racinaire est peu développé – ce qui les empêche de puiser l'eau en profondeur. Les jeunes érables peuvent porter à leurs adversaires quelques coups sous... le sol. L'érable à sucre se retrouve souvent en compétition avec le bouleau jaune. Tubbs (1973) a observé que les deux adversaires étaient à peu près de force égale : deux espèces prolifiques et à longévité semblable. Lorsque les deux espèces grandissent séparément, les jeunes pousses de bouleau jaune croissent plus rapidement que celles de l'érable à sucre, et ce, même en conditions très ombragées. En forêt, c'est pourtant l'érable qui domine finalement la plupart des sites. Tubbs a démontré que la croissance du bouleau jaune était réprimée en présence de l'érable et que cette répression était due à des substances toxiques libérées par les racines des jeunes érables. Ces composés chimiques sont appelés *allélopathiques*, car ils sont synthétisés par une espèce pour nuire au développement d'une autre espèce. Dans ce cas-ci, ils inhibent le développement racinaire du bouleau jaune.

D'ombre et de lumière

Les particularités de la photosynthèse de l'érable à sucre font que cette espèce ombrophile (tolérante à l'ombre) est désavantagée lors des combats en terrain découvert. La photosynthèse est ce processus par lequel l'arbre se sert de la lumière, du gaz carbonique de l'air et de l'eau pour synthétiser les sucres nécessaires à son métabolisme ainsi que l'oxygène. Chez les végétaux, le taux de photosynthèse augmente de façon proportionnelle à l'intensité lumineuse jusqu'à un point de saturation, à moins qu'une autre contrainte du milieu vienne paralyser le système de production des sucres. Chez l'érable à sucre, le taux de photosynthèse devient saturé à une intensité lumineuse beaucoup plus basse que chez la plupart des autres espèces, de sorte que l'érable ne peut profiter pleinement du soleil. Afin

de remédier à ce faible taux de photosynthèse, l'établissement des feuilles de l'érable se fait très tôt au printemps, ce qui permet à l'arbre de profiter de la lumière avant que les feuilles des espèces compagnes ne viennent assombrir le sous-bois. De plus, comme ses feuilles restent en place tard à l'automne, l'érable bénéficie d'une longue saison de photosynthèse. Il est à noter que dans des conditions ombragées, le taux de photosynthèse de l'érable, quoique faible, demeure constant même si l'intensité de la lumière pénétrant le couvert végétal est très basse. La régénération naturelle de l'érable à sucre est due principalement à sa grande tolérance à l'ombre durant toutes les étapes de son développement ainsi qu'à son opportunisme face aux petites éclaircies. Cependant, l'agressivité de l'érable à sucre n'est pas sans danger pour sa survie. L'érable s'installe partout, même en dehors des endroits où il devrait normalement pousser. C'est un feuillu exigeant en ce qui concerne le drainage et la nutrition, et pourtant il n'hésite pas à s'établir dans des endroits qui répondraient mieux à des arbres moins capricieux. L'érable qui vit à la limite de ses capacités est très affecté lorsque surviennent des conditions climatiques difficiles ou une importante perturbation de l'écosystème. C'est ainsi que peut surgir une importante poussée de dépérissement touchant particulièrement les érables ayant colonisé des sites inappropriés. C'est comme si la nature venait revendiquer ses droits en assénant un coup imparable à l'érable champion.

RÉFÉRENCES

GABRIEL, W. J., et P. W. GARRETT. "Pollen vectors in sugar maple, *Acer saccharum*", *Canadian Journal of Botany*, n° 62, 1984, p. 2889-2890.

GODMAN, R. M., H. W. YAWNEY et C. H. TUBBS. "*Acer saccharum* Marsh. Sugar Maple", *Sylvies of North America*, U.S. Government Printing Office, Washington D.C., 1990, p. 78-91.

TUBBS, C. H. "Allelopathic relationship between yellow birch and sugar maple seedlings", *Forest Science*, n° 19, 1973, p. 139-145.

WEBB, D. P., et E. D. DUMBROFF. "Factors influencing the stratification process in seeds of *Acer saccharum*", *Canadian Journal of Botany*, n° 47, 1969, p. 1555-1563.



Annick Bertrand, Ph. D.

Chercheuse scientifique, physiologie végétale
Direction générale des sciences et de la technologie
Agriculture et Agroalimentaire Canada / Gouvernement du Canada

Depuis cette publication, il y a maintenant près de 30 ans, je poursuis une carrière de chercheuse scientifique. Mes travaux sont toujours axés sur la réponse des plantes à l'environnement et sur leur survie à l'hiver. Cependant, les espèces auxquelles je m'intéresse maintenant sont les plantes fourragères pérennes. Tout comme l'érable à sucre, ces dernières ont la capacité de s'acclimater au froid et de résister aux hivers rigoureux du Québec. Les changements physiologiques qui leur permettent d'y arriver me fascinent toujours autant, et les outils scientifiques de recherche à ma disposition ont beaucoup évolué. On comprend mieux leur comportement. On sait surtout que les solutions miracles n'existent pas et que cette capacité dépend d'une multitude de facteurs. Certains sont intrinsèques (plusieurs gènes et plusieurs adaptations physiologiques de la plante) et d'autres proviennent du milieu (sol, microbiome, conditions climatiques). De plus, les changements climatiques soulèvent actuellement de nombreux défis auxquels les plantes doivent faire face pour assurer leur survie : moins de neige pour les protéger pendant l'hiver, redoux mortels au printemps, etc.). La recherche doit donc se réaliser de manière de plus en plus intégrée et multidisciplinaire... et c'est ce que fait ma formidable équipe!

En tant que chercheuse scientifique, une partie de mes travaux sont consacrés au transfert de connaissances et à la vulgarisation scientifique, mais on n'en fait jamais assez, car le temps manque souvent...

 1996

MÉTÉORITES, CADEAUX DU CIEL

Pierre Hudon

Doctorat en pétrologie expérimentale
Université McGill

Le mardi 14 juin 1994 vers 20 h, des milliers de personnes de l'Ontario, du Québec et du nord-est des États-Unis ont observé l'entrée spectaculaire dans l'atmosphère terrestre d'une boule de feu voyageant à une vitesse d'environ 70 000 km/h. Le bolide, pesant entre 10 et 100 t, a peu après bruyamment explosé à une hauteur de 10 à 20 km au-dessus de la surface de la Terre.

Une pluie de fragments s'est alors abattue près de Saint-Robert-de-Sorel, une petite ville située à environ 80 km au nord-est de Montréal. Jusqu'à présent, une vingtaine de ces fragments ont été retrouvés. Un tel événement est exceptionnel à plusieurs titres : seulement 12 observations de la chute d'un bolide ont conduit à la récupération de fragments de météorite au Canada depuis 1887. C'est aussi la première fois que cela se produit sous la forme d'une pluie de météorites dans l'est de ce pays. Enfin, ce sont les premiers échantillons de météorite rocheuse trouvés au Québec!

Pour les scientifiques, des météorites comme celles-là représentent une source inestimable de renseignements sur le système solaire. Ce sont de véritables fusées interplanétaires naturelles qui nous fournissent des échantillons de roches extraterrestres, nous évitant ainsi de coûteux voyages spatiaux! Mais quel genre de renseignements tire-t-on de ces roches exactement? Et quels secrets renferme la météorite de Saint-Robert?

Des témoins de l'origine du système solaire

Deux observations, à elles seules, font des météorites des roches uniques en leur genre. La première concerne leur âge, soit environ 4 milliards 560 millions d'années, ce qui en fait les plus vieilles pierres que l'on ait datées jusqu'à présent. La seconde observation a trait à leur composition chimique : à peu près 85 % des météorites ont une composition proche de celle que les astronomes ont mesurée pour le Soleil (exception faite des gaz comme l'hydrogène et l'hélium, qui, abondants dans le Soleil, sont rares dans une roche). Cette observation suggère donc une origine commune aux météorites et au Soleil.

Or, le Soleil représente à lui seul 99,8 % de la masse totale du système solaire. Sa composition chimique doit être, par conséquent, voisine de celle du nuage primaire de gaz et de poussières à partir duquel le système solaire s'est formé. Comme les météorites ont une composition chimique comparable à celle du Soleil (ou du nuage primaire) et que ce sont les plus vieilles roches connues, il

apparaît donc raisonnable de penser qu'elles sont des échantillons du matériel brut et primitif à partir duquel des planètes comme la Terre se sont formées.

Ces météorites de composition quasi solaire sont appelées *chondrites*. Elles tirent leur nom du fait qu'elles sont formées entre autres de petites billes rocheuses (pas plus grosses qu'un pois) que l'on nomme *chondres*. Aucune roche terrestre ne possède cette particularité et le processus de composition des chondres est donc à chercher là où les météorites se sont formées, c'est-à-dire dans l'espace.

Malgré le vif débat qui entoure encore aujourd'hui le mécanisme exact de la formation des chondres, les scientifiques s'accordent pour dire que ces météorites résultent de la fonte et du refroidissement rapide et parfois incomplet d'agrégats de minéraux qui formaient le nuage de poussières primaire. Poussières minérales et chondres seraient ainsi parmi les premiers matériaux à s'être solidifiés dans le système solaire. Sous l'effet de la gravité, ils se seraient petit à petit agglomérés, assemblés les uns avec les autres, pour finalement donner de petites planètes, ou planétoïdes, de composition chondritique.

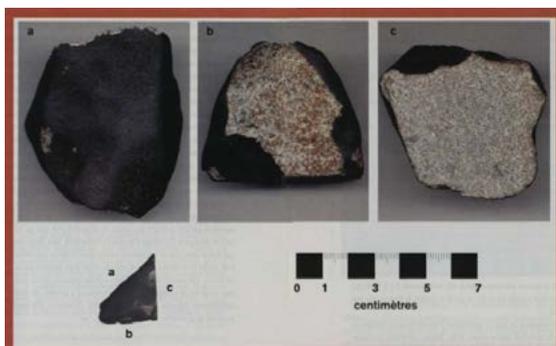
La météorite de Saint-Robert est une chondrite. L'examen de ses chondres au microscope électronique au Département des sciences de la Terre et des planètes de l'Université McGill a montré que ceux-ci étaient effectivement formés d'agrégats de minéraux partiellement ou totalement fondus. La météorite de Saint-Robert s'inscrit donc assez bien dans le scénario évoqué plus haut, mais elle nous réserve aussi d'autres surprises...

Petite recette pour fabriquer de « grosses » planètes

Une planète de dimension moyenne comme la Terre possède une structure comparable à celle d'un œuf dur. La coquille correspond à la croûte; le blanc, au manteau sous-jacent; et le jaune, au noyau. Cette structure a pu être mise en évidence grâce à l'étude des tremblements de terre, dont les ondes peuvent traverser le globe terrestre, « radiographiant » ainsi son intérieur.

La composition chimique de la croûte est assez bien connue. Celle du manteau a été déterminée grâce à des fragments de celui-ci transportés à la surface de la Terre par les magmas des volcans, qui agissent comme des foreuses naturelles. La composition du noyau terrestre a, pour sa part, été précisée en 1961 par l'Américain Francis Birch. Reproduisant en laboratoire les conditions de très hautes pression et température régnant au centre de la Terre, le chercheur découvrit que l'élément chimique expliquant le mieux la vitesse de propagation des ondes sismiques dans le noyau était le fer. Avec ces données, les géologues ont vite essayé de vérifier s'ils pouvaient, à partir d'une chondrite, reproduire la structure et la composition chimique de notre planète afin de tester le modèle chondritique. La réponse ne se fit pas attendre : oui!

Prenons une chondrite, broyons-la et, avec un aimant, séparons la poussière de fer des autres minéraux. L'analyse de ces derniers montre qu'ils ont une composition chimique similaire à celle des roches du manteau terrestre. De plus, la proportion entre le fer extrait et les autres minéraux correspond à celle observée entre le noyau de fer et le manteau rocheux de la Terre! Le modèle chondritique se confirmerait donc. Lors de la formation du système solaire, le matériel chondritique s'est suffisamment aggloméré à certains endroits pour former des planétoïdes; ces derniers étaient assez gros et chauds pour que le fer, très dense, se concentre en un noyau au centre, sous l'effet de la gravité, laissant autour de lui un manteau rocheux et, en surface, une croûte mince également rocheuse.



Profils d'un fragment de la météorite de Saint-Robert :

a) La surface extérieure est recouverte d'une croûte noire résultant de la fusion superficielle de la roche. Cette fusion a été causée par la chaleur dégagée par la friction du bolide avec l'atmosphère terrestre;
b) L'intérieur de la météorite est de couleur gris pâle. Les taches orangées sont des particules de fer qui, exposées à l'air, ont rouillé;
c) On a scié la météorite afin de prélever un échantillon à analyser. Sur la surface sciée, on distingue les particules de fer, de couleur dorée, qui forment les noyaux des planètes comme la Terre. Les autres minéraux, de couleur grise, possèdent quant à eux tous les ingrédients nécessaires à la fabrication des manteaux et des croûtes de ces planètes.

Ce scénario d'apparence simpliste est en fait très solide, car il est corroboré par des témoins de la formation du système solaire que nous avons jusqu'à présent négligés, à savoir les quelque 15 % de météorites ayant une composition chimique différente de celle du Soleil. Ces météorites se répartissent en trois groupes dont la composition reflète justement celle d'un noyau, d'un manteau en formation et de la croûte d'une planète! Ce sont respectivement les fers ou sidérites (formés principalement d'un alliage de fer et de nickel), les fers pierreux ou sidérolithes (formés de minéraux enveloppés d'un alliage de fer et de nickel) et les achondrites (formés de minéraux et ne possédant pas de chondres). Les achondrites montrent des traces de fusion évoquant les phénomènes volcaniques que l'on trouve à la surface de la Terre. La seule différence réside dans le fait que la fusion dans les achondrites date du début de la formation du système solaire, tandis que le volcanisme terrestre se poursuit toujours!

Dans cette perspective, les météorites apparaissent comme des fragments de planétoïdes éclatés qui ont survécu à un long voyage à travers le temps et l'espace pour nous livrer l'enregistrement des diverses étapes de la construction des planètes. Étant une chondrite, la météorite de Saint-Robert provient donc probablement d'un planétoïde qui ne s'est pas séparé en noyau, manteau et croûte, faute de chaleur ou de temps pour le faire. Par contre, sa composition minéralogique et chimique de même que l'observation microscopique de ses chondres et minéraux montrent que ceux-ci ont réagi chimiquement les uns avec les autres.

Cela suggère que le planétoïde à l'origine de la météorite de Saint-Robert a néanmoins subi un léger réchauffement, le préparant peut-être à se séparer en noyau, manteau et croûte. Pour des raisons encore mal comprises, il s'est ensuite cassé en morceaux. Un de ces fragments a récemment croisé l'orbite de la Terre pour s'écraser près de Saint-Robert. Mais d'où, dans le cosmos, ce fragment provient-il?

Un visiteur venu de loin

Si l'on s'éloigne progressivement du Soleil, la première planète que l'on rencontre est Mercure, suivie de Vénus, de la Terre, de Mars et de Jupiter. Entre Mars et Jupiter se trouvent une multitude de corps rocheux de tailles variables formant une ceinture autour du Soleil : ce sont les astéroïdes. Le plus gros, Cérès, a 933 km de diamètre, les plus petits ont la taille de poussières. Or, la chute de quelques météorites sur la Terre a pu être photographiée de différents endroits simultanément. Leurs trajectoires autour du Soleil ont pu ainsi être mesurées avec précision. Elles croisent toutes l'orbite de la ceinture d'astéroïdes. De plus, ces météorites sont toutes des chondrites, comme celle de Saint-Robert!

Celle-ci proviendrait donc vraisemblablement d'un astéroïde. Ce dernier s'est probablement éjecté de la ceinture d'astéroïdes par suite d'une collision avec un autre astéroïde ou aidé par la force de gravité de Jupiter, la planète géante. Des géologues ont montré qu'il faut non pas une seule planète, mais au moins cinq planétoïdes (et jusqu'à plus de 70, selon certains scientifiques) pour expliquer les variations chimiques observées parmi toutes les météorites répertoriées. Ces planétoïdes n'auraient pas réussi à s'agglomérer en une planète unique à cause de la force de gravité de Jupiter. Mentionnons également que la ceinture d'astéroïdes n'est pas la seule source connue de météorites. Quelques-unes seraient des fragments de roche arrachés à la surface de la Lune ou de Mars à la suite d'une collision de météorites géantes, d'astéroïdes ou de comètes avec ces planètes. D'autres météorites, enfin, sont soupçonnées d'être des débris de comètes. Ce qui fait l'originalité de la météorite de Saint-Robert, c'est la présence en son sein de particules de cuivre. Cela est peu commun et signifie qu'elle s'est peut-être formée dans des conditions particulières. La météorite de Saint-Robert n'a donc pas fini de nous livrer tous ses secrets. On peut toutefois d'ores et déjà dire qu'elle est un véritable cadeau du ciel!



Photographie de la surface sciée de la météorite montrant un chondre. Les chondres seraient parmi les premiers matériaux à s'être formés dans le système solaire. Le diamètre de ce chondre-ci est d'un peu moins de 2 mm. Les taches grises qui l'entourent sont des minéraux, et les taches noires, des particules de fer. Source : Glenn Poirier



Pierre Hudon

Chercheur associé
Département de génie des mines et des matériaux
Université McGill

Nous savons désormais que la météorite de St-Robert est une chondrite de type H (soit riche en fer) qui s'est formée il y a 4 milliards 565 millions d'années, qu'elle provient de la ceinture d'astéroïdes située entre Mars et Jupiter, qu'à la suite d'un impact elle a été éjectée profondément à partir de son corps parent il y a sept à huit millions d'années, qu'elle est entrée en résonance orbitale avec Jupiter, puis a voyagé vers la Terre, qu'elle avait une masse pré-atmosphérique de 1 à 2 t, un diamètre de 80 à 100 cm et une vitesse d'entrée d'environ 46 000 km/h. Jusqu'à présent, environ 20 fragments d'une masse totale de 25,4 kg ont été récupérés.

Après mon doctorat, j'ai effectué un postdoctorat à l'Université de Montréal en tectonique et géochronologie. J'ai alors étudié la collision continent-continent qui a affecté le sud du Québec et conduit à la formation du supercontinent Rodinia il y a près de 1,2 milliard d'années. J'ai effectué par la suite un postdoctorat au Centre spatial Johnson de la NASA à Houston, où j'ai travaillé, entre autres, avec des uréilites, un type de météorites riches en diamants. Ceci m'a conduit deux ans plus tard aux laboratoires de la Gendarmerie Royale du Canada à Ottawa, où j'ai analysé des diamants de partout sur la planète dans le cadre d'un projet visant à identifier la provenance de diamants liés au crime organisé. Je suis ensuite revenu à l'Université McGill, où je travaille désormais comme chercheur en génie des matériaux.

En 2006, j'ai créé avec une collègue PetraSapiens, un organisme de vulgarisation scientifique dont l'objectif est d'initier les jeunes de la maternelle, du primaire, du secondaire et du cégep aux sciences par l'animation en classe d'ateliers interactifs et par la présentation de conférences centrées sur les sciences de la Terre, des planètes et de l'environnement. Au cours des 17 dernières années, nous avons présenté près de 1800 animations à plus de 46 000 élèves dans des écoles et des festivals scientifiques partout au Québec. J'ai également réalisé six sites Internet éducatifs, organisé deux expositions muséales éducatives, et donné plusieurs conférences et entrevues dans divers médias. J'ai enfin publié chez Broquet avec deux autres collègues une affiche et un guide d'identification des minéraux.

1997

L'AVÈNEMENT DU POUVOIR GRIS

Laurent MartelChercheur en démographie
Statistique Canada

**Croître ou vieillir, toute population n'a d'autre choix.
Le Québec, comme la plupart des nations industrialisées, a choisi de vieillir.**

À l'horizon des plus récentes projections du Bureau de la statistique du Québec, les personnes âgées représenteront 27 % de la population totale en 2041¹, soit plus d'une personne sur quatre, au lieu de 12 % aujourd'hui. Dès 2021, les décès l'emporteront sur les naissances; après la désormais célèbre revanche des berceaux, ce sera la revanche des tombeaux! Si les comportements démographiques actuels persistent, seule l'immigration pourra alors retarder la dépopulation de quelques années, sans toutefois pouvoir l'empêcher. Conséquemment, des alarmistes annoncent déjà la faillite de notre régime public de retraite, l'explosion des coûts dans le domaine de la santé, voire la guerre des générations! S'il faut prendre le vieillissement démographique au sérieux, rien ne justifie un aussi sombre portrait de l'avenir. Par contre, il existe un autre corollaire à ce phénomène, moins connu et peu médiatisé, mais pourtant lourd de conséquences, puisqu'il aura un impact sur les futurs choix sociaux du Québec : le vieillissement de son corps électoral.

D'une éphébocratie...²

À l'instar du vieillissement individuel, le vieillissement de l'ensemble de la population – et *a fortiori* de l'électorat – s'effectue lentement, insidieusement, mais inéluctablement en raison de ce que les démographes appellent *l'inertie des phénomènes démographiques*. Une fois ces derniers lancés, il devient très difficile d'inverser leur tendance à court et moyen terme. Vieillissement individuel et vieillissement collectif diffèrent cependant au plan des conséquences qu'ils entraînent. Or, l'adéquation reste fréquente et conduit à de mauvaises interprétations de l'évolution démographique actuelle, même de la part de chercheur-euse-s confirmé-e-s³. Nous verrons que cette distinction devient fondamentale lorsqu'il s'agit d'étudier les répercussions du vieillissement de l'électorat. Mais d'abord, place aux faits...

La population âgée entre 18 et 34 ans formaient, jusqu'à récemment, entre 40 % et 45 % de l'électorat, alors qu'elles ne représentaient qu'environ 30 % de la population totale (figure 1). Plus l'écart entre ces deux proportions est grand, plus la force politique du groupe d'âge en question devient importante par rapport à son poids dans la population totale. L'apogée, sur le plan de la jeunesse du corps électoral, se situe en 1976, au moment de la première accession au pouvoir du Parti québécois : presque une personne sur deux en âge de voter était alors âgée entre 18 et 34 ans! Durant cette période, les jeunes

jouissaient donc d'une formidable force politique qui se canalisa principalement dans le mouvement nationaliste de l'époque, puisque deux jeunes sur trois partageaient alors les convictions du parti dirigé par René Lévesque⁴.

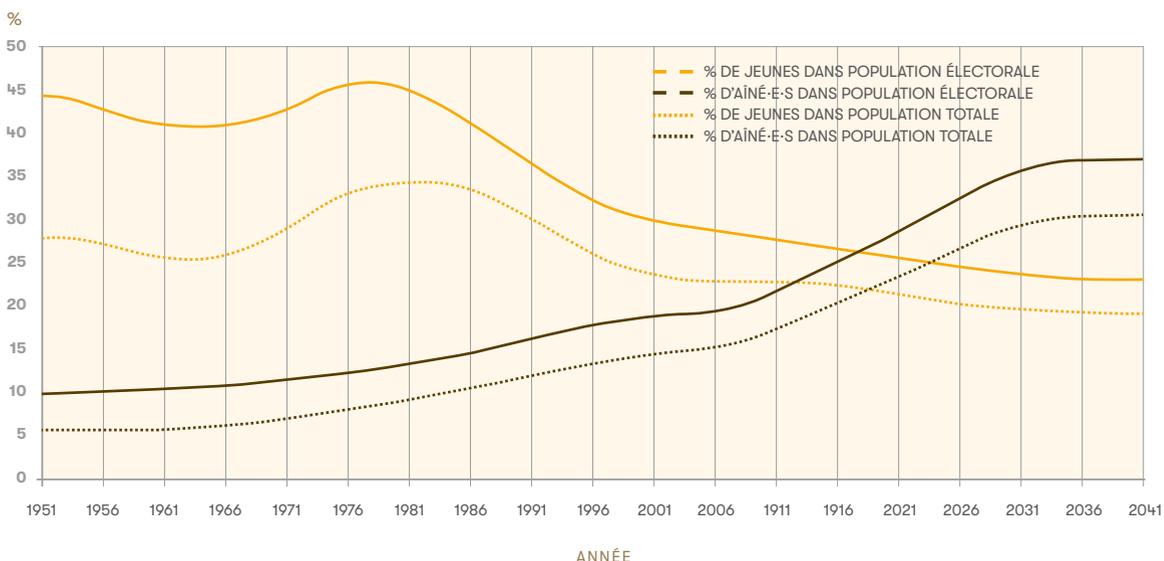


FIGURE 1. PROPORTIONS DE JEUNES (18-34 ANS) ET D'AÎNÉ·E·S (65 ET PLUS) AU SEIN DES POPULATIONS TOTALE ET ELECTORALE

Depuis 1981, l'écart entre la proportion de jeunes dans la population et la proportion de jeunes dans l'électorat se comble progressivement, suggérant que ce groupe d'âge perd rapidement non seulement son poids au sein de l'électorat, mais aussi l'avantage comparatif qu'il possédait jusqu'ici.

À partir de 2011, c'est la proportion de personnes âgées qui augmentera fortement, autant dans la population que dans l'électorat. Dix ans plus tard, une « passation de pouvoir » s'effectuera : pour la première fois de l'histoire, les personnes âgées disposeront de plus de votes que les jeunes. Le groupe des aîné·e·s sera alors de mieux en mieux représenté au sein de l'électorat par rapport à son poids dans la population totale.

En 2041, un peu plus de 32 électeur·trice·s sur 100 auront 65 ans ou davantage, au lieu de 16 sur 100 aujourd'hui [NDLR : en 1997]. Les jeunes, quant à eux, seront passés durant la même période de 32 à 23 sur 100. Qui plus est, l'éviction progressive des jeunes de la population électorale sera exacerbée par le fait que de tout temps (et particulièrement récemment), leur taux de participation aux scrutins a été plus faible que celui des personnes âgées. Quelles seront les conséquences d'un tel renversement de situation au profit des plus vieux?

...vers une gérontocratie?

Les chercheur·euse·s demeurent, sur ce sujet, assez divisé·e·s : certain·e·s annoncent une véritable révolution grise qui entraînera la nation sur la voie de la dépopulation et de la décadence, rien de moins. D'autres se montrent plus réservé·e·s. Voyons les arguments avancés par les deux camps.

Selon une théorie bien connue des politologues comme des politicien·ne·s⁵, un parti, lors de votes à majorité simple – comme c'est le cas au Québec –, a tout avantage à proposer un programme politique qui se rapproche le plus possible des centres d'intérêt de l'électorat médian. En effet, celui-ci est en mesure d'imposer ses choix au reste de la population, puisque de lui dépend le sens de la majorité. Or, l'âge de l'électorat médian québécois est à la hausse depuis 1981 et atteindra, en 2041, plus de 54 ans.

Certain·e·s chercheur·euse·s déduisent d'une telle évolution un basculement des choix sociaux en faveur des plus âgé·e·s, évinçant par le fait même les jeunes et les familles de la scène politique.

Selon ces scientifiques, il est à prévoir que les élu-e-s voudront satisfaire les revendications des personnes âgées, davantage soucieuses de leur proche retraite et de conserver des services de soins de santé adéquats et suffisants que de stimuler la natalité ou la lutte au chômage. Les plus pessimistes annoncent la décadence, voire l'extinction du peuple québécois, une société vieillissante ne pouvant que vieillir davantage, puisqu'elle se renouvelle forcément moins rapidement en « induisant des arbitrages politiques et budgétaires au profit des plus âgé-e-s et au détriment des plus jeunes et de leur fécondité », dit le chercheur P. Bourcier de Carbon⁶.

Si le risque de voir une majorité électorale gérontocratique émerger est limité, puisque l'âge médian du corps électoral n'atteindra probablement jamais 65 ans, le pouvoir gris sera néanmoins une réalité de la société de demain⁷ : les conseils d'administration, les assemblées représentatives ainsi que les détenteur-trice-s de capital seront nécessairement plus âgé-e-s. Enfin, il n'est pas impossible de voir surgir des lobbies gérontocratiques ou des groupes de pression luttant pour la défense des intérêts des plus âgé-e-s, comme c'est déjà le cas aux États-Unis et dans certains pays européens.

Des démographes, cependant, émettent des réserves importantes concernant le risque de voir émerger une gérontocratie. Tout d'abord, l'électorat médian demeurera toujours, même à l'horizon 2041, un actif. On suppose qu'il n'acceptera pas de voir son revenu trop amputé par des prélèvements destinés à financer les personnes retraitées. De même, elles devraient comprendre qu'elles dépendent, avant tout, de la production des actifs et qu'elles ne pourront pas peser au-delà d'un certain poids sur la population active. Enfin, les plus optimistes pensent que les choix électoraux découlent d'une certaine idée de la justice sociale et de la solidarité entre les générations, suggérant alors qu'un équilibre équitable sera nécessairement trouvé entre jeunes et vieux pour limiter les inégalités.

La force, c'est le nombre

En établissant un parallèle entre vieillissement individuel et vieillissement collectif, on pourrait de toute façon croire que les aspirations politiques d'une société vieillie, même dans ses institutions démocratiques, seront teintées de conservatisme, d'un manque de dynamisme et d'une absence de volonté à innover. Ces attitudes sont en effet souvent associées aux personnes âgées. Or, grâce à la démographie, il est dès aujourd'hui possible d'entrevoir les comportements — notamment politiques — des futures personnes âgées et de montrer qu'un tel raisonnement est très incomplet.

Pour ce faire, il faut d'abord changer d'approche et utiliser ce que les démographes appellent *l'analyse longitudinale* (ou *analyse par cohorte*), qui consiste à suivre, au cours du cycle de vie, les mêmes individus. Ce faisant, le vieillissement de l'électorat n'est plus considéré dans son ensemble, mais plutôt comme un processus de renouvellement des cohortes⁸, qui viennent, tour à tour, remodeler le visage du corps électoral. L'utilisation de cette approche nous permet également de distinguer trois effets sur le comportement et les attitudes : l'effet d'âge, c'est-à-dire l'influence de l'avancée en âge des individus, l'effet de période, c'est-à-dire l'influence de l'époque dans laquelle ils évoluent, et l'effet de cohorte, c'est-à-dire l'influence de l'appartenance à une cohorte spécifique.

Dès lors, il devient facile de réaliser que notre première analyse du vieillissement de l'électorat nous cachait un détail important : la force politique des jeunes au cours des années 1970 était, en fait, celle d'une cohorte particulière, composée de personnes nées après la Seconde Guerre mondiale, lors du fameux *baby-boom*. En raison de leur grand nombre, les enfants de cette période déforment les courbes démographiques à mesure qu'ils vieillissent : jeunes de 1971 à 1986, et personnes âgées après 2011. S'il existe un « pouvoir gris » demain, tout comme il a existé un « pouvoir des jeunes » hier, celui-ci aura toujours été dans les mêmes mains, celles des *baby-boomers* (figure 2).

D'un point de vue strictement électoral, en atteignant 18 ans, les *baby-boomers* ont rapidement dépassé la cohorte de leurs parents. Dès 1976, ils détenaient plus de votes ! C'est encore une fois à cause des *baby-boomers* que l'âge médian de l'électorat rajeunit entre 1971 et 1981. Mais les *baby-boomers* ne s'effaceront pas à leur tour face à leurs enfants : trop nombreuse, cette cohorte restera la mieux représentée au sein du corps électoral jusqu'en 2016. Cela suggère qu'ils seront en mesure d'influencer efficacement les choix sociaux en remplissant les urnes lors des prochaines consultations électorales.

Il faut remarquer à quel point la cohorte « X », constituée de personnes nées entre 1970 et 1989, est sous-représentée au sein de l'électorat : son poids politique n'excédera jamais 35 % au fond des urnes. Cette cohorte devra attendre 2021 — les individus lui appartenant seront alors âgés entre 32 et 51 ans! — pour espérer s'imposer face aux *baby-boomers*, alors devenus « *papy-boomers* ».

En tenant compte de cette nouvelle vision du vieillissement du corps électoral, la question n'est plus de savoir si une société vieillie correspond à une société apathique et conservatrice, mais plutôt comment vieilliront les *baby-boomers*...

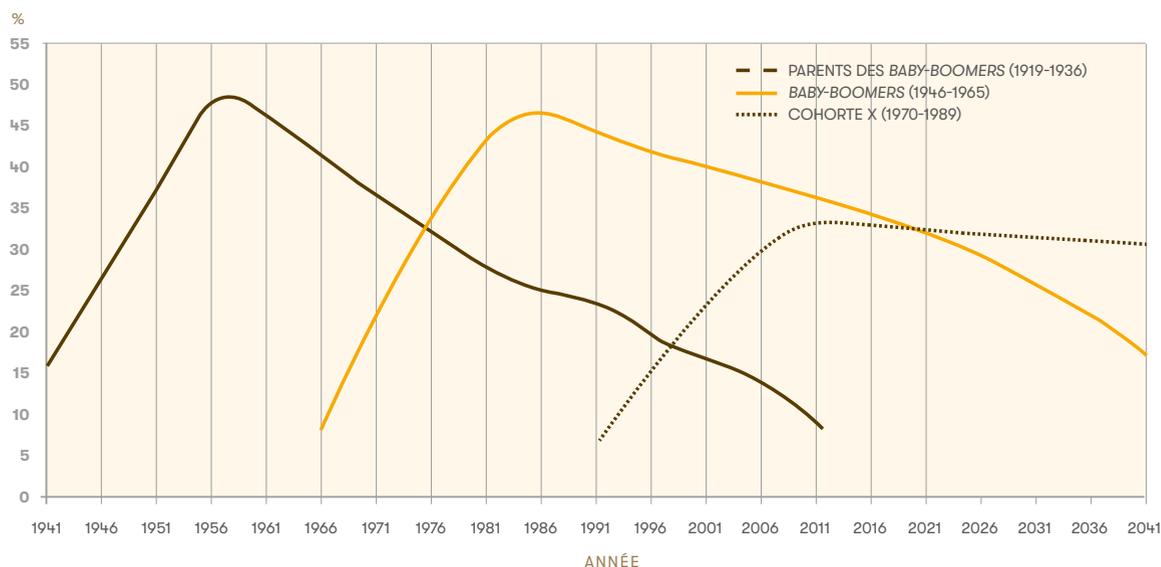


FIGURE 2. POIDS DE CERTAINES COHORTES AU SEIN DE L'ÉLECTORAT, 1941-2041

L'avenir de la souveraineté au Québec

Les *baby-boomers* ont déjà été affublé-e-s, dans les médias comme dans les ouvrages à caractère scientifique, de nombreux qualificatifs. Pour certains, ce serait une cohorte égoïste et profiteuse, sinon opportuniste; pour d'autres, elle représente le moteur des changements importants intervenus au Québec depuis la Révolution tranquille. Quoi qu'il en soit, les chercheur-euse-s s'accordent pour attribuer aux *baby-boomers* québécois de forts effets de cohorte, car « toute modification de taille sortant de l'ordinaire est susceptible de laisser une empreinte, tant sur la cohorte que sur la société », écrit N.B. Ryder⁹. Mais comment cette cohorte influencera-t-elle le Québec de demain? Prenons l'exemple de la souveraineté.

La plupart des *baby-boomers* étaient souverainistes durant leur jeunesse. Les sondages réalisés à l'occasion du dernier référendum montrent que 15 ans plus tard, cette population n'avait pas changé d'opinion, bien au contraire. Cela n'est pas surprenant : de récentes recherches portant sur les loisirs domestiques, la retraite ou les habitudes de consommation ont montré que les individus vieillissent comme ils ont vécu, c'est-à-dire en conservant des attitudes et des comportements propres à la cohorte à laquelle ils appartiennent.

