30e ÉDITION

Les 10 découvertes de l'année

JANVIER-FÉVRIER 2023

QUÉBEC SCIENCE

Le côté sale DU LAVAGE



+

La restauration des milieux humides : un casse-tête

Retracer l'histoire musulmane au pays





Kevin Neil
Ph. D. en biologie
Stagiaire postdoctoral

Nous formons l'avenir
UNE DÉCOUVERTE À LA FOIS

USherbrooke.ca
/recherche



Félicitations à notre équipe lauréate pour la découverte d'**une solution à la résistance aux antibiotiques** et sa nomination au palmarès des 10 découvertes de l'année *Québec Science*.

Alliant audace et conviction, l'Université de Sherbrooke est un atout prolifique en recherche et un incubateur de prédilection pour la relève.

UdS Université de Sherbrooke

TOP 4e 10!

Titulaire de la Chaire de recherche du Canada en géologie marine et directeur de l'Institut des sciences de la mer de Rimouski (ISMER), Guillaume St-Onge est nommé pour une quatrième fois dans les dix Découvertes de l'année de *Québec Science*. Un accomplissement digne de mention. Félicitations!

Cette réussite témoigne de l'excellence en recherche de l'Université du Québec à Rimouski. Depuis 2011, l'UQAR s'est retrouvée à neuf reprises dans les trois premiers rangs du palmarès de la firme indépendante Research Infosource Inc. parmi les universités de sa catégorie au Canada.

Guillaume St-Onge accompagné de Méril Mérindol, candidat au doctorat en océanographie à l'UQAR.

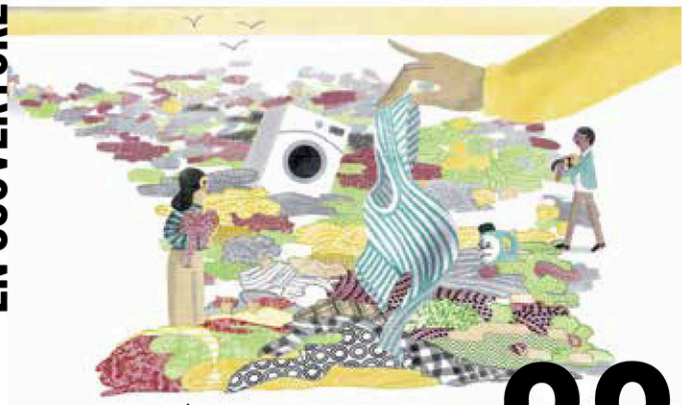
UQAR ISMER

SOMMAIRE

JANVIER-FÉVRIER 2023

QUÉBEC SCIENCE

EN COUVERTURE



Le côté sale du lavage P. 28

La corvée de la lessive devient encore plus pénible quand on s'intéresse à son coût environnemental.

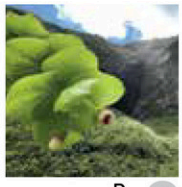
REPORTAGES

20 L'incertaine restauration des milieux humides
Recréer un écosystème riche et diversifié sur un site dégradé, c'est possible ?

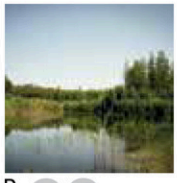
66 L'histoire des musulmans du Canada
Des archivistes combattent les représentations tronquées des communautés musulmanes du pays.

68 1,1 mégajoule d'espoir
C'est un tournant dans la quête de la maîtrise de la fusion nucléaire : une équipe a obtenu un premier gain net d'énergie.

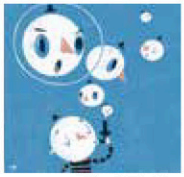
74 Pour des garderies de qualité au Kenya
Une équipe de recherche se demande si la professionnalisation des services de garde peut améliorer le sort des mères et de leurs enfants.



P. 8



P. 20



P. 14



P. 38

SUR LE VIF

8 Cabinet des curiosités
Des étudiants québécois révolutionnent le monde de la conservation.

10 Bonne année du mil !
Après le quinoa et les légumineuses, les Nations unies braquent les projecteurs sur le mil.

12 L'empathie varie-t-elle selon l'accent ?
Une Française qui écoute un Québécois « chialer » aura-t-elle moins d'empathie pour lui que pour un plaignard à l'accent de France ?

13 Carotte : 1 – Chou frisé : 0
Les réactions faciales en lien avec la nourriture s'observeraient chez le fœtus pendant la grossesse.

16 La recette universelle de l'innovation
Entrevue avec Miguel Aubouy, qui affirme que les scientifiques, les gestionnaires et les artistes sortent des sentiers battus de la même manière.

6 Édito par Mélissa Guillemette
Le clitoris du serpent



7 Babillard **11 En image**
13 Technopop Par Gabrielle Anctil
14 Polémique Par Jean-François Cliche
78 Culture Par Émilie Folie-Boivin
81 Anthropocène Par Jean-Patrick Toussaint
82 Rétroviseur Par Saturnome

ILLUSTRATION DE LA COUVERTURE : NATHALIE DION



MÉLISSA GUILLEMETTE @mguillemett

ÉDITORIAL

Le clitoris du serpent

Les tabous entourant la sexualité féminine, les stéréotypes de genre et les biais envers les femmes ont longtemps freiné la recherche. Le déblocage actuel est jouissif !

Les serpents femelles ont un clitoris, apprenait-on récemment dans les *Proceedings of the Royal Society B*. Ledit clitoris (une structure double, donc deux clitoris, en fait !) n'était pourtant pas difficile à trouver en disséquant un spécimen. « Vous enlevez la peau et c'est juste là, devant vous », a expliqué à *New Scientist* l'une des auteures de l'article scientifique détaillant la découverte, la professeure de l'Université d'Adélaïde Megan Folwell. Son équipe a trouvé des clitoris chez les neuf espèces de serpent étudiées et soupçonne que la plupart des autres en ont aussi.

Quelle nouvelle ! La question qui suit inévitablement : pourquoi ne le savait-on pas déjà ? Vous l'aurez deviné : les pénis de serpents sont étudiés depuis des décennies, tandis que les organes sexuels des femelles avaient à l'évidence été négligés. La faute aux tabous entourant la sexualité féminine humaine peut-être ? L'héritage du passé est lourd, particulièrement celui qui concerne le *membre honteux*, surnom donné au clitoris par le premier médecin à l'avoir disséqué, le Français Charles Estienne, au 16e siècle.

De la même façon, les ornithologues ne pensaient pas que les femelles oiseaux chantaient. On a longtemps présumé que les mâles poussaient la note pour impressionner les dames, qui, elles, choisissaient ensuite leur prétendant pour l'accouplement. Une étude de 2019 a montré que, chez 64 % des 1023 espèces étudiées, les femelles chantent aussi et probablement pour les mêmes raisons. Tout un revirement !

Les éthologues n'avaient quant à eux pas remarqué que le leader d'une meute de loups est souvent une femelle. On supposait que le loup le plus fort et le plus gros dominait le groupe. Des milliers d'heures d'observation au parc national de Yellowstone, aux États-Unis, ont finalement révélé au naturaliste Rick McIntyre que les mâles exécutent les ordres des femelles, qui sont les véritables commandantes ! Son livre sur le sujet, *The Alpha Female Wolf*, préfacé par Jane Goodall, est paru en octobre dernier.

CHEZ LES HUMAINS

On s'entend : les serpents et oiseaux femelles ainsi que les louves n'ont pas souffert du manque de curiosité des scientifiques. Sauf que les préjugés à l'égard des capacités des femelles existent aussi envers l'espèce humaine.

Ainsi, les historiens et archéologues ne soupçonnaient pas que les femmes de l'Antiquité et du Moyen Âge pouvaient être des guerrières ou d'excellentes cavalières. Le cas le plus connu est celui d'un squelette de Viking mis au jour en 1878 en Suède. Sa tombe comprenait des armes, des boucliers, des étriers et deux chevaux ; c'était assurément un guerrier. Il a fallu attendre 2017 pour apprendre qu'il s'agissait d'une femme, test d'ADN à l'appui. Certains se demandent si les objets exhumés ne pourraient pas appartenir à son mari. Soit. Mais personne ne se posait la question de la propriété des objets lorsque le Viking était vu comme un homme…

L'effet du désintérêt pour le féminin se fait sentir dans la recherche médicale. Les neuroscientifiques et médecins ont ignoré pendant trop longtemps que les manifestations de l'autisme chez les fillettes étaient différentes de celles des garçons. Tellement différentes que les filles sur le spectre ne sont pas repérées par les outils standards de diagnostic et se trouvent largement exclues des recherches sur le sujet.

Et comme vous le verrez à la page 60 de ce numéro, il aura fallu attendre 2022 pour qu'on s'aperçoive que le stress influe différemment sur le cerveau des souris femelles, ce qui semble vrai pour l'humain aussi. Le traitement de la dépression, qui peut survenir en raison d'un stress chronique, pourrait être chamboulé. « En étudiant seulement les souris mâles pendant des décennies, les scientifiques ont contribué à concevoir des classes de médicaments qui fonctionnent bien chez les hommes, mais moins bien chez les femmes », a dit la professeure de l'Université Laval Caroline Ménard à notre journaliste.

Décourageant, tout cela ? Un brin. Excitant ? Oh oui ! Cette époque est incroyable. Les scientifiques réalisent l'ampleur de tout ce qu'il reste à découvrir. Que ce soit un médicament ou un clitoris ! ●

BABILLARD

JANVIER-FÉVRIER 2023
Volume 61, numéro 5

Rédactrice en chef
Mélissa Guillemette

Rédactrice en chef adjointe
Marine Corniou

Journalistes
Annie Labrecque, Raphaëlle Derome

Collaborateurs
Gabrielle Anctil, Maxime Bilodeau, Chloé Bourquin, Jean-François Cliche, Émilie Folie-Boivin, Geneviève Larochelle-Guy, Joël Leblanc, Renaud Manuguerra-Gagné, Lucie Mouillaud, Émilie Parent-Bouchard, Etienne Plamondon Emond, Saturnome, Pierre Sormany, Jean-Patrick Toussaint

Correctrices-réviseures
Sophie Cazanave, Christine Dumazet, Fleur Neesham

Directrice artistique
Sophie Benmouyal

Photographes/illustrateurs/graphistes
Nathalie Dion, Brendan George Ko, Alexi Hobbs, Nicole Aline Legault, Donald Robitaille, Vigg

Éditeur Jean-François Rheault

Vice-présidente marketing, communications et partenariats Marie-Hélène Juneau

Comptabilité Mimi Bensaid

Chargée de projets, communications marketing
Sophie Codaire

Conseillère, relations de presse et marketing
Stéphanie Couillard

Directeur de la croissance numérique
Patrice Bray

SERVICE AUX ABONNÉS :
514 521-8356, poste 504,
ou 1 800 567-8356, poste 504
serviceclient@velo.qc.ca

PUBLICITÉ :
Claudine Mailloux
514 909-4601 cmailloux@velo.qc.ca

Impression Solisco
Distribution Messageries Dynamiques
Parution : 12 janvier 2023 (583e numéro)

Abonnement
Canada, 1 an : 43 $ + taxes
États-Unis, 1 an : 84 $
Outre-mer, 1 an : 128 $
Québec Science est publié par Vélo Québec Éditions.