Conséquemment, nous pensons que les *baby-boomers*, tout en devenant des *papy-boomers*, resteront fidèles à leurs convictions de jeunesse et continueront d'incarner la cohorte « révolutionnaire » que ces personnes ont toujours constituée. Par ailleurs, la cohorte de leurs parents, majoritairement fédéralistes, aura disparu en 2031. L'effet conjugué d'un vote des jeunes traditionnellement favorables à l'indépendance du Québec et d'un vote des *baby-boomers*, certes âgé-e-s, mais encore attaché-e-s à leurs convictions politiques de jeunesse, pourrait bien sourire à l'option du Parti québécois.

Bref, le vieillissement favoriserait le camp souverainiste!

Aujourd'hui plus que jamais, les enjeux de la société québécoise restent entre les mains des *baby-boomers*. De leurs attitudes, notamment envers les cohortes qui les suivent, de leur acuité face aux problèmes qui se posent pour l'avenir de l'État-providence, dépend le passage sans heurts d'une société démographiquement jeune vers une société démographiquement vieille. Tout le mystère est là : cette population restera-t-elle fidèle à ses idées de jeunesse ou sera-t-elle gagnée par un conservatisme incontrôlable... que d'autres appelleront un sain réalisme?

NOTES

1. Selon le scénario A (moyen) élaboré par le Bureau de la statistique du Québec et considéré comme le plus plausible compte tenu des tendances récentes. Il suppose une fécondité constante autour de 1,6 enfant par femme, une espérance de vie qui atteindrait, en 2041, 81,8 ans chez les hommes et 87,3 ans chez les femmes ainsi qu'un solde migratoire constant de 25 000 par année. Tous les résultats présentés dans cet article sont basés sur la réalisation de ce scénario. BUREAU DE LA STATISTIQUE DU QUÉBEC, *Perspectives démographiques : Québec et régions 1991-2041 et MRC 1991-2016*, Québec, Les Publications du Québec, 1996, 439 p.

2. Le terme « éphébocratie », introduit par le sociologue français Gabriel Tarde, fait référence à un gouvernement dominé par les jeunes. Ainsi, il s'oppose à une « gérontocratie », ou gouvernement dominé par les personnes âgées.

3. Le dernier exemple en date nous est donné par D.K. Foot dans son récent livre intitulé *Entre le boom et l'écho*, Montréal, Éditions du Boréal, 1996, 307 p.

4. L. GUAY et F. OUELLET, *Analyse générationnelle du comportement politique des Québécois 1960-1980*, Groupe de recherche sur les générations et les politiques, Québec, Université Laval, série 3, n° 3, 1983, 160 p., et A. BLAIS et R. NADEAU, « L'appui au Parti québécois : évolution de la clientèle de 1970 à 1981 », dans J. CRÊTE, *Comportement électoral au Québec*, Chicoutimi, Gaëtan Morin éditeur, 1984, p. 279-318.

5. D. BLACK, "On the Rationale of Group Decision-Making", *Journal of Political Economy*, vol. 56, 1948, p. 23-34.

6. P. BOURCIER DE CARBON, « Population de la France : chronique d'une implosion annoncée », *Futuribles*, vol. 10, n° 10, 1995, p. 63-92.

7. Une étude américaine, réalisée il y a quelques années déjà, établissait un lien entre le vieillissement de la population et le basculement de l'effort social en faveur des personnes âgées. S. PRESTON, "Children and the Elderly: Divergent Paths for America's Dependents", *Demography*, vol. 21, n° 4, 1984, p. 435-457.

8. Le terme « cohorte » désigne, en démographie, une « entité définissant un ensemble d'individus qui connaîtront le même trajet historique ». Le mot « génération » est utilisé exclusivement lorsque le point commun de ces individus est une année de naissance bien précise. Ainsi, le démographe parle de la « cohorte du *baby-boom* » et de la « génération 1950 ». R. PRESSART, « L'analyse par cohorte : origine et champ d'application », *Population*, vol. 36, n° 3, 1981, p. 634-640.

9. N.B. RYDER, "The Cohort as a Concept in the Study of Social Change", *American Sociological Review*, n° 30, 1965, p. 843-861 Eurêka! 199/ p. 12-13.



Laurent Martel

Directeur du Centre de démographie
Statistique Canada

Aujourd'hui au Québec, en 2023, plus du quart des électeur·trice·s sont âgé·e·s de 65 ans ou plus alors qu'ils ne représentaient qu'1 électeur·trice sur 10 en 1971. Parmi les électeur·trice·s âgé·e·s aujourd'hui, 2 sur 5 sont des *baby-boomers*, né·e·s entre 1946 et 1965. Cette proportion augmentera rapidement pour atteindre 1 électeur·trice âgé·e sur 2 au milieu des années 2030! Les projections démographiques présentées dans l'article original se sont avérées justes, 30 ans plus tard, notamment en raison du phénomène de « l'inertie démographique », les changements dans la structure par âge de la population étant progressifs.

La vulgarisation scientifique est au cœur de mon travail à Statistique Canada, puisque l'agence statistique nationale diffuse quotidiennement des communiqués de presse destinés aux médias, aux analystes partout au pays et au grand public, communiqués que je rédige. Je dois être capable de raconter l'histoire en continu de la population canadienne, résultats et statistiques à l'appui...



📅 1998

L'APOPTOSE OU LORSQUE LES CELLULES SE SUICIDENT

Steve Charrette

Doctorat en biologie cellulaire et moléculaire
Université Laval

Savez-vous que toutes les cellules qui constituent un animal ont la capacité de se faire hara-kiri? Ce phénomène, que l'on nomme *mort cellulaire programmée* ou *apoptose*, est nécessaire au développement et au maintien du bon fonctionnement d'un organisme vivant. Cependant, à l'occasion, une cellule peut perdre sa capacité de mourir. Lorsqu'il s'agit d'une cellule cancéreuse, les conséquences en sont alors tragiques. Si on parvenait à rétablir ou à amplifier ce mécanisme chez des cellules potentiellement dangereuses, on pourrait alors les éliminer plus facilement et ainsi sauvegarder la santé de l'individu. Mais, avant cela, les chercheur-euse-s doivent d'abord bien comprendre la mécanique biologique régissant l'apoptose.

Les rôles de l'apoptose

Au milieu du siècle dernier, on reconnut pour la première fois que chaque organisme vivant, y compris l'être humain, est composé de cellules et que ces dernières sont l'élément de base de la vie. Peu de temps après, on remarqua que certaines cellules mouraient lors du développement normal d'un organisme. L'un des premiers cas décrit fut celui du têtard, qui perd sa queue lorsqu'il devient grenouille. Les cellules constituant la queue meurent les unes après les autres, selon un ordre précis et programmé. La mort des cellules provoque ainsi la disparition de l'organe, inutile au stade adulte. La mort cellulaire programmée, qui plus tard allait être appelée *apoptose*, venait d'être découverte. On s'aperçut par la suite qu'elle était essentielle au bon fonctionnement de tout organisme. Elle permet, par exemple, d'éliminer environ 85% des neurones en formation dans le cerveau d'un embryon en développement. Ce ménage est nécessaire, car le surplus de neurones provoquerait un bruit de fond nuisible au fonctionnement normal du cerveau, un peu comme si on essayait de lire le présent texte pendant un concert

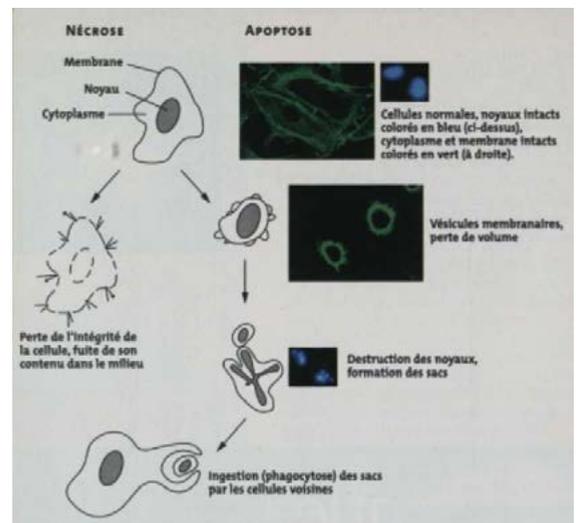


FIGURE 1. LA NÉCROSE ET L'APOPTOSE : DEUX FAÇONS TRÈS DIFFÉRENTES DE MOURIR POUR UNE CELLULE.

rock. De même, plus de 95% des cellules du système immunitaire disparaissent par apoptose, libérant l'organisme des cellules non efficaces ou qui pourraient réagir contre lui. Finalement, l'apoptose protège l'organisme en éliminant la très grande majorité des cellules infectées, endommagées ou potentiellement cancéreuses qui peuvent nuire à la santé de la personne.

L'apoptose est le type de mort cellulaire tout désigné pour l'élimination des cellules excédentaires ou « nuisibles ». C'est une mort douce. La cellule apoptotique se fragmente en plusieurs petits sacs étanches absorbés et supprimés par les cellules environnantes (figure 1). L'apoptose s'oppose à la nécrose, qui, elle, n'est pas programmée. La nécrose survient accidentellement lorsque la cellule est grandement malmenée, par exemple en cas de brûlures ou de fortes compressions. La cellule meurt alors en éclatant. Son contenu se retrouve dans le milieu environnant, ce qui provoque une réaction inflammatoire. La nécrose se compare ainsi à l'explosion d'un édifice : il y a des dommages aux bâtiments voisins (les autres cellules), et un ménage et des réparations sont nécessaires. L'apoptose, elle, ne laisse pas de traces.

L'état de la recherche actuelle...

Depuis quelques années, en recherche biologique, l'apoptose est *in*. Maintenant que, il y a environ cinq ans, les premières bases moléculaires et biochimiques du phénomène ont été établies, on assiste à une explosion dans l'acquisition des connaissances concernant l'apoptose. À travers le monde, des centaines de laboratoires, dont le mien, s'intéressent à ce sujet. Le nombre d'articles scientifiques sur cette question qui paraissent chaque année augmente de manière exponentielle depuis le début des années 90. Près de 15 000 articles concernant la mort cellulaire programmée ont déjà été publiés, dont presque le tiers (4500) en 1997 seulement! En consacrant environ une heure à la lecture de chaque article, un·e néophyte devrait lire pendant plus d'un an et demi sans arrêt, jour et nuit, pour faire le tour de toute la littérature traitant de l'apoptose. Et ce n'est pas terminé : l'apothéose scientifique dans ce domaine est loin d'être atteinte! Pour les scientifiques qui cherchent à élucider le fonctionnement de l'apoptose, tenir ses connaissances à jour relève parfois du défi...

Malgré ce fantastique accroissement des connaissances sur l'apoptose, des questions subsistent. Quels mécanismes disent à une cellule qu'il est temps pour elle de déclencher sa propre mort? Quelles molécules sont impliquées dans le processus? Pourquoi, dans certains cas, les cellules ne peuvent-elles plus mourir? Est-il possible de contrôler, de façon positive ou négative, cette mort programmée? Même si ces interrogations sont partiellement résolues, il reste énormément de travail à faire pour bien comprendre tout le mécanisme.

On sait que l'apoptose peut être déclenchée par des signaux provenant de la cellule elle-même ou de son environnement. Ainsi, la cellule peut décider de se suicider si elle se rend compte que son bagage génétique est altéré. Par ailleurs, les cellules immunitaires peuvent aussi émettre des signaux pour enclencher l'apoptose d'une autre cellule si cette dernière est infectée par un virus. La mort programmée fait intervenir divers processus moléculaires mettant en jeu différentes composantes de la cellule. En première ligne, un éventail de protéines jouent des rôles variés dans le déclenchement, puis la propagation du signal d'apoptose, et dans l'exécution de cette dernière. Plusieurs de ces protéines ont déjà été identifiées et bien caractérisées. On a attribué à certaines des acronymes aussi joyeux que MORT-i ou RIP! Pour simplifier, disons que ces composantes de la mort fonctionnent en cascade, ce qui a pour effet d'amplifier et d'accélérer le phénomène dans la cellule qui doit mourir. D'abord, une molécule initiatrice du signal d'apoptose active un certain nombre de protéines de relais. Ces dernières, à leur tour, activent un plus grand nombre de protéines capables de dégrader divers éléments de la cellule. Les produits de dégradation sont ensuite empaquetés dans des petits sacs formés par la membrane extérieure de la cellule mourante lors de sa fragmentation.

...et de ses limites

L'une des plus grandes difficultés à laquelle font face les scientifiques est d'établir les multiples liens entre les différentes molécules impliquées dans l'apoptose. Quelle protéine active ou inhibe telle autre? Quelle enzyme dégrade telle composante de la cellule? Comment se forment les petits sacs? Dans quel ordre se produisent ces événements? Mon projet de recherche, par exemple, consiste à démontrer l'action inhibitrice d'une protéine sur l'effet apoptotique d'une autre. Et ce n'est pas aussi simple qu'on pourrait

le croire! En effet, les techniques d'analyse actuelles ne sont pas assez sensibles et elles ont souvent les allures d'un éléphant dans une boutique de porcelaine. Par exemple, on doit souvent accroître de manière artificielle la quantité de protéines présentes dans la cellule, ce qui a parfois pour effet de modifier leur fonction. Dans ces conditions, les résultats obtenus sont discutables et doivent être confirmés en utilisant une ou deux autres méthodes ou approches totalement différentes.

Malheureusement, le nombre de techniques applicables est limité et il est souvent difficile de contre-vérifier les résultats.

Les scientifiques étudiant l'apoptose font face à un autre problème de taille. Les cellules des multiples organes qui composent un organisme vivant possèdent des mécanismes d'apoptose parfois fort différents. Par exemple, une cellule du foie ne se suicide pas de la même façon qu'un neurone. Il est alors souvent difficile de tirer des conclusions générales d'une expérience particulière. Qui plus est, dans une même cellule, il arrive que des protéines qui induisent la mort dans certaines conditions accentuent la survie dans d'autres circonstances. Un vrai casse-tête! Il faut alors redoubler d'imagination et de vigilance pour conserver une vision globale des choses, tout en demeurant critique par rapport à l'ensemble des résultats publiés. La biologie cellulaire conserve de nombreuses zones grises. Les réponses qu'obtiennent les chercheur-euse-s sont rarement simples.

Quand la cellule ne répond plus, c'est la fin

À l'occasion, il arrive que les mécanismes d'apoptose ne soient plus fonctionnels. Les conséquences peuvent être tragiques. Par exemple, il est possible qu'une cellule potentiellement cancéreuse ne puisse plus s'éliminer soit parce qu'elle a perdu ses fonctions suicidaires, soit parce que les signaux extérieurs pouvant provoquer sa mort sont inopérants. Cela mène alors à la formation d'une tumeur par multiplication continue de la cellule qui n'a pas été capable de se donner la mort. Les cellules ne pouvant ou ne voulant plus mourir finissent par tuer l'individu. Voilà un autre paradoxe relié à l'apoptose : une cellule qui ne se suicide pas provoque, en bout de ligne, la mort de tout l'organisme!

L'apoptose, comme bien d'autres phénomènes biologiques, révèle difficilement ses secrets aux chercheur-euse-s, qui doivent souvent surmonter des contraintes autant expérimentales qu'intellectuelles. Mais ne perdons pas espoir! La recherche, de la même façon que la vie, finit toujours par trouver son chemin. Un jour, on pourra probablement traiter certaines maladies en induisant l'apoptose des cellules nuisibles. Qui sait, la mort cellulaire programmée pourrait même devenir un traitement esthétique contre l'obésité en éliminant les cellules graisseuses surnuméraires...

RÉFÉRENCES

DARNELL, J., H. LODISH et D. BALTIMORE. *Biologie moléculaire de la cellule*, 2^e édition, Louvain-la-Neuve, De Boeck Université, 1993, 1102 p.

JACOBSON, M.D., M. WEIL et M. C. RAFF. *Cell*, vol. 88, 1997, p. 347-354.

MILICH, E., et R.T. SCHIMKE. *Apoptosis*, New York, Plenum Press, 1994, 272 p.



Steve Charette

Professeur titulaire
Département de biochimie, de microbiologie et de bio-informatique
Université Laval

Quand je relis mon texte sur l'apoptose avec mon regard actuel de professeur qui enseigne la vulgarisation, je me dis que le texte est bon, mais qu'il y aurait des choses à changer ici et là! Les grandes lignes des mécanismes de l'apoptose avaient été tracées dans les années précédant la rédaction de mon texte. Je pense donc que celui-ci demeure un bon point de départ pour quelqu'un qui souhaite découvrir les bases du suicide des cellules.

J'étais au doctorat quand j'ai rédigé ce texte de vulgarisation. Pendant la rédaction, j'ai fait lire mon texte à des personnes hors du domaine de la science pour m'assurer que mes explications étaient compréhensibles. Instinctivement, j'avais compris que le travail en équipe est une très bonne chose!

J'ai fini mes études à Québec, réalisé une spécialisation en Suisse et eu la chance d'obtenir un poste de professeur. Je suis passé de l'étude du stress par la chaleur chez les cellules cancéreuses à celle des bactéries rendant les animaux malades. Sans expliquer les étapes intermédiaires, ce parcours peut sembler surprenant. Cependant, je vous assure qu'il y a une logique!

L'envie de vulgariser est devenue encore plus forte depuis la pandémie. Avec une super équipe de personnes aux multiples talents pour m'aider, nous accumulons les projets de vulgarisation de la microbiologie, dont un cours universitaire et une plateforme en ligne nommée « Microbes pour tous » s'adressant aux adolescent·e·s. J'y retire le même plaisir à vulgariser que lors de ma rédaction pendant mon doctorat.

 1999

L'ART DE L'ARCHITECTURE ATOMIQUE

Alain Rochefort

Professionnel de recherche en chimie
Centre de recherche en calcul appliqué (CERCA)

Démocrite avait raison! On peut différencier les objets matériels par la forme, l'orientation et l'arrangement des atomes. Cependant, depuis cette première conceptualisation de la matière datant de la période grecque (V^e siècle av. J.-C.), notre perception de l'atome s'est affinée au point où on peut maintenant visualiser l'infiniment petit. Et tels des architectes, les chimistes d'aujourd'hui arrivent à construire, pratiquement atome par atome, de minuscules matériaux complexes appelés *nanosttructures*.

Les nanostructures sont des « supermolécules » qui ont des tailles de l'ordre des nanomètres (10^{-9} m ou 1 milliardième de millimètre). Elles peuvent contenir de quelques atomes à quelques dizaines de milliers d'atomes, d'origine organique (carbone, hydrogène, oxygène, azote), inorganique (platine, nickel, silicium) ou d'un mélange des deux. L'intérêt principal pour ce type de structures réside dans le fait qu'elles peuvent être construites pratiquement atome par atome. On entre ainsi dans l'ère du design moléculaire ou de la nanotechnologie. Certains se sont même amusés à imaginer la construction de nano pompes, de nano engrenages, en passant par des « roulements à atome »! Néanmoins, certaines nanostructures, en particulier des nanocristaux semi-conducteurs, présentent des propriétés électriques intéressantes pour de futures applications. De façon générale, les propriétés chimiques et physiques de ces nanostructures sont très différentes de celles des matériaux massifs. En fait, les nanocristaux se comportent comme des « supermolécules » qui répondent directement aux lois de la mécanique quantique. Leurs propriétés, telle la résistance électrique, ne varient plus de manière continue et monotone en fonction de la taille, comme dans les matériaux massifs, mais de façon abrupte et par sauts réguliers qui dépendent du nombre précis d'atomes dans le système.

Le matériau qui reçoit le plus d'attention actuellement est une nanostructure tubulaire, observée pour la première fois en 1991, et qui est constituée de carbone¹. Ces nanotubes de carbone se présentent comme un fil creux dont le diamètre ne contient qu'une dizaine d'atomes arrangés régulièrement et dont la longueur peut atteindre un million de fois le diamètre (figure 1). La structure du nanotube n'est pas sans rappeler celle du C₆₀, la molécule qui ressemble à un ballon de soccer. C'est le hasard qui a mené à la découverte de ces structures étonnantes, mais aujourd'hui, les chercheurs savent fabriquer des nanotubes de carbone en laboratoire, en pulvérisant du carbone à très haute température et en lui faisant subir ensuite une décompression et une chute de température brutales. Le matériau obtenu présente des propriétés très intéressantes. Par exemple, il est environ 100 fois plus rigide que

l'acier. Ses propriétés électriques, quant à elles, dépendent de la géométrie du carbone dans le tube. Selon la position exacte des atomes de carbone, on peut ainsi obtenir un matériau conducteur ou semi-conducteur. Les nanotubes de carbone sont à ce jour les seules substances connues à posséder cette étrange qualité.

En raison de leur faible taille et de leurs propriétés électriques variables, les nanotubes de carbone apparaissent comme le matériau idéal pour remplacer les conducteurs et les semi-conducteurs contenus dans les circuits intégrés actuels. Avec les nanotubes, on pourrait ainsi disposer plus de transistors sur un même circuit intégré et donc augmenter considérablement la puissance des puces utilisées dans les ordinateurs et les téléphones cellulaires. Il n'en fallait pas plus à l'industrie des circuits intégrés pour s'engager dans une course effrénée vers la construction de la première composante électronique à base de nanotubes de carbone. Très récemment, le premier transistor moléculaire à base de nanotubes de carbone semi-conducteur a été construit². Cette solution de rechange à la miniaturisation des circuits intégrés – qui est sur le point d'atteindre ses limites technologiques – constitue le début de l'ère des nano circuits moléculaires.

L'intérêt pour les nanotubes de carbone n'a cessé de croître aussi bien pour de possibles applications en nanoélectronique que pour des études fondamentales en science des matériaux. Dans ces études, le microscope à effet tunnel (STM, Scanning Tunneling Microscope) se révèle l'un des outils les plus puissants pour caractériser les nanostructures. En effet, il fournit des images à l'échelle atomique de la surface des matériaux tout en étant utile à d'autres égards. Dans cette technique de STM, on déplace une fine pointe, qui est effilée de façon que son extrémité soit constituée de quelques atomes seulement, au-dessus d'une surface sur laquelle sont déposées des espèces atomiques ou moléculaires. L'image de la structure (forme, texture, taille) du matériau est générée par l'entremise des électrons, qui sautent de la pointe vers la molécule (ce qu'on nomme un *courant tunnel*), ce saut étant rendu possible par la courte distance qui les sépare. La pointe est sensible au changement de topologie de la surface sondée. Elle permet de distinguer la présence des espèces de surface des défauts de celle-ci. On met ainsi en évidence la structure des espèces de surface et, dans les meilleurs cas, leurs atomes, en balayant graduellement une zone donnée de la surface. L'utilisation de cette technique a, depuis, largement dépassé le stade de la simple visualisation, car la pointe permet aussi de déplacer des atomes sur la surface et de briser des liaisons entre atomes.

Dans le cas des nanotubes, on peut, avec le microscope STM, manipuler et déformer les tubes tout en étudiant les processus de transport électrique à l'échelle moléculaire. À ce stade, on se retrouve réellement à cheval entre la théorie et l'expérience, là où la compréhension de l'un est le complément intime de l'autre. Parmi les nombreuses théories quantiques proposées pour expliquer le comportement électronique des nanotubes de carbone, plusieurs ont déjà été confirmées expérimentalement à l'aide de la microscopie STM. La première confirmation se rapporte à la différence entre les nanotubes conducteurs et les semi-conducteurs en fonction de leur structure. La seconde demeure encore partiellement ouverte et a trait au transport électrique : les nanotubes de carbone conducteurs sont considérés comme des fils infiniment longs qui conduisent parfaitement le courant électrique. Si les nanotubes sont de très bons conducteurs, on peut aisément imaginer la précision que l'on pourrait obtenir dans la construction d'un circuit intégré en remplaçant le filage actuel (en aluminium, et plus récemment en cuivre) par ce matériau. Néanmoins, cette dernière possibilité peut être compromise, car nous pensons que la conduction électrique est perturbée lorsque la structure du nanotube est déformée³. Bien que nous soyons encore loin d'une production en masse de ce type de transistors, leur développement ne saurait tarder.

La découverte de nouveaux matériaux tels que les nanotubes de carbone révèle des formes de la matière absolument étonnantes et captivantes. Nous avons, à notre portée, tous les outils pour visualiser, manipuler et même modifier ces édifices atomiques. Ce contrôle sur la matière pourrait avoir de nombreuses retombées technologiques dans l'ensemble des domaines où la taille des matériaux joue un rôle crucial – par exemple, en microélectronique. Pour l'instant, nous avons réellement l'atome au bout des doigts... Reste à en maîtriser les forces.

RÉFÉRENCES

1. YAKOBSON, B. I., et R.E. SMALLEY., « Des matériaux pour le troisième millénaire », *La Recherche*, n° 307, mars 1998, p. 50-56.
 - 2.(a) TANS, S. J., A.R.M. VERSCHUEREN et C. DEKKER., “Room-temperature transistor based on a single carbon nanotube”, *Nature (London)*, vol. 393, 1998, p. 49-52.
(b) MARTEL, R., T. SCHMIDT, H.R. SHEA, T. HERTEL et Ph. AVOURIS., “Single- and multi-wall carbon nanotube field-effect transistors”, *Applied Physics Letters*, vol. 73, 1998, p. 2447-2449.
 3. ROCHEFORT, A., D.R. SALAHUB et Ph. AVOURIS., “The effect of structural distortions on the electronic structure of carbon nanotubes”, *Chemical Physics Letters*, vol. 297, 1998, p. 45-50.
-



Alain Rochefort, Ph. D.

Professeur de génie physique et de génie des matériaux
Polytechnique Montréal

J'ai écrit cet article sur les nanotubes de carbone quelques années après leur découverte. Ce matériau est encore considéré aujourd'hui comme un produit technologique d'avenir. Au-delà du fait qu'une grande partie des prédictions théoriques de l'époque ont maintenant été démontrées expérimentalement, les nanotubes ont motivé une quantité astronomique de travaux de recherche à caractère fondamental et technologique. Depuis l'an 2000, le nombre de publications portant sur les nanotubes de carbone a explosé de 1000 %, jusqu'à culminer à 19 000 publications pour l'année 2019. On trouve maintenant ce matériau dans un large éventail de produits technologiques. Néanmoins, son utilisation demeure limitée par son coût de production, sa potentielle toxicité et notre capacité à le recycler.

La publication de cet article de vulgarisation fut l'amorce de mon désir de vouloir expliquer les choses plus simplement, sans rien perdre de l'attrait scientifique que le sujet peut soulever ou de la curiosité qu'il peut provoquer. Ma thématique de recherche porte toujours sur le monde fascinant des nanostructures quantiques, qui peuvent être créées avec une précision atomique et dont les propriétés exceptionnelles peuvent être maintenant prédites par calculs informatiques. Malgré l'intérêt scientifique que peuvent soulever ces matériaux de l'avenir, l'importance de bien transmettre nos connaissances au grand public demeure. À ce titre, l'expression « une image vaut mille mots » a motivé une grande partie de mes efforts de communication. J'ai continuellement porté une attention particulière à fournir une représentation visuelle simple, claire et autant que possible esthétique, d'une réalité scientifique complexe.

Au fil des années, mon intérêt de communiquer par la vulgarisation scientifique s'est également transformé en désir de transmettre, et l'enseignement m'a permis de faire évoluer ma perspective de communiquer en quelque chose de plus individuel et profond. Je demeure très admiratif devant un texte ou une présentation scientifique dans lesquels des efforts ont été déployés afin de rendre le sujet imagé et accessible. Bien que nous utilisions des outils numériques et théoriques sophistiqués dans nos recherches courantes, ceci ne devrait aucunement limiter l'importance de rendre nos travaux les plus accessibles possible.

 2000

ON SE BRANCHE?

Julie Poulin

Maîtrise en sciences biologiques et de la santé
Université du Québec à Montréal

Il est admis depuis peu de temps que les végétaux ont la capacité de réagir à leur environnement. L'idée que les plantes, dépourvues d'organes sensoriels, puissent percevoir des stimuli et réagir selon leurs besoins, était loin de faire l'unanimité. Les plantes, en particulier les arbres, n'ont cependant pas fini de nous étonner. Voilà maintenant qu'ils se parlent...

Tous les organismes vivants possèdent des stratégies de défense pour se protéger des prédateurs. Quelques-uns se confondent avec leur environnement, tandis que d'autres produisent des toxines et s'affichent en arborant des couleurs vives. Certains, plus actifs, fuient le danger par le vol ou la course. Malgré leur absence de mobilité, les végétaux arrivent, eux aussi, à « fuir » leurs prédateurs végétariens!

Les végétaux sont dotés d'un système de défense que l'on dit constitutif. Cette défense est présente et fonctionnelle en permanence chez la plante. On connaît bien, par exemple, la résine chez les conifères. Grâce à sa consistance visqueuse et collante, elle agit comme barrière en immobilisant les insectes guidés aveuglément par leur appétit. Les épines de la rose, les poils urticants de l'ortie et le latex blanc des pissenlits sont d'autres trésors d'ingéniosité que les plantes ont développés afin de minimiser l'herbivorisme. La défense constitutive peut varier au cours de la maturation normale de la plante – de la graine à l'adulte –, mais cette variation est indépendante des stimuli de l'environnement.

Depuis peu, il est reconnu que les végétaux bénéficient d'une deuxième barrière de défense semblable au système immunitaire chez l'humain. C'est le système de défense induit. Cette induction a comme particularité de se manifester uniquement en situation de stress chez la plante. Une invasion d'insectes herbivores est un bon exemple de la panoplie des stress environnementaux que vivent les végétaux. Lorsque ces estomacs sur six pattes entament leur repas, les arbres activent leur production de substances chimiques. Celles-ci sont communément désignées sous l'appellation de composés *secondaires*. Pourquoi « secondaires »? Parce qu'ils ne sont pas impliqués dans le métabolisme primaire, comme le sont la photosynthèse et la respiration. On les croit responsables seulement de la protection de la plante contre les stress de l'environnement.

Comment les composés secondaires protègent-ils la plante contre les herbivores? Certains empêchent la digestion et l'assimilation des protéines, d'autres dégagent des vapeurs intoxicantes, ou encore, ils sont tout simplement infects au goût. À ce jour, plus de 10 000 composés secondaires sont identifiés et ce n'est que la pointe de l'iceberg. Sans leur aide, la majorité des plantes ne pourrait résister aux attaques herbivores.

Le fait d'amorcer la synthèse des composés secondaires seulement en situation de stress implique de sérieux inconvénients. Du moment que l'insecte commence à se nourrir jusqu'à ce que la plante installe sa deuxième ligne de défense, quelques heures, voire quelques jours peuvent s'écouler. Pourtant, il n'y a pas un instant à perdre! Quel est l'avantage pour la plante de ne pas synthétiser ses composés de défense et de les entreposer en attendant l'ennemi? Eh bien, l'avantage réside dans l'économie de ses ressources. La plante est, effectivement, moins bien protégée au départ contre ses assaillants. Cependant, dans l'éventualité qu'elle n'ait pas à se défendre, elle pourra investir ses ressources dans d'autres fonctions essentielles, telles que la croissance et la reproduction.

Comment les plantes savent-elles qu'elles sont victimes d'une attaque? C'est que les insectes, sans le vouloir, laissent des indices de leur présence. Entre autres, en se nourrissant, ils enduisent de leur salive les tissus de la plante. Croyez-le ou non, les plantes sont aptes à percevoir cet indice et à l'interpréter comme un danger!

Effectivement, on soupçonne les plantes de réagir énergiquement lors d'une situation de stress. La théorie populaire veut que les indices de dommages causés par des herbivores activent une défense bien spécifique chez elles. De cette façon, elles seraient en mesure de moduler leur réaction de défense selon les indices perçus. En ce sens, plusieurs études ont démontré que le fait de provoquer de simples dommages mécaniques, comme percer des trous dans une feuille d'une plante à l'aide d'un poinçon, a peu d'effet sur le système de défense induit. Ce type de blessure peut correspondre à un bris de la feuille par le vent, ce qui est peu menaçant pour la survie de l'arbre. Par contre, si, en plus des trous, on enduit de salive d'insecte les tissus endommagés, la réaction est beaucoup plus forte. Ainsi, la plante ne se trompe pas sur l'ennemie, ce qui lui permet une meilleure gestion de ses ressources!

La beauté de ce mécanisme est que ces changements ne se produisent pas uniquement dans la feuille endommagée, mais aussi dans les feuilles intactes environnantes, voire dans celles de toute la plante! Sans cet effet en cascade, l'insecte pourrait tout simplement se promener de feuille en feuille et ainsi contourner le système de défense de son hôte. Les plantes, d'une manière encore inconnue, sont capables de transmettre le signal d'alerte à toutes leurs cellules, lesquelles, à leur tour, activeront leur production de composés secondaires. Découragé, l'insecte n'aura plus qu'à partir à la recherche d'une nouvelle plante.

Il est bien possible, cependant, que l'insecte ait à parcourir une grande distance – à l'échelle de notre héros! – avant de dénicher un nouvel hôte acceptable. En effet, au début des années 80, on a fait une découverte surprenante : les arbres se parlent! Ainsi, un arbre victime d'herbivorisme envoie des signaux aux arbres voisins, qui réagissent en activant eux aussi leur production de composés de défense, sans même avoir reçu la visite d'un ravageur!

C'est le chercheur David Rhoades qui fit cette découverte. Ses expériences portaient sur l'effet de la défense induite du saule (*Salix sitchensis*) sur des chenilles folivores. Il stimulait des saules à produire des composés de défense en encageant des chenilles sur quelques-unes de leurs branches. Ensuite, il prélevait des feuilles intactes pour réaliser des essais en laboratoire : lorsque ces feuilles, armées de composés secondaires, étaient offertes en nourriture à des chenilles, celles-ci montraient, comme attendu, des diminutions de croissance et de survie. En plus de ces feuilles armées, Rhoades présentait à ses chenilles des feuilles de saules témoins. Ceux-ci, protégés contre les attaques d'herbivores, étaient situés en moyenne à 3,3 m des saules endommagés. Le chercheur s'attendait à ce que les chenilles se nourrissant de feuilles témoins aient une meilleure croissance et survie par rapport aux chenilles du premier traitement. Quelle ne fut pas sa surprise quand il s'aperçut que les feuilles témoins avaient le même effet destructeur sur ses chenilles!

Quelle conclusion tirer de cet étrange résultat? L'évidence est que les arbres stressés émettent des signaux qui sont perçus par les arbres adjacents. Ces signaux sont en fait des messagers chimiques que les arbres utilisent pour alerter leurs propres cellules. Certains de ces messagers sont volatiles, à la façon d'un parfum. Les parfums à l'odeur de stress dégagés par un arbre en danger auraient la capacité d'être captés par un autre arbre et d'induire, chez ce dernier, la production de composés de défense. C'est beau, la nature!

Depuis, cette notion que les arbres communiquent entre eux a fait couler beaucoup de « sève ». Malheureusement, au cours des 20 dernières années, aucune recherche n'est parvenue à confirmer ou à infirmer ces conclusions, pas même celles de David Rhoades. Les avocats du diable croient que les chenilles de Rhoades ont été victimes d'une infection bactérienne ou virale, et non pas des composés secondaires du saule. D'autres tentent d'expliquer ces changements par un déséquilibre des éléments nutritifs. Selon eux, la perte des surfaces photosynthétiques engendrée par la nutrition des chenilles, augmenterait l'absorption des minéraux du sol. Par conséquent, les arbres adjacents à l'arbre endommagé souffriraient à leur tour d'une diminution d'éléments nutritifs, et donc, de changements similaires à ceux produits par les chenilles.