Dépôt légal : Bibliothèque nationale du Québec, Bibliothèque nationale du Canada :
ISSN-0021-6127
Envoi Poste-Publications Convention nº 40065387.
© Copyright 2023 – *Québec Science*.
Tous droits de reproduction, de traduction et d'adaptation réservés.
Indexé dans repère
Québec Science reçoit l'aide financière du ministère de l'Économie, de l'Innovation et de l'Énergie du Québec. Nous reconnaissons l'appui financier du gouvernement du Canada.

Le magazine *Québec Science* est imprimé sur du papier certifié FSC® (Forest Stewardship Council®), donc issu de forêts bien gérées et d'autres sources responsables.

CMCA AUDITED Canada
Québec

NOTRE COUVERTURE





À la lecture du reportage de notre journaliste Marine Corniou sur cette façon moderne que nous avons d'appréhender le lavage, j'ai tout de suite eu en tête cette image d'un dépotoir à ciel ouvert débordant de vêtements plus ou moins sales.

C'est sous le stylet de Nathalie Dion que l'illustration de notre page couverture s'est concrétisée. Je savais que son style rétro, la sensibilité de sa palette de couleurs et ses textures travaillées à la main allaient susciter l'émotion nécessaire pour accompagner ce reportage qui fait réfléchir. Vous ne regarderez plus jamais votre panier de linge sale de la même manière !

– SOPHIE BENMOUYAL, DIRECTRICE ARTISTIQUE

MERCI, JEAN-FRANÇOIS !



Après sept années à répondre à vos questions, puis à parler de toutes les controverses scientifiques dans nos pages, le chroniqueur Jean-François Cliche tire sa révérence. Ce journaliste du quotidien *Le Soleil*, à Québec, nous était précieux. Il a réalisé un travail rigoureux et original, en plus d'être d'une grande amabilité. Il a fait partie de la solution pour assouvir la curiosité insatiable des lecteurs et lectrices au début de la pandémie de COVID-19 : il comptait parmi les journalistes avec qui *Québec Science* a formé une coalition. Pour tout cela, nous le remercions.

Ce départ est aussi l'occasion de souligner le travail remarquable de l'artiste Vigg, qui illustrait ses chroniques depuis 2019. N'ayez crainte : nous aurons recours à ses services pour mettre en images d'autres articles !

À LIRE SUR NOTRE SITE WEB

www.quebecscience.qc.ca/babillard



L'Ukraine au Québec
Si des scientifiques tentent de poursuivre leurs travaux sous les bombes russes en Ukraine, d'autres choisissent de s'exiler à l'étranger grâce à des bourses d'accueil, dont celles offertes au Québec. Notre collaboratrice Sabrina Myre a rencontré deux chercheuses, qui racontent leur histoire.

L'année 2022 dans le rétroviseur
Quels ont été les moments marquants de 2022 côté science et environnement ? Il y a certainement la nouvelle de la première fusion nucléaire produisant un gain net d'énergie (voir notre article en page 68). Saurez-vous deviner quels sont les autres éléments que notre journaliste Annie Labrecque a sélectionnés ?

Abonnez-vous	Écrivez-nous	Suivez-nous
www.quebecscience.qc.ca/abonnez-vous 514 521-8356, poste 504 1 800 567-8356, poste 504 Un changement d'adresse : serviceclient@velo.qc.ca	courrier@quebecscience.qc.ca Magazine Québec Science 1251, rue Rachel Est Montréal (QC) H2J 2J9	www.quebecscience.qc.ca

Conseil de recherches en sciences humaines du Canada | Social Sciences and Humanities Research Council of Canada | Canada



1



2



À la rescousse des plantes rares d'Hawaii

Des étudiants québécois révolutionnent le monde de la conservation de la biodiversité végétale. Ils ne sont pourtant ni biologistes ni botanistes !

Par Émilie Parent-Bouchard

On n'associe pas d'emblée le génie mécanique, encore moins la robotique, à la préservation de la nature. C'est pourtant une combinaison gagnante, selon une équipe de l'Université de Sherbrooke. Le groupe a conçu un robot volant capable de récolter des spécimens de plantes en voie d'extinction sur des falaises jusqu'alors inaccessibles.

Le Mamba, plateforme suspendue à un drone et munie d'une tête d'échantillonnage, peut se déplacer à l'horizontale grâce à deux « actionneurs antagonistes », c'est-à-dire deux hélices situées face à face qui lui permettent de changer de direction rapidement. Des composants de drone – un contrôleur, un GPS intégré et un modèle dynamique appelé « filtre de Kalman » – lui permettent aussi de maintenir sa stabilité malgré les perturbations, comme le vent.

L'innovation se situe dans la suspension du système sous le drone, alors que d'autres équipes installent plutôt un bras robotique directement *sur* le drone… « La technologie du Mamba ouvre de nouveaux horizons, car on peut entrer en contact avec des surfaces verticales », explique Guillaume Charron, doctorant en génie mécanique à l'Université de Sherbrooke et cofondateur d'Outreach Robotics, la jeune pousse qui commercialise le Mamba.

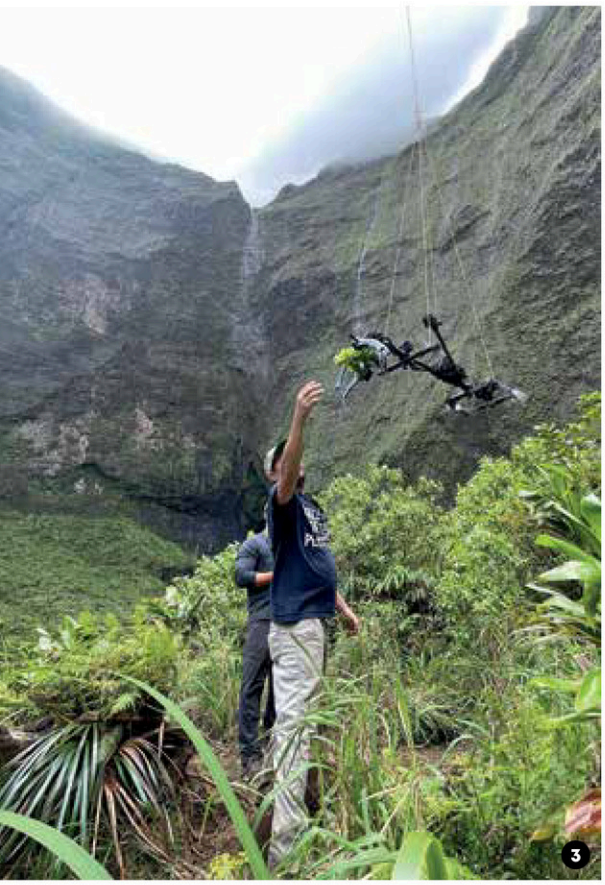
Si le système a pu être mis au point, c'est un peu grâce à son prédécesseur, le Deleaves, un bras robotique que Guillaume Charron et son partenaire de recherche Hughes La Vigne ont conçu pendant leurs études de maîtrise et qui est maintenant vendu partout dans le monde. Le Deleaves permet de cueillir des branches à la cime des arbres, une caractéristique qui a retenu l'attention du Jardin botanique tropical national d'Hawaii (NTBG) en 2019. « [Le botaniste Ben Nyberg] cherchait une façon de récolter des semences sur les plantes qu'il découvrait en observant les falaises avec son drone. On lui a dit qu'on avait des concepts en tête, mais que ça prendrait du temps. Car les applications en écologie ne sont pas nécessairement celles pour lesquelles il est le plus facile de trouver de l'argent. On ne va pas se le cacher : l'élaboration de nouvelles technologies coûte cher, prend du temps et des ressources », indique Guillaume Charron.

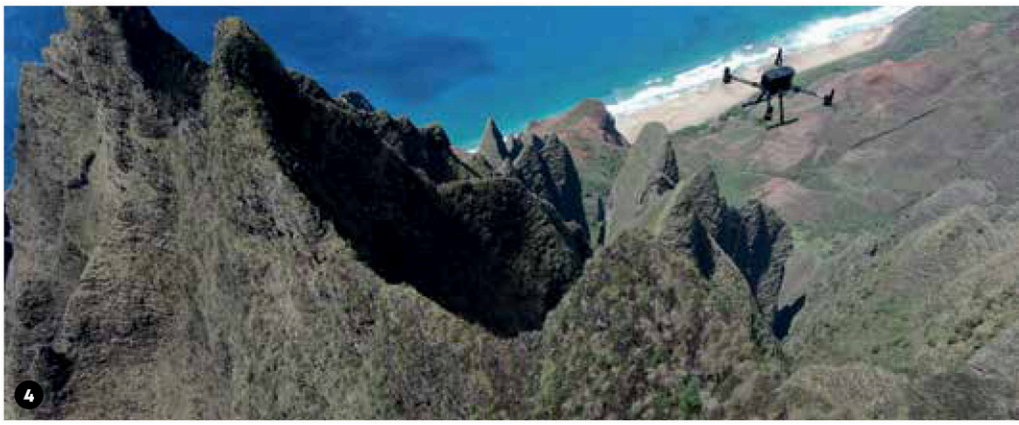
Un appel de propositions de National Geographic pour la conception d'outils destinés à la protection de la biodiversité tombe alors à point nommé. Les chercheurs obtiennent le financement et peuvent ainsi plus facilement convaincre d'autres partenaires, comme le gouvernement du Québec, de participer à l'aventure.