Quoi qu'il en soit, l'idée que les arbres sont en mesure de communiquer avec leurs semblables a capturé l'imagination de bien des gens. Vingt ans après, la question est encore « branchée » ! Les futures années de la science nous mettront sûrement au parfum des jasettes de ces maîtres de nos forêts !



Julie Poulin, M. Sc.

Directrice du développement de l'électricité renouvelable
Ministère de l'Économie, de l'Innovation et de l'Énergie

Passionnée des invertébrés à six pattes au cours de mes études universitaires, j'ai commencé ma carrière dans l'univers de la foresterie; au début, dans l'environnement universitaire, puis, au gouvernement. Je suis maintenant gestionnaire d'une équipe qui investit toute son énergie dans le développement de l'électricité renouvelable au sein du ministère d'un certain super ministre. L'art de la communication écrite et orale est au cœur de notre quotidien. Même si on a la meilleure idée, la meilleure analyse, on influence véritablement par notre capacité à convaincre avec notre plume. Dans mon domaine, entourée de spécialistes en science et en économie, force m'est de constater que ce n'est pas donné à tout le monde d'expliquer clairement et simplement les dossiers complexes en peu de mots. Rapidement, mes aptitudes en vulgarisation ont été mises à contribution pour aider mes collègues à éclairer les décideur·euse·s.

Enfin, sur le plan personnel, je partage ma vie avec un lauréat du Concours de vulgarisation de la recherche de l'Acfas. Nous sommes les parents de trois grands enfants. C'est dire quelle place a occupée ce concours dans ma vie!



 2001

MAL DE DOS, MAL DE L'ÂME?

Clermont Dionne, Ph. D.

Professeur titulaire
Département de réadaptation
Université Laval

Le papyrus d'Edwin Smith (environ 1500 av. J.-C.), considéré comme le plus ancien écrit chirurgical disponible, décrit 48 histoires de cas en des termes très précis. La dernière concerne un mal de dos aigu. Les Égyptien-ne-s étaient donc déjà confrontés à ce problème de santé extrêmement fréquent, qu'on associe de nos jours au travail. « Traitement. Le sujet doit être couché sur le dos; il faut lui faire... ». Le texte s'arrête à ce point culminant. Le papyrus restera enfoui dans une tombe pendant près de 3500 ans.

Un problème universel

Le mal de dos fait partie de la condition humaine et n'épargne personne. Dans toutes les cultures et pour aussi loin que l'on sache, hommes, femmes et enfants sont affecté-e-s par des douleurs à la colonne vertébrale qui irradiant parfois jusqu'aux extrémités des membres, génèrent beaucoup de souffrance et limitent considérablement les activités. Ce problème, qu'on retrouve le plus souvent dans les régions les plus mobiles de la colonne vertébrale (cervicale et lombaire), affecte de 58 % à 84 % de tous les individus au cours de leur vie (le plus souvent entre 35 et 55 ans), selon les études et la définition utilisée. Il s'agit du deuxième plus fréquent motif de consultation médicale (après les affections des voies respiratoires supérieures – rhume, sinusite, etc.), de la première cause de limitation d'activités chez les adultes de moins de 45 ans et de la seconde (après l'arthrite) chez les 45-65 ans. Aux États-Unis, on estime le coût annuel total du mal de dos (incluant les frais indirects, par exemple la perte de productivité pour les entreprises) à plus de 100 milliards de dollars américains. Au Canada, toutes proportions gardées, les coûts associés sont aussi très élevés. Par exemple, en 1995, les organismes provinciaux de santé et sécurité au travail (comme la CSST au Québec) ont dépensé plus de 2 milliards de dollars en frais directs (frais médicaux et réadaptation) et en compensation financière pour le mal de dos. Dans les pays industrialisés, les dépenses associées à ce mal augmentent de façon vertigineuse depuis plusieurs années, plus rapidement que pour toute autre cause d'incapacité. Chez les travailleur-euse-s, environ 80 % de ces dépenses sont effectuées pour 8 % à 10 % de tous les cas : les personnes qui s'absentent du travail pendant six mois et plus.

Une épidémie moderne

Rien n'indique que le mal de dos soit plus ou moins fréquent aujourd'hui qu'au siècle dernier. Les études qui ont estimé l'incidence du mal de dos (une mesure de la « vitesse » d'apparition dans une population donnée) au cours de plusieurs décades depuis les années 1950, ont rapporté des taux stables. Mais quelque chose a changé : les incapacités et les demandes de compensation financière associées

ont connu une augmentation telle qu'il n'est pas du tout exagéré de parler d'une véritable épidémie dans les pays développés. Cette situation fait l'objet de recherches de plus en plus nombreuses, qui, si elles n'ont pas encore révélé toutes les causes du mal de dos et de ses conséquences, n'en ont pas moins permis de mieux comprendre le problème et d'en améliorer le traitement.

Des causes multiples

Le mal de dos est parfois, mais très rarement (dans environ 1 % des cas), causé par une tumeur, une infection rachidienne ou un problème neurologique grave. Dans la très grande majorité des cas, cependant, il s'agit d'un problème non spécifique, c'est-à-dire d'une douleur dont l'origine ne peut être déterminée. Cette situation a donné lieu à de nombreuses pratiques fondées sur toutes sortes d'hypothèses, la plupart du temps non démontrées scientifiquement. C'est ainsi qu'on croit souvent, à tort, que le mal de dos est principalement dû à une dégénérescence ou à une quelconque malformation osseuse, ou encore, au déplacement d'un disque intervertébral. Des études récentes ont clairement démontré que la plupart du temps, les examens radiologiques sont inutiles : alors qu'on trouve des anomalies radiologiques chez beaucoup de personnes qui n'ont pas mal au dos (faux positifs), ces signes sont souvent absents chez les personnes qui en souffrent (faux négatifs). Dans l'état des connaissances actuelles, il faut considérer le mal de dos plus comme un problème de douleur que comme un problème anatomique. La douleur serait déclenchée par un traumatisme anatomique, comme une entorse (le dos compte beaucoup de ligaments!). Dans la très grande majorité des cas, une réduction temporaire des activités habituelles (mais jamais plus de 2-3 jours de repos au lit), l'utilisation de médicaments anti-inflammatoires et analgésiques et beaucoup de patience viennent à bout du problème en quelques semaines. Chez 8 à 10 % des sujets, cependant, la douleur persiste même après la résolution du problème et mène à la chronicité. On assiste alors à l'établissement d'un véritable syndrome douloureux, qui n'a plus rien à voir avec la blessure. La théorie du portillon (Gate Control Theory of Pain), élaborée par deux chercheurs de l'Université McGill dans les années 1960, Ronald Melzack et Patrick Wall, et le développement récent des connaissances des mécanismes qui régissent la douleur, auquel elle a largement contribué, permettent maintenant de comprendre ce phénomène beaucoup plus clairement. En bref, la théorie du portillon stipule que la perception de la douleur par le cerveau est modulée par des messages provenant autant de la périphérie que du système nerveux central. Le « portillon » se situerait au niveau de la corne dorsale de la moelle épinière, là où entrent les fibres nerveuses responsables de la transmission des messages de douleur au cerveau, qui les interprète. Dans certaines circonstances, le portillon pourrait carrément se fermer pour bloquer le message douloureux (chez un-e athlète pendant une compétition, par exemple), alors que dans d'autres, il s'ouvrirait tout grand pour entraîner la perception d'une douleur importante sans qu'il y ait de dommage anatomique proportionnel. C'est ce mécanisme qui constitue le principal modèle actuellement utilisé pour expliquer le mal de dos chronique.

De nombreuses études ont mis en lumière le rôle de facteurs physiques, comme la manutention de charges lourdes et l'exposition du corps entier à des vibrations, en relation avec le mal de dos. Ces facteurs n'expliquent qu'en partie, toutefois, l'apparition du problème. L'environnement psychosocial du travail, les antécédents médicaux, le tabagisme, la sédentarité et le fait d'avoir de jeunes enfants sont aussi des facteurs contributifs, mais aucun d'eux n'a une importance majeure lorsque considéré seul. Le mal de dos est maintenant reconnu par la communauté scientifique comme un problème de santé multifactoriel, dont les causes sont autant biologiques que psychologiques et sociales.

La quête du Saint-Graal

Comme plus de 90 % des cas récupèrent en quelques semaines et que les efforts pour prévenir le mal de dos à la source n'ont jusqu'ici pas porté fruit, c'est vers la prévention de la chronicité, le cœur du problème, que les efforts de recherche sont maintenant majoritairement dirigés. On cherche ainsi des caractéristiques qui permettraient d'identifier précocement les cas les plus susceptibles de devenir chroniques, de façon à intervenir rapidement, avant que le cercle vicieux de la douleur ne s'installe à demeure. Étant donné le coût humain et social du mal de dos chronique, cet objectif est devenu extrêmement important et constitue sans aucun doute le Saint-Graal pour les chevaliers de la recherche sur ce mal. Les caractéristiques les plus prometteuses à date sont de nature psychologique, comme des symptômes de dépression et de somatisation. Des signes de détresse. Un mal de l'âme.

RÉFÉRENCES

DIONNE, C.E. "Low back pain", dans CROMBIE, I.K., P.R. CROFT, S.J. LINTON, L. LERESCHE et M. VON KORFF, éd. *Epidemiology of Pain*, Seattle, IASP Press, 1999, p. 283-297.

NACHEMSON, AL., et E. JONSSON (éd.). *Neck and back pain: the scientific evidence of causes, diagnosis, and treatment*, Philadelphia, Lippincott Williams & Wilkins, 2000, 495 p.

WADDELL, G. *The back pain revolution*, Edinburgh, Churchill Livingstone, 1998, 438 p.



Clermont Dionne, Ph. D.

Directeur de département
Département de médecine sociale et préventive
Université Laval

Aujourd'hui, la théorie du portillon demeure le modèle le plus approprié pour comprendre le phénomène de la douleur. Cependant, malgré toute la recherche effectuée, le fardeau sanitaire de la lombalgie est en tête dans la plupart des pays.

Le 16^e Forum international de recherche sur la lombalgie et la cervicalgie en première ligne a eu lieu à Québec en 2019, sous le thème de l'innovation. Un exercice de consultation de plusieurs chercheur·euse·s de renommée internationale qui a suivi ce forum suggérait, d'une part, que peu de progrès avait eu lieu dans le traitement de la lombalgie au cours des 30 dernières années, et soulignait, d'autre part, la nécessité de mieux transférer les connaissances aux personnes intervenantes et au grand public, une entreprise beaucoup plus complexe qu'il n'y paraît. C'est là que la vulgarisation scientifique prend tout son sens, puisque les croyances inappropriées du grand public quant aux causes et aux traitements de la lombalgie constituent des barrières importantes à la modification des comportements des clinicien·ne·s et à l'adoption des innovations. Il faut changer les perceptions : la lombalgie, bien que très douloureuse, est la plupart du temps bénigne et passagère. Le rachis est une structure très solide qui comporte une multitude d'éléments, et les examens cliniques et radiologiques sont la plupart du temps inutiles pour identifier la source de la douleur. La meilleure prévention est l'adoption d'habitudes de vie saines. Le meilleur traitement est la réactivation progressive. Pour les cas les plus sévères, les interventions de nature bio-psycho-sociale, encore trop rares, sont les plus appropriées.

La rédaction scientifique est très normée, très rigide, alors que la vulgarisation offre beaucoup plus de liberté. Cette liberté, « retrouvée » grâce à ce concours de vulgarisation de l'Acfas, me plaît beaucoup. Elle me permet à la fois d'utiliser une autre forme d'écriture et de m'adresser à un autre public, ce que – moi qui aime écrire – je trouve très agréable.

 2002

LA GUERRE AUX BACTÉRIES RÉSISTANTES

Chantal Racine

Professeure de biologie et de biotechnologies
Collège Ahuntsic

La guerre aux bactéries ne date pas d’hier, et nos pertes ont parfois été énormes : la « mort noire » (peste bubonique), au XIV^e siècle, a décimé le tiers de la population en Europe! Les médicaments utilisés alors, le plus souvent des extraits de plantes, pouvaient parfois être très efficaces pour soulager les symptômes, mais c’est surtout le système immunitaire qui permettait aux humains de gagner le combat... ou de le perdre.

Alors que la Deuxième Guerre mondiale était marquée par la mise au point de la bombe atomique, une autre guerre se déroulait en parallèle dans le monde microscopique. Elle emprunta un tournant décisif avec la découverte d’armes redoutables que les microorganismes utilisaient déjà entre eux : les antibiotiques. On sait maintenant que certains champignons microscopiques et bactéries (qu’on trouve surtout dans la terre) peuvent produire ces poisons naturels pour empêcher leurs ennemis de se multiplier. Ces armes antibiotiques, à commencer par la pénicilline, permirent de lutter contre les infections bactériennes, très courantes à la suite des blessures de guerre. De nombreux autres antibiotiques ont été découverts depuis, et l’humain a réussi, dans la plupart des cas, à gagner les batailles.

Malheureusement pour nous, cependant, la résistance s’est organisée chez les bactéries survivantes. Même si d’autres ont été décimées par populations entières grâce aux armes antibiotiques, les suivantes se sont révélées plus résistantes que le reste de la troupe. Le microorganisme qui produit naturellement un antibiotique donné y est certes résistant, mais l’utilisation massive d’antibiotiques, en tuant les bactéries plus sensibles, favorise les résistantes, qui, avec moins de compétition, peuvent se multiplier rapidement. C’est là ce qui s’est produit : les antibiotiques les plus anciens ont aujourd’hui une action plus limitée en raison du grand nombre de bactéries qui y résistent. Sommes-nous revenus au point de départ? Est-ce que les antibiotiques sont devenus inutiles? Toutes ces batailles ont-elles été vaines? Certainement pas. Nous en savons plus que jamais sur l’ennemi, nous connaissons bien ses tactiques et nous développons de nouvelles armes antibactériennes.

Bien connaître les forces en présence

Que sont les bactéries, au juste? Ce sont de petits organismes microscopiques, faits d’une seule cellule toute simple. En comparaison, notre corps est composé de milliards de cellules, toutes environ 10 000 fois plus grosses qu’une bactérie, même si elles ne mesurent en moyenne qu’un dixième de millimètre de diamètre... Mais les bactéries ont l’avantage du nombre : la flore intestinale d’un seul

individu en santé contient plus de bactéries qu'il y a d'humains sur la Terre! Ces bactéries sont nos alliées. Elles occupent le territoire et le protègent d'une invasion ennemie.

Parmi la grande variété d'antibiotiques utilisés jusqu'à aujourd'hui, on peut relever trois modes d'attaque principaux :

1. *La destruction de l'armure de la bactérie.* Les bactéries sont entourées d'une enveloppe rigide, la paroi. La stratégie consiste à utiliser un antibiotique qui empêche les bactéries de construire cette paroi, ce qui les rend vulnérables. Une bactérie incapable de fabriquer sa paroi ne peut plus croître ni se diviser, et elle finit par mourir.
2. *L'interception des munitions.* Les bactéries, comme tous les autres types de cellules, ont besoin de fabriquer des protéines pour se maintenir en vie. Les antibiotiques peuvent agir en bloquant la synthèse des protéines, c'est-à-dire leur assemblage à partir des matériaux de base (les acides aminés). La cellule bactérienne ainsi privée de ses munitions ne peut plus fonctionner.
3. *Le brouillage des informations.* L'ADN, cette molécule de l'information génétique qui définit les propriétés de tout organisme, doit se copier chaque fois qu'une bactérie se divise. En effet, pour se reproduire, les bactéries se divisent simplement en deux cellules plus petites, qui croissent à leur tour, pour se diviser chacune en deux autres cellules (ce qui en fait quatre en tout), et ainsi de suite. Les antibiotiques qui agissent à ce niveau vont empêcher la bactérie d'utiliser l'information contenue dans son ADN et ainsi bloquer toute la reproduction.

Toutes ces stratégies semblent très efficaces pour lutter contre les bactéries, puisqu'elles n'altèrent aucun des processus que nous devons utiliser pour l'entretien, la réparation et la reproduction de nos propres cellules. Les antibiotiques s'attaquent spécifiquement aux bactéries. Mais alors, comment celles qui survivent font-elles pour résister encore aux puissances alliées?

Les mécanismes de la résistance bactérienne

Les bactéries ayant développé une résistance à un antibiotique ou plus ont adopté divers mécanismes de défense.

1. *Le bunker.* L'antibiotique ne peut plus pénétrer à l'intérieur de la cellule pour atteindre sa cible, ou alors, il peut entrer, mais la bactérie le rejette à mesure (un peu comme lorsqu'on relance la grenade envoyée par l'ennemi).
2. *Le camouflage des cibles.* Comme des soldats en mission, les antibiotiques ont une cible spécifique dans la bactérie. Une modification de cette cible (comme le camouflage de bâtiments de guerre) empêchera l'antibiotique de la reconnaître et la bactérie continuera à fabriquer ses munitions.
3. *Le déminage et le désamorçage des bombes.* Certaines bactéries développent des façons de détruire les antibiotiques, les modifient de façon qu'ils perdent toute efficacité, ou même les interceptent et les séquestrent!

Jusqu'à un certain point, les bactéries peuvent même créer des alliances pour mieux résister aux armes antibiotiques. Les recettes de cette lutte sont conservées dans l'information génétique portée par l'ADN, et ce, qui plus est, sous une forme facile à échanger et à copier : les plasmides. En effet, les bactéries possèdent un seul chromosome, circulaire, qui contient tous les gènes essentiels à leur survie. Mais elles ont souvent un ou plusieurs minichromosomes, les plasmides. Le plasmide peut être copié et transféré à une bactérie voisine, pour peu qu'elle ait des affinités avec la bactérie donneuse. Résultat : la résistance à un antibiotique spécifique peut se répandre facilement entre différentes populations bactériennes, et aujourd'hui, plusieurs types bactériens sont multirésistants, c'est-à-dire résistants à plusieurs antibiotiques différents en même temps.

La riposte se met en place

Qu'à cela ne tienne, nous avons d'autres cordes à notre arc! Nous pouvons augmenter les doses, découvrir d'autres antibiotiques naturels, combiner plusieurs antibiotiques différents pour en faire des cocktails, ou même les modifier chimiquement pour augmenter leur efficacité. Mais il y a encore mieux! Lorsqu'un mécanisme de résistance à un antibiotique est bien connu, on peut lui associer une substance pour déjouer la résistance des bactéries. Par exemple, la pénicilline, contre laquelle plusieurs bactéries ont développé une anti-pénicilline nommée *pénicillinase*, peut être administrée avec une « anti-anti-pénicilline », l'acide clavulanique : c'est la combinaison amoxicilline (pénicilline) et clavulin (anti-pénicillinase). Comme si on lançait des missiles anti-anti-missiles bactériens! D'autres produits exploitent le même principe de combinaison antibiotique-inhibiteur de résistance. On peut ainsi donner une « deuxième vie » à ces antibiotiques devenus moins efficaces du fait de la résistance bactérienne.

Cette stratégie a pourtant ses limites : les antibiotiques « combinés » sont coûteux à développer et ils ont toujours le désavantage de sélectionner les résistants, puisqu'ils tuent toutes les bactéries sensibles. Ils ont aussi le défaut, tout comme les antibiotiques classiques, de détruire la flore bactérienne normale. Or, une nouvelle approche, plus respectueuse de cet équilibre délicat de notre flore, consiste non pas à tuer les bactéries ni même à les empêcher de croître et de se reproduire, mais plutôt à éviter qu'elles fassent des dégâts. Bien des bactéries, inoffensives dans certaines circonstances, peuvent, lorsque la situation change, devenir agressives. Elles fabriquent alors des substances spécifiques de la virulence. C'est le cas, par exemple, lorsqu'on est déjà affaibli, ou lorsque les bactéries se retrouvent dans un endroit du corps où elles ne devraient pas être : pensez à ce qui arrive quand l'appendice éclate et que les bactéries libérées provoquent une péritonite. Un médicament bloquant très exactement la production de ces substances empêcherait les bactéries de devenir virulentes et laisserait vivre toutes les bactéries inoffensives, comme si l'on ne détruisait que les armes, sans perte de vies... Par ailleurs, certaines bactéries se concertent avant de déclencher une infection : elles attendent d'être en nombre suffisant (ce qu'elles vérifient par des signaux chimiques qu'elles s'envoient mutuellement), puis elles déclenchent leurs facteurs de virulence toutes en même temps. Des substances empêchant la production ou la diffusion de ces signaux neutraliseraient l'attaque.

Pas de traité de paix en vue

Nous devons toujours livrer une lutte acharnée contre les agents infectieux. Les recherches intensives pour découvrir de nouvelles armes contre ces microorganismes qui nous causent du tort ne sont pas près de cesser. Comme c'est le propre du vivant d'évoluer et de s'adapter, il y aura toujours la possibilité qu'apparaissent des agents infectieux résistants à nos médicaments et autres armes thérapeutiques. La « course aux armements » pour nous sortir d'embarras n'est pas illusoire, mais elle ne peut tout régler à elle seule. Il faut également orienter nos stratégies du côté de la recherche d'un équilibre harmonieux entre les bactéries et les humains.



Chantal Racine

Directrice adjointe des études aux programmes et à l'enseignement
Collège Ahuntsic

J'ai relu avec amusement ce texte aux analogies guerrières sur les tactiques de combat contre les bactéries résistantes. J'enseignais alors les biotechnologies au collège Ahuntsic et participais sporadiquement à l'émission *La Revanche des Nerdz* avec la même passion de faire connaître au plus grand nombre les merveilles scientifiques, et plus particulièrement la biologie.

Une douzaine d'années plus tard, tout en enseignant, j'entamais une maîtrise en sciences de l'éducation avec une recherche portant sur les stratégies pédagogiques favorisant la motivation étudiante et l'engagement dans l'apprentissage des sciences au collégial. J'ai ensuite eu la chance de m'atteler à l'adaptation française du volumineux *Biologie* de Campbell, référence incontournable en sciences de la nature. Je suis devenue entretemps conseillère pédagogique, puis directrice adjointe des études, toujours au collège Ahuntsic. Dans cette fonction que j'occupe encore aujourd'hui, j'ai l'immense plaisir de travailler notamment à un nouveau DEC en agriculture urbaine, conciliant ainsi ma passion des sciences et mon désir de contribuer à une formation de qualité!

Au fond, j'ai suivi le même fil, œuvrant en éducation pour que progressent les savoirs, autant chez moi que chez autrui. J'espère avoir encore un impact positif pour les apprentissages en tant que directrice, certes, mais éventuellement en tant que vulgarisatrice scientifique aussi. Je trouve que nous avons encore trop peu de modèles féminins en science, les femmes plus âgées en particulier sont rarement représentées, et pourtant, il y en a, des femmes scientifiques compétentes, dédiées, consciencieuses! Un jour, j'aurai peut-être l'occasion de retourner à l'écran ou de faire de la radio, pour continuer à communiquer ma passion en devenant une « vieille chouette des sciences ». Qui sait?

 2003

UNE CRISE DU LOGEMENT... EN FORÊT

Virginie-Arielle Angers

Maîtrise en écologie forestière
Université du Québec à Montréal

Depuis quelques années, dans les grandes villes du Québec, on assiste à ce qui est maintenant reconnu comme une crise du logement : le nombre d'habitations est trop restreint pour arriver à desservir convenablement une population grandissante. On pourrait tout aussi bien vivre une autre sorte de crise si, pour une population stable, les logements disponibles diminuaient d'année en année. Maintenant, quittez Québec ou Montréal, et imaginez-vous affronter une crise du logement en forêt. Voilà une image incongrue, et pourtant bien d'actualité... si on sait dans quelle peau se mettre!

C'est ce qui arrive présentement au pic à dos blanc en Scandinavie. En fait, cet oiseau est maintenant sur la liste rouge des espèces menacées de plusieurs pays d'Europe. Pourquoi? Une véritable crise du logement sévit. Les vieilles forêts feuillues du sud de la Finlande et de la Suède, ainsi que celles de plusieurs pays d'Europe centrale où il habite, se raréfient. En fait, la carence ne se situe pas tant sur le plan de l'ancienneté des forêts que des éléments qu'elles renferment, notamment les arbres moribonds ou morts.

Ces forêts, principalement des chênaies et des hêtraies, sont en partie composées de gros arbres matures. Les vieux feuillus ont la particularité de développer l'équivalent d'une carie dentaire avec le temps; la pourriture se développe à l'intérieur du tronc alors que la périphérie demeure solide. Les sections internes sont évidemment plus tendres, et c'est précisément ce que recherche le pic à dos blanc quand vient le temps de se construire un abri. Les cavités excavées à même le tronc ou une grosse branche d'un vieil arbre, d'un arbre moribond ou simplement d'un arbre mort, lui permettront de s'abriter, de se reposer, et surtout, d'élever sa progéniture. Par ailleurs, la diète de ce pic est principalement composée de larves et d'insectes qui se cachent dans l'écorce ou dans du bois mort en décomposition. Son garde-manger est lui aussi en danger!

Il y a quelques dizaines d'années, la foresterie moderne, appliquée de manière intensive et à grande échelle, a fait son apparition. Les Scandinaves sont depuis longtemps reconnus pour leur efficacité dans l'aménagement intensif des forêts et pour leurs forts rendements en matière ligneuse. En Suède, par exemple, 95 % des forêts sont utilisées à des fins commerciales. Mais cette renommée se paie d'un lourd tribut en termes de perte d'habitats et de biodiversité. Les vieilles forêts feuillues ont souvent été coupées et replantées en conifères. Entre 1950 et 1990, elles ont été réduites à 80 % en Finlande, et pendant la même période, les populations de pic à dos blanc ont chuté de 90%! Qui plus est,



La présence d'arbres en mauvaise santé, voire morts, est nécessaire au maintien d'un véritable équilibre des écosystèmes. Crédits photo : Jacques Noël, Archives La Presse

les quelques forêts feuillues résiduelles ont été aménagées. La productivité constituant le principal objectif, le grand ménage des vieilles forêts s'est traduit par l'élimination des arbres en mauvaise santé ou de piètre qualité, leurs tiges étant souvent celles qui présentent les plus faibles croissances et le moins fort potentiel pour la transformation. On n'a conservé et favorisé que les arbres les plus vigoureux, ayant un potentiel économique élevé, mais présentant malheureusement un bien faible potentiel « locatif ».

Le cas du pic à dos blanc n'est pas unique. En fait, la plupart des espèces menacées ou disparues, en Suède, qu'elles soient animales ou végétales, sont liées aux forêts feuillues. Évidemment, un exemple tiré de la Scandinavie peut nous paraître bien éloigné de nous et de nos préoccupations. Mais à notre façon, nous avons le même genre de problèmes.

Il faut comprendre que dans plusieurs systèmes dont l'organisation est complexe, des changements parfois mineurs ont des conséquences souvent imprévisibles du fait de la quantité d'éléments et d'interactions impliqués. À la suite de l'aménagement intensif des forêts scandinaves, non seulement la matière première nécessaire à la construction de logements est raréfiée, mais pour de nombreuses espèces, la main-d'œuvre l'est aussi!

Pensez simplement aux pics : à titre d'excavateurs, ils deviennent des espèces-clés dont le rôle est crucial, puisque d'autres espèces ont besoin des cavités qu'ils abandonnent pour s'abriter et se reproduire. Imaginez si nos travailleuses et nos travailleurs de la construction disparaissaient : sans eux, à moyen terme du moins, la vie de la plupart d'entre nous serait misérable!

Au Québec, certains de nos plus beaux oiseaux figurent parmi les utilisateurs secondaires de cavités. Le si bien nommé canard branchu, par exemple, y construit son nid. Un canard dans un arbre? Étonnant! Sans les cavités construites par les pics, les abris disponibles pour les becs-scies couronnés, les petits-ducs maculés, les crécerelles d'Amérique, les écureuils, les abeilles et tout le cortège des utilisateurs secondaires se feraient par conséquent plus rares. Dans la nature, non seulement la récupération et le recyclage sont poussés à leur maximum, mais ils sont essentiels à la survie d'une kyrielle d'organismes.

L'effet de la raréfaction du bois mort n'affecte pas seulement les espèces qui nichent dans les cavités. Si la plupart des espèces menacées en Suède sont associées aux forêts feuillues, plus du quart d'entre elles requièrent des vieux arbres ou des débris ligneux au sol. En éliminant les arbres peu vigoureux ou de mauvaise qualité, on diminue les probabilités de mortalité. Donc, moins d'arbres moribonds, moins d'arbres morts sur pied, aussi appelés chicots. Et s'il n'y a pas de chicots, il n'y a pas non plus de débris ligneux au sol! Des centaines d'espèces se retrouvent ainsi sans abri.

Des invertébrés qui s'en nourrissent jusqu'à l'ours qui se fait une collation des fourmis qui y vivent, en passant par les salamandres qui y pondent leurs œufs, les mousses et les lichens qui s'y développent, les écureuils qui y cachent leurs glands et les chauves-souris qui y roupillent, le bois mort sous toutes

ses formes joue à la fois le rôle de buffet, de cachette, de berceau, d'auberge, ou de terreau nécessaire à la survie d'une multitude d'espèces. On estime, par exemple, qu'au moins 25 % des espèces de vertébrés forestiers utilisent une forme de bois mort au cours de leur cycle de vie.

De notre côté de l'Atlantique, le rôle du bois mort reste le même, mais la situation est cependant moins dramatique. Notre aménagement est beaucoup moins intensif, notre historique de récolte plus récent, et le territoire occupé par les forêts feuillues plus étendu qu'en Scandinavie. Comme celles-ci, au sud du Québec, ont un lourd passé d'« écrémage » (ce sont surtout les arbres de fort diamètre, de qualité et d'espèces commercialement intéressantes qui ont été récoltés par le passé), les gros arbres de faible qualité sont encore légion, et on est bien loin des parfaites chênaies scandinaves... du moins pour l'instant.

Dans presque toutes les forêts publiques feuillues du Québec, on utilise depuis quelques années une méthode de récolte appelée *jardinage*, qui consiste à couper périodiquement environ 25 % des arbres, en priorité ceux de faible qualité ou peu vigoureux. Déjà, on observe que la densité d'arbres creux ou présentant des cavités naturelles est moins forte dans les forêts jardinées que dans celles qui n'ont jamais été exploitées. Évidemment, à l'échelle de la province, le cortège faunique et floristique rattaché au bois mort n'est pas menacé à court terme, mais l'accumulation graduelle d'effets apparemment mineurs, mais répétés, peut s'avérer sournoise.

Notre compréhension des écosystèmes et des liens complexes entre les éléments les constituant est encore trop partielle pour anticiper les conséquences de nos actions. Les Scandinaves l'ont appris à leurs dépens. Ils en sont maintenant réduits à tenter de réparer les pots cassés en testant des méthodes pour tuer des arbres en santé dans l'espoir qu'ils soient colonisés par des espèces menacées utilisatrices de bois mort. La solution ne passe évidemment pas par l'arrêt de toute activité d'exploitation sous prétexte que nos connaissances sont insuffisantes, mais les lacunes dans le savoir actuel nous obligent à demeurer prudents. Dans son dernier rapport, la vérificatrice générale du Québec a d'ailleurs critiqué la gestion trop mal documentée de nos forêts. Sans nécessairement tout remettre en question, on doit prendre conscience de la tendance actuelle, et s'inspirer des erreurs des autres afin d'adapter les pratiques déjà existantes et ainsi éviter de s'engager sur une voie qu'on sait glissante.

Vous verrez peut-être maintenant d'un autre œil le gros érable pourri et chambranlant que vous prévoyiez couper pour en faire du bois de chauffage, et vous y penserez peut-être à deux fois avant de « nettoyer » le sous-bois de tout ce bois mort « inutile » ... Du moins, laissez-en un peu pour les locataires!



Virginie Angers, ing. f., Ph. D.

Cheffe de section par intérim
Section biodiversité
Division gestion des parcs-nature et de la biodiversité
Direction gestion des grands parcs et des milieux naturels
Service des grands parcs, du Mont-Royal et des sports
Ville de Montréal



C'est une session d'études en Suède, pendant mon baccalauréat, qui m'a initiée à l'importance des legs biologiques présents dans les vieilles forêts, dont les arbres morts. Quelle révélation! Ma maîtrise m'a permis d'aborder la question, mais c'est véritablement mon doctorat qui m'a fait plonger dans le vif du sujet avec une thèse sur la dynamique du bois mort en forêt boréale.

Depuis, la recherche dans le domaine a considérablement évolué de notre côté de l'Atlantique. Un très récent article (Cadioux et al., 2023) publié par le laboratoire de Pierre Drapeau, où j'ai fait mon doctorat, est très éloquent : dans les forêts boréales mixtes, plus les forêts sont vieilles, plus leurs attributs structuraux rendent possible le développement d'un réseau cavicole complexe à la fois en termes de nombre d'espèces vertébrées et d'interactions entre les espèces.

En 2003, ma motivation était évidemment l'envie de faire connaître un sujet qui me passionnait, mais aussi le simple plaisir de partager mes idées sur un thème méconnu. En plus du petit velours de voir mes mots publiés dans *La Presse*, la validation et la reconnaissance de l'Acfas m'ont apporté une grande confiance. Les années qui ont suivi ont pour moi été riches en publications vulgarisées : près de 70 chroniques, documents et articles de vulgarisation sont nés de partenariats avec des établissements d'enseignement, des revues spécialisées, une chaire de recherche, des ministères, un organisme de conservation.

Si je n'ai maintenu que ma collaboration régulière avec le magazine *Nature sauvage*, pour lequel j'écris depuis ses débuts, j'utilise tout de même les principes de la vulgarisation au quotidien pour expliquer les enjeux très actuels de la conservation des milieux naturels en contexte urbain. Travailler pour une ville, c'est collaborer avec des collègues et des partenaires aux profils très variés : ingénieur·e·s, urbanistes, architectes du paysage, gestionnaires, décideur·euse·s, médias, citoyen·ne·s, etc. Les notions de public cible, de clarté, de message clé, de simplification sans déformation sont fondamentales.

Le Concours de vulgarisation de la recherche de l'Acfas, ça ne change pas l'monde, sauf que...

 2004

LES ERREURS EN INFORMATIQUE OU COMMENT DÉJOUER LES MENTEURS

Andrzej Pelc

Professeur-chercheur en informatique et ingénierie
Université du Québec en Outaouais

Les systèmes informatiques modernes sont de plus en plus gigantesques et complexes. Pour cette raison, ils sont inévitablement sujets aux pannes et bris de toutes sortes : pannes de matériel dues aux imperfections des composantes, pannes de transmission de messages dues aux interférences électromagnétiques, etc. Il en résulte des distorsions de l'information emmagasinée dans les ordinateurs et une détérioration des messages envoyés, par exemple, par Internet. Chacun de nous a subi les effets néfastes de telles distorsions : les programmes informatiques qui « plantent », les courriels perdus, etc.

Il se révèle urgent de développer des outils permettant de récupérer l'information originelle intacte malgré ces distorsions. Évidemment, il n'y a pas de miracles : aucune méthode informatique ne peut contrer les dégâts causés par une panne massive due, par exemple, à un incendie où les composantes des ordinateurs auraient fondu... Mais de tels cas sont très rares. Les pannes les plus fréquentes, et le véritable fléau des systèmes informatiques modernes, concernent des segments d'information et sont de nature locale. Néanmoins, elles causent des distorsions importantes de l'information et peuvent la rendre inutilisable.

On peut comparer les erreurs et les pannes des systèmes informatiques aux mensonges : en nous fournissant des données et messages erronés, le système nous ment. Peut-on se protéger contre ces mensonges, et si oui, comment le faire?

Comment déjouer les menteurs?

Commençons par un jeu assez bien connu : le jeu des 20 questions. Un joueur, Pierre, choisit un objet parmi tous ceux qui se trouvent dans une pièce, à l'insu de l'autre joueuse, Marie. Cette dernière doit trouver l'objet inconnu en posant uniquement des questions commençant par « Est-ce que... ». Marie a droit à au plus 20 questions. Si elle n'a pas d'expérience, elle aura souvent tendance à poser des questions individuelles : « Est-ce que c'est la chaise? », « Est-ce que c'est la porte? ». Bien entendu, la

plupart du temps, elle épuisera le nombre de questions allouées bien avant de trouver l'objet cherché, car le nombre d'objets possibles dépasse largement la vingtaine.

Marie peut-elle utiliser une stratégie beaucoup plus efficace? Oui. Elle doit partager tous les objets en deux groupes de même grandeur et demander si l'objet inconnu fait partie d'un des groupes.

Voici un exemple avec huit objets :

A B a b

C D c d

Marie demande d'abord : « Est-ce que la lettre inconnue est dans la rangée supérieure? ». Chaque réponse lui laisse quatre possibilités; par exemple, la réponse « non » laisse les possibilités C, D, c, d. Elle demande ensuite : « Est-ce que la lettre inconnue est une majuscule? ». Maintenant, chaque réponse lui laisse deux possibilités; par exemple, la réponse « oui » laisse les possibilités C, D. Finalement, sa dernière question sera : « Est-ce que la lettre inconnue est C? ». Elle trouve alors la lettre inconnue : C après la réponse « oui » et D après la réponse « non ».

Cette stratégie de division du bassin des possibilités en deux groupes égaux fonctionne pour n'importe quel ensemble d'objets. Ainsi, si le bassin initial contient au plus un million d'objets – et chaque personne admettra que même une pièce bien remplie n'en contient pas plus –, on est certain de cerner l'objet cherché en posant au plus 20 questions. En effet, chaque réponse divise le nombre d'objets non éliminés par 2, et 20 divisions par 2 appliquées successivement réduisent 1 000 000 à 1, et l'on trouve l'objet inconnu.

La stratégie suggérée ci-dessus porte le nom de *recherche binaire*. On la retrouve dans beaucoup de programmes informatiques, dont les moteurs de recherche Internet, tels Google ou Yahoo. Son efficacité vient du fait qu'au lieu d'employer n étapes pour trouver un objet parmi n , on n'a besoin que de $\log n$ – le logarithme de n – étapes. Vous avez oublié ce que c'est le logarithme? Qu'à cela ne tienne : l'important est de savoir qu'on peut ainsi trouver très rapidement l'information. Si le bassin de données contient un milliard d'éléments au lieu d'un million, on y arrivera en 30 questions, au lieu de 20. Et voilà pourquoi Google et Yahoo vous répondent si vite!

Changeons maintenant les règles du jeu. Le but reste le même, mais, cette fois-ci, Pierre a le droit de mentir au plus une fois. Bien entendu, c'est lui qui choisit quelle réponse est mensongère et Marie n'en sait rien. Est-ce toujours possible de trouver l'objet inconnu, et si oui, combien de questions faut-il maintenant, en supposant, comme auparavant, que le bassin initial d'objets soit d'un million?

Une courte réflexion nous amène à la conclusion que Marie peut s'acquitter de sa tâche de façon aussi satisfaisante, mais qu'elle aura probablement besoin de plus de questions. Une stratégie assez simple serait de répéter trois fois chaque question préconisée par la recherche binaire sans mensonge, décrite plus haut. Chaque fois, il faudrait prendre la réponse majoritaire. Par exemple, en recevant des réponses « oui », « non », « non » à la première question « Est-ce que la lettre inconnue est dans la rangée supérieure? », dans notre exemple avec huit lettres, on prendrait la réponse « non » et on pourrait être certain qu'elle est correcte. Sinon, Pierre aurait menti deux fois en disant « non » et les règles du jeu ne permettent qu'un seul mensonge. Cette stratégie permettrait de trouver l'objet cherché, parmi un million, en utilisant 3 fois 20 questions, soit 60 questions.

Est-ce qu'on peut faire mieux? Une petite modification de cette stratégie un peu naïve permet d'économiser près d'un tiers des questions. Répétons chaque question préconisée par la recherche binaire sans mensonge deux fois au lieu de trois. Si les deux réponses sont les mêmes, Marie sait qu'elles sont correctes, Pierre ne pouvant pas mentir deux fois; elle passe à la question suivante. Sinon, Marie sait que Pierre a déjà utilisé son droit de mensonge. Dans ce cas, elle pose cette question pour la troisième fois et elle prend, comme auparavant, la réponse majoritaire, qui est correcte. Ensuite, elle continue la recherche binaire sans mensonge, car Pierre est maintenant tenu de dire la vérité jusqu'à la fin du jeu.

Le pire que Pierre puisse faire contre une telle stratégie, c'est de se garder le droit de mensonge jusqu'à la fin, en donnant une vraie réponse aux deux répétitions des 19 premières questions. Ensuite, il répond « oui », « non » aux deux répétitions de la vingtième question, en utilisant le droit du mensonge, et finalement il répond la vérité à la troisième répétition de cette question, et Marie trouve l'objet inconnu. On peut donc conclure que la stratégie de Marie décrite ci-dessus, même en présence de cette ruse de Pierre, permet de trouver l'objet inconnu en utilisant $2 \times 19 + 3 = 41$ questions. Si Pierre utilise son droit de mensonge plus tôt, Marie gagnera encore plus rapidement!

Est-ce qu'on peut faire encore mieux? Quelle stratégie conduirait Marie à trouver l'objet inconnu en utilisant aussi un minimum, peu importe les ruses de Pierre? On parle, bien entendu, des ruses qui ne violent pas les règles du jeu : un seul mensonge est permis. La solution de ce problème est connue, mais elle n'est pas facile. Elle a été découverte en 1987 par... l'auteur du présent article. Cette stratégie optimale est trop complexe pour être décrite ici, mais nous pouvons au moins en dévoiler le résultat : Marie peut à tout coup trouver l'objet inconnu en posant au plus 25 questions, et cette performance est impossible à améliorer. Aucune stratégie plus courte ne donnerait à Marie la garantie de trouver l'objet inconnu : Pierre pourrait alors mentir de façon à lui rendre cette tâche impossible.

Quelle utilité ont toutes ces stratégies? Est-ce que les informaticien-ne-s s'amuseraient à des jeux de société? Pas du tout! La solution des problèmes exposés est vitale pour la fiabilité des systèmes informatiques modernes. Nous avons mentionné au début qu'on ne peut pas éviter les pannes de ces systèmes. L'enjeu est donc de développer des méthodes efficaces pour coder l'information envoyée à travers les réseaux de communication et emmagasinée dans la mémoire des ordinateurs, de façon à pouvoir reconstituer l'information originelle à partir des messages et des données abîmés à la suite des pannes et distorsions.

Un des outils puissants mis au point à cet effet dans la plupart des systèmes informatiques modernes, est le « code correcteur ». Il s'agit d'une façon de coder l'information qui reconstitue un message envoyé ayant subi des distorsions relativement petites et locales, soit les plus fréquentes. Leur principe est connu sous le nom de *redondance* : on répète certains fragments de l'information afin de pouvoir ensuite profiter des parties non abîmées. Nous avons vu un exemple de cette méthode dans notre jeu avec mensonges quand il fallait répéter les questions afin de neutraliser les mensonges. Le prix à payer pour cette protection contre les pannes de transmission est la longueur du message, et donc le coût associé à son envoi. Plus le code offre de protection contre les distorsions, plus augmentent la longueur des messages et donc le prix de l'utilisation du code.

L'enjeu est semblable à celui montré pour notre jeu, lequel modélise les pannes des systèmes informatiques : sans mensonge, on pouvait trouver l'objet inconnu en 20 questions; avec un mensonge possible, on avait besoin de 25 questions. Si l'on voulait se protéger contre plus de mensonges, le nombre de questions augmenterait encore : deux mensonges exigeraient que l'on pose 29 questions pour être certain de trouver l'objet inconnu parmi un million. Le nombre de questions dans notre jeu se traduit en longueur des messages produits par le code correcteur. Plus le code est « robuste », plus les messages sont longs et donc coûteux à envoyer. On fait ainsi face à une décision économique bien connue : pour se procurer un produit de plus haute qualité, il faut payer plus.

Récapitulons. Premièrement, les distorsions de l'information traitée sont inévitables, il faut donc développer des mesures protectrices. Deuxièmement, de telles mesures existent, mais elles augmentent le coût du traitement et de la transmission de l'information. La question n'est donc pas de savoir s'il faut se protéger contre les pannes, mais comment on doit le faire pour obtenir la robustesse nécessaire au plus bas coût possible. Le développement des codes correcteurs optimaux représente ainsi un défi de taille.



Andrzej Pelc

Professeur
Département d'informatique et d'ingénierie
Université du Québec en Outaouais

Ce texte a été écrit il y a presque 20 ans. Depuis, l'importance du traitement de l'information erronée dans les systèmes informatiques a encore beaucoup grandi. Non seulement la taille de ces systèmes a augmenté considérablement, ce qui les rend encore plus vulnérables aux pannes accidentelles, mais une nouvelle source de mauvais fonctionnement est devenue plus fréquente : les cyber-attaques. Ces dernières sont causées par des agents malicieux qui introduisent exprès des pannes pouvant causer des dommages plus graves que les pannes accidentelles. Elles sont aussi beaucoup plus difficiles à neutraliser. Heureusement, des outils puissants, dont certains développés au sein de mon équipe de recherche, permettent de protéger les systèmes informatiques même contre ces pannes malicieuses.

Toujours professeur d'informatique à l'Université du Québec en Outaouais, je n'ai malheureusement pas pu m'investir aussi intensément que j'aurais voulu dans le champ de la vulgarisation scientifique, et ce, à cause du manque de temps, ce fléau de la vie universitaire. Mais tout n'est pas perdu. Au fil des années, j'ai enseigné à la communauté étudiante à tous les niveaux : à partir du baccalauréat, par la maîtrise et le doctorat, jusqu'au niveau des stagiaires postdoctoraux. Beaucoup de mes élèves de l'époque sont maintenant des spécialistes accompli·e·s dans divers sous-domaines de l'informatique, en plus d'avoir d'excellentes habiletés de communication. J'ai essayé de leur transmettre ma conviction que la vulgarisation scientifique est très importante. J'espère que ces chercheur·euse·s prendront la relève.

 2005

NOYER LE CO₂ AU FOND DE L'OcéAN POUR SAUVER NOTRE PLANÈTE?

Christian Lévesque

Chercheur postdoctoral en biologie
Monterey Bay Aquarium Research Institute

Notre planète a chaud. Les signes sont partout : la fonte des glaces en Arctique, le recul des glaciers en montagne, la fréquence accrue des phénomènes météorologiques extrêmes... La température moyenne à la surface de la Terre a augmenté d'un demi-degré Celsius au cours du dernier siècle, et les climatologues prévoient un réchauffement additionnel de 1 à 6 degrés au cours des 100 prochaines années. Les coupables de ce réchauffement climatique sont les gaz à effet de serre (GES) émis dans le cadre de plusieurs activités humaines, telle la combustion de pétrole et de ses dérivés. Particulièrement pointé du doigt, le gaz carbonique (CO₂) est le plus abondant de ces gaz. Alors que la communauté internationale se mobilise tant bien que mal pour combattre ces ennemis, une solution drastique est envisagée pour contrer le problème : noyer le CO₂ dans l'océan.

Couvrant plus des deux tiers de la surface de notre planète bleue, l'océan absorbe déjà environ la moitié du CO₂ émis chaque année par l'humain, grâce à l'échange naturel de ce gaz entre l'air et l'eau. L'idée est alors simple : il suffit de trouver un moyen d'accélérer cet échange de gaz carbonique. En capturant le CO₂ à la source – à la sortie des cheminées de centrales thermiques brûlant du charbon, par exemple –, puis en le comprimant de façon qu'il devienne liquide et en l'injectant à une grande profondeur, soit à plus de 2000 m, on peut créer au fond de l'océan un vaste réservoir de CO₂. À cette profondeur, le CO₂ liquide se dissout graduellement dans l'eau et se retrouve dès lors retenu hors de l'atmosphère. Plusieurs industries et gouvernements, dont ceux des États-Unis et du Japon, se montrent très intéressés par l'idée d'utiliser d'ici quelques années l'océan comme un vaste « dépôt » pour le CO₂.

Des océans acides

« Et voilà le problème réglé! », pourrait-on dire. Mais il y a un hic. Le CO₂, une fois dissous dans l'eau de mer, se transforme en acide carbonique. Ajouter du CO₂ à l'océan a donc pour conséquence de le rendre plus acide. C'est le même processus qu'on observe avec les boissons gazeuses : leur acidité est attribuable au gaz carbonique qu'on y ajoute pour les rendre pétillantes. La perspective de transformer nos océans en gigantesques piscines de boisson gazeuse n'a bien sûr rien de rassurant pour leur santé!

C'est ce constat qui a incité un groupe de chercheur-euse-s, dirigés par le Dr James Barry de l'Institut de recherche de l'Acquarium de Monterey Bay en Californie, à relever un défi : tester pour la première fois les impacts écologiques de l'entreposage de CO₂ en milieu naturel... au fond de l'océan Pacifique!

Voyage au fond du Pacifique

En décembre 2004, je me joins à une équipe d'une douzaine d'océanographes à bord du *Western Flyer*, un navire de recherche ultrasophistiqué, pour prendre part à cette première mondiale. Avec à son bord un sous-marin robotisé nommé Tiburon, ce navire est un des seuls au monde à pouvoir réaliser une telle expérience. Celle-ci se déroulera en deux temps. Nous injecterons d'abord une petite quantité de CO₂ au fond de l'océan, puis nous reviendrons un mois plus tard pour constater si les organismes ont été affectés.

En une journée de navigation, nous arrivons à l'endroit prévu, situé à une centaine de kilomètres à l'ouest de la Californie, sous 3 km d'eau. Au centre de la coque du *Western Flyer* s'ouvre alors une large porte par laquelle est largué le Tiburon. De la taille d'une voiture, ce véhicule descend lentement vers le fond, relié au navire par un simple câble. Bien au sec à bord du navire, nous attendons impatiemment dans la salle de contrôle, où une dizaine d'écrans nous livrent en direct les images captées par les caméras du sous-marin. Le spectacle est saisissant! Éclairés par les puissants phares du Tiburon, les méduses, les poissons grenadiers et une myriade de minuscules crustacés, dont plusieurs sont encore non identifiés, flottent dans un monde mystérieux, froid et sombre. Ils nous rappellent la grande diversité biologique de cet environnement encore mal connu. Après une heure de descente (à l'écran) dans cet univers énigmatique, notre fascination de chercheur-euse-s est à son comble lorsque nous atteignons l'ultime frontière que très peu ont eu la chance d'observer : à 3 km sous la surface agitée du Pacifique, le fond de l'océan s'étend sous nos yeux, comme un vaste désert obscur. Partout, on ne voit que des sédiments, cette boue qui est un mélange de particules minérales et de restes d'organismes vivants, et qui couvre la quasi-totalité du fond. Or, ces profondeurs n'ont du désert que l'apparence. Enfouie dans la boue se cache une vie foisonnante : mollusques, vers, crustacés et une multitude de micro-organismes encore inconnus servant de repas aux étoiles de mer, aux poissons centenaires et aux crabes géants vivant au ralenti au fond de l'océan.

Contrastant avec le rythme lent des fonds marins, le temps presse, à bord du navire, pour les chercheur-euse-s. Il faut agir vite, puisque les 3000 m d'eau qui pèsent sur le Tiburon lui font subir une pression phénoménale 300 fois supérieure à la pression en surface. Cette force peut à tout moment causer un bris mécanique et paralyser le sous-marin. Guidé par l'équipe de recherche, le pilote Robert Reynolds manœuvre habilement le Tiburon au moyen de télécommandes. Nous déposons d'abord au fond de l'eau une douzaine de barils de plastique de façon à former un cercle de 20 m de diamètre. Le sous-marin déverse dans ces contenants le CO₂ liquide, qui se répandra à l'intérieur du cercle au gré des courants du fond. Nous déployons ensuite divers instruments qui mesureront les changements d'acidité du milieu. Nous récoltons aussi dans cette zone des échantillons de sédiments pour identifier les organismes qui y vivent et connaître leur état de santé avant notre intervention.

Un écosystème affecté

Un mois plus tard, en janvier 2005, c'est le retour sur la scène de l'expérience. Après un transit en mer qui nous semble interminable, le sous-marin est mis à l'eau. La tension est palpable chez les chercheur-euse-s. Nous savons que les résultats de cette expérience pourraient influencer la décision d'utiliser ou non l'océan pour y déverser les surplus de CO₂. Une journée plus tard, le Tiburon remonte à bord avec son précieux lot d'instruments et d'échantillons. Pendant que certains d'entre nous s'affairent à extirper et interpréter les données des instruments récupérés, d'autres plongent rapidement les mains dans la boue... Leur tâche consiste à trier les sédiments pour identifier les organismes qui y vivent et à dresser le bilan de santé de ces derniers.

Après quatre jours de travail frénétique, nous sommes enfin prêts à comparer les premiers résultats. Les sondes mesurant l'acidité indiquent que le CO₂ liquide, en se dissolvant dans l'océan, a bel et bien rendu l'eau plus acide. Certains échantillons de sédiments étaient d'ailleurs tellement chargés d'acide carbonique qu'ils pétillaient comme une boisson gazeuse! L'analyse d'autres échantillons montre que certaines espèces qui y étaient présentes un mois auparavant ont disparu. C'est le cas de certains vers

vivant à la surface des sédiments, qui ont été exposés aux plus fortes concentrations d'acide. D'autres organismes, dont les amphipodes, des crustacés qui vivent enfouis dans les sédiments, sont toujours présents, mais ont visiblement été affectés. Leurs carapaces sont devenues molles, partiellement dissoutes par l'acide. Les seuls organismes qui ont proliféré dans les sédiments sont les bactéries, qui se nourrissent de matière organique morte. Les animaux morts sont vraisemblablement devenus le repas de ces bactéries, qui ont pris avantage de cet afflux soudain de nourriture pour se reproduire.

L'urgence d'agir

Le moment est venu de lever l'ancre pour retourner au port. Nous quittons le site de cette première expérience, qui nous a montré les effets drastiques que peut avoir le rejet d'une petite quantité de CO₂ sur la vie au fond de l'océan. D'autres expériences devront être réalisées pour vérifier nos observations, mais il apparaît assez clairement que l'utilisation de l'océan comme un vaste dépotoir à CO₂ ne serait pas sans conséquences pour l'équilibre de cet écosystème encore mal connu. La solution la plus sûre au problème du réchauffement climatique demeure encore un changement dans nos habitudes de vie pour réduire les émissions de gaz à effet de serre. Le premier signe qui nous annonce l'approche du port nous rappelle d'ailleurs de façon ironique l'urgence d'agir : à l'horizon, deux immenses cheminées d'une centrale thermique crachent à pleine capacité leur fumée chargée de CO₂ dans le ciel californien...



Christian Lévesque, Ph. D.

Professeur
Département de biologie
John Abbott College

Dès les premières lignes, je constate à quel point la situation a changé! On sait que la planète s'est maintenant réchauffée de plus de 1°C. Les émissions de gaz carbonique et autres gaz à effet de serre continuent d'augmenter chaque année. Les changements climatiques sont devenus plus tangibles pour la population, qui subit ses effets de plus en plus directement.

En conséquence, jamais ces changements n'ont retenu autant l'attention. Les citoyen·ne·s s'engagent de plus en plus pour réduire l'impact des gaz sur le climat, et pour demander aux gouvernements et aux industries d'en faire plus. Les progrès sur ce plan sont lents, mais concrets. Cette mobilisation a vraisemblablement fait fléchir le rythme des émissions de gaz à effet de serre. Il faut cependant en faire davantage pour limiter les impacts irréversibles des changements climatiques. Heureusement, l'idée d'injecter du gaz carbonique directement dans les océans a été largement mise de côté, entre autres à cause des effets néfastes sur la vie marine.

Depuis 2005, la vulgarisation prend une place prépondérante dans ma carrière. J'ai choisi d'enseigner la biologie au collégial pour sensibiliser mes élèves à l'importance de mieux comprendre les milieux naturels et de les protéger. En leur permettant d'accéder aux connaissances les plus récentes dans ce domaine, je peux les impliquer activement dans des travaux de recherche sur les impacts des changements climatiques et d'autres problématiques environnementales. Au moment où la crise climatique n'a jamais été aussi évidente, je me sens privilégié de pouvoir jouer ce rôle auprès de ces jeunes adultes.



📅 2006

SI LE TRAVAIL EST PLAISIR, LA VIE SERAIT JOIE

Jacques Forest

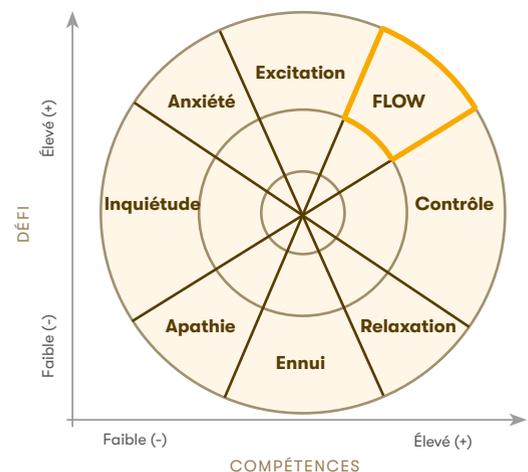
Doctorat en psychologie
Université de Montréal

Rappelez-vous une journée où vos tâches vous absorbaient complètement, où le défi de la situation mettait vos compétences à l'épreuve et où le temps semblait suspendu. Cet état psychologique optimal de motivation et de bien-être intense s'appelle le *flow*. C'est un état transitoire et de courte durée, synonyme de plaisir, que les sportif-ve-s appellent « être dans la bulle » ou « être dans la zone ». L'état de *flow* peut être vécu dans l'exercice d'activités sportives ou artistiques, mais aussi au travail. Cet état a l'avantage de stimuler le bien-être psychologique et la performance, en plus d'être contagieux. Voici donc l'autopsie d'un phénomène positif.

Une définition du plaisir : la notion de *flow*

Pourquoi une personne qui ne reçoit aucun salaire ou bénéfice extérieur continue-t-elle à pratiquer telle ou telle activité? Tout simplement par plaisir? Les premières études sur l'état de *flow* ont été réalisées dans les années 1970 par le psychologue hongrois Mihaly Csikszentmihalyi, l'une des figures de proue du courant de la « psychologie positive ». Elles avaient pour but de mieux comprendre le plaisir ressenti par les individus pratiquant certaines activités tels les passe-temps, les arts ou la musique, en l'absence de renforcement extérieur.

Cet état psychologique a été dénommé *flow* par Csikszentmihalyi, car la plupart des individus interviewés mentionnaient que tout coulait de source lors de ces épisodes – en anglais, ces personnes disaient « *it flows* ». Le *flow* se manifeste typiquement lorsque le défi de la situation est évalué comme étant égal ou légèrement supérieur aux habiletés que la personne croit posséder. Si le défi est beaucoup plus élevé que les compétences, l'anxiété ou l'inquiétude peuvent se manifester. À l'opposé, s'il est perçu comme étant trop bas, l'individu pourra ressentir de l'ennui ou de l'apathie. Pour générer l'état de *flow*, l'activité doit donc permettre une utilisation maximale des compétences.



GRAPHIQUE 1. LE MODÈLE DU FLOW EN 8 CANAUX
Source : Tiré et adapté de Csikszentmihalyi, M. (1997).
Finding Flow, New York, Basic Books.

Les psychologues s'intéressent à cet état, car on a pu constater qu'il produit des effets bénéfiques significatifs tels un bien-être psychologique et l'accomplissement de bonnes performances, tant en sport qu'au travail. De plus, des études ont démontré que les épisodes de *flow* vécus par des professeur-e-s de musique étaient contagieux et que cet état de *flow* se transmettrait aux élèves!

Les trois principes de base du plaisir au travail

En faisant le tour de ce que l'on sait sur le *flow* et les concepts similaires, on constate qu'il y a trois principes de base auxquels on ne peut déroger pour avoir du plaisir au travail.

Le plaisir ne vient pas seul, il demande des efforts soutenus et dirigés. Le plaisir n'est pas un état inactif de béatitude ou de satisfaction indolente, mais bien une démarche de quête de soi, plus ou moins ardue, où l'individu doit chercher activement à connaître les valeurs qui l'animent au travail, à savoir ce qui donne un sens à son travail et, en définitive, un sens à sa vie. Ce n'est qu'après s'être imposé un interrogatoire en règle avec lui-même qu'un individu est en mesure de faire le bon choix d'employeur-euse ou de carrière, ou encore, de champ d'études.

Pour qu'il y ait du plaisir, il doit y avoir adéquation entre les valeurs et les capacités de l'individu, et les tâches qu'il exécute. Lorsque quelqu'un est bien adapté à son emploi et qu'il aime son travail, on a souvent tendance à dire, en langage courant, qu'il « *fitte* », qu'il est à sa place. En psychologie, plusieurs mots sont utilisés pour désigner ce deuxième principe. On parle d'adéquation, d'équilibre, de congruence, de concordance, de cohérence, de résonance, de consistance ou d'harmonie... Mais comment choisir un emploi qui nous corresponde vraiment? Une partie de la réponse réside dans le fait de percevoir son travail comme une mission ou une vocation. « *Make your vocation your vacation* », souligne un dicton anglais. Les sujets qui abordent leur travail comme une vocation jugent que celui-ci est indispensable et socialement désirable, et qu'il implique des activités qui sont souvent perçues comme étant agréables. Ces sujets ne travaillent pas d'abord pour les gains financiers ni pour l'avancement de carrière, mais bien pour le sentiment d'accomplissement et de satisfaction que le travail apporte en lui-même. On peut dire que ces individus sont motivés intrinsèquement plutôt qu'extrinsèquement. Pour mieux comprendre la différence entre motivation intrinsèque et motivation extrinsèque, quelques explications s'imposent.

Il est généralement reconnu que les types de motivation peuvent être répartis selon un continuum allant de l'absence complète de motivation, soit l'amotivation, en passant par différents types de motivations extrinsèques ou externes, tels les gains financiers, la gloire ou la conformité aux normes du groupe, pour finalement aboutir à la motivation intrinsèque, soit la satisfaction et le plaisir inhérents à la pratique de l'activité. La motivation est un peu comme une voiture, elle est à la fois énergie, le moteur, et direction, le volant. Différents motifs et arguments peuvent être invoqués pour justifier la pratique de telle ou telle activité, mais attention, ce ne sont pas tous les motifs qui mènent aux mêmes conséquences affectives (émotions), comportementales (agissements) et cognitives (pensées). Dans divers domaines, comme l'éducation et les sports, la motivation intrinsèque semble presque tout le temps avoir des conséquences bénéfiques pour l'individu (bien-être psychologique, énergie physique, sécurité psychologique, etc.), alors que pour les types de motivations extrinsèques, le portrait des conséquences est moins reluisant : moins de bonheur, énergie physique amoindrie, symptômes/ problèmes/incidents physiques plus fréquents, etc.

En milieu de travail, les effets positifs de la motivation intrinsèque sur la motivation extrinsèque sont impressionnants : plus une personne agit par plaisir et non par recherche d'argent ou de prestige, plus elle sera en santé physiquement, moins elle se laissera aller à des ruminations ou des pensées négatives, plus elle sera performante, moins elle aura tendance à quitter son emploi, plus elle aspirera à être un-e bon-ne citoyen-ne dans son organisation... et la liste de conséquences positives pourrait continuer encore longtemps. Qui plus est, des études réalisées en Amérique, en Afrique, en Europe et en Asie démontrent l'universalité de cet état de fait : plus quelqu'un agit par satisfaction interne et non pour des motifs externes, plus cette personne tendra à fonctionner de façon optimale.

Ces résultats de recherche discréditent de manière éloquent le rêve américain et tous les arguments qui avancent que l'argent fait le bonheur... Plus de conséquences positives et moins de conséquences

négatives sont associées aux motivations intrinsèques (faire quelque chose par intérêt et satisfaction intérieurs) que lorsque les motifs sont extrinsèques (appât du gain et évitement de la culpabilité). Morale de l'histoire : ne cherchez pas le prestige ou l'argent, mais bien la satisfaction intérieure. Ce mode de fonctionnement générera des bienfaits et vous profiterez pleinement des 40 heures (ou plus!) que vous passez chaque semaine au travail.

Pour éprouver du plaisir, on est appelé à se mettre au défi, à tester ses limites. En plus de l'effort, d'une adéquation entre valeurs et identité, le troisième principe souligne qu'il doit y avoir adéquation entre compétences et tâches à accomplir. En milieu de travail, on offre souvent des formations aux membres du personnel pour qu'ils améliorent leurs points faibles, alors que certaines entreprises fonctionnent merveilleusement bien en appliquant exactement la logique inverse! Ces entreprises misent sur les forces de leur personnel plutôt que sur ses faiblesses. Une compagnie américaine a d'ailleurs basé toute sa stratégie d'affaires autour de ce concept. Elle évalue systématiquement toutes ces nouvelles personnes salariées à l'aide d'un questionnaire qui permet d'identifier les forces les plus saillantes d'un individu. Par la suite, elle attribue les tâches et responsabilités à la nouvelle personne en fonction de ses forces. De plus, après les évaluations annuelles de productivité, au lieu de pallier les faiblesses ou les manques de l'individu, cette entreprise vise à mettre encore plus à profit ses forces... Selon cette compagnie, ce type d'approche favorise un meilleur rendement du personnel au niveau individuel et offre beaucoup d'avantages au niveau organisationnel. Il semble même que cette façon de procéder n'ait que des bénéfices et qu'elle devrait être privilégiée par plus d'entreprises, autant pour augmenter la performance que pour maintenir et stimuler le bien-être du personnel.

Il est donc très important de procéder à un bon jumelage entre compétences et tâches. Un défi trop élevé génère anxiété et stress, alors qu'un défi trop bas suscite ennui et apathie. Pour éprouver du plaisir, il faut trouver une activité qui correspond à ce que nous sommes, du côté des valeurs comme des compétences. Plus spécifiquement, au jour le jour, ce serait la mise à rude épreuve de nos compétences qui générerait du plaisir. En effet, les épisodes de *flow* surviendraient plus facilement lorsque le défi de la situation est évalué comme élevé et que les compétences requises pour y faire face sont utilisées à pleine capacité.

Ainsi, contrairement au sens commun, selon une étude de Csikszentmihalyi et LeFevre, en 1989, les individus auraient plus de plaisir au travail que dans leurs loisirs... Difficile à croire, mais vrai : l'occasion offerte par le travail d'utiliser au maximum ses capacités et compétences ferait en sorte que cette sphère de la vie donne lieu à des épisodes intenses d'absorption et de concentration. D'ailleurs, l'engagement au travail serait l'antithèse ou le remède au syndrome d'épuisement professionnel (*burn-out*). L'utilisation optimale du potentiel est une voie privilégiée pour éprouver du plaisir. Encore une fois, force est de constater que le plaisir demande des efforts, mais que cela vaut le coup!

Comment entrer dans le *flow*, y demeurer et éviter d'en sortir

On a demandé à des athlètes de haut niveau de nous faire part de leurs stratagèmes pour « atteindre la zone ». Les épisodes de *flow* en sport et au travail étant décrits avec les mêmes mots, il est possible de croire que les méthodes efficaces en sport le seraient aussi en milieu de travail. Dix facteurs permettant d'atteindre l'état de *flow* ont ainsi été relevés : préparation optimale, environnement et situation idéaux, perception positive de la performance, focalisation sur la tâche, confiance et attitude positive, interactions positives avec les collègues, motivation d'accomplir des performances, état d'activation optimal avant la performance à produire, bonne préparation avec un plan de préperformance et de postperformance, et expérience cumulée au fil des ans.

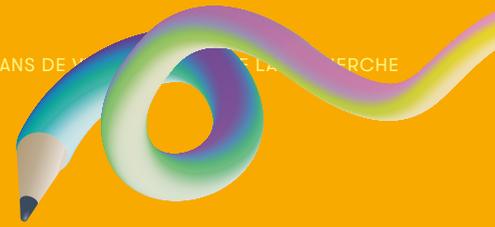
Dans cette optique, le psychologue américain Robert Harmison a montré que les caractéristiques associées à la zone de fonctionnement optimale en sport sont propres à chaque individu et qu'elles peuvent être identifiées, mesurées et reproduites de façon systématique. À partir d'études de cas, il a démontré qu'il est réalisable d'exercer le « muscle » de la performance psychologique, et qu'il est possible d'augmenter les probabilités de reproduire ces conditions gagnantes et ainsi d'accroître les probabilités d'obtenir des performances de pointe. Selon le même chercheur, les techniques d'entraînement psychologique en sport sont facilement transférables au monde du travail. Les compagnies appliquant ces principes pourraient trouver là un avantage compétitif indéniable sur leurs concurrents.

Pour conclure

Le plaisir au travail augmente le bien-être, améliore les performances en sport et au travail, s'avère contagieux et peut prévenir les problèmes de *burn-out*.

Cependant, on voit bien que le plaisir au travail est un état transitoire et non permanent. Des méthodes peuvent favoriser et stimuler cet état, mais elles demandent des efforts et un minimum de préparation. Une fois cela assumé, on constate qu'on peut augmenter ses chances de vivre des épisodes de plaisir en faisant usage de divers procédés. Toutefois, il faut être prudent. Les méthodes présentées pour promouvoir le plaisir au travail peuvent sembler infaillibles, mais, en réalité, elles ne le sont pas. Il faut avoir des attentes réalistes, et l'application des méthodes demande un doigté et un savoir-faire qui ne s'enseignent malheureusement pas dans les livres.

L'important à retenir : il est possible de ressentir du plaisir au travail, et cela demande des efforts soutenus, dirigés et encadrés. Comme Confucius l'a si bien dit : « La personne qui prend plaisir à travailler ne travaillera plus jamais. »



Jacques Forest, Ph. D.

Professeur titulaire, ESG UQAM
Psychologue, membre de l'Ordre des conseillers en ressources humaines
et en relations industrielles agréés du Québec (*Distinction Fellow*)

Mon article de vulgarisation scientifique se voulait englobant, il visait à faire un tour d'horizon des notions de plaisir et de bien-être au travail. Bien que cela fasse 17 ans que l'article a été écrit, certains des principes directeurs restent les mêmes. Si on entre dans le fin détail des plus récentes recherches, on voit quand même que le domaine s'est précisé et a évolué. En même temps, ce qui ne change pas, c'est que plaisir et bien-être font bon ménage.

Je continue à m'intéresser au bien-être, à la performance et au fonctionnement optimal dans mes recherches comme professeur universitaire et mes interventions comme psychologue. J'utilise maintenant la théorie de l'auto-détermination pour étudier les antécédents et les conséquences des qualités des motivations au travail et dans différentes sphères de vie. Je peux dire que le « plaisir » comme sujet général est toujours présent dans mes recherches, mais j'aborde cette notion aujourd'hui sous l'angle des qualités des motivations que les gens ont.