LES COUSTEAU DES FALAISES

Le moment de vérité survient quand il est enfin possible de se rendre sur l'île de Kauai, après de longs mois de pandémie, en octobre 2021. La flore unique de l'île compte quelque 250 plantes endémiques, dont 97 % sont considérées comme menacées, en voie de disparition ou disparues.

« Les biologistes, équipés de leurs jumelles, nous pointaient des plantes.









Nous étions capables de rapporter un échantillon en 10 minutes ! Ils étaient presque sous le choc de voir à quel point cela fonctionnait bien ! » raconte Guillaume Charron. Auparavant, les spécialistes devaient descendre en rappel le long des parois, une manœuvre dangereuse qui peut prendre des mois de planification.

Un article scientifique publié dans la revue *Scientific Reports* à l'automne 2022 fait état de la récolte de cinq espèces en danger critique d'extinction, dont deux pour lesquelles seulement une centaine d'individus sont répertoriés – *Hibiscadelphus distans* et *Polyscias racemosa*. Les scientifiques du NTBG les conservent précieusement en pouponnière et tentent de les multiplier pour une éventuelle réintroduction dans la nature.

« C'est intéressant d'avoir la technologie comme point de départ et de se demander comment il est possible de l'utiliser dans une perspective de conservation. Jacques-Yves Cousteau est un exemple intéressant à cet égard : il n'aurait pas pu avoir une influence aussi grande s'il n'avait pas mis au point les technologies nécessaires [pour découvrir le monde sous-marin, jusque-là peu connu] », observe Alexis Lussier Desbiens, professeur à la Faculté de génie de l'Université de Sherbrooke, en référence à l'équipement de plongée inventé par l'explorateur et océanographe français.

L'aventure du Mamba ne fait que commencer : National Geographic financera une deuxième phase du projet pour adapter la tête d'échantillonnage à la récolte de graines plutôt que de plants entiers. On souhaite aussi former les écologistes à son utilisation. Le monde des technologies et celui de la conservation ont tout intérêt à entrer en dialogue, estime le professeur Lussier Desbiens : « On n'est pas nécessairement habitué à travailler de façon pluridisciplinaire. Mais je pense qu'on devrait encourager cela. Et penser à long terme aussi : il faut être capable de se projeter dans 2, 5 ou 10 ans sur le plan technologique pour mieux répondre aux défis de la conservation. »

Ses étudiants rêvent déjà des retombées de leur entreprise Outreach Robotics. « Je souhaite que le Mamba attire assez l'attention et qu'on voie son potentiel pour la découverte d'espèces de plantes. Il pourrait aussi être utilisé pour l'inspection d'installations, de barrages, d'éoliennes par exemple », avance Guillaume Charron. Un outil polyvalent qui ne demande qu'à prendre son envol ! ●

1 **2** *Lysimachia iniki* est une plante menacée endémique de l'île de Kauai. **3** Le Mamba apporte un plant de *Lysimachia iniki* à l'un des membres du programme hawaiien de prévention d'extinction des plantes. **4** Le Mamba en route pour une opération d'échantillonnage. **5** Le botaniste Ben Nyberg (à gauche) en compagnie de Julien Rachiele-Tremblay, de l'équipe d'Outreach Robotics, qui pilote le drone. **6** Échantillon d'iliau nain, ou *Wilkesia hobdyi*, une plante endémique dont il n'existe que quelques centaines d'individus.

PHOTOS : **1** **2** **3** BEN NYBERG/NTBG ; **4** **5** **6** OUTREACH ROBOTICS

Bonne année du mil !

Après le quinoa et les légumineuses, les Nations unies braquent les projecteurs sur le mil. Une occasion de faire briller ce petit groupe de graminées peu connu au Québec, mais dont dépend la survie de plusieurs millions de personnes dans le monde.

Par Émilie Parent-Bouchard



Des grains de sorgho

Vous avez peut-être célébré la nouvelle année en dégustant une tourtière végane, mais vous ne vous êtes sans doute pas souhaité une bonne année internationale du mil. Pourtant 2023 est l'année internationale de cette famille de graminées – dont font partie différentes variétés de millet, le tef et le sorgho – qui nourrit des millions de personnes depuis des millénaires.

En mettant le mil à l'honneur, les Nations unies espèrent redorer le blason de cette culture traditionnelle en vue d'en accroître la production dans les pays du Sud, qui la délaissent trop souvent au profit de cultures plus productives comme le blé, le riz ou le maïs.

« Promouvoir ces céréales est important pour la sécurité alimentaire à l'échelle mondiale, pour faire face aux changements climatiques », explique Malek Batal, du Département de nutrition de l'Université de Montréal et titulaire de la Chaire de recherche du Canada sur les inégalités en nutrition et santé.

Selon les Nations unies, le mil est en effet assez résistant aux évènements climatiques extrêmes et le cultiver requiert peu d'engrais et d'eau. Une analyse du Data Science Institute at Colombia sur des rendements enregistrés en Inde entre 1966 et 2011 démontre que la production du mil est moins sensible que celle du riz aux épisodes de sécheresse ou de variations extrêmes de température.

C'est d'ailleurs l'Inde, premier producteur de cette céréale avec plus de 12,5 tonnes en 2020, qui a proposé de consacrer l'année 2023 à cette culture, rappelle Malek Batal.

Dans une étude publiée dans la revue *Vertigo* en avril dernier, une équipe française d'agronomes revient sur cette tendance au délaissement des cultures traditionnelles. On y lit que, avant la révolution verte des années 1960, mil et sorgho couvraient 25 millions d'hectares en Inde, contre moins de 13 millions aujourd'hui. Sur la même période, le riz irrigué gagnait du terrain, passant de 30 millions à 44 millions d'hectares cultivés.

Or, non seulement la riziculture crée une pression sur la demande en eau dans ce pays, mais le riz apporte moins de nutriments que le mil. En 2018, une étude parue dans *Science Advances* évaluait qu'en remplaçant en partie le riz par le mil le pays pourrait réduire sa demande en irrigation de 33 % tout en produisant des aliments plus riches en fer et en zinc.

Car la famille du mil est intéressante sur le plan nutritionnel, en particulier dans les contextes où l'accès aux protéines est plus précaire, mentionne le nutritionniste Bernard Lavallée, qui insiste aussi sur l'importance de maintenir une certaine diversité des cultures du point de vue de la sécurité alimentaire mondiale. « L'assiette mondiale est en train de s'occidentaliser. On mange beaucoup plus de viande, beaucoup d'aliments ultratransformés. Les cultures et les savoirs traditionnels disparaissent, déplore-t-il. Mettre tous nos œufs dans le même panier est problématique. »

Riche en protéines et en nutriments, sans gluten et présentant un faible indice glycémique, le mil n'est pas sans rappeler



LE PLUS VIEUX GRAIN DU MONDE

Si le mil attire peu l'attention des scientifiques aujourd'hui, il a été parmi les premières plantes cultivées par l'humanité. Les premiers indices de culture ont été trouvés en Chine et datent d'environ 10 000 ans. Dès le troisième millénaire avant notre ère, le millet commun et le sétaire d'Italie étaient répandus en Europe et en Mésopotamie. Puisqu'il produit des grains mûrs seulement 45 jours après avoir été planté, le mil aurait pu être cultivé par des tribus nomades en combinaison avec la chasse et la cueillette. Il aurait ainsi permis la transition vers la vie sédentaire agricole, selon des archéologues de l'Université de Cambridge. **M.C.**

PHOTO ET ILLUSTRATION : SHUTTERSTOCK.COM

le quinoa, dont la consommation a explosé en Amérique du Nord sous l'effet de la mode sans gluten et des célébrations de l'Année internationale du quinoa, en 2013. Malek Batal met toutefois en garde contre l'idée de se précipiter sur ces graminées dans les pays du Nord. Il fait observer que l'engouement pour le quinoa a fait en sorte que des producteurs du Sud l'ont retiré de leur alimentation pour privilégier les exportations, plus lucratives.

« Dans le cadre d'une alimentation suffisante, cela ne fait pas une grande différence, mais dans une situation où l'apport nutritionnel repose sur quelques aliments de base, avoir un aliment qui est plus intéressant sur le plan nutritif peut constituer une sécurité », souligne le chercheur.

Il ajoute qu'il ne faut pas se priver d'en consommer à l'occasion, pour le dépaysement, mais surtout si c'est pour pallier des problèmes de santé bien réels comme « l'intolérance au gluten ou les allergies ».

Reste que pour l'instant, au Québec, on est loin d'une passion généralisée pour le mil.

Même Ricardo ne l'a pas mis en vedette dans une recette. Le chef végane Jean-Philippe Cyr propose quant à lui une recette de tourtière au millet ; avant les fêtes, des fans lui envoyaient régulièrement des photos de ce plat. « Mon travail est de faire connaître les protéines végétales, donc une année internationale est un bon prétexte pour mettre en lumière de tels ingrédients. Mais je ne pense pas que le millet deviendra trop populaire ! » laisse-t-il tomber sur un ton rieur, rappelant à son tour que le secret pour bien manger est souvent dans la sauce, mais surtout dans la diversité.



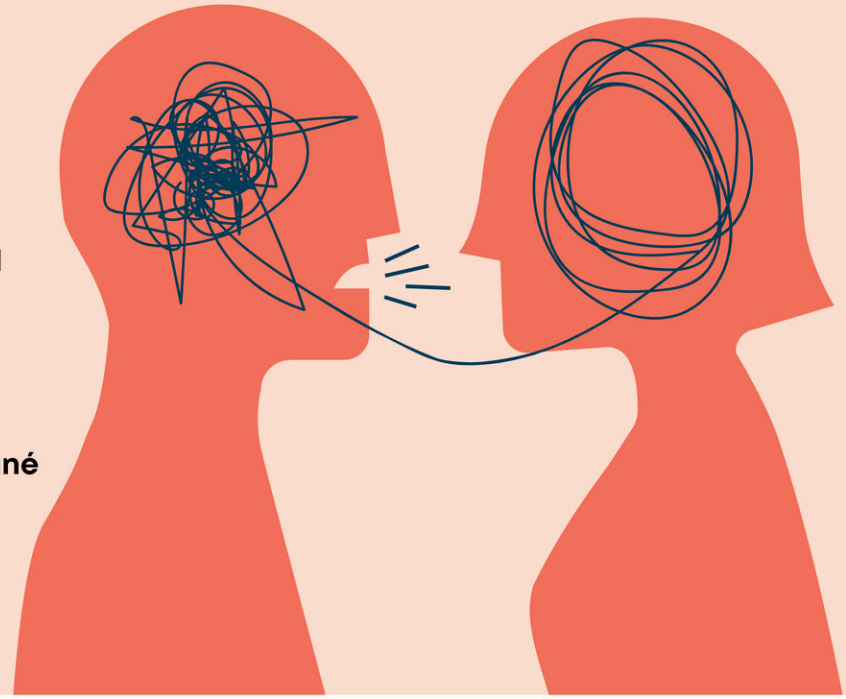
Les migrateurs du froid

Ils sont de retour ! Après un été dans l'Arctique, où ils se reproduisent, les plectrophanes des neiges (ou bruants des neiges) reviennent passer l'hiver dans le sud du Canada et le nord des États-Unis. Ces passereaux aiment notamment nos zones agricoles. L'espèce subit malheureusement un déclin très rapide : en 40 ans, les populations ont baissé de 64 %, selon les estimations. C'est pour comprendre le phénomène que le Canadian Snow Bunting Network a été créé. Il s'agit d'une collaboration entre universitaires et citoyens pour recueillir des données sur les plectrophanes. Cette image du photographe et ornithologue amateur Alexi Hobbs a été prise lors d'une des activités de baguage des oiseaux organisées par la coordonnatrice en conservation du Zoo de Granby Chelsey Paquette. Grâce aux efforts des bénévoles, les scientifiques espèrent comprendre le comportement et les déplacements de ces migrateurs du froid.

L'empathie varie-t-elle selon l'accent ?

Une Française qui écoute un Québécois « chialer » aura-t-elle moins d'empathie pour lui que pour un plaignard à l'accent de France ? La réponse est plus complexe qu'on pourrait le penser.

Par Renaud Manuguerra-Gagné



L'empathie, soit la capacité à s'identifier à autrui et à ressentir ses sentiments : voilà un concept dont on parle beaucoup depuis quelques années. C'est pourtant un phénomène peu étudié, affirme Maël Mauchand, étudiant de doctorat en neurosciences à l'Université McGill. Les scientifiques analysent souvent « l'empathie dans des situations de crise, où la douleur et la misère sont visibles. Mais l'empathie, cela passe aussi par de petits détails qui permettent d'établir des liens avec des inconnus. On comprend encore mal son rôle dans les interactions quotidiennes », dit-il.

C'est pourquoi il s'est penché sur un cas banal à Montréal : les discussions entre des personnes nouvellement émigrées de France et des Québécois. Plusieurs travaux ont déjà montré l'importance de la tonalité de la voix ou des différences culturelles dans les niveaux d'empathie exprimés par un interlocuteur. Le jeune chercheur voulait vérifier si les accents, qui imprègnent la voix d'un contexte culturel, influencent aussi l'empathie. « Les Français qui viennent d'arriver à Montréal connaissent peu l'accent québécois, sont plus ou moins intégrés et ont énormément de biais. On s'est donc demandé si cela avait une incidence sur leur capacité à ressentir de l'empathie pour des Québécois », mentionne-t-il.

L'étudiant a recruté 26 Français et Françaises. Ils ont écouté des centaines de phrases lues par des acteurs français ou québécois, certaines sur un ton neutre et d'autres sur un ton plaintif. Pendant que les sujets évaluaient l'intensité des émotions, un électroencéphalographe mesurait leur activité cérébrale.

Le constat de l'étude, publiée dans la revue scientifique *Neuropsychologia*, est rassurant : dans ce contexte, l'accent ne semble pas influencer la réaction empathique. « On a plusieurs façons d'appréhender les signaux vocaux, indique le chercheur. Le ton et le contenu pourraient être assez importants pour diminuer le rôle de l'accent dans la réaction d'empathie. »

La différence culturelle n'est tout de même pas sans effet. « On a vu une différence marquée dans la façon dont le signal est analysé par l'auditeur », spécifie Maël Mauchand. Lorsqu'un Français écoute les plaintes d'un compatriote, on a une réponse rapide associée à l'activité cérébrale. Cela s'apparente à de l'empathie dite *affective*, c'est-à-dire quand on ressent ce que les autres vivent de façon intuitive, sans réflexion. Lorsque l'accent est québécois, cette réaction en lien avec l'activité cérébrale est plus tardive, évoquant plutôt de l'empathie *cognitive*, qui nécessite l'analyse et la remise en contexte des stimulus afin de les comprendre.

Bien que ce résultat demande à être confirmé dans d'autres contextes culturels, en ce qui concerne les relations France-Québec, si vous faites face à un manque d'empathie en voyage, ces résultats laissent entendre que ce n'est pas simplement une question d'accent.

ILLUSTRATION : SHUTTERSTOCK.COM

Carotte : 1 – Chou frisé : 0

Par Renaud Manuguerra-Gagné



Le souper avec de jeunes enfants s'accompagne souvent de montagnes russes d'expressions faciales allant du plaisir jusqu'aux grimaces. Or, si l'on se fie aux images publiées par des scientifiques britanniques, les réactions en lien avec la nourriture s'observent bien avant qu'un poupon s'assoie dans sa première chaise haute.

Leur étude, publiée l'automne dernier dans la revue *Psychological Science*, laisse entendre que les fœtus ont des expressions faciales marquées et étonnamment distinctes selon les aliments auxquels ils sont exposés à travers le liquide amniotique.

À l'aide de l'échographie 4D (une vidéo de quelques minutes du fœtus en trois dimensions), l'équipe de l'Université de Durham a surveillé les réactions de 70 fœtus à 32 ou 36 semaines dans les 20 minutes qui ont suivi l'ingestion par leur mère de gélules de carotte ou de chou frisé *(kale)* en poudre. Les résultats ont ensuite été comparés avec une banque d'images de fœtus n'ayant pas été soumis à l'expérience (le groupe témoin).

L'expérience a montré des visages souriants deux fois plus souvent chez les fœtus des mères qui avaient avalé les comprimés de carotte que dans les deux autres groupes. À l'inverse, les fœtus semblaient faire une moue de dégoût deux fois plus souvent chez les mères ayant ingéré les gélules de chou frisé, qui est amer.

« On ne sait pas si la réaction des fœtus est positive ou négative, car on ne peut pas les lier directement à des émotions, précise Nadja Reissland, membre de l'équipe. Mais on sait maintenant qu'ils réagissent aux saveurs avant la naissance. »

Des travaux avaient déjà révélé que l'alimentation de la mère durant la grossesse a une influence sur les goûts de l'enfant après la naissance. Julie Menella, du Monell Chemical Senses Center, à Philadelphie, a ainsi mis en lumière que les enfants dont la mère a consommé du jus de carotte dans les derniers mois de la grossesse et pendant l'allaitement ont une préférence plus affichée pour cette saveur que ceux dont les mères n'en avaient pas bu.

Bien qu'impressionnée par la qualité des images, la professeure Menella n'est pas convaincue par la nouvelle étude. « On ne sait rien des conditions dans lesquelles ont été prises les images du groupe témoin, déplore-t-elle. Certaines mères ont pu manger d'autres aliments avant l'échographie, ce qui fausse les conclusions. »

De son côté, l'équipe britannique souligne que la méthode d'imagerie permet de voir en temps réel la réaction des fœtus aux aliments. « Ces travaux ont des implications quant à l'alimentation de l'enfant à naître, estime Nadja Reissland. L'idée que le bébé découvre les aliments et y réagit durant la grossesse offre la possibilité de l'encourager très tôt à manger sainement. »

Une méthode plus simple que les stratagèmes déployés à table pour que bébé mange ses légumes. ●

PHOTOS : SHUTTERSTOCK.COM ; UNIVERSITÉ DE DURHAM

GABRIELLE ANCTIL @_ganctil



TECHNOPOP

Le fatras de mon Drive

« Votre espace de stockage est plein à 86 % », m'annonce Google depuis des semaines. Il faudrait que je fasse du ménage, mais la tâche me rebute. Entre mes documents pêle-mêle et mes courriels vieux d'une décennie, je ne sais pas par quel bout commencer.

Il faudrait pourtant que je m'y mette, et vite. En plus des frais annuels qui s'accumulent depuis que j'ai dépassé les limites d'un compte gratuit, c'est aussi mon empreinte carbone qui s'accroît. En 2018, le laboratoire d'idées français The Shift Project publiait un rapport révélant que les technologies de l'information sont responsables de 3,7 % des émissions mondiales de gaz à effet de serre, une proportion qui devrait doubler avant 2025. C'est simple : le nuage informatique a une plus grande empreinte carbone que l'industrie aérienne, selon le *MIT Press Reader*. Bref, mon désordre numérique contribue à faire fondre les glaciers !

Que faire ? Dans les dernières années, les géants du Web ont promis de décarboner leurs opérations. Pour y arriver, l'un passe à l'électricité verte, l'autre optimise ses algorithmes et l'on plonge même des serveurs dans l'océan pour les garder au frais. Sauf que le travail est loin d'être terminé. Une analyse parue dans *Nature* en 2020 révélait que ces entreprises ne rapportent que la moitié de leurs émissions, omettant par exemple celles liées à leurs déchets ou à un sous-traitant. Et si mon espace de stockage continue de se remplir, comme celui d'autres utilisateurs, il faudra construire encore plus de centres de données, même verts. Va-t-on en couvrir la planète ?

Est-ce à moi d'adopter un mode de vie plus écologique ? Devrais-je écouter des vidéos à plus basse résolution, me désabonner des infolettres auxquelles j'ai été abonnée contre mon gré ? Est-il temps de faire le ménage de mes fichiers (soupir) ? Une difficulté subsiste : il faut travailler fort pour accomplir tout cela.