Depuis 2006, je n'ai pas cessé de faire de la vulgarisation scientifique, que ce soit dans des articles de type « grand public » ou dans mes interventions dans les médias (plus de 200) écrits, télévisuels ou radiophoniques. En fait, le prix du Concours de vulgarisation de la recherche l'Acfas m'a démontré que nous pouvions « raccourcir » le temps entre la création de connaissances et leur acceptation ou leur diffusion dans le grand public, ce qui est vraiment motivant! Depuis, j'utilise ce vecteur qu'est la vulgarisation ou la « double dissémination » (écrire un article scientifique et un article « grand public ») dès que c'est possible. Cela demande du temps et des efforts, mais c'est toujours rentable, selon mon expérience.

 2007

DES FORÊTS D'HIER AUX TOURBIÈRES DE DEMAIN

Annick Saint-Denis

Maîtrise en écologie forestière
Université de Montréal

Derrière chez vous, il y a un étang! Année après année, vous le regardez passionnément, puis, soudain, vous remarquez qu'il a changé. Il semble plus petit, car la végétation qui le bordait a envahi la surface de l'eau. Il pourrait même disparaître un jour au profit de matières végétales lentement décomposées, la tourbe. Toutes les personnes qui se souviennent de leurs cours d'écologie reconnaissent là le processus de formation d'une tourbière. Ce qu'on sait peut-être moins, c'est que la tourbière peut se faire à son tour envahir par les arbres et même devenir une forêt.

Observer le phénomène inverse, une forêt se transformant en tourbière, serait surprenant. Pourtant, c'est ce qui semble se produire dans le Nord-Ouest québécois. Cette région était autrefois celle des lacs glaciaires Barlow et Ojibway, formés pendant la fonte de l'*inlandsis laurentidien*, un énorme glacier qui recouvrait le Québec il y a 15 000 ans. Lorsque ces lacs se sont retirés, ils ont laissé une immense étendue argileuse connue aujourd'hui sous le nom de *ceinture d'argile*. Les sols argileux froids et humides de cette région ralentissent la décomposition de la matière organique. Avec le temps, celle-ci s'accumule sur plusieurs centimètres et la productivité forestière décline.

Quand la forêt dense s'éclaircit

Les forêts d'épinettes noires situées sur la ceinture d'argile évoluent de façon particulière. Au lieu de se maintenir, elles s'ouvrent avec le temps, et pendant qu'elles vieillissent, des arbres matures meurent et tombent, créant des ouvertures que l'on appelle *trouées*. Plus il y a d'arbres qui meurent, plus les trouées deviennent grandes; la forêt s'éclaircit. Normalement, les trouées devraient se combler par la pousse d'arbres plus jeunes. Or, cette situation s'observe fréquemment dans d'autres écosystèmes forestiers, mais ne semble pas courante sur la ceinture d'argile. Dans les forêts de 150 ans, l'espace entre les arbres est si grand que les trouées paraissent interconnectées. De leur côté, les vieux peuplements de plus de 200 ans atteignent des taux d'ouverture de près de 80 %. Il ne reste que quelques grands arbres dispersés et entourés par d'autres plus petits.

Malgré l'ouverture des forêts, la régénération dans les trouées est habituellement abondante sur la ceinture d'argile. Cependant, les bonnes conditions de croissance et de germination se raréfient avec le temps. Les forêts *s'entourbent* en raison de l'accumulation de matière organique et de l'envahissement des sphaignes, ces mousses qui profitent de l'augmentation de lumière pour coloniser le sous-bois. À plusieurs endroits, la nappe d'eau souterraine monte et les arbres se retrouvent les pieds

dans l'eau froide. La croissance est par le fait même ralentie. Non seulement les arbres en régénération sont souvent petits, mais en plus ils sont vieux. Plusieurs sont même centenaires. On peut connaître leur âge en comptant les anneaux de croissance sur une section de leur tronc. Chaque anneau de croissance, aussi appelé *cerne*, correspond à une année. La croissance annuelle est si faible parfois que l'on doit avoir recours à une loupe! Mal de tête garanti lorsqu'on doit compter 145 cernes sur un tronc d'à peine cinq centimètres de diamètre! Il serait étonnant que ces « jeunes » arbres soient un jour à la hauteur de leurs prédécesseurs...

Des coupes bénéfiques?

Dans cette région fascinante, quelques rares forêts ont échappé au feu depuis 2000 ans. Mais peut-on encore parler de forêt lorsque les arbres sont à peine plus hauts que nous et qu'il y a des dizaines de centimètres de tourbe sous nos pieds? Marcher dans ce milieu naturel ressemblant à une tourbière rappelle la marche sur la neige sans ses raquettes! Bien qu'elles soient d'une grande importance écologique, on ne peut, pour améliorer leurs conditions de croissance, laisser toutes les forêts de la ceinture d'argile se transformer en tourbières jusqu'à ce qu'un feu sévère les brûle. Du moins, pas du point de vue de l'aménagement forestier. Et une des avenues à envisager pourrait bien être le retour des coupes à blanc. De quoi secouer l'opinion publique!

Les coupes que l'on pratique maintenant sont les coupes avec protection de la régénération et des sols (CPRS). Or, si l'on ne perturbe pas les sols des forêts entourées, l'épaisse couche de matière organique persiste et augmente. Elle agit comme une couche isolante qui garde les sols froids. La régénération qui reste ou celle qu'on y plante aura alors de la difficulté à croître. Il faut donc « brasser » le sol afin de réduire l'épaisseur de la matière organique, comme le ferait un feu. Par la suite, replanter dans ces conditions devrait favoriser le retour d'une forêt dense et productive. Paradoxe typique du Nord-Ouest québécois, perturber la forêt pourrait lui faire du bien... si on ne veut pas qu'il reste seulement des tourbières demain.



Annick St-Denis, Ph. D.

Professionnelle de recherche, laboratoire de Christian Messier
Chaire CRSNG/Hydro-Québec sur le contrôle de la croissance des arbres
Centre d'étude de la forêt (CEF), Université du Québec à Montréal (UQAM)
Chargée de projet senior – Habitat



En relisant cet article écrit en 2007, je me souviens du calme et du bien-être que je ressentais dans ces forêts bordées d'abondants bleuets sauvages. Moi qui avais été tant touchée par le film *L'Erreur boréale*, j'ai compris que dans le nord-ouest de l'Abitibi, il n'est pas juste de voir en noir les coupes à blanc, puisqu'elles peuvent être pertinentes si elles sont faites à la bonne place, au bon moment. Aujourd'hui, en revanche, on reconnaît plus que jamais l'importance des vieilles forêts et des tourbières pour leur grande biodiversité et leur stockage de carbone.

Après un doctorat en biologie spécialisé en restauration forestière des friches, j'ai travaillé pour la Ville de Laval en conservation des milieux naturels et en foresterie urbaine. Comme un retour du balancier, je suis revenue dans le milieu universitaire pour collaborer au développement d'un outil informatique, SylvCiT, qui a pour but de mieux planifier les plantations d'arbres afin que les forêts urbaines soient diversifiées et résilientes. J'ai gardé un pied dans le monde de l'UQAM et un pied dans le milieu du travail en collaborant avec Habitat, une firme spécialisée dans l'identification de solutions nature et l'évaluation des bénéfices écologiques.

J'ai utilisé la vulgarisation scientifique dans toutes mes expériences à travers des conférences, des webinaires, des articles, des rapports, des fiches éducatives, des outils informatiques ou des reportages sur les ondes de Savoir média, Télé-Québec et Radio-Canada. Pour que la recherche soit appliquée, elle doit être transmise, comprise et appréciée. J'adore faire des présentations dans des classes du primaire jusqu'au 2^e cycle universitaire sur un même sujet, en modifiant simplement la façon dont les concepts sont présentés... que des enfants jouent à être des arbres différents ou que des étudiant·e·s en biologie apprennent la diversité fonctionnelle.

 2008

LE BAS-DU-FLEUVE, BERCEAU DE LA LITTÉRATURE QUÉBÉCOISE

Claude La Charité

Professeur en histoire littéraire
Université du Québec à Rimouski

Certains lieux nous habitent plus que nous ne les habitons. Ils servent à la fois d'élément déclencheur à nos émotions et de décor à notre imaginaire. Ce n'est plus alors notre conscience qui se projette sur le monde extérieur pour en faire un paysage mental. Ce sont les lieux qui s'imprègnent en nous.

Jusqu'à Nelligan, le Québec littéraire du XIX^e siècle était hanté par les embruns de l'estuaire du Saint-Laurent, cette vaste région maritime qui court de Lévis à Gaspé, véritable berceau de la littérature québécoise.

Ce Québec maritime a été de fait le lieu de naissance de cette nouvelle littérature nationale qui s'inventait alors, tant du côté de la poésie, du roman et du conte. On peut penser ici à Philippe Aubert de Gaspé, auteur des *Anciens Canadiens* (1863), né à Saint-Jean-Port-Joli; à l'abbé Casgrain, premier critique de notre littérature, né à Rivière-Ouelle; à Joseph-Charles Taché, fondateur de la revue *Soirées canadiennes* (1861-1865), né à Kamouraska; ou encore, à Louis Fréchette, poète national couronné par l'Académie française, né à Lévis.

C'est une évidence, on ne choisit pas le lieu où l'on naît. Mais il est frappant de voir la prédilection de bon nombre d'écrivain-e-s de l'époque pour l'estuaire, où, souvent sans y être né-e-s, s'y établissent à demeure ou pour les vacances estivales. Joseph-Charles Taché choisira de vivre de 1844 à 1857 à Rimouski, où il composera l'essentiel de son œuvre littéraire. Le Montréalais Émile Nelligan passera ses vacances en famille à Cacouna, où il écrira plusieurs de ses poèmes. Arthur Buies, né à Montréal, sera élevé par ses grand-tantes, « seigneuresses » de Rimouski, et par la suite reviendra souvent dans la région comme reporter. Philippe Aubert de Gaspé fils, né à Québec, rédigera le premier roman de notre littérature, *L'Influence d'un livre* (1837), à Saint-Jean-Port-Joli.

Plus significatif encore que ce goût pour une région riche en lieux de villégiature à la mode apparaît le choix de mettre en scène leur fiction littéraire dans l'est du Québec. Dans le roman *Charles Guérin* (1846) de Pierre-Joseph-Olivier Chauveau, né à Québec, l'essentiel de l'intrigue se déroule sur la Côte-du-Sud. Louise, la sœur du héros, fait d'ailleurs un vibrant éloge de ce terroir, « d'où la vue s'étend si loin sur le fleuve, que l'on croirait que l'on pourrait voir jusqu'à la mer ».

Le Bas-du-Fleuve ne fait pas qu'offrir un cadre pittoresque aux œuvres littéraires. Il est aussi habité par des personnages plus grands que nature. C'est le cas de Toussaint Cartier, que l'abbé Louis-Édouard Bois, originaire de Québec, met en scène dans le roman *Toussaint Cartier, l'ermite de l'île Saint-Barnabé* (1867) pour arriver à comprendre la force de caractère d'un homme qui vécut seul sur son île pendant 40 ans.

Plus encore qu'un décor ou des personnages, le Québec maritime incarne surtout un art de vivre. Dans les chroniques d'Arthur Buies publiées dans les journaux, l'est du Québec représente d'abord une longue suite de « places d'eau » pour les riches estivants qui, de Kamouraska au Bic, en passant par Cacouna, ont la chance de s'offrir une vie de luxe, de calme et de volupté en front de mer. Pour Aubert de Gaspé père, cette région évoque d'abord son manoir familial de Saint-Jean-Port-Joli, un village qui incarne un coin de Nouvelle-France arc-bouté contre le temps s'écoulant irrémédiablement, et où la Conquête n'a jamais eu lieu.

François-Magloire Derome, poète, journaliste, notaire né à Montréal et établi à Rimouski en 1857, évoque l'exceptionnelle hospitalité de Pascal Taché, seigneur de Kamouraska, qui l'invita sans façon à sa table dès leur première rencontre, alors que Derome contemplant le point de vue depuis la grève devant le manoir.

Dans la représentation symbolique que l'on se fait de l'espace à l'époque, l'estuaire du Saint-Laurent tient une place de choix. Les cartes géographiques représentent d'ailleurs les régions du Québec en fonction de la navigation maritime, de l'est vers l'ouest : d'abord la Gaspésie, puis le comté de Rimouski, puis celui de Kamouraska, etc.

Comme la littérature au XIX^e siècle avait pour fonction première d'exprimer l'identité nationale, le choix qu'a fait Laure Conan, originaire de Charlevoix, de situer, dans son roman *Angéline de Montbrun* (1881-1882), le lieu imaginaire de Valriant à proximité de Gaspé se trouve, du même coup, éclairé par la présence de la croix de Cartier.

La prédilection, sinon la fascination, des écrivains de l'époque pour le Bas-du-Fleuve, de Lévis à Gaspé, est comparable en fait à une sorte de pèlerinage symbolique aux sources historiques et mythiques du Québec.



Claude La Charité

Chaire de recherche du Canada en histoire littéraire et patrimoine imprimé
Université du Québec à Rimouski

J'ai continué de m'intéresser aux écrivain·e·s qui ont fait du Québec maritime le berceau de la littérature québécoise en dirigeant des ouvrages collectifs sur Philippe Aubert de Gaspé, mémorialiste, et sur la polygraphie de Joseph-Charles Taché, c'est-à-dire sa tendance à écrire de nombreux livres sur des sujets variés. J'ai réédité certaines œuvres marquantes comme les *Mémoires* (1866) du dernier seigneur de Saint-Jean-Port-Joli. J'ai aussi étudié la manière dont Victor-Lévy Beaulieu, dans ses anthologies de contes, légendes et récits, a ancré l'idée d'une littérature inventée dans le Bas-du-Fleuve. J'ai enfin utilisé la fiction littéraire pour perpétuer la fascination de l'estuaire sur notre imaginaire, en proposant une suite à *L'Influence d'un livre* dans mon roman *Autopsie de Charles Amand* (L'instant même, 2021).

La vulgarisation occupe une place croissante dans mon travail de chercheur et de créateur. Au cours des dernières années, j'ai multiplié les collaborations avec des journaux et des magazines comme *Le Devoir*, *Le Soleil*, *Cap-aux-Diamants*, *L'Estuaire* ou *Histoire Québec*. J'ai signé une série d'articles dans le journal indépendant de Rimouski *Le Mouton noir* sur les origines de la littérature québécoise et sur l'ermite Toussaint Cartier. J'ai également participé régulièrement à l'émission *Aujourd'hui l'histoire* à ICI Radio-Canada Première, en présentant des figures pionnières de la littérature québécoise ou marquantes de l'humanisme du XVI^e siècle. Un livre en a d'ailleurs été tiré : *L'Invention de la littérature québécoise au XIX^e siècle* (Septentrion, 2021). Un deuxième est en préparation sur le vertige du savoir à la Renaissance.

2009

LA NOUVEAUTÉ : DE L'IDÉOLOGIE À LA CONDITION HUMAINE

Dominique Lepage

Chercheur et professeur d'histoire
Université de Sherbrooke

L'époque moderne s'est articulée autour d'un mouvement de rupture avec le passé. Il en a émergé une valeur qui s'est imposée avec force : le « nouveau ». Depuis deux siècles, les percées techniques et scientifiques attisent une curiosité joyeuse pour les inventions, les avant-gardes mènent les arts dans une recherche radicale de la nouveauté, l'enseignement s'enrichit de « pédagogies nouvelles », et s'est imposé un système économique qui repose fortement sur le dynamisme de l'innovation, de sorte que la nouveauté est aussi devenue un puissant slogan publicitaire.

On se préoccupe des dynamiques de l'innovation, par exemple dans le monde des affaires, mais la contribution de la philosophie sur cette question consiste plutôt à poser un regard large et critique sur ce que nous appelons la *nouveauté*, et que nous confondons souvent avec une promesse de qualité, voire de plaisir. Il ne s'agit bien sûr pas de discréditer toute nouveauté, mais d'engager une réflexion sérieuse sur une notion dont la banalité apparente et le vague persistant contribuent à en faire un outil rhétorique puissant, et à embrouiller l'enjeu humain qu'il recèle.

Le terme *nouveauté* couvre un large registre, touchant notamment aux thèmes de la jeunesse et de la naissance, mais aussi à celui de l'inédit. Cet optimisme de la création et de la découverte fut toutefois remis en question au XX^e siècle, particulièrement à la suite du choc des deux guerres mondiales. Le cas d'Hiroshima, par exemple, a brutalement démontré qu'une innovation technique n'est pas en soi un progrès : la nouveauté advient parfois pour le pire. L'inédit est ainsi lié à l'imprévisible, avec tout ce que celui-ci comporte d'excitant et d'angoissant à la fois.

Au-delà de toute variation idéologique, toutefois, la nouveauté reste intrinsèque à notre condition. Étant soumis aux éternels recommencements du cycle vital, l'humain est également producteur d'une continuité – par ses constructions, ses traditions –, sur fond de laquelle ses actions libres se dégagent comme uniques et inédites. Dans les rythmes multiples et entremêlés de l'existence humaine se croisent les divers visages de la nouveauté. Ainsi, on peut légitimement s'attendre à ce que le soleil se lève demain sur un jour nouveau, mais nul ne sait à quoi conduira l'élection d'un nouveau chef d'État.

Si l'inconnu lié au nouveau comme inédit peut avoir quelque chose d'inquiétant, il n'en est pas moins une condition fondamentale de toute espérance. L'arrivée de personnes et de réalités nouvelles est chaque fois l'assurance d'une continuation, à la fois de la vie et de l'histoire. Cela, en soi, ne promet ni le mieux ni le pire, mais constitue une condition nécessaire à tout espoir. De là à croire que tout ce qui est nouveau est meilleur, le pas est grand, mais il a pourtant été franchi à maintes reprises, la recherche du nouveau devenant alors idéologique. Ce glissement est sans doute attribuable en partie à une confusion des aspects de la nouveauté, de telle sorte qu'on prête à l'inédit un pouvoir régénérateur propre aux cycles naturels, où la créature naissante apparaît vierge des tares liées au vieillissement – une idée qui elle-même demande à être nuancée.

La recherche du nouveau pour lui-même implique en outre un paradoxe : à vouloir toujours du nouveau, on finit par basculer dans la répétition, et, d'une nouveauté substantielle, il ne reste alors que le nom. Le philosophe Theodor Adorno avait repéré ce problème : un abus du nouveau mène à l'impression angoissante qu'à force de changements et d'excitations, rien ne change et l'on finit par ne plus rien sentir. La nouveauté possède ce bénéfice très simple qui est de briser les habitudes et de rompre l'ennui. Or, à en abuser, on finit par perdre ce que le nouveau recèle de fondamental.

En approfondissant l'idée de nouveauté, nous pouvons la délester de son poids idéologique pour accéder à ses implications fondamentales. La nouveauté touche à la structure de toute continuité pour les êtres finis que nous sommes, mortels, et pourtant créatifs et ouverts à notre avenir. Là où tout est appelé à passer, à vieillir, à s'user, à changer, toute continuation est faite de renouvellements, d'innovations, en somme de nouveauté. Celle-ci, loin d'être un simple slogan, appartient à l'indépassable condition de l'être humain, et est en même temps liée à sa capacité de voir autrement et de changer les choses.



Dominique Lepage, Ph. D.

Professeure de philosophie
Cégep Garneau

Mon projet de thèse visait initialement à interroger la tendance moderne à donner à la *nouveauté* le statut de valeur. J'avais fini par constater que le terme même recouvrait une abondance de significations et d'imaginaires – ce dont le texte de 2009 voulait rendre compte. Ma thèse s'est finalement concentrée sur l'élucidation de cette notion souvent mal définie, bien qu'omniprésente et même normative. Le sujet ne me semble avoir rien perdu de sa pertinence et les questions qu'il soulève continuent de marquer mon parcours.

Ma recherche a, par exemple, convergé avec mon goût pour la vulgarisation dans une pratique occasionnelle d'officiante funéraire. J'ai constaté, en effet, que la passion de l'innovation tendait à occulter l'importance des renouvellements, tels que les saisons, les fêtes, les rituels, pourtant nécessaires à la continuité de toute chose humaine, et notamment à notre capacité à donner du sens à nos existences. La philosophie me semble avoir beaucoup à apporter en cette matière.

La vulgarisation philosophique m'a en outre occupée à travers des cafés philo, des chroniques radiophoniques et des articles. Cela dit, elle est avant tout au cœur de mon enseignement. Traduire une théorie de manière à la fois simplifiée et rigoureuse exige en fait de la maîtriser mieux encore que pour en parler en termes spécialisés, ce qui est extrêmement stimulant. Et bien sûr, l'enseignement, comme la vulgarisation, consiste aussi à éveiller la curiosité, en montrant ce qu'un sujet a de passionnant. Il ne s'agit donc jamais simplement de faire découvrir ce qu'on enseigne; il faut soi-même, chaque fois, le découvrir de nouveau.



 2010

IL ÉTAIT UNE FOIS... LE CONTE

Tristan Landry

Chercheur et professeur d'histoire
Université de Sherbrooke

Les contes folkloriques sont pour la plupart d'entre nous le premier contact avec la littérature. Les images de prince charmant volant au secours d'une princesse enlevée par un dragon meubleront longtemps l'imaginaire des enfants avant que, devenus adultes, ils ne lisent à leur tour ces contes à leurs propres enfants. On pourrait s'imaginer remonter dans le passé pour y trouver nos aïeux racontant ces mêmes contes à leurs enfants, transmis oralement depuis la nuit des temps. Dans les faits, la réalité est très différente.

Des contes pour enfants, dites-vous?

Quand le conte commence à migrer de la culture orale au livre, bien des changements surviennent. Le contexte dans lequel les recueils de contes voient le jour n'est plus celui « des huttes et des cabanes » où, selon l'expression de Charles Perrault, on racontait ces « bagatelles ». La grande différence entre le conte imprimé et le conte oral est la suivante : à l'origine, les contes n'étaient pas pour les enfants. Ce sont Perrault, l'auteur des célèbres *Cendrillon*, *Le Petit Poucet* et *Le Petit chaperon rouge*, et ses émules, qui vont adapter ces histoires pour un jeune public. Les versions populaires du *Petit chaperon rouge* étaient beaucoup plus sanglantes, telle celle du Tyrol italien, où le loup accroche les intestins de la grand-mère sur la porte, à la place de la chevillette, et place les dents et la mâchoire de sa victime dans le buffet...

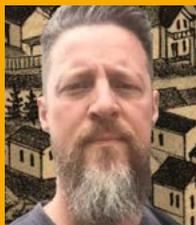
D'autres changements sont apportés, comme le montre l'histoire du recueil de contes des frères Grimm, dont le premier tome paraît en 1812. En effet, les contes *Blanche-Neige* ou *Hansel et Gretel* nous sont parvenus grâce au travail de Jacob et Wilhelm Grimm. On avait longtemps pensé que leur travail d'édition avait été fidèle aux contes originaux. Assertion malheureusement impossible à vérifier, car les Grimm ont « égaré » les manuscrits à l'origine des deux premiers tomes. Toutefois, après la Seconde Guerre mondiale, on a retrouvé dans un monastère des sources manuscrites qui ont miraculeusement échappé à la destruction. La comparaison a permis d'établir que des modifications importantes, dictées par le contexte de l'époque, ont été apportées aux contes édités par les Grimm.

Quand l'Histoire se conte

De 1806 à 1815, une large partie de l'Allemagne est occupée par la Grande Armée de Napoléon, stimulant le patriotisme des Allemands, qui se tournent vers leur passé et leur culture pour affirmer leur identité. Cependant, les contes que les Grimm commencent à recueillir s'avèrent beaucoup moins « allemands » qu'ils l'avaient espéré. C'est que les Grimm ne sont jamais allés dans « les huttes et les

cabanes ». Ils ont simplement ouvert les portes de leur salon aux « gens du monde » qui venaient leur réciter des contes. Or, une pratique établie par la bourgeoisie en termes de « bonne » éducation des jeunes personnes était de leur donner un précepteur ou, mieux, une nourrice française, cette langue étant un critère de réussite sociale. Quand venait le temps d'endormir les petits germaniques, quels contes pouvait bien choisir une nounou parisienne, sinon un conte de Perrault ! De plus, les contes allemands recueillis étaient bourrés de mots français, qui avaient depuis longtemps pénétré le vocabulaire de l'élite. Aussi les deux frères entreprirent de germaniser tout ce qui était français : le mot *Feen* (qui vient du français « fées ») devint *Zauberinen* ; tandis que *Page* (le domestique, en français) devint *Diener*. Des changements révélateurs, que l'on n'aurait jamais soupçonnés sans la découverte fortuite des manuscrits originaux.

L'histoire s'écrit en réalité souvent au hasard des trouvailles que les chercheur-euse-s dénichent dans les archives. Une découverte récente — que nous avons eu la chance de faire — dans les archives de la Société géographique russe à Saint-Petersbourg, a été celle de manuscrits originaux utilisés par le folkloriste russe Alexandre Afanasiev. Comme pour les Grimm, lorsque l'on compare ces sources avec les contes publiés, on constate des changements notables. Afanasiev a, lui aussi, « censuré » le conte ; quand un sorcier découpe des ceintures à même la peau du dos des frères d'Ivan l'Idiot, le folkloriste épargne aux enfants ce spectacle sanglant. Il a également éliminé les mots d'origine étrangère, par exemple le mot *apetitno*, qui vient du français « appétit ». C'est une découverte importante dans la connaissance du folklore russe, mais elle n'enlève rien à la beauté de ces contes. Ces recherches nous montrent simplement que la tradition est parfois affaire d'invention et que les faiseurs de contes ne sont pas toujours ceux que l'on croit.



Tristan Landry

Professeur titulaire
Département d'histoire
Université de Sherbrooke

Après avoir reçu mon prix, j'ai encore publié quelques textes savants sur l'invention du folklore, explorant comment la chanson dite populaire était, comme le conte, le fruit d'un travail d'adaptation par les folkloristes du XIX^e siècle, dont Karadžić en Serbie et Sakharov en Russie. Mais m'étant entretemps converti à l'histoire de l'alimentation, c'est dans ce champ que j'ai trouvé de nouvelles occasions de vulgariser mes recherches, notamment avec une série de conférences sur l'histoire de la fermentation, où j'ai démontré en cuisine comment faire une choucroute, de l'hydromel, du pain au levain, du fromage maison... tout en racontant l'histoire derrière ces savoir-faire, malheureusement aujourd'hui en partie oubliés. Ces techniques se transmettaient auparavant dans un contexte familial traditionnel, mais l'industrialisation, la migration de la population ouvrière dans les villes et l'intégration du marché du travail par les femmes ont brisé ce lien de transmission. N'ayant plus de temps pour pratiquer la fermentation, les familles ouvrières se sont tournées vers les produits d'une industrie agroalimentaire naissante.

Se réapproprier ces anciennes techniques présente un intérêt à l'ère de l'urgence climatique, et ce, en permettant de conserver les légumes achetés localement tout l'hiver, tout en bonifiant notre santé grâce au rôle maintenant bien connu des probiotiques. J'ai aussi créé, sur le campus de l'Université de Sherbrooke, un jardin historique qui comprend un potager aménagé selon le modèle autochtone des « trois sœurs » (citrouille, maïs, haricot), de même qu'une section d'herboristerie rendant hommage aux usages autochtones des plantes médicinales du Québec. Comme quoi, l'histoire peut prendre bien des formes!

 2011

UNE TÊTE CHERCHEUSE POUR MIEUX SOIGNER

Viviane Lalande

Maîtrise en génie biomédical
Polytechnique Montréal

Éviter la chirurgie ouverte. Tel est, à juste titre, un des leitmotifs de la médecine actuelle. Ces opérations sont traumatisantes pour le corps, chronophages pour le personnel médical et coûteuses pour la société. Quand c'est possible, on fait donc le choix d'opérations minimalement invasives réalisées avec des cathéters. Ces longs tubes de polymère, où se glisse un fil-guide, sont insérés dans les vaisseaux sanguins grâce à une incision minimale. Ainsi, les médecins « naviguent » dans le réseau sanguin jusqu'à la zone problématique, où ils procèdent à une injection de médicaments, une ablation, une observation...

Prendre les virages dans un réseau sanguin

En circulant dans le réseau sanguin, le fil-guide fait face sans cesse à des intersections, et il doit choisir la direction à prendre. Jusque-là tout va bien, car les médecins possèdent une vue d'ensemble des vaisseaux grâce au fluoroscope, un appareil d'imagerie, et peuvent choisir les directions menant vers la zone à traiter. C'est ici que se pose la réelle difficulté, loin d'être futile : réaliser, à chaque intersection, une manœuvre de virage efficace. De nombreux va-et-vient sont souvent nécessaires avant d'effectuer le bon tournant. Ces mouvements supplémentaires prolongent la procédure et l'exposition aux rayons ionisants du fluoroscope, et causent occasionnellement des lésions, potentiellement dramatiques, sur les parois des vaisseaux sanguins.

Une direction magnétique

Au Laboratoire de nanorobotique de l'École Polytechnique de Montréal, nous mettons au point une technologie visant à rendre le passage dans ces virages sûr et rapide. Il s'agit d'une tête chercheuse dirigeable grâce à des variations de champ magnétique. Cette tête de 0,9 mm de diamètre est placée au bout du fil-guide, lui-même inséré dans le cathéter. Pour qu'on puisse opérer cette manœuvre, la personne sous observation est d'abord placée dans le tunnel d'un appareil d'imagerie à résonance magnétique (IRM). Puis, la tête chercheuse est manipulée grâce à un « joystick », le but étant d'amener le fil-guide au plus près de la zone à traiter, sans dommages.

Protéger les patient·e·s et les médecins

La spécificité de notre projet est le recours à un appareil IRM, qui peut à la fois guider et « imager » le fil-guide sans ioniser les personnes impliquées dans le processus. Rappelons que le fluoroscope, habituellement utilisé pour la visualisation, peut induire des cancers.

De plus, au-delà de l'absence de rayons nocifs, notre appareil IRM, essentiellement composé d'un puissant aimant, produit une image du patient en 2D et en 3D, ainsi qu'un champ magnétique puissant que nous faisons varier pour diriger la tête chercheuse.

Le pilotage

Pour mettre la tête chercheuse en mouvement, on agit sur le champ de l'IRM en appliquant un gradient magnétique. Ce gradient crée des zones ayant un plus fort champ magnétique. Par simple attraction magnétique, la tête chercheuse se dirige vers la zone au champ élevé. Les médecins pilotent l'emplacement de ces zones avec le *joystick* au fur et à mesure de l'avancée du fil-guide.

La vision

L'embout est incompatible avec l'imagerie IRM traditionnelle. Le métal crée un « trou noir » dans l'image, appelé *artéfact*, qui empêche de voir les alentours de la tête chercheuse. Ce problème est contourné en modifiant la fréquence du signal perçu par l'IRM, permettant de repérer précisément le centre de l'artéfact. Ainsi, en superposant une image classique des tissus prise sans le fil-guide magnétique avec notre image modifiée, on peut visualiser la progression du fil-guide.

La plateforme

Notre méthode de visualisation de l'embout est un succès. La tête chercheuse et ses performances ont été caractérisées *in vitro*, et la validation de l'ensemble de la plateforme en conditions réelles, *in vivo*, est en cours. Les premiers résultats sont prometteurs. Nos tests ont permis de déterminer que l'amplitude des gradients magnétiques nécessaires pour se rendre dans les intersections les plus étriquées du système sanguin était insuffisante avec l'appareil IRM seul. Nous avons donc ajouté des bobines de gradients à l'intérieur de l'IRM, qui nous permettent d'avoir une attraction de notre tête 10 fois plus grande et donc une plus grande manœuvrabilité de notre fil-guide. Dans le futur, les constructeurs d'appareils IRM pourraient intégrer ce genre de bobines à leurs IRM pour le guidage d'éléments magnétiques : fil-guide, nanoparticules anticancer...



Viviane Lalande, Ph. D.

Communicatrice scientifique, formatrice,
chroniqueuse, créatrice de Scilabus

Depuis la publication, nous avons pu obtenir des résultats vraiment encourageants. Mais notre projet avait une grande limite : pour que la technique soit utilisée, il fallait modifier chaque appareil IRM en son cœur... Deux options s'offraient alors à nous : soit on attendait que les appareils commerciaux s'améliorent, soit on réorientait notre approche. C'est avec ce statu quo que j'ai fini ma maîtrise. Ce n'était pas grave que ce projet n'ait pas de suite... À l'époque, on cherchait quelle serait l'approche la plus efficace pour cibler une tumeur. Et si on guidait un cathéter? Et si on encapsulait le médicament avec des billes? Et si, et si, et si...? On y allait à tâtons; de la vraie recherche exploratoire. Au milieu de cette profusion d'idées, finalement, il y en a une qui est ressortie : utiliser des bactéries naturellement magnétiques, leur accrocher des médicaments anticancer sur le dos et les guider magnétiquement vers la tumeur! Les détails de l'avancée de ce projet sont désormais confidentiels, même pour moi, mais une chose est certaine : l'étape de la recherche exploratoire est terminée, c'est maintenant le temps de la recherche appliquée!

La vulgarisation scientifique, c'est devenu mon métier! À l'époque du concours, j'étais en maîtrise recherche et j'avais un blogue de sciences, que j'ai rapidement transformé en une chaîne YouTube : [Scilabus](#). Aujourd'hui, doctorat en poche et 10 ans de création de vidéos scientifiques plus tard, j'enseigne ce savoir-faire aux chercheur·euse·s, et je viens de passer le cap du demi-million d'abonné·e·s! Dire que tout ça a commencé avec un texte envoyé à l'Acfas à propos de mes petits cathéters...

 2012

UN DÎNER DE ROIS

Marie-Ève André

Maîtrise en biologie
Université de Sherbrooke

Réserve de la Biosphère de Calakmul, Mexique. La carcasse de l'ancienne cité maya reconquise par la jungle est sillonnée de sentiers ondulants d'où retentissent les mélodies enchanteresses des passereaux. Nous sommes au cœur de la plus vaste étendue de forêt tropicale saisonnière de Méso-Amérique, en mission pour traquer des sarcoramphes rois, de mystérieux animaux... mangeurs de cadavres!

Soudain, des battements d'ailes sonores viennent briser la cacophonie tropicale. Les sarcoramphes sont là, derrière le rideau végétal qui se dresse à nos pieds. Nous approchons en silence du théâtre d'un banquet macabre. La table est mise pour les plus grands oiseaux charognards forestiers du monde!

Le sarcoramphe roi est une espèce quasi inconnue de la communauté scientifique. Nous sommes en exploration pour découvrir les endroits où ces animaux préfèrent casser la croûte. Consomment-ils exclusivement des carcasses d'animaux sylvestres ou s'aventurent-ils en milieux ouverts pour manger des restes de bétail mort?

Pour le découvrir, il faut s'armer de patience... et d'une bonne machette!

Les menaces planent

À l'instar de la majorité des espèces d'oiseaux nécrophages du monde, le sarcoramphe roi a un statut précaire. Ses populations sont en déclin dans son territoire, soit du Mexique au nord de l'Argentine.

Des chercheur·euse·s ont récemment mis en lumière un élément clé de l'écologie de cette espèce. Le sarcoramphe dépendrait entièrement des forêts matures pour un aspect capital de son histoire de vie : l'établissement de ses « dortoirs » communaux. Les dortoirs sont de grands arbres émergents où s'assemblent les sarcoramphes en groupes d'une vingtaine d'individus. Or, les arbres sélectionnés sont toujours situés à plus de 7 km des villages. De grands pans de forêt continus sont donc nécessaires pour assurer la résidence permanente des sarcoramphes dans une région.