La promesse des entreprises technologiques est de nous simplifier la vie. Pourquoi Google ne m'offre-t-il pas un outil pour faciliter le ménage de mon Drive ? Serait-ce parce que mon fatras est bon pour son modèle d'affaires ?

Soyons honnêtes : ce n'est pas ma pile de documents numériques qui cause la crise climatique. À la voir grossir, je constate qu'elle est plutôt le symptôme d'un problème plus large. Et la solution, dans les deux cas, est la même : la sobriété. Les ressources planétaires à notre disposition – et la taille de mon espace de stockage – ne sont pas infinies. Pour respecter ces limites, il est temps de mettre un frein à la croissance à tout prix. C'est ainsi que nous parviendrons à un Internet le plus vert possible, pour de vrai. ●



JEAN-FRANÇOIS CLICHE @clicjf

POLÉMIQUE

Avons-nous tout faux sur les « bulles Facebook » ?

FAIT Nº 1 : nos sociétés sont de plus en plus polarisées, même au Canada. Pas autant qu'ailleurs, notamment aux États-Unis, mais la tendance est nette. **FAIT Nº 2 :** quand on réfléchit aux causes de cette polarisation, les fameuses « bulles Facebook » sont toujours les premières montrées du doigt. Mais si l'on avait (presque) tout faux ?

La thèse des chambres d'écho a tout pour plaire à l'esprit. Tout le monde sait que, afin de nous garder le plus longtemps possible sur leurs plateformes, les réseaux sociaux nous présentent préférentiellement des contenus qui vont dans le sens des valeurs et des préférences que nous avons exprimées dans le passé par nos partages et interactions. Il peut alors, en principe, se créer une sorte de « bulle » dans laquelle nous ne sommes presque jamais confrontés à des opinions contraires aux nôtres. Privé d'une contrepartie pour lui rappeler ses propres biais, l'individu risque d'avoir une perception faussée de la réalité. À la limite, des extrêmes peuvent même passer pour la norme à ses yeux. Comment, dans ce cas-là, ne pas faire le lien entre les « bulles Facebook » et la polarisation ambiante ?



Pendant longtemps, les efforts de recherche ont pris cette thèse comme point de départ et elle n'est essentiellement jamais contestée dans les médias. Les dernières années ont pourtant vu se multiplier les résultats scientifiques qui la remettent en question. Ainsi, il semble que les gens qui vivent dans des chambres d'écho sont très peu nombreux – à peine un faible pourcentage, selon une étude menée aux États-Unis et dans six pays d'Europe parue en 2021 dans le *Journal of Quantitative Description: Digital Media*. Les autres consultent des sources de nouvelles suffisamment variées ou neutres pour lire ou entendre régulièrement des opinions contraires. Une revue de l'ensemble de la littérature scientifique de l'Institut Reuters, au Royaume-Uni, a tiré les mêmes conclusions en 2022.

Et non seulement la plupart des gens sont exposés à toutes sortes de vues, mais ils s'engagent aussi sciemment dans des échanges avec des personnes aux convictions opposées. Certains travaux ont même mis en lumière que les individus les plus polarisés ont davantage tendance que les autres à consulter des sources qui les contredisent ou à en débattre.

Personne ne nie l'existence des « bulles Facebook » ni le fait qu'elles puissent contribuer à la polarisation : il y a encore des études sérieuses qui leur attribuent un effet. Mais tout indique qu'on en a grandement surestimé l'importance et qu'il faut maintenant se trouver un autre « coupable » pour expliquer la polarisation grandissante des sociétés.

À ce sujet, il se pourrait que la crispation accrue de nos débats publics ne vienne pas de l'isolement social, mais au contraire – et aussi étonnant que cela puisse paraître – des interactions plus fréquentes que permettent les réseaux sociaux. Dans un article paru dans les *Proceedings of the National Academy of Sciences* en octobre dernier, le politologue de l'Université d'Amsterdam Petter Törnberg suggérait que la multiplication des échanges en ligne a nationalisé, voire mondialisé, des débats qui se faisaient auparavant à l'échelle locale, entre proches. Les particularités régionales avaient leur importance, argue-t-il, parce qu'elles diversifiaient l'issue des débats partisans. Aux États-Unis, par exemple, le Parti démocrate pouvait être opposé à l'extraction du charbon, mais dans une région qui dépendait de cette industrie, ses militants locaux pouvaient avoir un autre avis. Ainsi, au lieu d'avoir une seule grande ligne de fracture nationale entre la gauche et la droite (Parti démocrate ou Parti républicain), la diversité régionale produisait une mosaïque de points de vue qui faisait que des gens qui s'affrontaient sur une question X devenaient des alliés dans un débat sur Y. Ce serait donc en « délocalisant » les débats que les réseaux sociaux polariseraient nos échanges.

J'ignore si M. Törnberg a mis le doigt sur LE mécanisme en cause. Mais je dois dire que j'aime bien son idée de « renverser complètement la thèse des chambres d'écho », comme il le dit. Quand on y pense, ça tombe sous le sens : il est difficile de détester des gens qu'on ne voit, n'entend, ne croise jamais. Il est urgent d'y voir plus clair. Parce que le ciment social qui nous unit tous est en train de s'effriter. ●

ILLUSTRATION : VIGG

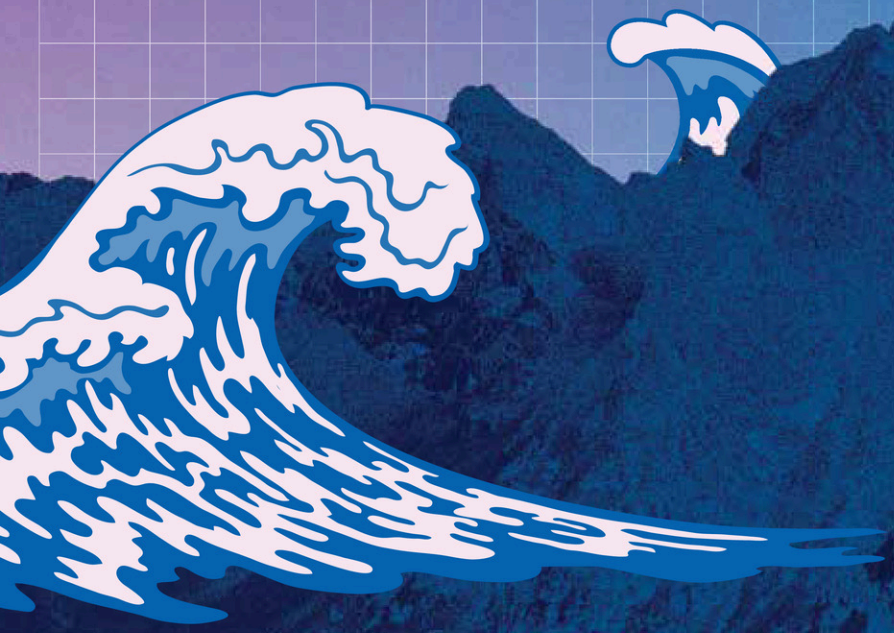
INRS

Institut national de la recherche scientifique

INRS.CA

découvre la science tout-terrain

Tes études en recherche commencent ici →





ÉTUDES → STAGE → MAÎTRISE → DOCTORAT

LA RECETTE UNIVERSELLE DE L'INNOVATION

Un bricoleur qui réinvente un objet domestique, une scientifique qui élabore une nouvelle théorie, un gestionnaire qui bouscule les habitudes ou une artiste qui sort des sentiers battus… Se peut-il que tous ces innovateurs et innovatrices procèdent de la même manière ?

Par Pierre Sormany



Miguel Aubouy

Docteur en physique théorique



Docteur en physique théorique, Miguel Aubouy a d'abord été chercheur avant de s'intéresser à l'innovation. Entre 2004 et 2014, au Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives, en France, il a contribué à construire une structure d'appui à des projets industriels non traditionnels. À ce titre, il a accompagné une cinquantaine d'entreprises vers la réalisation d'un produit susceptible de bouleverser le paysage dans leur domaine d'activité. Cela l'a conduit à réfléchir à la nature du processus d'innovation. « Ayant été à tour de rôle scientifique, ingénieur, écrivain et entrepreneur, j'étais en position privilégiée pour découvrir ce qui est commun à tous ces secteurs », constate-t-il.

Aujourd'hui installé au Québec, il est conseiller pour l'innovation collaborative auprès du rectorat de l'Université de Sherbrooke et enseigne à HEC Montréal. Il vient de publier l'essai *L'innovation comme science : une approche universelle* aux éditions Nullius in Verba.

Québec Science : Quand il est question d'innovation, on parle en général d'un objet inédit, d'un processus qui change les choses. Vous la considérez comme une « science ». Que voulez-vous dire ?

Miguel Aubouy : Une science, c'est un ensemble de savoirs construit à partir d'hypothèses… Je me suis demandé s'il est possible de décrire ce qu'on sait sur les démarches innovantes pour en tirer des hypothèses généralisables. Si l'on peut désigner des éléments communs aux démarches d'innovation, on pourra mieux comprendre comment fonctionnent les innovateurs, ce qui fait leur succès.

Dans la plupart des livres qui portent sur l'innovation, on spécule sur la personnalité qu'il faut avoir pour être innovant. Moi, je ne me soucie pas de ce que sont les gens. En tant que physicien, je sais qu'une théorie qui n'est pas ancrée dans le réel est peu utile. J'ai regardé dans l'histoire des innovateurs ce qu'ils ont réellement fait et, en analysant leur façon de fonctionner, je suis parvenu à dégager des manières de faire communes.

Qu'ont en commun par exemple la démarche d'Einstein et celle de Picasso ? En général, on va répondre une idée géniale. Mais cela ne dit rien d'utile. J'ai creusé cette question et je suis arrivé à formuler 3 principes universels et 11 points communs entre leurs processus. Et ces éléments s'appliquent à d'autres innovateurs dans le monde de la biologie, de la gestion ou de la technologie.

QS Quels sont ces trois principes universels ?

MA Le premier principe, c'est qu'il y a toujours trois étapes dans le processus d'innovation, quel que soit le champ d'activité. Ce processus commence par « l'observation clé ». Ensuite, il y a une idée clé qui découle de cette observation, la solution à un problème en quelque sorte. Et finalement, cette idée débouche sur un objet clé qui va faire en sorte que l'innovation sera adoptée.

« Observation-idée-objet » : c'est la triade fondamentale. Et toujours dans cet ordre-là. L'idée peut, à la limite, accompagner l'observation, mais elle ne vient jamais avant. Ça, c'est déjà un bouleversement de perspective parce qu'on vit avec ce mythe que le premier élément d'une innovation, c'est l'idée. Mais pas du tout ! Une idée qui ne repose pas sur une observation clé n'ira nulle part.

Deuxième principe, les caractéristiques de ce qu'on cherche à chaque étape sont aussi universelles, qu'on soit en sciences, en arts, en gestion ou en technologie. Et troisième aspect universel, les moteurs de cette démarche sont les mêmes. Les innovateurs vivent tous les mêmes tensions et doivent les résoudre.

QS Pour vous, l'innovation n'est pas qu'une invention. C'est quelque chose qui doit s'étendre et, surtout, apporter des changements. Vous parlez d'« innovation de rupture ».

MA Cette expression ne vient pas de moi, c'est la définition qui a cours dans le monde universitaire. On appelle « innovation » quelque chose qui a largement été diffusé, pour le distinguer de ces nombreuses inventions qui n'ont pas eu de lendemains. Et l'innovation ne doit pas être qu'un raffinement, une amélioration de ce qui précède. Il faut qu'elle transforme les façons de faire. L'ordinateur personnel ou l'iPhone ont été des innovations. Les raffinements qu'on y apporte chaque année n'en sont pas.

QS Il y a des inventions qui auraient pu être transformatrices, mais qui ne se sont pas généralisées. Qu'est-ce qui peut faire échouer ce processus ?

MA Le monde de l'innovation est rempli

> Un mythe veut qu'à partir du moment où l'on conçoit quelque chose d'utile, cette chose-là va se diffuser. Ce n'est pas vrai. Pour qu'une innovation s'implante, il faut que la société soit prête à l'accepter.

de mythes. J'ai déjà mentionné le mythe de l'idée qui vient en premier. Puis le mythe qu'au moment décisif il y aurait comme une ampoule qui s'allume dans la tête de l'innovateur. Ce n'est pas vrai. Quand il fait son observation clé, quand il cherche une solution, l'innovateur est presque toujours dans le noir. Il ne sait pas trop ce qu'il cherche. Il y a un autre mythe selon lequel, quand on conçoit quelque chose d'utile, cette chose-là va se diffuser. Ce n'est pas vrai non plus. Pour qu'une innovation s'implante, il faut que la société soit prête à l'accepter. Et les conditions ne sont pas toujours réunies pour que cela fonctionne.

QS Et si la société est prête, c'est gagné ?
MA Ah non ! C'est un autre mythe ! Le véritable innovateur rencontre toujours une opposition, qui n'est pas souvent rationnelle. Parce que le produit vraiment nouveau remet en question l'expertise de ceux qui sont responsables des anciennes façons de faire. On attaque l'identité des entreprises ; il y a de la résistance.

Contrairement à l'amélioration de produit, l'innovation de rupture est un enfant dont personne ne veut. Et elle vient presque systématiquement de quelque chose de négligé, jugé sans importance par tout le monde.

Quand Dyson invente l'aspirateur sans sac, c'est qu'il a observé un problème négligé par les fabricants, soit le fait que la poussière finit par obstruer les sacs et que les appareils tirent moins bien. Mais les vendeurs d'aspirateurs ne veulent pas voir ce problème parce qu'ils gagnent de l'argent en vendant des sacs. Et quand l'ingénieur de chez Kodak Steven Sasson invente le procédé numérique, il se fait rejeter parce qu'il remet en cause l'identité de l'entreprise fondée sur le commerce des pellicules.

Prenez encore l'ordinateur personnel dans les années 1980. C'était un truc de *geek*, un gadget qui n'avait aucune valeur. Les informaticiens méprisaient l'appareil. Même chose quand Picasso s'est intéressé à l'art africain, celui qu'on dit primitif, et qu'il s'en est inspiré pour peindre son tableau *Les demoiselles d'Avignon*. Cela a provoqué des hurlements de détestation.

Il y a toujours l'arrière-scène, où l'on prend une composante qui est jugée méprisable pour la mener vers la lumière. Et cela nous dit quelque chose de très intéressant par rapport à l'éducation. On ne nous apprend pas à nous intéresser à ce qui est méprisé collectivement. Un innovateur ou une innovatrice, en ce sens, remet en cause une hiérarchie sociale. Ce qui est insignifiant fait soudainement l'objet d'une attention qui n'aurait pas lieu d'être.

QS Dans votre livre, vous dites même que l'éducation ne laisse aucune place à la curiosité. C'est une affirmation très forte !
MA Avec l'éducation, il y a une domestication du savoir. On nous apprend le bien et le mal, la hiérarchie des valeurs, ce qui est vrai et faux, et c'est très bien ainsi. Mais il y a une autre dimension qui est l'émancipation : faire grandir les gens dans un savoir qu'ils peuvent mettre en doute. Et cette dimension est souvent négligée. Combien de cours avez-vous eus qui cherchaient à vous enseigner la curiosité, la remise en question des savoirs ?

Mais la créativité et l'innovation commencent à être à la mode pour des raisons économiques et écologiques. Je pense que cela va nous amener à repenser l'éducation.

QS Est-ce qu'on ne sacralise pas trop cette idée d'innovation ? Est-ce que toutes les innovations sont souhaitables ?
MA La logique du développement technologique va être de plus en plus discutée. On va se poser la question : est-ce qu'on a vraiment besoin de cet outil ou de cette fonction ? Et la question de l'acceptation sociale et politique des innovations va devenir centrale dans les 5 ou 10 prochaines années. Diffuser une innovation, c'est changer les façons de faire d'une société. C'est un geste politique. Mais qui a voté pour que les abeilles disparaissent, pour que le fleuve soit pollué, pour que nos enfants soient harcelés en ligne ? Personne. Face aux conséquences négatives de certaines innovations, il y a un moment où le monde politique va remettre en question l'innovation. En tout cas, c'est une prédiction que je fais.

QS La chimie, dit-on, a été la science du 19e siècle ; la physique, celle du 20e siècle. Vous soutenez que l'innovation sera la science de ce siècle…
MA On est dans une culture du management, totalement inadaptée aux défis d'aujourd'hui. Le réchauffement climatique, la perte de biodiversité obligent à penser autrement.

On le voit : les dirigeants sont tétanisés parce qu'ils n'ont pas été formés pour gérer ce genre de problèmes planétaires. Ils gèrent le gouvernement comme on gère une entreprise. Mais pour changer les manières de faire, on a besoin de savoir comment fonctionne le changement. Et j'espère que la compréhension des mécanismes universels de la pensée innovatrice va nous fournir une structure intellectuelle plus solide pour analyser ces changements nécessaires. ●



La science : il faut la raconter

Au cœur des grands enjeux de société,
la science n'a jamais été aussi importante.

Bravo aux équipes de recherche à l'origine
des 10 découvertes de l'année qui transforment
nos vies et inspirent la prochaine génération!

Et merci à *Québec Science* qui,
depuis 60 ans, nous raconte la science
et la rend accessible au grand public.

INNOVATION

Fondation canadienne pour l'innovation

Canada Foundation for Innovation

L'incertaine RESTAURATION des milieux humides

Recréer un écosystème riche et diversifié sur un site dégradé, c'est possible ? Les projets de restauration écologique peuvent-ils vraiment « compenser » la destruction des milieux humides dans le sud du Québec ?

Par Raphaëlle Derome

En cette journée chaude et collante de mi-juillet, la douzaine de bénévoles enfile bottes de marche, gants de travail, filet anti-moustiques et lunettes de sécurité. La tâche sera exigeante : l'espace est envahi par le roseau commun, dont il va falloir se débarrasser. Entre les fougères et les bouleaux, les fines tiges beiges se dressent au-dessus de nos têtes, donnant à ce petit boisé du sud du Québec une allure de jungle de bambou.

Nous sommes dans la Réserve naturelle du boisé des Terres Noires, en plaine agricole, à L'Assomption. Dans les années 1970 et 1980, le terrain a été le théâtre de prélèvements illégaux de tourbe et de terre noire, revendues à des fins horticoles, ce qui a perturbé l'écosystème sur les deux tiers de sa superficie. Depuis 2016, d'importants travaux de restauration écologique sont en cours pour rétablir le caractère naturel du site de 37 hectares (45 terrains de football). Des chercheurs en biologie de l'Université du Québec à Montréal (UQAM) et la Fiducie de conservation des écosystèmes de Lanaudière mènent le projet.

« On a sorti 200 pneus et une remorque abandonnée, creusé un grand étang et huit petits, planté 25 000 arbres et arbustes de 28 espèces différentes… » détaille le biologiste Michel Leboeuf, directeur général de la Fiducie. Le projet donne déjà des résultats : dès le premier printemps, les étangs grouillaient de vie, attirant grenouilles, poissons et oiseaux migrateurs — peu intéressés par les terres voisines, monocultures de maïs ou de soya.

Si on a longtemps insisté sur la nécessité de créer des aires protégées pour préserver la biodiversité, la restauration d'écosystèmes dégradés suscite de plus en plus d'intérêt. Les Nations unies ont d'ailleurs désigné la période 2021-2030 « Décennie pour la restauration des écosystèmes » afin d'inciter les pays à augmenter leurs efforts en la matière.

Au Québec, les projets devraient se multiplier au cours des prochaines années, du moins en milieux humides (étangs, marais, marécages et tourbières) et hydriques (lacs, cours d'eau, rives et littoral), à la faveur d'une nouvelle loi adoptée à l'unanimité en 2017 sur la conservation de ces milieux. Ce n'est pas trop tôt : dans certaines régions du sud du Québec, entre 40 et 85 % des milieux humides ont été grugés ou perturbés, d'abord par l'agriculture, puis par le développement urbain.

MACHINERIE LOURDE

Si la restauration d'œuvres d'art est affaire de finesse et de dextérité, la restauration d'écosystèmes relève plutôt du gros œuvre.