C'est ici, à Calakmul, que l'on retrouve la plus forte densité de sarcoramphes en Amérique centrale. Cependant, le développement urbain et agricole fragmente de plus en plus les étendues forestières de la région et l'oiseau fait face à une nouvelle problématique : survolant une mosaïque de différents milieux, choisira-t-il de s'alimenter exclusivement en forêt?

Où va-t-on pour dîner?

Telle est la question sur les becs de tous les sarcoramphes rois. En installant des carcasses dans différents milieux, nous avons pu évaluer la fréquentation de ces « mangeoires » improvisées.

Nos résultats? Les sarcoramphes rois se nourrissent tout autant dans les pâturages que dans les forêts matures. Ceci étant dit, ils ne mangent quand même pas n'importe où! Ils sélectionnent leurs aires d'alimentation principalement en fonction de la composition du paysage avoisinant. Pour qu'ils choisissent de se nourrir d'une carcasse, cette dernière doit se trouver en plein cœur d'un territoire comprenant plus de 500 km² de forêts matures. En d'autres mots, le paysage doit être très verdoyant à vol d'oiseau!

Le plus fascinant, c'est que cette prédominance de forêts est également associée à la présence de dortoirs communaux. Nos résultats suggèrent donc que les sarcoramphes pourraient préférer les carcasses situées à proximité de leurs dortoirs. Avec ces données, nous pourrions estimer la taille des domaines vitaux des sarcoramphes, une information essentielle à la délimitation d'aires protégées.

Longue vie au roi!

Les rayons du soleil ne parviennent plus à traverser le couvert arborescent. Il fera bientôt nuit et nous sommes en route vers la civilisation. Une question me hante : si trépassé le seigneur des nécrophages, qui restera pour manger les morts?



Marie-Ève André

Conceptrice du contenu éducatif
Insectarium de Montréal

De mon bureau tout neuf, situé à l'entresol d'un Insectarium fraîchement rénové, j'observe régulièrement la faune urbaine qui a élu domicile dans notre oasis de verdure : écureuils gris, renards roux, sitelles à poitrine blanche... Hier encore, un épervier brun nous a rendu visite. Parfois, ce sont des urubus à tête rouge qui survolent les mélèzes. J'ai alors immanquablement une pensée pour leurs cousins, les sarcoramphes rois. Déjà 10 ans ont passé depuis mon projet de recherche sur ces oiseaux nécrophages!

À l'époque, je sillonnais la forêt tropicale saisonnière du sud de la péninsule du Yucatán, j'installais des caméras à détecteur de mouvements, je compilais des données. En soirée, j'écrivais mes notes dans mon petit bureau au cœur de la jungle en observant la faune tropicale nocturne : opossums, chauves-souris, papillons... Dans le tourbillon effervescent du quotidien, j'ignorais que l'ensemble de ma carrière se jouait sur une petite chaise de bois et un ordinateur bancal, dont le clavier avait gondolé sous l'effet de l'humidité.

En participant au Concours de vulgarisation de la recherche de l'Acfas, j'ai consolidé un intérêt grandissant pour l'écriture et la communication de la biologie. Ce tremplin m'a conduite à travailler comme correspondante scientifique à bord du voilier Sedna IV pour le projet « 1000 jours pour la planète », puis comme conceptrice du contenu éducatif pour l'Insectarium de Montréal.

Aujourd'hui, mon mandat est de faire aimer les insectes dans un nouveau musée où la recherche et la vulgarisation scientifique sont indissociables. Quelle chance!



 2013

LES CHERCHEURS : INCORRIGIBLES FLIBUSTIERS DE LA CONNAISSANCE?

Thomas Burelli

Doctorat en sciences sociales et humaines
Université d'Ottawa

Les autochtones ont toujours été des partenaires avisés des scientifiques, suscitant notamment la découverte de ressources naturelles d'un grand intérêt. Les chercheur·euse·s entretiennent pourtant avec eux des relations plutôt fluctuantes. Pendant la phase d'identification des ressources, la relation est souvent très amicale. Cependant, le traitement réservé aux savoirs traditionnels et à l'apport des autochtones peut rapidement virer à l'oubli, voire au mépris, durant les phases d'analyse et de valorisation. Ainsi, cette relation à géométrie variable amène parfois à dépeindre les scientifiques comme des « pirates » des connaissances autochtones.

La réalité se révèle plus nuancée. Les scientifiques ne sont ni anges ni démons, mais des acteurs naviguant à vue entre légalité et légitimité, et se contentant parfois de l'état défaillant du droit.

Histoire de Nouvelle-Calédonie

Un projet de recherche français illustre parfaitement ce caractère fluctuant des relations. Dans les années 1990, des chercheur·euse·s de l'Institut de recherche pour le développement (IRD), basé en Nouvelle-Calédonie, ont entamé des travaux au sujet de la *ciguatera*, une intoxication alimentaire. Ils ont mené des enquêtes ethnopharmacologiques auprès des populations autochtones, et dressé ainsi une liste importante de remèdes traditionnels.

À partir de cette liste, les scientifiques ont isolé un principe actif qui a fait l'objet d'un dépôt de brevet. D'abord pourvoyeurs privilégiés d'informations, les autochtones ont disparu du champ des acteurs impliqués et n'ont obtenu aucun crédit ni aucune redistribution lors de l'obtention du brevet. Dans cette affaire, comment faut-il interpréter le comportement des chercheur·euse·s?

Ces derniers admettent volontiers s'être « inspirés des remèdes traditionnels océaniques ». Mais leur démarche répond à une double logique qui exclut les autochtones : la valorisation maximale de leurs résultats de recherche sous forme de droits de propriété intellectuelle et le sentiment de respecter la loi, qui ne les oblige pas à partager les bénéfices de leurs découvertes!

Du brevet vers un partage éthique

Les chercheur·euse·s sont fortement poussé·e·s à « convertir » les résultats de leurs travaux sous forme notamment de brevet, car il s'agit d'un critère très valorisé lors de leur évaluation. Pour les autochtones, exclus de ce processus, le dépôt d'un brevet est souvent perçu comme une appropriation illégitime de leurs savoirs.

Par ailleurs, les chercheur·euse·s n'ont aujourd'hui, dans la plupart des États du monde, aucune obligation de partage des avantages découlant de l'exploitation des savoirs autochtones. En effet, bien que plusieurs traités internationaux aient reconnu la nécessité d'organiser un tel partage avec les communautés, la mise en œuvre de ce principe est confiée aux États. Plusieurs d'entre eux n'ont pas agi, dont la France et le Canada.

Cette situation est-elle pour autant une invitation au « pillage » des connaissances autochtones, ou encore, une raison de suspendre tout projet de collaboration avec eux ?

Ni l'un ni l'autre si l'on admet la capacité qu'ont les acteurs sociaux de se doter de leurs propres cadres normatifs, en marge ou en complément des cadres étatiques. En ce sens, l'inaction de l'État n'est pas nécessairement une fatalité, mais constitue peut-être, au contraire, une chance.

Des équipes de recherche, en France et au Canada, et des communautés autochtones, dont les Kanaks de Nouvelle-Calédonie, ont saisi cette opportunité pour développer une grande variété de pratiques visant à pallier l'absence de réglementation étatique. Il s'agit de codes de bonnes pratiques, de protocoles de recherche, d'ententes conventionnelles, voire d'institutions chargées de la gestion des savoirs. Une véritable « révolution tranquille » des règles d'exploitation des savoirs autochtones est aujourd'hui en marche à l'ombre du droit des États. Mais alors que ces pratiques restent mal connues et mal documentées, la question de leur qualité se pose. Dans ce contexte, seul le temps permettra de dire si elles participent réellement à l'émergence d'une nouvelle éthique et d'une réelle refondation des relations avec les autochtones.



Thomas Burelli

Professeur agrégé en droit, Université d'Ottawa
Codirecteur du Centre du droit de l'environnement et de la durabilité mondiale
Cotitulaire de la Chaire en innovation pédagogique de la Faculté de droit, Section de droit civil

La publication de mon texte par l'Acfas a attiré l'attention, en 2013, sur des pratiques abusives – la biopiraterie – qui avaient cours dans l'outre-mer français en lien avec l'usage des ressources biologiques et des savoirs autochtones. L'article a fait beaucoup réagir tant les scientifiques que les communautés concernées. Il a conduit à une prise de conscience quant à l'importance de l'éthique de la recherche impliquant les peuples autochtones. Ainsi, certains instituts de recherche ont organisé des ateliers de formation pour leurs chercheur·euse·s. L'article a également contribué à stopper des situations abusives, notamment l'usage non autorisé des savoirs traditionnels avec la plante appelée « faux tabac ». Par la suite, j'ai mené d'autres enquêtes et identifié d'autres cas de biopiraterie. Aujourd'hui, la situation a beaucoup évolué dans mon champ de recherche. En France, les chercheur·euse·s sont plus vigilant·e·s (certain·e·s ont adopté de nouveaux outils, tel un code éthique en Polynésie française) et les communautés autochtones sont mieux préparées à gérer leurs relations avec les scientifiques (en 2019, les Kanaks ont négocié un accord historique avec les Parfums Christian Dior en Nouvelle-Calédonie).

Le Concours de vulgarisation de la recherche de l'Acfas et l'article ont été pour moi de véritables déclencheurs. J'ai eu beaucoup de plaisir à préparer mon article, et je retrouve encore aujourd'hui ce plaisir lorsque je dois synthétiser et vulgariser mes résultats de recherche. La vulgarisation est également pour moi une manière de décupler la diffusion de mes travaux et d'entraîner des changements sociaux et juridiques dans mes champs d'intérêt. Elle est devenue une étape essentielle, et très agréable, dans tous les projets que je mène. Ce concours de l'Acfas m'a donné beaucoup de confiance en moi et m'a fait découvrir à la fois l'enthousiasme qui découle du processus de vulgarisation (rendre intelligibles, pour le plus grand nombre, des problèmes et des résultats complexes), mais aussi son pouvoir auprès du public et de la société en général (provoquer des prises de conscience et des changements sociaux).

 2014

DES GRENOUILLES QUI SAVENT COMPTER

Richard Naud

Chercheur en neurosciences
Université d'Ottawa

Un étang au crépuscule. Les coassements fusent et emplissent l'air de leurs notes roulantes et monotones. Chaque choriste y va de son plus grand effort. Le jeu? Chanter plus puissamment et plus longtemps que les autres. Du fond du marécage, les demoiselles jugent... Comment arrivent-elles à déchiffrer ce tintamarre vespéral afin de jeter leur dévolu sur un prince charmant? Aux prises avec ce mystère, les scientifiques révèlent la curieuse prédisposition qu'ont les grenouilles à compter.

Si vous étiez une grenouille, que trouveriez-vous attrayant dans un coassement? Serait-ce le ton? l'intensité? la durée? Dans les années 1980, plusieurs biologistes ont posé ces questions. Leurs expériences ont permis de mieux comprendre la communication des batraciens.

Les expériences concernaient des grenouilles femelles auxquelles on avait présenté, en se servant d'un haut-parleur, des coassements artificiels. Le haut-parleur, à l'instar des grenouilles qui font claquer leurs sacs vocaux, émettait un enchaînement de clics dont l'intensité, le ton et la fréquence étaient contrôlés. Il s'agissait ensuite de juger la réaction de la spectatrice.

Quel aspect sonore offre donc, à lui seul, le plus de charme? Réponse : indépendamment de la durée et de l'intensité des coassements, c'est le nombre de clics qui a le plus d'attrait. Plus le nombre est élevé, plus le chant plaît. Les grenouilles, du moins les femelles de l'espèce léopard, savent donc compter!

La découverte de neurones compteurs

Comment des grenouilles, avec 10 000 fois moins de cellules nerveuses que les êtres humains, peuvent-elles effectuer cette opération mathématique? C'est en 2002, près de 20 ans après les études ayant révélé cette précieuse aptitude, qu'une équipe de recherche de l'Université d'Utah a apporté un élément de réponse.

Gary Rose et ses collaborateurs, en effet, ont étudié l'activité des cellules nerveuses de grenouilles pendant que celles-ci écoutaient des coassements artificiels. Ils inséraient une électrode dans la tête des batraciens, la déplaçant jusqu'à ce qu'ils repèrent une cellule. Armés de beaucoup de patience, ils butinaient ainsi d'une cellule à une autre, comparant l'activité avec le nombre de clics présentés.

Un jour, ils ont trouvé une cellule nerveuse qui, systématiquement, ne s'activait qu'après quelques clics. Ils ont ensuite déplacé très légèrement l'électrode et ont repéré une cellule dont le seuil d'activation était légèrement plus élevé. L'étude publiée en 2002 rapporte l'existence d'une panoplie de cellules s'activant uniquement après un nombre seuil de clics. Dès lors, les neurobiologistes parlent de *neurones compteurs*.

Dans quelle région du système nerveux retrouve-t-on ces neurones compteurs? Ils se situent dans le cerveau reptilien, une région qui assure le bon fonctionnement de réflexes innés. Ainsi, la faculté de compter fait partie des rouages associés aux instincts d'alimentation et de reproduction. Compter, pour les grenouilles, participerait donc d'un réflexe inné.

À la suite de cette découverte, diverses cellules ayant des propriétés similaires ont été répertoriées dans d'autres espèces animales. Des expériences récentes ont montré que les souris, les chauves-souris et certains poissons électriques possèdent de telles cellules. Chacune des espèces recensées se sert d'impulsions comme moyen de communication. Les neurones compteurs seraient loin de munir les grenouilles d'une aptitude au calcul mental. Ces cellules sous-tendraient plutôt leurs intuitions relatives à la qualité des coassements.

Comment une cellule peut-elle compter?

Au Centre de dynamique neuronale de l'Université d'Ottawa, les recherches portent sur le traitement de l'information qu'opère le système nerveux. André Longtin, directeur du groupe de recherche, est intrigué par ces neurones compteurs : « Si un coassement est interrompu par une pause d'à peine 30 millièmes de seconde, note-t-il, le compte repart immédiatement de zéro. » Cette précision s'accorde mal avec la variabilité propre aux systèmes biologiques.

Pendant qu'une grenouille écoute ce babil unique aux marécages, des impulsions nerveuses partent de l'oreille et voyagent le long du nerf auditif en chemin vers le système nerveux central. Les sons brefs produisent des salves d'impulsions nerveuses.

Une fois aux portes du cerveau, une poignée de cellules parvient à en faire le compte. Peut-on identifier, parmi les mécanismes cellulaires connus, ce qui permet à ce petit réseau d'accomplir un tel exploit? Nos travaux au Centre de dynamique neuronale révèlent un mécanisme plausible.

Notre approche se base sur une modélisation mathématique des cellules nerveuses. Nos modèles sont d'abord calibrés à partir d'expériences où chaque cellule avait été préalablement isolée. À partir de ces mesures, nous pouvons simuler sur ordinateur différents agencements de cellules nerveuses, c'est-à-dire différents réseaux de neurones.

De toutes les combinaisons étudiées, une seule arrive à reproduire les observations expérimentales. Il nous apparaît nécessaire d'invoquer l'action d'une cellule nerveuse ayant pour rôle de repérer systématiquement le début et la fin d'un coassement. Cette cellule inhiberait le neurone compteur, remettant à zéro le processus d'accumulation dès qu'un coassement se termine ou est interrompu. Avant d'attribuer un nombre à un son, le système nerveux doit d'abord en repérer le début et la fin.

Une fois que le son a été segmenté, les neurones compteurs doivent accumuler les décharges électriques reçues du nerf auditif. Nos travaux suggèrent la présence d'un type de connexion nerveuse dont la dynamique est particulièrement lente. Grâce à ces connexions lentes, les impulsions nerveuses associées aux sons se traduisent par une longue perturbation du neurone compteur. Lorsque l'accumulation de ces perturbations atteint un certain seuil, les neurones compteurs s'activent, signalant le nombre. C'est en combinant différents seuils d'activation avec un processus d'accumulation que des cellules parviennent à compter.

Si, après de nouvelles expériences, nos prédictions étaient vérifiées, nous aurions identifié les mécanismes cellulaires qui sous-tendent à la fois la capacité de compter et celle de segmenter les sons. Toutefois, les questions ne s'arrêtent pas là. Que se passe-t-il lorsque deux coassements se chevauchent? Comment la grenouille parvient-elle à séparer les voix? Et comment font les humains? Mystère. Mais entre segmentation et comptage, nous avons quelques pistes.



Richard Naud

Professeur agrégé
Département de médecine cellulaire et moléculaire
Département de physique
Université d'Ottawa

N'ayant pas relu ce texte depuis près de 10 ans, j'ai été frappé par l'enthousiasme qui en émane. J'avais, en effet, oublié le plaisir que j'ai eu à y travailler, sentiment que je revis parfois encore lorsque j'écris certains articles scientifiques. Depuis que je suis professeur, beaucoup de mon temps est consacré à des tâches qui me demandent une certaine austérité, ne laissant pas autant de place au plaisir d'écrire.

Quelques années après nos travaux sur les « neurones compteurs », notre collaborateur avait réussi à confirmer nos prédictions par rapport au rôle de l'inhibition au sein du mécanisme de comptage. J'avais alors quitté le sous-domaine de la perception du nombre dans le cerveau. Mes propres travaux ont pris un essor insoupçonné depuis que je cherche à comprendre ce qui donne aux réseaux de neurones le don d'apprendre. C'est un sujet qui se prête bien à la vulgarisation scientifique, alors peut-être réussirai-je à m'y replonger. Que j'y arrive ou non, je suis profondément reconnaissant envers l'Acfas d'avoir maintenu son concours, car le temps que j'ai consacré à tenter d'améliorer mon écriture fut essentiel à ma carrière!



2015

TIRER AU SORT NOS DÉPUTÉS POUR RENOUVELER LA DÉMOCRATIE

Hugo BoninDoctorat en science politique
Université du Québec à Montréal

Pouvons-nous imaginer que nos politicien-ne-s ne soient plus élu-e-s, mais plutôt tiré-e-s au sort? Cette idée nous semble étrange, et pourtant c'était une pratique courante dans la cité d'Athènes. En effet, à partir du VI^e siècle av. J.-C. et pendant plus d'un siècle, cette ville combla près d'un millier de postes administratifs et gouvernementaux (magistrats, fonctionnaires, inspecteurs) à l'aide du tirage au sort. De plus, chaque jour, les centaines de jurés siégeant aux différents tribunaux étaient eux aussi choisis au hasard. Si nous avons conservé cette pratique pour juger du sort juridique de nos concitoyen-ne-s, ne pourrait-on pas aussi remettre à nouveau au hasard leur sort politique?

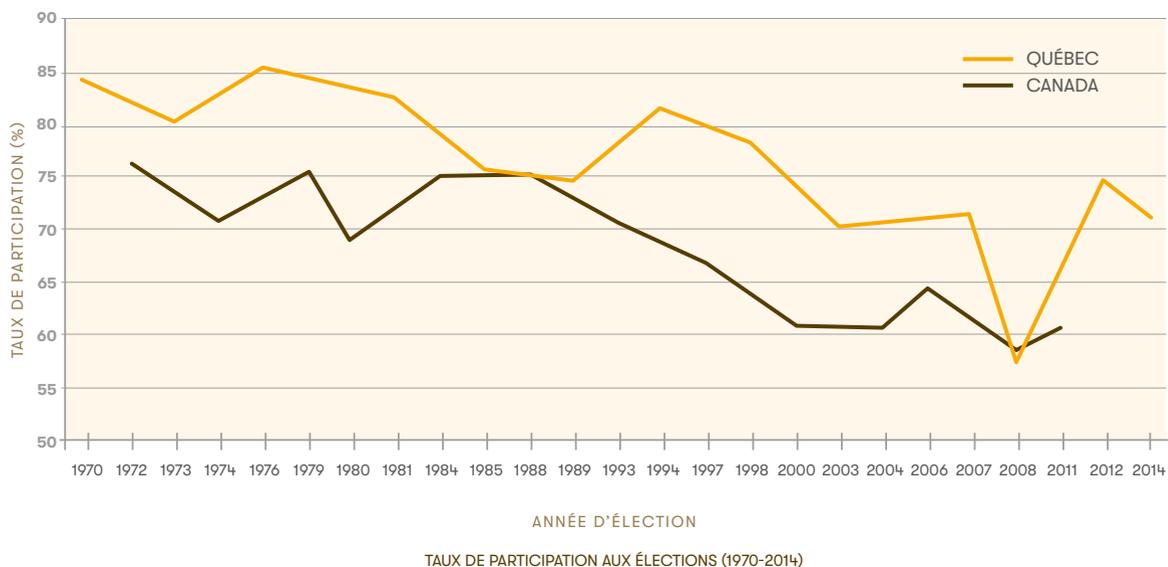
Pas d'élection à Athènes

À la différence d'Athènes, notre système politique est basé sur l'élection. Or, quelque chose ne tourne pas rond, puisqu'on constate une baisse constante du taux de participation aux élections, tant au Canada qu'en Occident.

Il existe plusieurs causes à cette tendance : corruption, langue de bois, mensonges flagrants, affaiblissement des partis traditionnels, influences des groupes de pression, puissance des relations publiques, etc. En réaction au déclin de la participation, une panoplie de solutions sont mises de l'avant : réforme électorale, contrôle des dépenses ou vote obligatoire. Ces propositions restent cependant centrées sur la question de l'élection, et, bien que discutée depuis nombre d'années, la situation semble bloquée. Il vaut alors la peine de se pencher sur l'utilisation du tirage pour ouvrir de nouvelles pistes vers un renouvellement de notre démocratie, qui en a bien besoin, il me semble...



Athéna supervisant un tirage au sort — 5^e siècle av. J.-C.
Kunsthistorisches Museum, Vienne



Démocratie et élection, une relation compliquée

Pour plusieurs philosophes politiques, d'Aristote (384-332 av. J.-C.) à Montesquieu (1689-1755), la manière de choisir un gouvernement dépend de sa « nature », qui est monarchique, aristocratique ou démocratique. Ainsi, l'élection est considérée ici comme aristocratique (favorisant une élite) tandis que le tirage au sort, lui, est démocratique (favorisant l'ensemble du peuple).

En effet, le principe même d'élection implique une distinction d'une personne vis-à-vis d'autres personnes. Ainsi, si je décide de voter pour la candidature B, c'est que celle-ci m'apparaît « meilleure » que les candidatures A et C. Bien sûr, d'autres raisons peuvent me pousser à voter pour B, mais, généralement, le corps électoral vote pour la personne (ou le parti) qui leur semble supérieure.

Le tirage au sort engage un principe différent : il n'y a pas de « meilleur-e » porte-parole quand il s'agit de décider de questions politiques. Alors, l'objectif n'est plus tant de savoir qui gouvernera, mais plutôt de mettre en place un système qui donne à toute personne une possibilité égale d'accès aux postes de pouvoir.

L'idée de pourvoir des postes politiques à l'aide du tirage au sort a cependant été écartée par les personnalités politiques modernes. En effet, tant les révolutionnaires américains et français que les Pères de la Confédération canadienne avaient une vision plutôt élective et élitiste : créer un système politique qui, à travers des élections où seule une partie de la population pourrait voter, leur permettrait de garantir la stabilité politique – et de conserver le pouvoir. Chez les auteurs Harrington, Montesquieu et Paine, l'option du tirage au sort fut évoquée, mais souvent minimisée ou rejetée : en ouvrant ainsi l'arène politique, on reconnaissait implicitement une égalité qui mettrait en péril la survie de l'élite politique et sociale.

Depuis, la lutte pour le suffrage universel a rendu les élections plus démocratiques. Cependant, l'aspect aristocratique de l'élection n'a pas disparu : on constate, par exemple, que les personnes élues sont majoritairement des hommes, blancs, âgés et aisés, alors que la population qui les élit est beaucoup plus diversifiée.

Il en est ainsi parce que l'élection des parlementaires, même dans nos démocraties modernes, se fait selon le principe de distinction : la personne qui récolte le plus de votes est celle qui a été considéré comme « meilleure » par la population. Or, plusieurs travaux de sociologie électorale démontrent que ce qui est jugé meilleur au sein d'une société est souvent le reflet de ce qui est valorisé par ses élites. En ce sens, l'élection est toujours aristocratique : elle donne le pouvoir à une minorité, qui est choisie par un processus favorisant les individus issus des élites.

Tirage au sort : expériences actuelles

Tout comme à « pile ou face », le tirage au sort possède deux côtés : il est à la fois neutralisant et égalitaire. D'un côté, il revêt un aspect « neutre » : en enlevant le facteur humain de l'équation, il permet notamment d'éviter la corruption de la sélection. De l'autre, le recours au sort est par nature fondamentalement égalitaire : toutes les personnes sont considérées comme également compétentes sur le plan politique et ont ainsi les mêmes chances d'être sélectionnées.

Depuis les années 1970, on assiste à un retour du tirage au sort sur la scène politique. La plupart de ces expériences contemporaines mettent l'accent sur le premier aspect, la neutralité, et plus rarement sur le second, l'égalité. Ainsi, certains États, dont le Québec, ont formé des « jurys citoyens » où des individus, sélectionnés au hasard et épaulés par des spécialistes, ont rempli différentes tâches : allocation de budget à l'échelon local, discussion sur des problèmes précis, etc.

En Colombie-Britannique et en Ontario, des « assemblées citoyennes sur la réforme électorale » ont été créées. Dans chaque cas, plusieurs milliers de noms inscrits sur les listes électorales ont été tirés au sort et évalués pour aboutir à une centaine de personnes participantes. Après plusieurs mois de discussions, ces assemblées ont soumis, par référendum, leurs propositions à l'ensemble de la population.

Renouveler notre démocratie

Les expériences précitées, nombreuses et diverses, ont en commun de considérer que le tirage au sort permet de choisir de manière neutre des citoyen·ne·s pour participer au processus politique. Considérant l'immobilisme qui peut résulter des affiliations marquées à des partis ou à des idéologies opposées, ce recours au hasard est assurément une avenue fructueuse pour innover en politique.

Il est toutefois intéressant de se pencher plus profondément sur le potentiel égalitaire du tirage au sort. L'utilisation du hasard en politique implique que chaque individu est considéré comme aussi apte qu'un autre à la gestion des affaires publiques. À l'heure où s'impliquer en politique devient une carrière et où la distance entre personnes gouvernantes et personnes gouvernées ne cesse de se creuser, cette idée peut sembler quelque peu incongrue.

Pourtant, c'est précisément parce que la politique est en train de devenir une affaire de professionnel·le·s – avec tous les avantages et inconvénients que cela implique – qu'il est urgent de considérer d'autres façons de dynamiser notre système. Le tirage au sort n'est bien entendu pas une solution miracle, mais tout de même un outil de plus à ajouter à notre arsenal démocratique. Alors que notre civilisation s'est en grande partie bâtie sur l'héritage grec, peut-être serait-il temps de ressusciter cette pratique qui est loin d'être désuète.

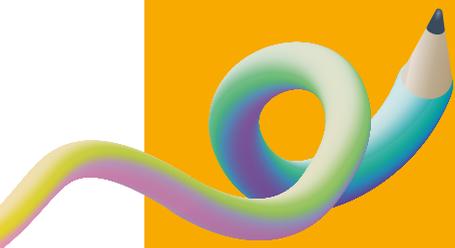


Hugo Bonin

Chercheur postdoctoral
Département d'histoire
Université de Jyväskylä (Finlande)

Dans l'ensemble, la question du tirage au sort en politique a continué de faire partie de mes recherches, même si celles-ci ont pris un tour plus historique. Je m'intéresse à présent aux conceptions de la démocratie à travers l'Europe entre le XIX^e et le XXI^e siècle. Avec la multiplication des expériences délibératives impliquant des personnes tirées au sort (comme les différentes assemblées sur le climat en France et au Royaume-Uni), il me semble clair que nous assistons à une réinvention de la démocratie représentative, où le tirage au sort sera amené à jouer un rôle. Si je devais réécrire mon intervention aujourd'hui, j'insisterais toutefois plus sur « l'après-tirage au sort » : une fois ces personnes sélectionnées, comment s'assurer de l'égalité dans la discussion ? Et une fois leurs propositions formulées, comment s'assurer qu'elles deviennent des décisions ? Il s'agit de questions cruciales pour l'avenir des innovations démocratiques.

La vulgarisation continue d'être un aspect important de mon travail. À la suite de ma participation au Concours de vulgarisation de la recherche de l'Acfas, j'ai notamment écrit un essai sur la question du tirage au sort en politique afin de partager mes réflexions avec le plus de personnes possible. La réception médiatique et critique a été plutôt encourageante, et je pense renouveler l'expérience bientôt. De manière générale, j'essaie d'équilibrer publications scientifiques et articles dans des revues grand public. J'ai aussi le plaisir d'être régulièrement invité dans des cours au collégial pour débattre avec les élèves.



2016

L'HISTOIRE AU SERVICE DE L'ADAPTATION AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Isabelle Mayer-Jouanjean, Ph. D.

Historienne des risques

Stagiaire postdoctorale

Université du Québec à Montréal

Découvrez dans cette vidéo un outil innovant visant à aider la population québécoise à se préparer aux conséquences des inondations et des sécheresses en lien avec les changements climatiques.



**Visionnez sa proposition
vidéo en ligne**



Crédits : Pierre Côté, Fonds La Presse, BAnQ



Isabelle Mayer-Jouanjean, Ph. D.

Historienne des risques et chercheuse
Consultante

Le projet AQUARISC a pris fin au début de 2018 avec la publication du rapport des trois années consacrées à la réalisation de cette base de données historique sur les inondations et les étiages de la rive sud du Saint-Laurent. Les informations de recherche contenues dans AQUARISC sont à caractère historique, elles demeureront donc utilisables pour les usagers de demain. Cependant, il faudrait mettre à jour cet outil (car il s'en est déjà passé des inondations depuis 2016!) et l'élargir à un territoire géographique plus vaste que le sud du Saint-Laurent. Des fonds pour un volet II d'AQUARISC serait (enfin!) plus que bienvenus à l'heure où des inondations désastreuses se multiplient dans tout le Canada, comme ailleurs dans le monde.

J'ai élargi et approfondi mes compétences dans le domaine des changements climatiques, toujours aux côtés d'ingénieur·e-s et de scientifiques soucieux·euses de tenir compte de cette problématique dans leurs projets environnementaux. Parallèlement, je me suis intéressée de plus en plus à des projets en agriculture, souhaitant dans un futur proche réunir mes savoirs sur les risques naturels, les changements climatiques et l'écologie au sein d'une ferme agroécologique. Ainsi, j'entreprends présentement des études de maraîchage biologique, et mes recherches concilient ces trois thématiques dans un projet fermier qui se veut un modèle nourricier et sain à l'île de La Réunion. Cette région tropicale de l'océan Indien est soumise aux aléas météorologiques, tels les cyclones (objet de ma thèse de doctorat), ou climatiques, et encore trop dépendante de l'extérieur pour s'alimenter. Ma thématique de recherche sur les inondations dans un contexte de changements climatiques, parue dans ma proposition de vulgarisation scientifique, demeure donc un pilier de mes recherches actuelles. Les objectifs sont très différents, mais néanmoins tout aussi essentiels, sinon plus, dans un monde soumis à de nombreux bouleversements qui se dévoilent de jour en jour.

La vulgarisation scientifique reste ma préoccupation première. J'ai ainsi rendu accessible ma thèse aux plus jeunes sur une chaîne de vulgarisation en ligne. Je prévois aussi plusieurs projets de vulgarisation en lien avec le projet agroécologique, mais pas que... ;-)

2017

LA PAROLE : ENTENDUE... ET VUE

Paméla Trudeau-Fisette

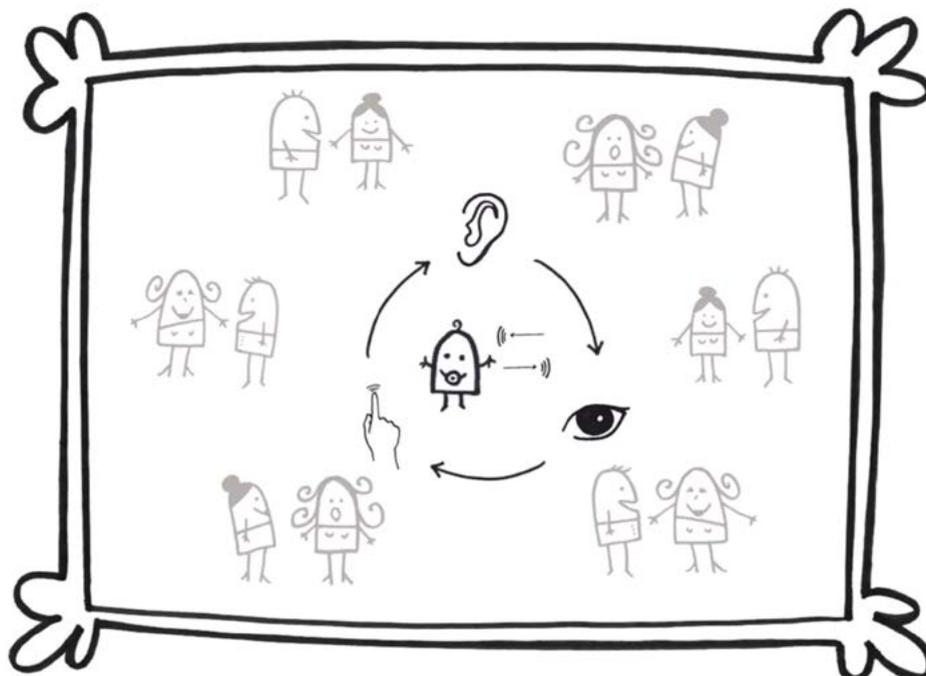
Doctorat en linguistique

Université du Québec à Montréal

Apprendre à parler est un exercice qui mobilise notamment les sens de l'ouïe, de la vue et du toucher. Qu'en est-il chez les enfants non-voyants? Découvrez la réponse dans cette vidéo.



**Visionnez sa proposition
vidéo en ligne**





Paméla Trudeau-Fisette

Conseillère en subventions et éthique de la recherche
HEC Montréal



Lors de mes études doctorales, j'ai approfondi la thématique de recherche présentée dans ma vidéo de vulgarisation, soit le rôle de la vision au sein des habiletés de parole chez les adultes voyants et non-voyants. En effet, ma thèse portait sur les différences entre les processus d'intégration multisensorielle (relation entre les informations auditives, visuelles et proprioceptives) des enfants et des adultes francophones au moment de la perception et de la production de la parole. Les résultats de mes travaux ont montré que les représentations sensorimotrices sont toujours en cours de maturation chez les enfants de 5-6 ans, mettant ainsi un frein aux comportements de compensation auditive et aux habiletés d'intégration multimodale observés chez l'adulte. Cela dit, il semble que les phénomènes de complémentarité des systèmes sensoriels et de transfert entre les mécanismes de perception et de production en soient facilités.

La vulgarisation scientifique a continué d'occuper une grande place dans ma vie étudiante. Effectivement, j'ai toujours gardé en tête de rendre mes communications scientifiques le plus claires et accessibles possible dans le cadre des présentations et publications que j'ai réalisées lors de mes études doctorales. Mes aptitudes de vulgarisation m'ont aussi été grandement utiles pour susciter la motivation et faciliter l'apprentissage chez les personnes à qui j'ai enseigné. Maintenant que mes études sont complétées, je suis fière de mettre en pratique les compétences que j'ai développées au cours des dernières années. En effet, mon emploi actuel met de l'avant l'importance de la vulgarisation et de la communication scientifique.