Au boisé des Terres Noires, l'objectif est de recréer une tourbière arbustive, soit un épais tapis de sphaignes et de mousses parmi lesquelles poussent des arbustes, comme les bleuets. Mais difficile d'y arriver dans un environnement colonisé par le roseau commun. Aux grands maux les grands remèdes : sur la partie où les roseaux étaient les plus denses, trois pelles mécaniques ont

PHOTOS : DONALD ROBITAILLE

L’étang aménagé au boisé des Terres Noires est un oasis pour la faune dans la plaine agricole de Lanaudière.



Le biologiste Réjean Dumas supervise les travaux de restauration du boisé des Terres Noires, à L’Assomption.



Raquettes aux pieds, Gabrielle Roberge plie les tiges de roseau commun pour redonner la lumière aux plantes indigènes.

RESTAURER POUR SAUVER LES ESPÈCES MENACÉES ? MISSION RISQUÉE !

Améliorer de manière générale les fonctions écologiques ou la biodiversité d'un site est une chose. Garantir la survie d'une espèce en péril en est une autre. « Ce sont des projets de restauration beaucoup plus exigeants d'un point de vue technique », souligne Daniel Drouin, directeur de l'environnement et de la transition écologique à Boucherville. La municipalité participe à des projets de restauration de l'habitat de la rainette faux-grillon de l'Ouest, une minuscule grenouille dont 90 % de l'habitat a été détruit.

« On tente de concevoir des terrains dont la topographie favorise l'apparition d'étangs vernaux : de petits plans d'eau qui sont présents à la fonte des neiges, mais qui disparaissent par la suite. C'est là que se reproduit l'amphibien. On fait de notre mieux pour prévoir le comportement de la nappe phréatique, mais on n'a pas beaucoup de marge d'erreur : si on se retrouve avec des étangs ennoyés tout l'été, ça devient un habitat favorable à d'autres espèces de grenouilles compétitrices de la rainette. » C'est sans compter l'arrivée de castors, qui peuvent venir modifier considérablement l'hydrologie d'un site ! « Oui, quand on restaure, la vie revient, conclut Daniel Drouin, mais ce n'est pas toujours celle qu'on veut favoriser… »



La rainette faux-grillon de l'Ouest, une espèce menacée, mesure moins de trois centimètres.

creusé des étangs. Le sol a ensuite été recouvert de membranes géotextiles afin d'empêcher la repousse de l'envahisseur.

Puis, on a peaufiné la topographie du sol, explique le biologiste Réjean Dumas. Ce préretraité, qui cumule trois décennies d'expérience en aménagements fauniques au ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, travaille bénévolement sur le projet. « Dans les parcelles exploitées pour la tourbe, la terre a été retirée sur plusieurs dizaines de centimètres. Résultat : on est accotés sur la nappe phréatique. Le sol est détrempé, on n'arrive pas à planter là-dedans. » Une mini-pelle mécanique a donc érigé tout un réseau de petites buttes pour surélever les jeunes plants.

Ce n'est pas tout. Pour garder les cerfs et les lièvres à l'écart, l'équipe a érigé des centaines de mètres de hautes clôtures et de grillage à poules. « Et chaque plant est protégé par un tube de plastique contre les souris et les campagnols ou de métal contre les castors », ajoute Réjean Dumas. Ouf !

Dans le secteur boisé, l'équipe de Daniel Kneeshaw, du Centre d'étude de la forêt de l'UQAM, teste une méthode manuelle de contrôle du roseau. Au lieu de couper la tige, ce qui stimule sa repousse, on la plie à la base : la plante s'épuisera à essayer de se redresser. Gabrielle Roberge, finissante à la maîtrise en sciences de l'environnement, donne les instructions aux bénévoles : « Couchez-les simplement au sol et faites de votre mieux pour ne pas piétiner nos petits sapins ! » Le groupe se met au travail – Gabrielle Roberge porte même des raquettes à neige pour « plier » plus vite ! Le craquement saccadé des tiges rappelle le crépitement d'un feu de camp. Plante de lumière, le roseau devrait dépérir à mesure que le couvert forestier se rétablira.

Malgré l'ampleur des moyens déployés jusqu'ici, l'équipe a encore plusieurs années de travail devant elle. Un projet sur 20 ans au moins, estime Réjean Dumas qui prévoit planter au total 100 000 arbres et arbustes. Mais « c'est sûr qu'on ne pourra pas recréer exactement ce qui était là avant, admet Michel Leboeuf. Notre but est d'augmenter la biodiversité et de rendre l'écosystème le plus fonctionnel possible. »

MARAIS MAL-AIMÉS

Les milieux humides n'ont pas toujours eu la cote. Il y a à peine quinze ans, « les gens parlaient des *swamps*, [comme] des terrains pas fertiles qui ne servent à rien et qu'on va drainer », rappelle la biologiste Geneviève Dufour Tremblay, chargée de projets – milieux humides au ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP).

On sait aujourd'hui qu'en plus de servir d'habitat à de nombreuses espèces animales et végétales, des milieux humides en santé retiennent et filtrent l'eau, rechargent la nappe phréatique, séquestrent du carbone, protègent les cours d'eau en retenant sédiments et nutriments polluants, protègent contre l'érosion et les inondations…

La loi de 2017 reflète ce changement de perception. Elle préconise le principe suivant : « aucune perte nette » de milieux humides et hydriques grâce à l'approche « éviter – minimiser – compenser ». Un promoteur qui veut voir son projet autorisé doit démontrer qu'il a tenté d'éviter ces milieux, par exemple en cherchant un site de remplacement. Si les milieux sont quand même touchés par le projet, il doit chercher à en réduire les impacts. Enfin, il doit compenser les pertes « inévitables » par la création ou la restauration d'un milieu humide ou hydrique à proximité.

C'est justement en vertu du concept de compensation que la Fiducie a pu mettre la main sur le boisé des Terres Noires. Le terrain a été acheté par exo pour compenser les milieux détruits par la construction de sa ligne de train Montréal-Mascouche. L'organisme a aussi investi près d'un million de dollars sur 10 ans pour la restauration et les recherches.

Si de telles compensations étaient régulièrement exigées par le ministère par le passé, le mécanisme n'était pas enchâssé dans la loi. Une contestation

PHOTO : WIKIMEDIA/BENNY MAZUR



C'est à grands coups de pelle mécanique qu'on a creusé les étangs au boisé des Terres Noires.



La biologiste Geneviève Lepage nous fait visiter un boisé dégradé que la Ville de Laval aimerait restaurer.

judiciaire a forcé le gouvernement à clarifier ses exigences. Depuis 2017, les compensations sont obligatoires, mais les promoteurs n'ont plus à trouver eux-mêmes le site et les partenaires pour mener à bien leur projet. Ils n'étaient « pas les bons porteurs » pour faire de la restauration de milieux, dit Geneviève Dufour Tremblay. Désormais, ils peuvent se contenter de verser une somme d'argent au MELCCFP, qui finance ensuite les projets soumis par des organismes de conservation ou des municipalités.

Depuis 2017, plus de 117 millions de dollars ont été récoltés. Mais sur le terrain, les résultats tardent à se matérialiser. Trois ans après le premier appel à projets, aucun des projets retenus n'est encore terminé. Car les démarches sont longues et nombreuses avant la première pelletée de terre.

LA COURSE AUX TERRAINS

Pour restaurer un site dégradé, encore faut-il le trouver – et réussir à le protéger à perpétuité ! Entre l'étalement urbain et la protection des zones agricoles, le défi est de taille. « Dans le sud du Québec, le principal obstacle aux projets de restauration, c'est le manque de terrains », estime Sébastien Rioux, directeur des opérations provinciales à Canards Illimités Canada, un organisme fondé en 1938 qui se consacre à la protection et à la restauration de milieux humides.

Pour restaurer un site dégradé, encore faut-il le trouver – et réussir à le protéger à perpétuité !

La loi oblige pourtant les municipalités à recenser les milieux humides situés sur leur territoire et à cibler ceux à conserver ou à restaurer en priorité.

Laval fait partie de la poignée de villes (12 sur 89, les autres ayant obtenu un sursis d'un an) qui ont remis à temps leur *Plan régional des milieux humides et hydriques* au ministère de l'Environnement. Geneviève Lepage, technicienne en milieu naturel au Service de l'environnement et de l'écocitoyenneté, a fait visiter à *Québec Science* un site candidat à la restauration. Pour qui imaginerait qu'un site « dégradé » ressemble à un désert bétonné, le petit boisé a une allure plutôt champêtre !

« Le petit marais que vous voyez là-bas, c'est naturel, indique la biologiste en désignant les quenouilles. Mais la topographie, ici, c'est du remblai qui a été déposé dans les années 1980, venu d'on ne sait où. Et ce qui repousse sur du remblai, ce sont souvent des espèces envahissantes, comme le nerprun, qui domine ici. » L'objectif serait de retirer le remblai, d'agrandir le marais et de replanter des espèces indigènes. La Ville attend les résultats d'une étude détaillée pour faire ses plans et ses devis de restauration, mais a bon espoir, car le type de sol est propice, avec un apport en eau.

La bataille risque cependant d'être longue. Si *Québec Science* a pu visiter le site lavallois, c'est sous promesse de garder sa localisation confidentielle. « Il reste à négocier l'achat de certains lots, et on ne voudrait pas nuire aux négociations… » À Lévis, « sur trois projets de restauration potentiels, on a dû en laisser tomber deux », se désole

PHOTOS : MICHEL LEBOEUF ; RAPHAËLLE DEROME



Vue aérienne du ruisseau Sabrevois, à Boucherville. On aperçoit le méandre aménagé en 2021. Le chenal principal du ruisseau est caché par les arbres.



L'eau s'écoule plus lentement dans le méandre, ce qui permet la croissance de plantes aquatiques. Un habitat idéal pour les poissons.

Jean-Claude Belles-Isles, directeur environnement de la municipalité. Le premier terrain a été vendu, et son nouveau propriétaire n'est pas désireux d'y restaurer les milieux humides. Le second projet a été refusé par la Commission de protection du territoire agricole du Québec. Le seul qui pourra aller de l'avant est situé dans un parc municipal.

La Ville de Boucherville, elle, a dû persévérer 12 ans pour mener à bien un projet de restauration du ruisseau Sabrevois. Long de neuf kilomètres, ce cours d'eau traverse une zone agricole et des quartiers résidentiels.