 2018

LES SUPRACONDUCTEURS : CES MATÉRIAUX QUI NOUS DONNENT DU FIL À RETORDRE

Sékou-Oumar Kaba
Maîtrise en physique
Université de Sherbrooke

Comment rendre les fils de métal qui transportent l'électricité encore plus performants? La réponse se trouverait dans l'étude du ruthénate de strontium, une céramique aux propriétés bien mystérieuses.



Écoutez sa proposition
audio en ligne





Sékou-Oumar Kaba

Candidat au doctorat en intelligence artificielle
Université McGill
Mila - Institut québécois d'intelligence artificielle

Je me souviens m'être lancé dans l'idée de participer au concours avec une certaine appréhension. Des collègues de la maîtrise m'avaient même presque découragé, à la blague, avec des commentaires comme « Ton sujet de recherche est "invulgarisable" » ou « Le ruthénate de strontium, ce n'est vraiment pas assez sexy pour un concours ». J'ai finalement pris cela comme un défi!

La difficulté la plus importante a été de trouver une façon de rendre la capsule audio accrocheuse, au-delà du contenu scientifique. J'ai eu l'idée d'utiliser le son du branchement d'un fil et la distorsion au début de l'enregistrement. Cela a ajouté un vrai facteur d'originalité en brisant le quatrième mur : j'invitais l'auditoire à prendre conscience que le simple fait d'écouter une capsule audio sans accrocs nécessite des matériaux conducteurs d'électricité aux propriétés très particulières.

Depuis le concours, je me suis lancé dans un doctorat sur une thématique de recherche toujours liée à la science des matériaux, mais maintenant sous l'angle de l'intelligence artificielle. Mes travaux visent à utiliser les récentes méthodes d'apprentissage automatique pour faciliter la découverte de matériaux.

La vulgarisation scientifique reste toujours aussi importante dans ma carrière. Je participe entre autres à des initiatives qui visent à rendre les sciences plus accessibles auprès des jeunes. C'est pour moi une autre façon de contribuer en tant que chercheur à valoriser la recherche et à lui donner un sens.

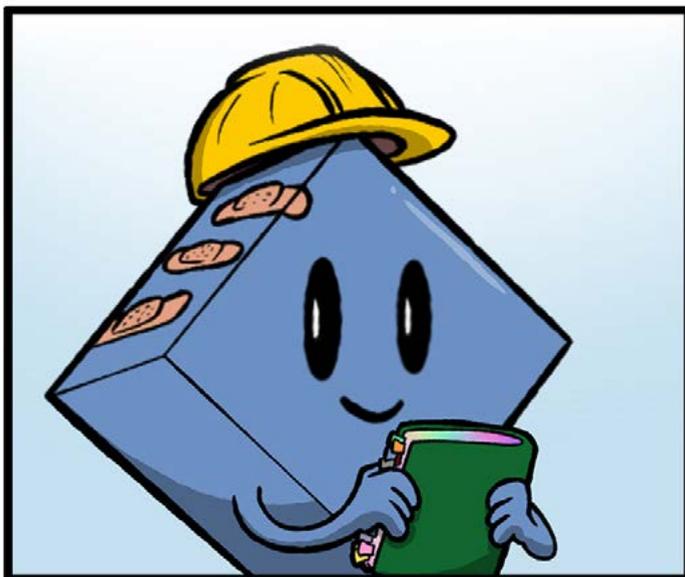
2019

L'AUTISME : UN LOSANGE DANS UN MONDE DE CARRÉS

Mylène Legault et Jean-Nicolas Bourdon

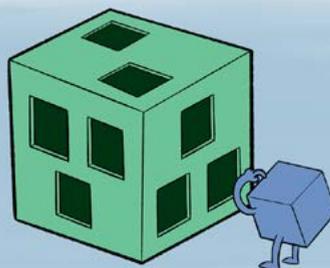
Doctorat en philosophie et sciences cognitives
Université du Québec à Montréal

Dans cette bande dessinée, explorez en images les discours sur la neurodiversité dans le milieu de la recherche et des sciences cognitives.



L'AUTISME :

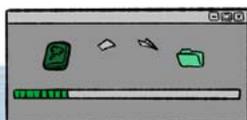
UN LOSANGE DANS UN MONDE DE CARRÉS



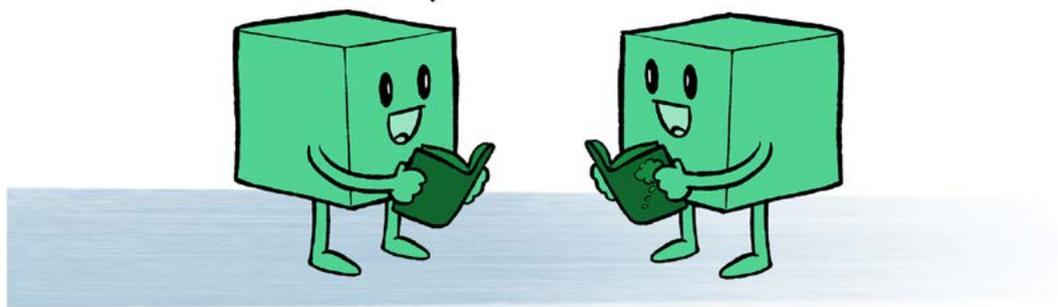
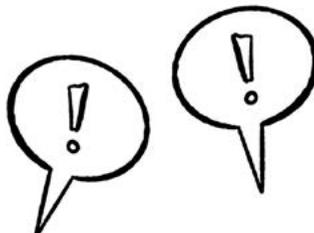
Les **ressources naturelles** permettent de manufacturer des biens, de se nourrir et de se transporter.



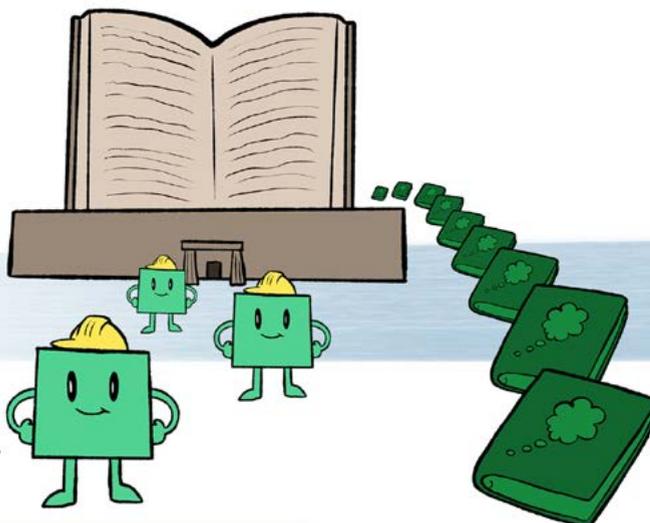
Les connaissances sont aussi des ressources car elles permettent d'agir, d'utiliser et d'acquérir de l'information. On les qualifie de **ressources épistémiques**.



Darmi celles-ci, on retrouve les **ressources herméneutiques**, qui permettent d'interpréter les situations et d'échanger diverses informations.



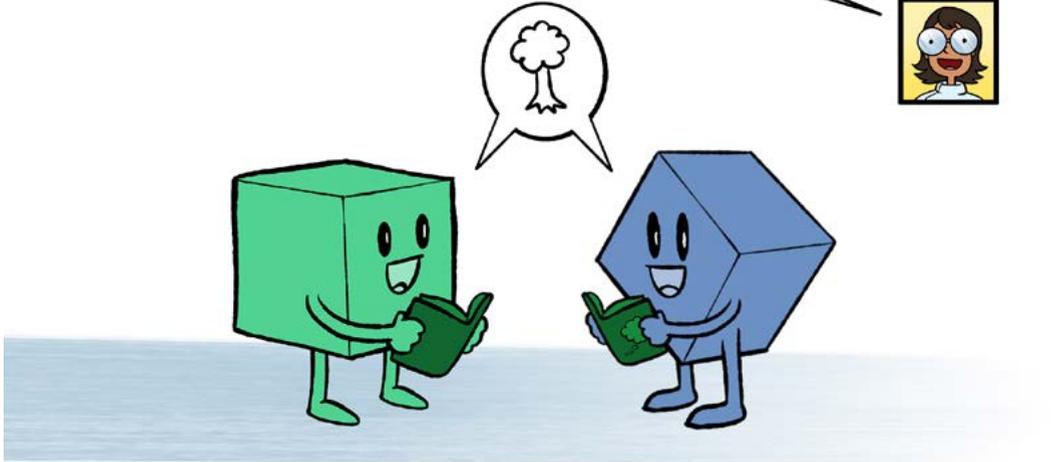
Ces ressources sont souvent produites par des institutions (la science, la médecine, le droit, etc.) qui sont en général entre les mains des groupes dominants, dont les **neurotypiques**.



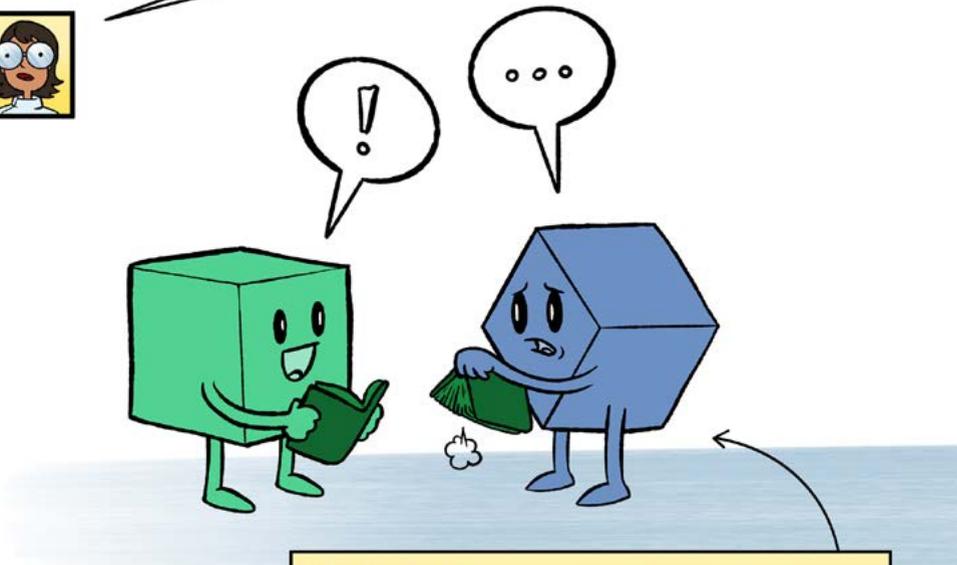
NEUROTYPIQUE

Déf. : Personne dont le fonctionnement cognitif correspond à la norme dominante.

Dans certains cas, comme lorsqu'elles décrivent des objets concrets, ces ressources peuvent servir à tout le monde.



Comme le vécu (émotions, perceptions, ressenti, etc.) des **neurotypiques** et des **neuroatypiques** diffère partiellement, et que les ressources herméneutiques viennent surtout des **neurotypiques**, les **neuroatypiques** font face à une lacune lors que vient le temps d'exprimer leur vécu : la société ne leur offre pas les ressources herméneutiques adéquates.

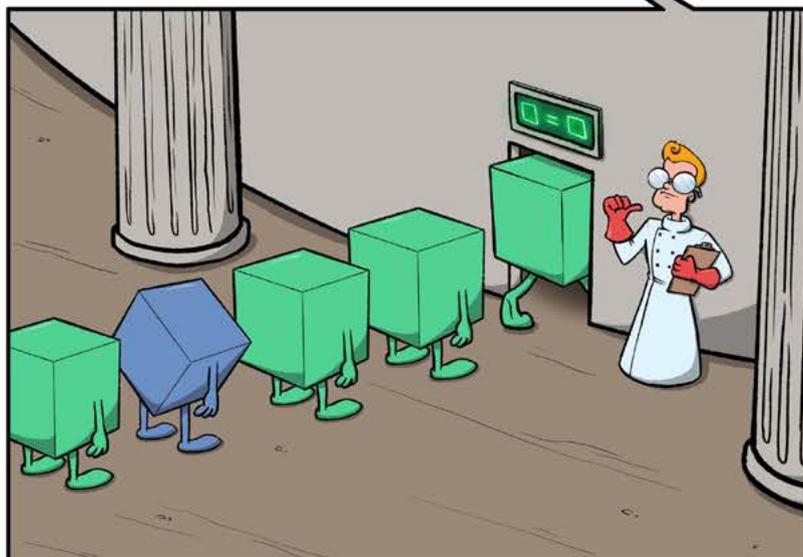
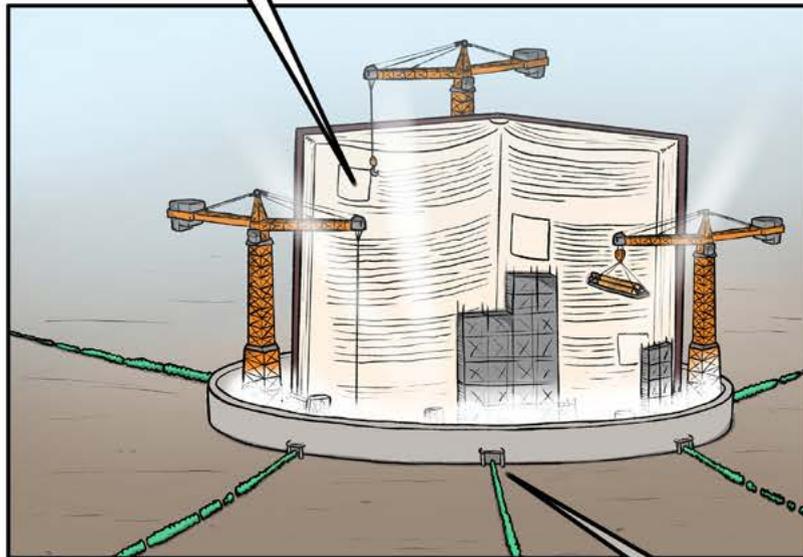
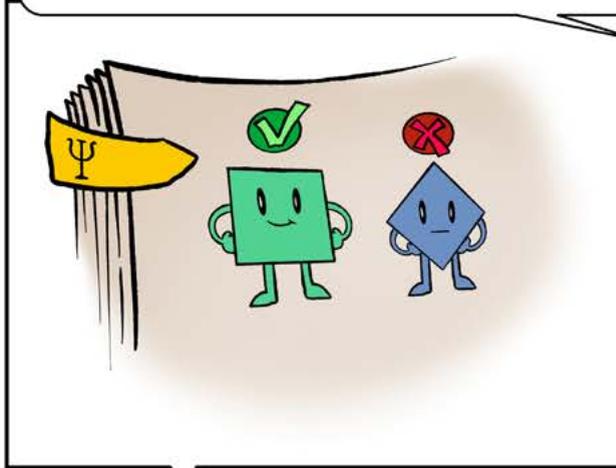


NEUROATYPIQUE

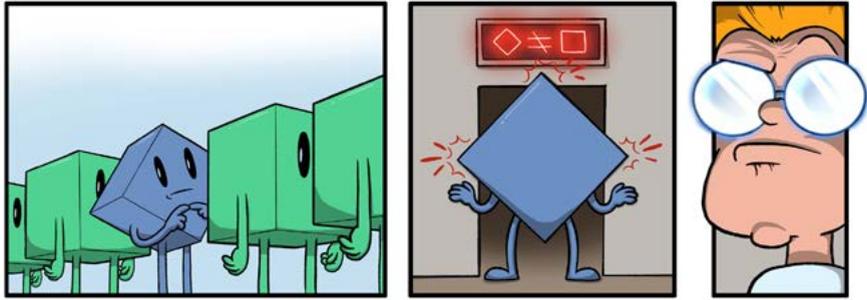
déf.: Personne dont le fonctionnement cognitif diffère de la norme dominante. Parmi celles-ci se trouvent les personnes autistes.

Du côté des institutions créatrices de ressources épistémiques, particulièrement en psychiatrie, les personnes **neurotypiques** sont décrites comme étant «malades», «troublées», «handicapées», etc.

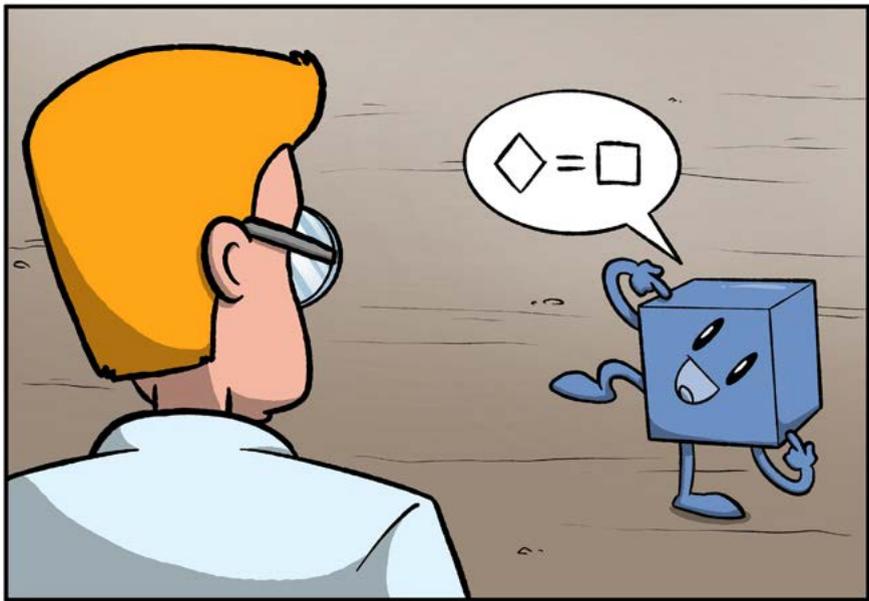
Les théories classiques de l'autisme, par exemple, supposent un déficit dans la capacité d'attribuer des états mentaux aux autres, mais aussi à soi-même.



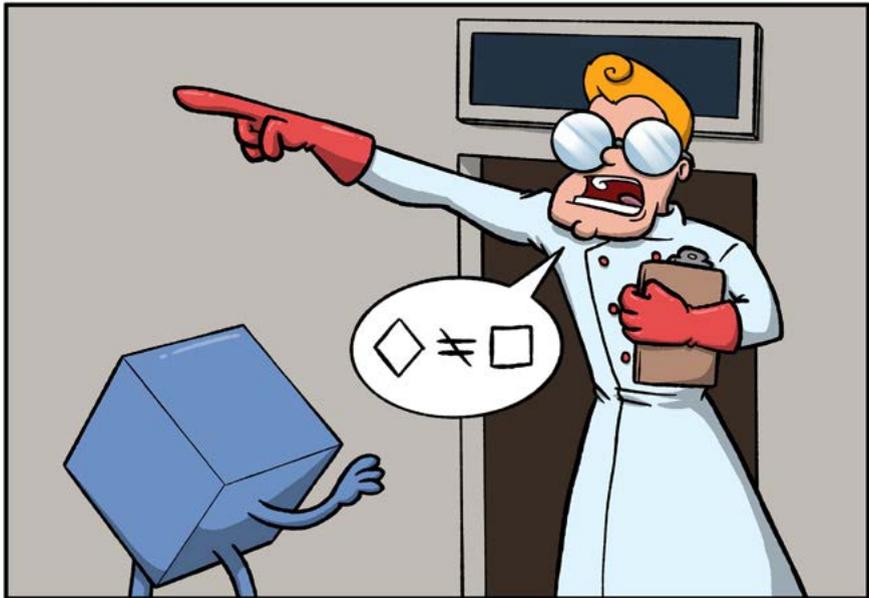
Cette façon de les décrire empêche leur participation à la construction des ressources herméneutiques. On nomme cette situation une injustice épistémique, laquelle peut prendre deux formes :



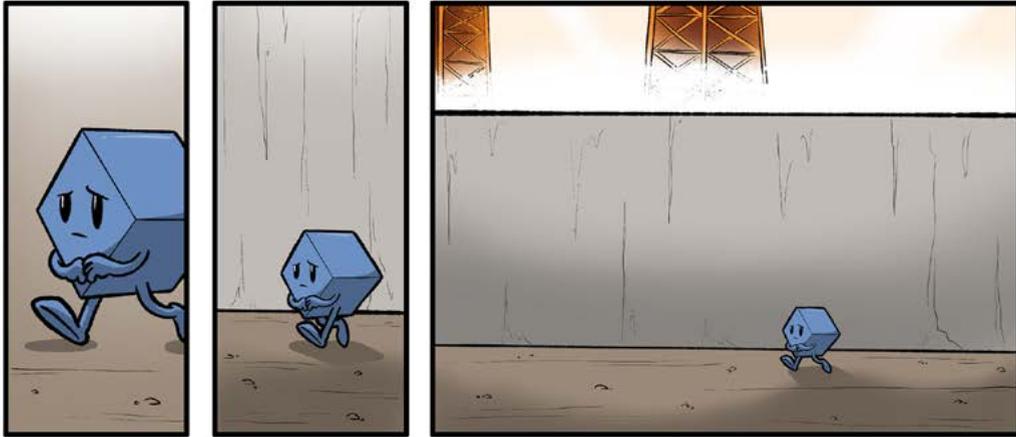
On parle d'injustice herméneutique lorsque des personnes comme les **neuroatypiques** ne disposent pas des ressources pour décrire leur propre expérience.



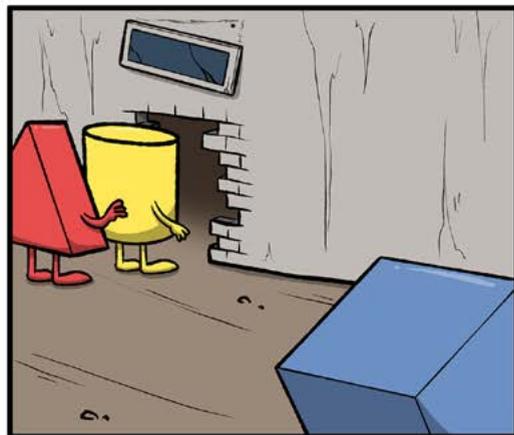
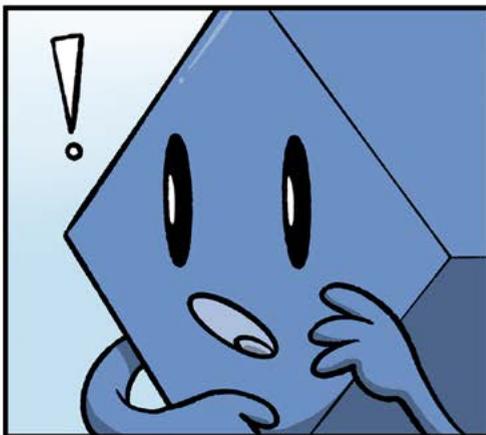
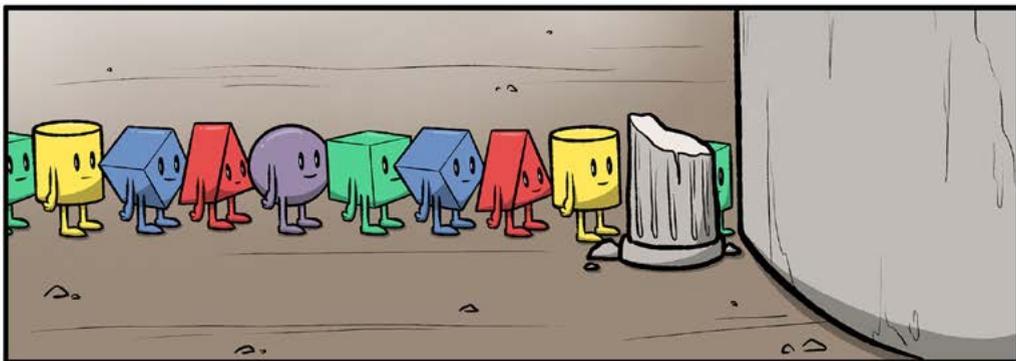
On parle d'injustice testimoniale lorsqu'il y a un déficit indu de crédibilité, c'est-à-dire lorsqu'on ne tient pas compte de leur témoignage.



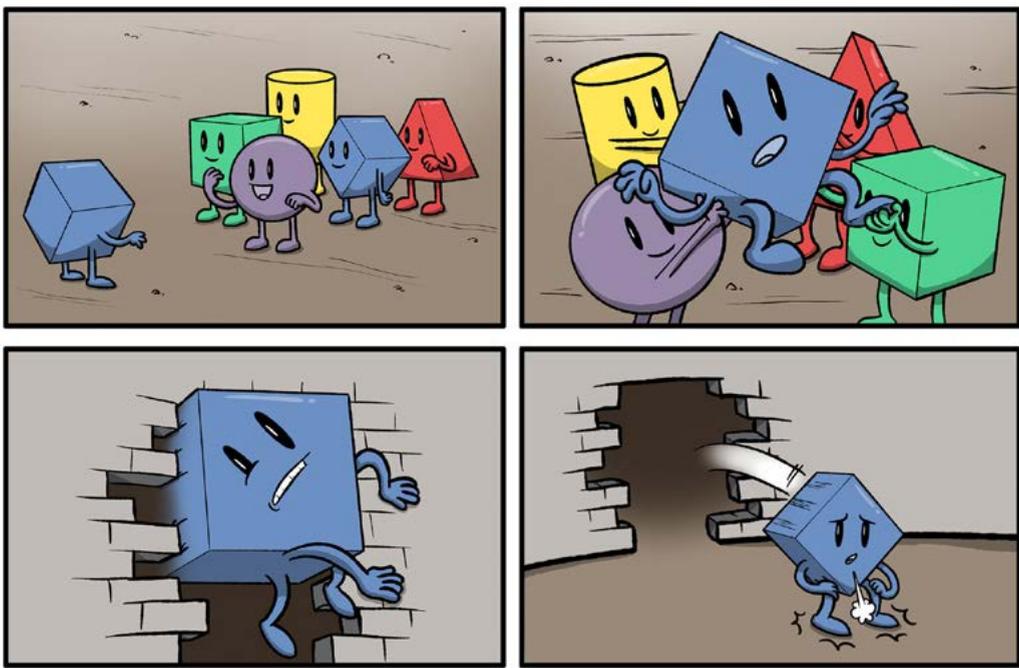
Les théories classiques de l'autisme légitiment ces injustices puisqu'elles concluent que le témoignage des personnes autistes, sans crédibilité, n'a pas de poids au sein de la médecine et de la science.



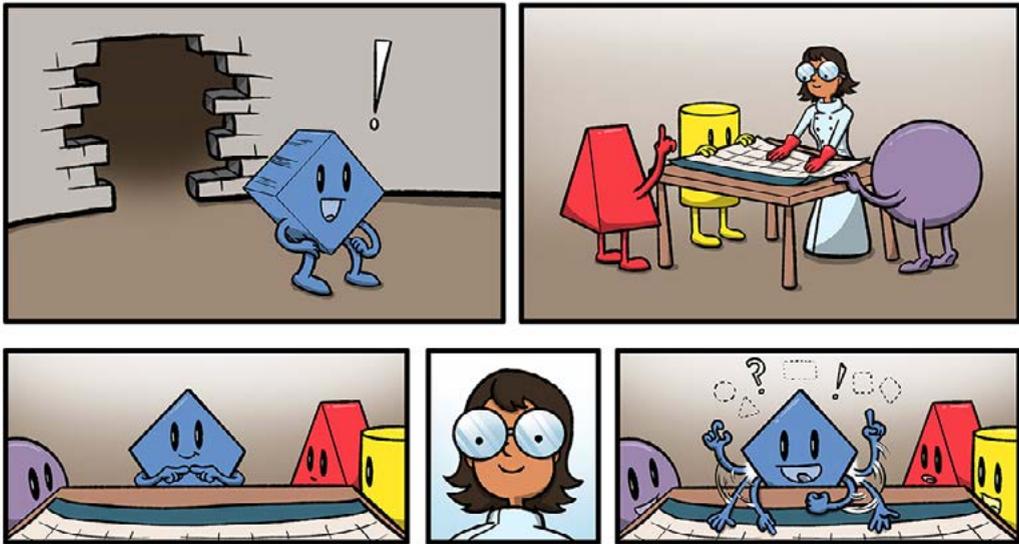
Cette situation a mené au développement de plusieurs mouvements militant pour les droits des personnes **neuroatypiques**, connus sous le nom de « Neurodiversité ».



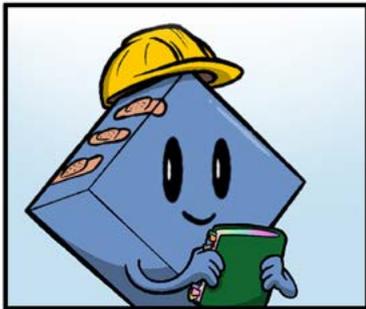
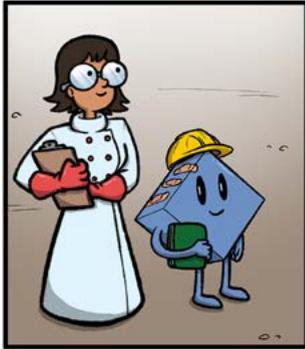
Leur mission est, entre autres, de donner accès à la production des ressources épistémiques de la communauté aux personnes neuroatypiques.



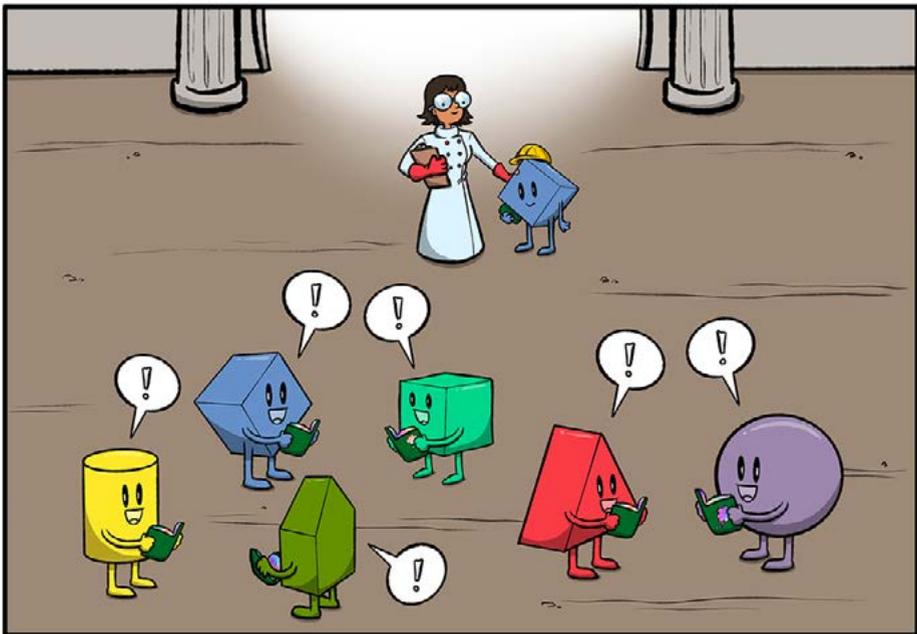
Lorsque leur témoignage est entendu, la science bénéficie d'un point de vue à la première personne, ce qui amène de nouvelles idées et des expériences directes du fonctionnement cognitif des personnes neuroatypiques. L'idée d'inclure des personnes qui sont directement concernées par la recherche scientifique est mise de l'avant au sein de disciplines comme le neuroféminisme et l'épistémologie féministe.



En intégrant les personnes **neuroatypiques** dans la construction des ressources épistémiques, la science peut développer des ressources herméneutiques plus riches, et ainsi devenir à la fois plus apte à soutenir les personnes marginalisées et plus adéquate sur le plan empirique.



Lorsqu'une variété suffisante de personnes aura contribué à la construction des ressources épistémiques, une science plus inclusive, soucieuse de justice épistémique, offrira des ressources herméneutiques aux personnes **neuroatypiques**, ainsi que des environnements plus favorables au plein déploiement de leur potentiel.





Mylène Legault

Candidate au doctorat
Institut des sciences cognitives
Institut de recherches et d'études féministes
Laboratoire d'analyse cognitive de l'information
Chaire de recherche du Canada sur l'injustice et l'agentivité épistémiques
Université du Québec à Montréal
Collectif Autiste de l'UQAM (co-fondatrice)

Jean-Nicolas Bourdon

Candidat au doctorat
Institut des sciences cognitives
Laboratoire d'analyse cognitive de l'information
Chaire de recherche du Canada sur l'injustice et l'agentivité épistémiques
Université du Québec à Montréal

Avec le recul, nous réalisons que lorsque nous pensions à la vulgarisation, nous pensions intuitivement au devoir de vulgariser nos recherches pour ce que l'on appelle le « grand public ». Avec le temps, notre compréhension des outils de vulgarisation s'est plutôt inversée : et si c'était la recherche qui avait besoin qu'on lui vulgarise la réalité des personnes directement concernées? Dans ce cas-ci, vulgariser les réalités riches et complexes des personnes autistes, réalités qui ne se résument certainement pas à deux pages pathologisantes du DSM.

Les chercheur·euse·s allistes (non-autistes) spécialistes de l'autisme resteront par définition non-spécialistes du sentiment vécu, c'est-à-dire étranger·ère·s à l'expérience d'être une personne identifiée comme ayant un trouble, que ce soit par la recherche, mais aussi par des collègues chercheur·euse·s et des programmes universitaires.

En ce sens, nous défendons aujourd'hui l'urgence pour le milieu de la recherche de prioriser l'épanouissement des vies sur lesquelles sont construites des expertises et des carrières. La créativité, le dialogue, la vulgarisation, la construction de communautés, sont les voies sur lesquelles nous continuons à miser, entre autres par la co-fondation du [Collectif Autiste à l'UQAM](#) et la poursuite de la bande dessinée [en ligne](#).

 2021

LA SYMPHONIE DES MILIEUX HUMIDES

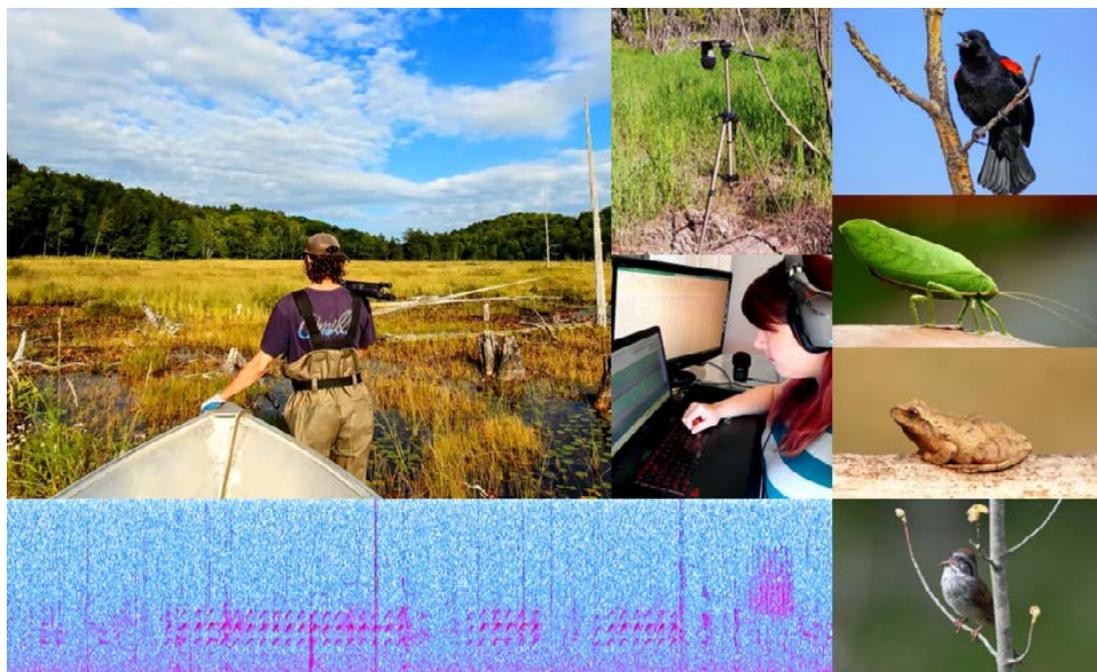
Audréanne Loiselle

Doctorat en sciences biologiques
Université de Montréal

Enfilez vos écouteurs et découvrez les orchestres naturels de la biodiversité vivant en bordure de lacs.



Écoutez sa proposition
audio en ligne





Audréanne Loiseau

Doctorat en sciences biologiques
Université de Montréal

Ma proposition était en fait un aperçu d'une petite partie de mon doctorat, qui est beaucoup plus vaste! Je m'intéresse à la biodiversité, aux services écologiques et aux impacts des changements climatiques sur les milieux humides retrouvés en bordure des lacs. J'entamerai cet été un stage postdoctoral à l'Université Laval sur la restauration et la création de milieux humides. Je me dois aussi de mentionner que la trame sonore que j'avais composée pour le concours a pu être valorisée à de multiples reprises. Je l'ai notamment utilisée pour composer la musique du balado Les Lucioles, créé par des étudiantes en biologie de l'Université de Montréal. J'ai également utilisé ces sons afin de concevoir un atelier art et science pour des jeunes. Au terme de l'atelier, les jeunes étaient invités à utiliser un logiciel de *looping* afin de créer leur propre symphonie de lac avec toutes sortes de sons.

Avant le concours de l'Acfas, je cheminai déjà dans les sentiers de la vulgarisation à travers des activités grand public, des animations jeunesse et de l'enseignement. Mais c'est réellement à la suite de mon expérience à ce concours de vulgarisation que j'ai commencé à vulgariser à vitesse grand V! Ma participation m'a fait réaliser qu'il y avait mille et une opportunités dans le domaine et qu'il ne fallait pas hésiter à les saisir. Je me suis notamment lancée dans l'aventure de Ma thèse en 180 secondes de l'Acfas et j'ai eu la chance de me rendre jusqu'à la finale internationale. Ensuite, j'ai compris que j'avais besoin de poursuivre mes apprentissages pour continuer à évoluer dans le domaine. J'ai commencé à lire sur le sujet et à m'inscrire à toutes les formations et conférences dans le domaine. Enfin, j'ai appris que la vulgarisation méritait d'être davantage valorisée dans le milieu universitaire. Encore aujourd'hui, peu d'étudiant·e·s en recherche sont encouragé·e·s à se former dans ce domaine. Pourtant, tout le monde gagne dans ce scénario : le grand public est mieux informé, la recherche est davantage communiquée et les étudiant·e·s développent de nouvelles compétences. J'ai eu la piqûre pour la vulgarisation scientifique et depuis j'essaie de propager le virus chez mes collègues! Je dois ma contagion en grande partie à l'Acfas, qui m'a offert les opportunités, la formation et l'envie de partager ma passion!

2022

CRÉER UN EFFET BOULE DE NEIGE PARTICIPATIF EN HLM

Roxane Meilleur

Doctorat en psychologie du travail et des organisations
Université de Sherbrooke

Comment les personnes à faibles revenus habitant des logements sociaux peuvent-elles améliorer leurs milieux du vie au quotidien? Cela est possible grâce à la participation citoyenne, un concept vulgarisé en images dans cette bande dessinée.



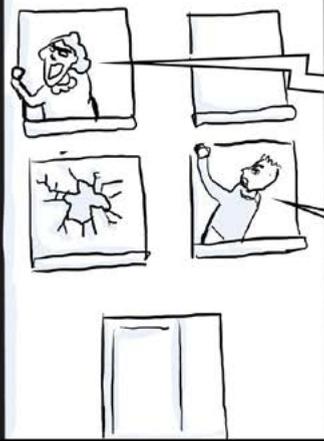
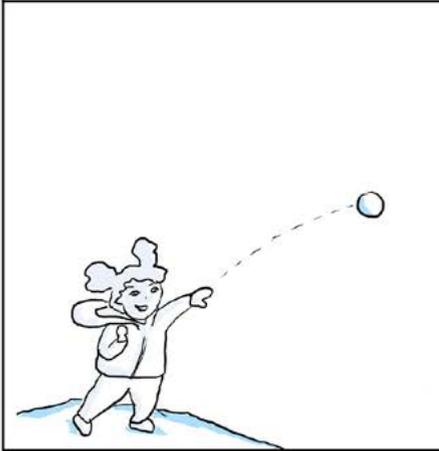
L'effet boule de neige participatif



Par
Roxane
Meilleur

LES HLM* SONT DES MILIEUX DE VIE POUR LES PERSONNES ET FAMILLES À FAIBLES REVENUS.

VIVRE EN COMMUNAUTÉ, CE N'EST PAS TOUJOURS ROSE.



@e!!\$!
SALES JEUNES!
ATTENDEZ QUE JE
DESCENDE!

GINETTE,
AS-TU FINI DE
CHIÂLER???

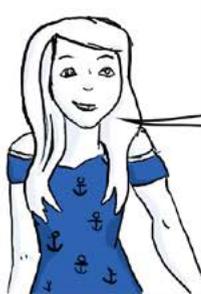
VIVRE EN COMMUNAUTÉ A AUSSI DES BONS CÔTÉS.



HEY TOUT
LE MONDE,
LE POULET
EST EN
SPÉCIAL
CETTE
SEMAINE!

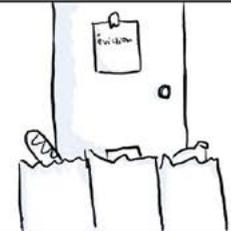


AHMED,
JE PEUX
T'EMPRUNTER
TA PELLE À
JARDINAGE?



LE
LOGEMENT
SOCIAL JOUE
UN RÔLE
ESSENTIEL
DANS LA
LUTTE À LA
PAUVRETÉ.

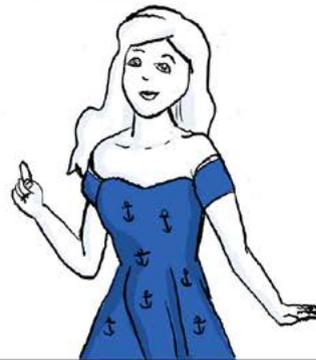
SANS HLM, ÇA PEUT
SIGNIFIER DE DEVOIR
CHOISIR ENTRE SE LOGER
ET MANGER.



POUR
PLUSIEURS,
SANS HLM,
C'EST VIVRE
DANS LA
RUE.

* HLM = habitations à loyer modique

LES PERSONNES À FAIBLES REVENUS ET CELLES QUI VIVENT EN HLM FONT FACE À TOUTES SORTES DE PRÉJUGÉS.



IL Y A DES ASSOCIATIONS DE LOCATAIRES QUI ORGANISENT DES ACTIVITÉS POUR BRISER L'ISOLEMENT, ANIMENT LES JEUNES POUR LIBÉRER LES PARENTS... ET COLLABORENT MÊME AVEC DES PARTENAIRES POUR AMÉLIORER LEUR MILIEU DE VIE.



S'ENGAGER INDIVIDUELLEMENT OU COLLECTIVEMENT POUR TRANSFORMER SON MILIEU OU LA SOCIÉTÉ, ON APPELLE ÇA : LA PARTICIPATION CITOYENNE.

JE ME SUIS DEMANDÉ COMMENT CETTE PARTICIPATION SE DÉVELOPPAIT EN HLM.

LES PERSONNES RENCONTRÉES M'ONT APPRIS QUE LA PARTICIPATION COMMENCE RAREMENT DANS UNE ASSOCIATION DE LOCATAIRES.

EN FAIT, C'EST PLUTÔT COMME UN EFFET BOULE DE NEIGE.

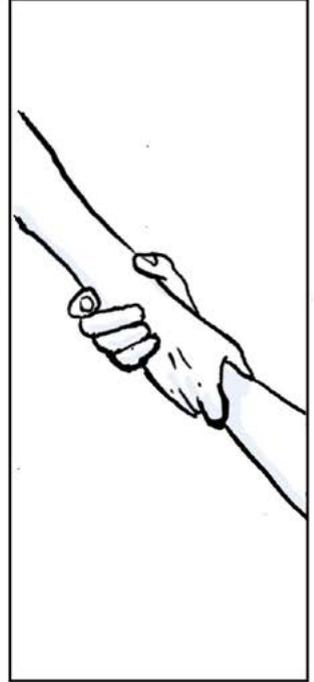
ÇA COMMENCE PAR
UNE PLUS PETITE
PARTICIPATION...



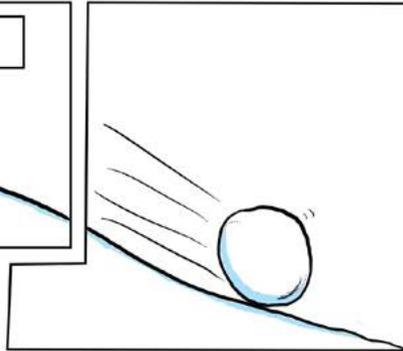
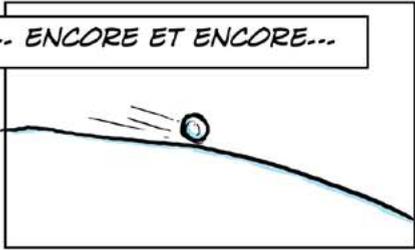
... PAS FORCÉMENT
ENGAGÉE...



... PUIS ÇA
GROSSIT...



... ENCORE ET ENCORE...



...VERS UNE PARTICIPATION DE
PLUS EN PLUS ENGAGÉE ET
CITOYENNE.

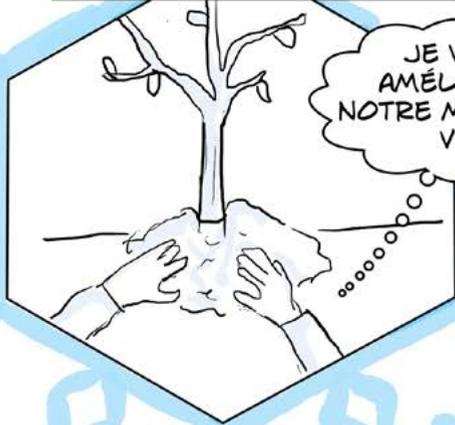


POUR ILLUSTRER L'EFFET BOULE DE NEIGE PARTICIPATIF, PRENONS L'EXEMPLE DE JULIE, UNE MÈRE DE FAMILLE HABITANT EN HLM.



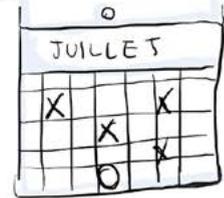
L'EFFET BOULE DE NEIGE PREND PLUSIEURS FORMES.

D'UNE PARTICIPATION POUR SOI À UNE PARTICIPATION POUR LES AUTRES



JE VEUX AMÉLIORER NOTRE MILIEU DE VIE

D'UNE PARTICIPATION PONCTUELLE À UNE PARTICIPATION RÉGULIÈRE



D'UNE PARTICIPATION INFORMELLE À UNE PARTICIPATION DANS DES COMITÉS, AVEC PLUS DE RESPONSABILITÉS

MAIS ATTENTION, LA PARTICIPATION CITOYENNE, CE N'EST PAS POUR TOUT LE MONDE.

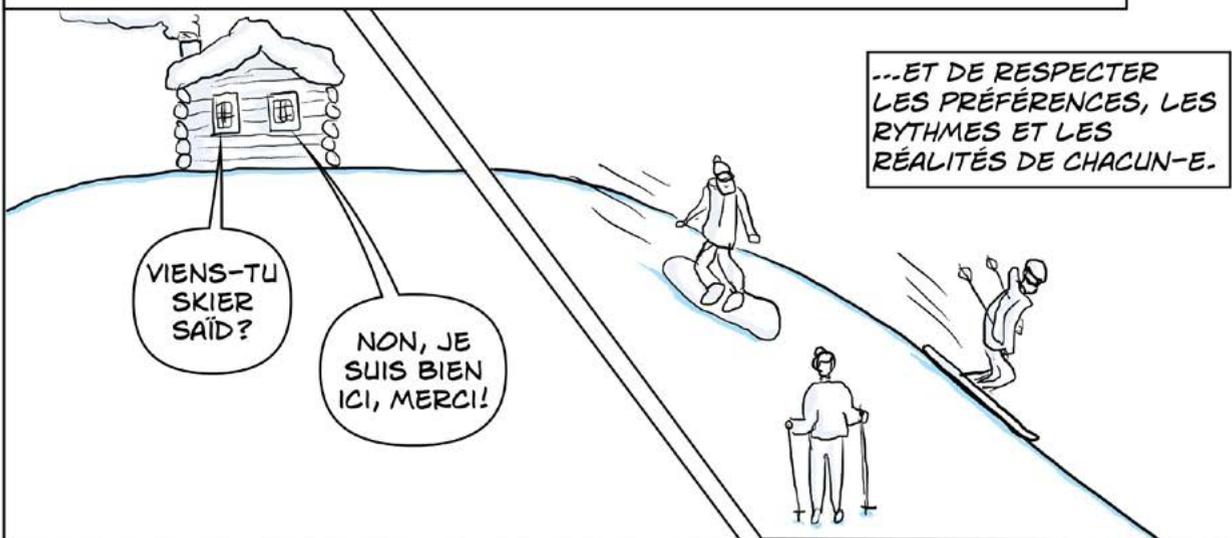
« IL Y EN A QUI N'AIMENT PAS ÇA... »

Citoyen habitant en HLM



« ...ET IL Y EN A QUI NE SAVENT PAS QU'ILS AIMENT ÇA... MAIS QU'UNE FOIS QU'ILS EN MANGENT, ILS AIMENT BIEN ÇA! » *

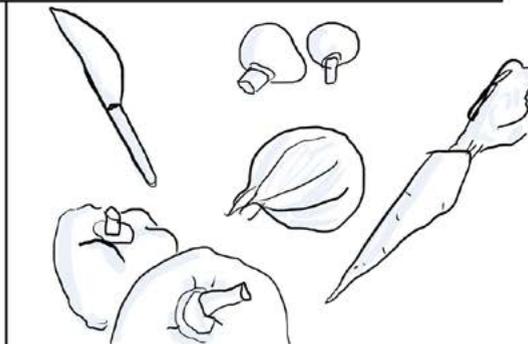
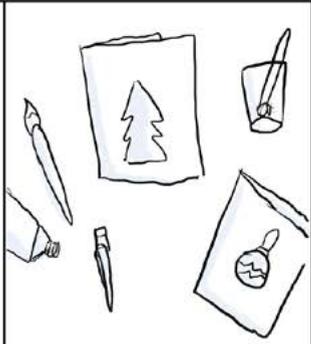
L'IMPORTANT, C'EST DONC D'OFFRIR DES OPPORTUNITÉS DE LE DÉCOUVRIR...



« ...ET DE RESPECTER LES PRÉFÉRENCES, LES RYTHMES ET LES RÉALITÉS DE CHACUN-E. »

* Tout au long de la bande dessinée, les propos entre guillemets reprennent les mots d'une personne ayant participé à la recherche.

PAR EXEMPLE, JULIE A DES AMI-E-S QUI NE VEULENT PAS S'IMPLIQUER DANS LES COMITÉS, MAIS QUI AIMENT AIDER DE TEMPS EN TEMPS.



C'EST VRAI, IL Y A PLUSIEURS OBSTACLES À L'EFFET BOULE DE NEIGE PARTICIPATIF.

LES CONFLITS ET LES COMMÉRAGES...

HEY, C'EST PAS JUSTE, ÇA!

J'ÉVITE D'ENTRER DANS LA SALLE QUAND ELLE EST LÀ!

J'AI ENTENDU DIRE QUE LUC A GARDÉ LES SURPLUS DU BBQ.

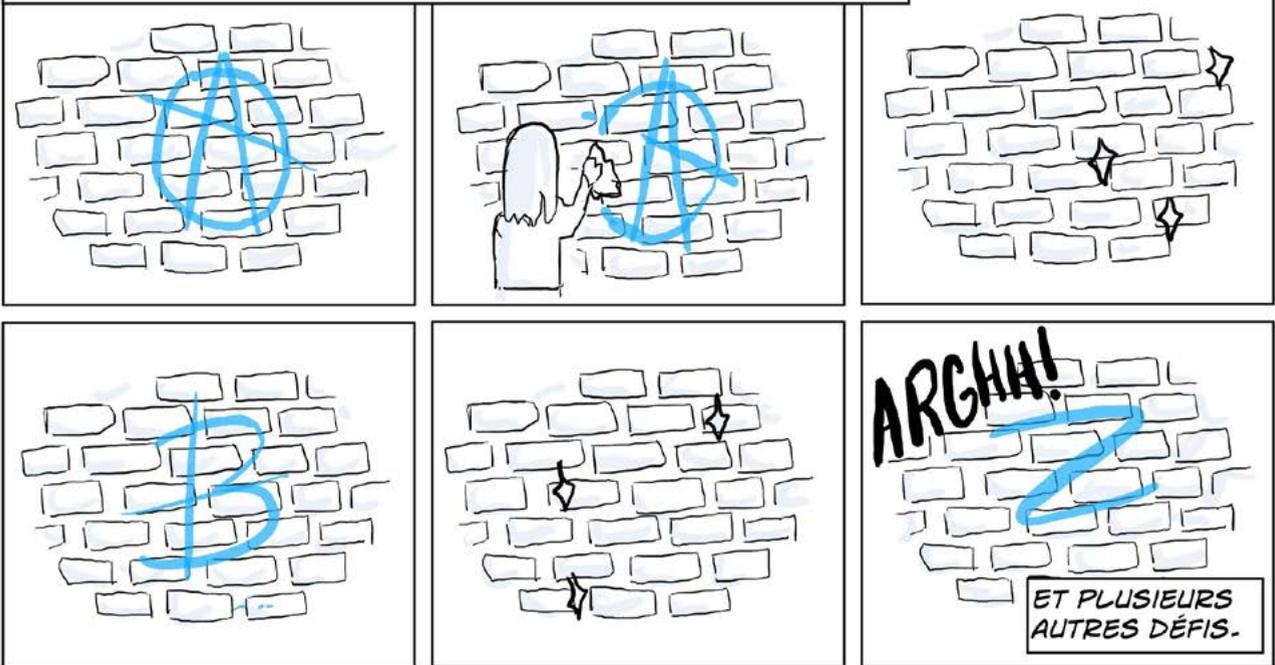
ÇA DOIT ÊTRE LA FAUTE DE MAYA!

LES GENS QUI NE RESPECTENT PAS LA VIE PRIVÉE...

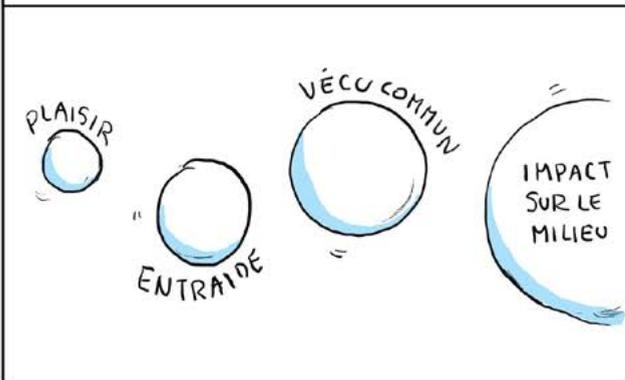


FAUDRAIT QUE TU PARLES DE LA PLOMBERIE AU C.A.!

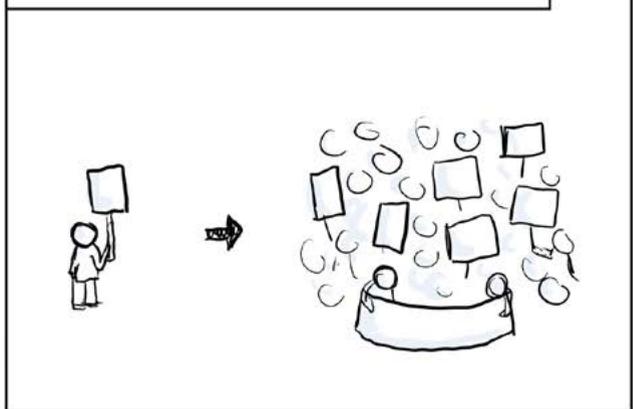
AVOIR L'IMPRESSON DE DEVOIR TOUJOURS RECOMMENCER...



LA BONNE NOUVELLE, C'EST QU'IL Y A AUSSI DES INGRÉDIENTS QUI ENCOURAGENT LA PARTICIPATION CITOYENNE...

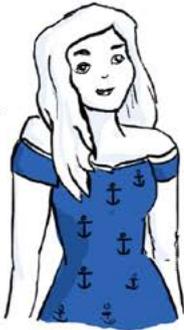


ET QUE LES OBSTACLES SONT PLUS FACILES À TRAVERSER EN GROUPE.

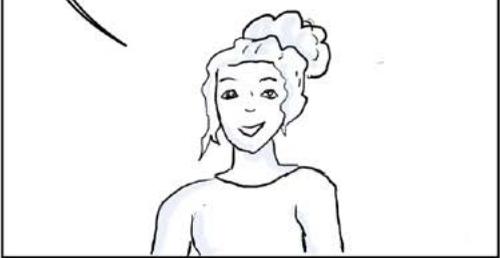


LES OFFICES D'HABITATION, QUI GÈRENT LES HLM, PEUVENT AUSSI JOUER UN RÔLE

MÊME SI CE N'EST PAS TOUJOURS ÉVIDENT, COMME ILS SONT AUSSI PROPRIÉTAIRES.



« TOUT LE MONDE AIMERAIT QUE ÇA SE PASSE SANS L'INTERVENTION DE L'OFFICE. MAIS UN MOMENT DONNÉ, ÇA PEUT DEVENIR LOURD POUR TOUT LE MONDE. »

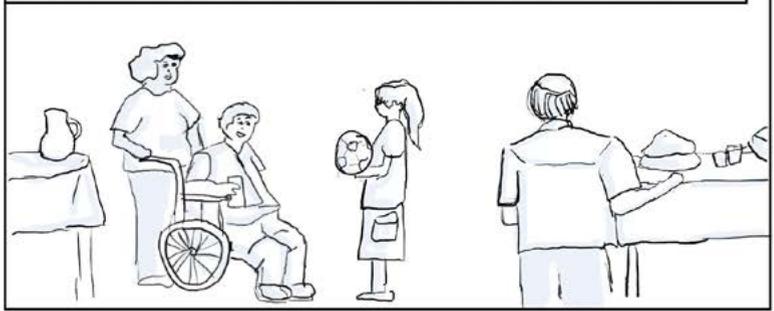


POUR QUE LE SOUTIEN DE L'OFFICE SOIT BÉNÉFIQUE, IL FAUT QU'IL SOIT AJUSTÉ AUX CONTEXTES ET AUX BESOINS DES MILIEUX DE VIE.

PRENONS DEUX EXEMPLES.



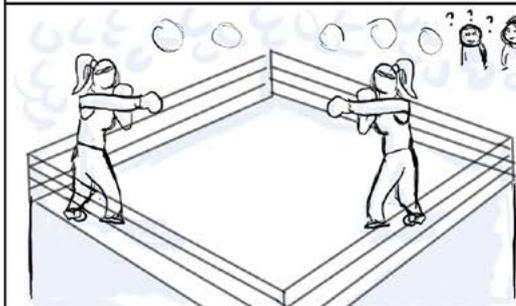
AU HLM DES-ROSES*, L'ASSOCIATION EST ACTIVE DEPUIS LONGTEMPS. ELLE COLLABORE AVEC LA VILLE, ORGANISE DES FÊTES DE QUARTIER... ET EMBAUCHE MÊME SES PROPRES INTERVENANTS!



LE SOUTIEN DE L'OFFICE PEUT ÊTRE LE BIENVENU DE TEMPS EN TEMPS, SURTOUT POUR GÉRER LES ENJEUX FINANCIERS QUI SONT SOUVENT COMPLICQUÉS.



MAIS ORGANISER DES ACTIVITÉS À LA PLACE DE L'ASSOCIATION ET DES LOCATAIRES, CE SERAIT COMME NE PAS RECONNAÎTRE LEURS FORCES.



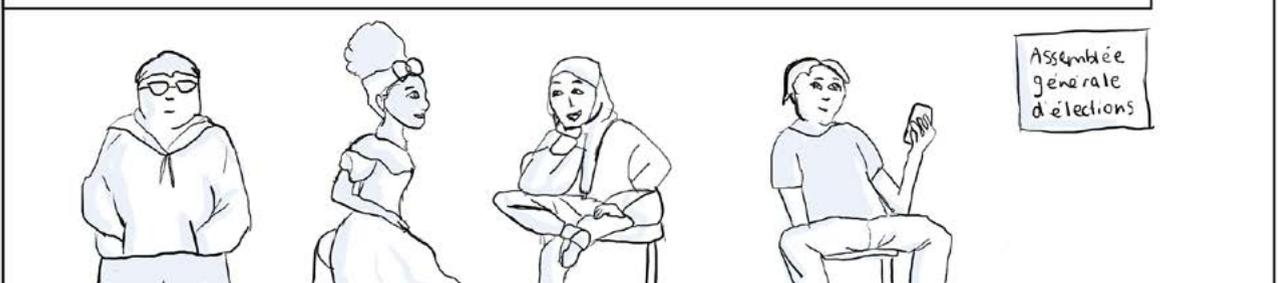
ELLES N'ÉTAIENT PAS DANS LA MÊME ÉQUIPE?!

AU HLM DES-MARGUERITES*, LA SITUATION EST DIFFÉRENTE. L'ASSOCIATION A DU MAL À GARDER SES MEMBRES À LA SUITE DE PLUSIEURS CONFLITS. LA MÉFIANCE RÈGNE.



Assemblée générale d'élections

UN SOUTIEN PLUS SOUTENU DE L'OFFICE AIDE À REBÂTIR TRANQUILLEMENT LA CONFIANCE ET LE SENTIMENT DE SÉCURITÉ DANS LE MILIEU, JUSQU'À CE QUE CE DERNIER DEVIENNE AUTONOME COMME LE HLM DES-ROSES.



Assemblée générale d'élections

*Noms fictifs.

MALHEUREUSEMENT, CE NE SONT PAS TOUTES LES PERSONNES QUI TRAVAILLENT DANS LES OFFICES QUI VALORISENT LA PARTICIPATION CITOYENNE.



SOIT PARCE QU'ELLES CROIENT MIEUX SAVOIR QUE LES LOCATAIRES...

EUH... C'EST PARCE QUE C'EST MOI QUI HABITE LÀ!



PARCE QU'ELLES PENSENT QUE LES LOCATAIRES NE SONT PAS CAPABLES DE PARTICIPER À DES DÉCISIONS DE GESTION...

EUH... C'EST PARCE QUE C'EST MOI QUI HABITE LÀ!

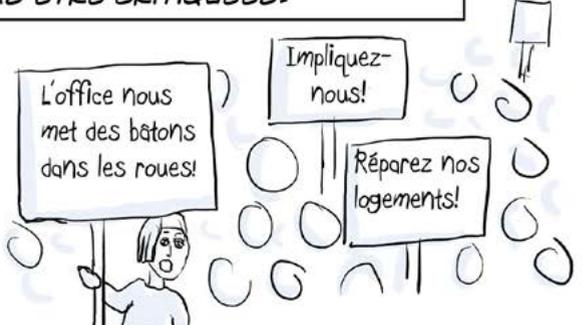


OU PARCE QU'ELLES NE VEULENT PAS ÊTRE CRITIQUÉES.

L'office nous met des bâtons dans les roues!

Impliquez-nous!

Réparez nos logements!



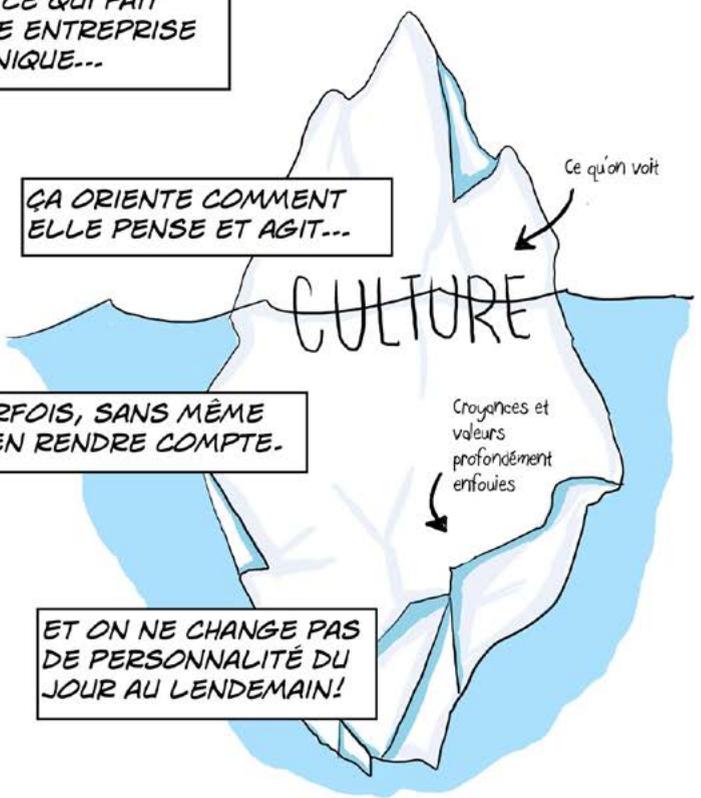
POUR CHANGER CES CROYANCES, IL FAUT TRANSFORMER LA CULTURE DES OFFICES.
LA CULTURE D'UN OFFICE, C'EST UN PEU SA PERSONNALITÉ.

C'EST CE QUI FAIT QU'UNE ENTREPRISE EST UNIQUE...

ÇA ORIENTE COMMENT ELLE PENSE ET AGIT...

PARFOIS, SANS MÊME S'EN RENDRE COMPTE.

ET ON NE CHANGE PAS DE PERSONNALITÉ DU JOUR AU LENDEMAIN!



MAIS MÊME SI CHANGER
LES CROYANCES PREND DU
TEMPS, ÇA VAUT LA PEINE
D'Y TRAVAILLER ...

... ET D'ACCUEILLIR LES
GENS AVEC CE QU'ILS
ONT À DONNER.

« ÇA PREND PLUSIEURS
GOUTTES D'EAU POUR
FORMER UN OCÉAN. »



ALIMENTER L'EFFET BOULE DE NEIGE
PARTICIPATIF EN HLM, ÇA PERMET :

DE PRENDRE DE
MEILLEURES DÉCISIONS DE
GESTION EN IMPLIQUANT
LES PERSONNES
CONCERNÉES...



D'AMÉLIORER LA QUALITÉ DE
VIE DES CITOYEN-NE-S ET
DES COMMUNAUTÉS...



... ET DE FAIRE EN
SORTE QU'ILS ET
ELLES DEVIENNENT
MAÎTRES DE LEUR
PROPRE DESTINÉE.





Roxane Meilleur

Psychologue du travail, chargée de cours et professionnelle de recherche à l'Accélérateur entrepreneurial Desjardins (AED) de l'Université de Sherbrooke

Depuis la réalisation de ma bande dessinée, je ne travaille plus spécifiquement sur la participation citoyenne en logement social, bien que la culture organisationnelle et l'inclusion sociale demeurent des sujets qui m'interpellent. Comme professionnelle de recherche, je m'investis actuellement dans des projets sur l'éducation à l'entrepreneuriat et la pédagogie en milieu universitaire. Je rêve aussi du jour où je pourrai mettre en œuvre ma propre programmation de recherche, à titre de professeure, sur les tensions entre performance et apprentissage. En fait, ce sont mes travaux en HLM qui m'ont amenée sur cette piste. J'ai pu constater que lorsque les personnes œuvrant au sein des offices d'habitation se plaçaient en posture d'apprentissage, elles étaient plus à même de partager le pouvoir avec les locataires. La culture de performance, au contraire, avait plutôt tendance à limiter l'espace accordé à la réflexion et à l'*empowerment*. Constatant des enjeux similaires en contexte universitaire, je souhaite vivement poursuivre l'exploration de cette thématique. J'imagine déjà les illustrations qui pourraient en découler!

Lors d'une discussion avec un collègue au sujet de ma bande dessinée, j'ai appris que mon université organisait un événement TEDx... et que j'étais invitée à présenter une conférence! C'était une première occasion pour moi de prendre la parole publiquement de cette façon, autrement que par l'enseignement, et c'est un moment significatif dans mon parcours. De plus, les conversations qui ont suivi ces deux communications – la bande dessinée et la conférence – m'ont rappelé toute la richesse qui pouvait émerger de ces espaces de rencontre entre science et société. Je ne sais pas ce que l'avenir me réserve, mais j'espère vivement pouvoir saisir de nouvelles opportunités comme celles-là. Je compte également poursuivre, à travers mon enseignement, la sensibilisation des personnes étudiantes à ces autres manières de communiquer la recherche.

Produire un recueil spécial comme celui-ci ne serait pas possible sans la collaboration de plusieurs personnes, à commencer par les formidables chercheur·euse·s qui ont accepté notre invitation à revisiter leurs propositions lauréates. Leurs témoignages nous apportent un éclairage précieux sur la transformation de la recherche en elle-même, mais également sur les multiples chemins possibles pour la raconter.

Un grand merci, donc, aux scientifiques de tous horizons de participer ainsi à la démocratisation des savoirs en français hors les murs des universités, au moyen de méthodes créatives et inédites. Votre engagement en vulgarisation scientifique est essentiel à l'enrichissement du dialogue entre les sciences et la société.

L'Acfas aimerait également remercier Matthieu Dugal, animateur de l'émission *Moteur de recherche* sur ICI Radio-Canada Première, pour son engagement en tant que parrain de cette 30^e édition du Concours de vulgarisation de la recherche.

Cette 30^e édition est rendue possible grâce à la participation financière du gouvernement du Québec. La diffusion des propositions récipiendaires de cette année bénéficie du soutien de *L'actualité*.

Découvrez les propositions récompensées dans le *Magazine de l'Acfas* ou explorez-y un ensemble diversifié d'œuvres de vulgarisation scientifique.

Pour le soutien à ses activités, l'Acfas remercie ses grands partenaires, soit la Commission canadienne pour l'UNESCO, Radio-Canada et le gouvernement du Québec.

Qu'est-ce que vulgariser les sciences? Comment rendre attrayants des travaux de recherche auprès de différents publics? Comment traduire avec originalité des concepts et des données complexes issus de la philosophie, des neurosciences, de la physique ou des sciences biologiques? Et pourquoi est-ce important de les rendre accessibles?

Au fil de ces pages, vous découvrirez 30 histoires de recherche étonnantes, créées et revisitées par des récipiendaires du Concours de vulgarisation de la recherche de l'Acfas. Vous y rencontrerez également des chercheur·euse·s inspirant·e·s, passionné·e·s, résolument engagé·e·s à déconstruire la croyance selon laquelle la communication des sciences est nécessairement aride, rigide et hermétique.

Préparez-vous à traverser trois décennies de vulgarisation scientifique en français par l'intermédiaire créatif de la bande dessinée, de l'audio, de la vidéo et du texte. Laissez ces chercheur·euse·s vous raconter l'histoire de leurs recherches.

Sous la direction
d'Audrey-Maude Falardeau


Acfas **VULGARISATION**
DE LA **RECHERCHE**