« Le ruisseau a été redressé dans les années 1960. Avec l'augmentation des surfaces pavées, son débit a fortement augmenté, ce qui a mené à des problèmes d'érosion des berges », raconte Daniel Drouin, directeur de l'environnement et de la transition écologique à la Ville de Boucherville. Puis, des travaux de stabilisation effectués en 2010 ont détruit certains habitats, obligeant la Ville à les compenser. L'occasion de redonner au ruisseau une forme plus sinueuse, pour ralentir l'écoulement et fournir aux poissons des sites de fraie.

Mais il a fallu nombre d'études et d'allers-retours avec Québec pour s'entendre sur un site et un concept. « Les analystes du ministère de l'Environnement et ceux de la Faune n'ont pas les mêmes sensibilités. Ça bonifie les projets, mais le processus est exigeant », dit Daniel Drouin.

C'est finalement en 2021, dans le parc Sabrevois, qu'on a creusé un méandre connecté au chenal principal du ruisseau – une sorte d'itinéraire facultatif. La Ville a végétalisé le tout avec des plantes aquatiques indigènes, où peuvent se cacher les poissons juvéniles. Un succès : le ruisseau Sabrevois abrite maintenant 12 espèces de poissons, contre 6 auparavant. « On a aussi observé l'écrevisse à pinces bleues, la tortue peinte, trois espèces de grenouilles et des petits bécasseaux », énumère avec fierté Marjolaine Bisson, la biologiste chargée du projet, près des clôtures de plastique orange qui protègent les plantations.

EXPERTISE À DÉVELOPPER

Une fois les travaux effectués, rien n'est gagné pour autant. Il faut du temps pour que les écosystèmes restaurés redeviennent fonctionnels et résilients. Une tourbière restaurée, par exemple, met une vingtaine d'années avant de recommencer à capter du carbone. « La nature a évolué pendant des millions d'années, il ne faut pas penser qu'on peut tout régler en deux semaines de plantation ! » dit Marie-Christine Bellemare, présidente de l'Association des biologistes du Québec.

Par ailleurs, le Québec manque encore de professionnels expérimentés dans le domaine. « Il y a tellement de variables qu'on ne contrôle pas que c'est difficile de garantir les résultats », ajoute la biologiste.

Sécheresse, inondation, arrivée de plantes envahissantes, toutes sortes d'imprévus guettent les projets de restauration. Des correctifs sont parfois nécessaires. Au ruisseau Sabrevois, une plante exotique, le butome à ombelle, a ainsi colonisé le rivage dès la première année. « Un an après les travaux, il fallait déjà intervenir pour l'éradiquer ! Ça rajoute joyeusement à la facture… se désole Daniel Drouin. On sait quand on commence un projet, mais on ne sait pas quand ça va finir. C'est pour ça que le mieux est encore d'arrêter de détruire les milieux ! »

LE DERNIER REMPART

D'autant qu'on ne sait pas si les montants fixés par la loi sont suffisants. La contribution payée par les promoteurs varie par région, mais est en moyenne de 35 $ par mètre carré. À Boucherville, créer le méandre a coûté au bas mot 275 000 $.

PHOTOS : SUPPORT AÉRIEN EXO TACTIK/VILLE DE BOUCHERVILLE

Si un promoteur avait dû payer pour la superficie en question, il aurait versé seulement 32 500 $, a calculé la Ville. « Est-ce que le coût de la compensation financière est représentatif des coûts réels pour un projet de restauration de qualité en milieu hydrique ? » demandaient Daniel Drouin et Marjolaine Bisson dans une présentation qui a fait jaser, au congrès 2021 de l'Association des biologistes du Québec.

Hélas, le Québec reste bien loin de son objectif d'aucune perte nette. Le MELCCFP continue à autoriser des projets en milieux humides : plus de 800 hectares ont été sacrifiés en 2020-2021, et près de 400 l'année suivante. Bien qu'il soit encore tôt pour confirmer une tendance, les superficies semblent tout de même diminuer depuis cinq ans.

Cela dit, plusieurs types de projets (notamment ceux qui touchent de petites superficies) n'ont aucune contribution à payer. Et il existe toujours des destructions illégales. Résultat, selon le ministère, seulement 31 % des superficies perdues depuis 2017 ont mené au paiement d'une contribution financière.

« Le principe "aucune perte nette", c'est un objectif stratégique vers lequel on veut tendre, dit Josée Michaud, directrice adjointe de la conservation des milieux humides au MELCCFP. Mais on se donne 10 ans avant de faire un premier bilan. » Le Commissaire au développement durable ne compte pas attendre si longtemps. L'organisme, qui relève du Vérificateur général du Québec, rendra public au printemps 2023 un rapport sur la conservation des milieux humides et hydriques au Québec. L'heure de vérité ?

Malgré tout, au boisé des Terres Noires, Gabrielle Roberge sent qu'elle fait œuvre utile. « Est-ce que ça compense les milieux détruits ? Je l'ignore, mais à l'échelle locale du terrain, on voit la différence. Ça me rend très fière, ce projet-là », affirme l'étudiante.

De toute façon, on n'a pas le choix de restaurer, dit Line Rochefort, directrice du Groupe de recherche en écologie des tourbières, à l'Université Laval : « La planète n'atteindra pas ses objectifs de conservation de la biodiversité en misant uniquement sur la protection. » La restauration écologique était d'ailleurs à l'ordre du jour de la Conférence de l'ONU sur la biodiversité (COP15) tenue à Montréal en décembre dernier. « Mais il faudra faire place aux essais-erreurs, car c'est sur le terrain qu'on prend de l'expérience », conclut Line Rochefort, qui restaure des tourbières depuis 30 ans.

Ironie du sort, c'est peut-être seulement en tentant, bien maladroitement et à gros prix, de recréer les écosystèmes perdus que l'on prendra enfin la pleine mesure de leur valeur. ●



L'UQAT,
UN ENVIRONNEMENT PRIVILÉGIÉ POUR LA RECHERCHE APPLIQUÉE, COLLABORATIVE ET FONDAMENTALE EN SCIENCES NATURELLES

- **Un volume de recherche annuel de plus de 15 M$**
- **Un milieu de recherche exceptionnel situé au cœur même du biome boréal**
- **Des partenariats uniques**
- **De nombreuses participations à des regroupements nationaux et internationaux**
- **Des instituts de recherche hautement performants reconnus mondialement**

CANADA'S TOP 50 RESEARCH UNIVERSITIES 2021 RESEARCH Infosource Inc.

**En 2021, l'UQAT s'est classée deuxième au Canada en matière d'intensité de recherche par professeur parmi les universités canadiennes de la catégorie des universités à vocation générale et figure dans le top 50 des meilleures universités canadiennes en recherche.*



INSTITUT DE RECHERCHE SUR LES FORÊTS (IRF)

uqat.ca/IRF

INSTITUT DE RECHERCHE EN MINES ET EN ENVIRONNEMENT (IRME)

uqat.ca/IRME

> 5 CHAIRES DE RECHERCHE DU CANADA

Dendroécologie et dendroclimatologie

Valorisation, caractérisation et transformation du bois

Intégration de l'environnement dans le cycle de vie d'une mine

Traitement et gestion des eaux minières

Retraitement des rejets miniers

> 3 CHAIRES DE RECHERCHE INDUSTRIELLES CRSNG

Sylviculture et production de bois

Biodiversité en contexte minier

Restauration des sites miniers

> 4 CHAIRES DE RECHERCHE INSTITUTIONNELLES

Aménagement forestier durable (UQAT-UQAM)

Gestion du carbone forestier

Géochimie environnementale des ressources minérales critiques et stratégiques

Regenere | Renaturalisation des parcs à résidus miniers

HUMAINE
>>>> CRÉATIVE
AUDACIEUSE

UQAT
UNIVERSITÉ DU QUÉBEC
EN ABITIBI-TÉMISCAMINGUE



Laver son linge, SALIR LA PLANÈTE

La corvée de la lessive devient encore plus pénible quand on s'intéresse à son coût environnemental. Peut-on laver plus vert ?

Par **Marine Corniou**

ILLUSTRATION : NATHALIE DION
DIRECTION ARTISTIQUE : SOPHIE BENMOUYAL

AU Lavoir moderne, on est loin du joli bassin en pierre et de la fontaine où œuvraient jadis les lavandières dans les villages de France. Le hangar gris, situé en banlieue de Paris, abrite bel et bien un lavoir collectif, mais l'ambiance y est plutôt industrielle : grosses machines à laver en métal, « tunnel » de lavage de plusieurs mètres de long, presses géantes pour repasser les draps, plieuses automatiques…

L'espace est encore à moitié vide, mais le propriétaire des lieux, Alphadio Olory-Togbe, a préféré voir grand. Après huit ans de travail, son concept est enfin prêt, les étapes de la chaîne sont rodées, les investisseurs sont convaincus. Le Lavoir moderne est en passe de devenir « le premier industriel de l'entretien écologique du linge pour les particuliers ». Une sorte de laverie à grande échelle, qui entretient les sous vêtements, les chemises, les jeans ou les draps de plus de 5 000 clientes et clients parisiens. La quantité de linge lavé dans l'usine atteint déjà 100 tonnes par mois !

Le souhait de l'entrepreneur est ambitieux : remplacer le lave-linge domestique, qui pollue et est gourmand en eau et en électricité (et en temps, direz-vous !). Pour ce faire, il propose un service clés en main de collecte, de lavage et de livraison de linge en 48 à 72 heures. Le tout avec la plus faible empreinte écologique possible : la quantité d'eau est divisée par trois, à volume de linge équivalent par rapport au lave-linge domestique, et l'énergie pour entretenir 1 kg de linge, par 10. « Personne ne peut dire aujourd'hui que le moteur thermique, c'est l'avenir. Je pense la même chose du lave-linge. Ça a fait son temps ; ce n'est pas écologique », aime à répéter Alphadio Olory-Togbe.

Il n'a pas tort. Les estimations varient, mais ces électroménagers consommeraient plus de 700 TWh d'électricité par année à l'échelle de la planète, soit plus que ce que consomme l'ensemble du Canada, et « avaleraient » environ 20 km^3 d'eau (soit, si on calcule grossièrement, 7 millions de piscines olympiques). Est-ce vraiment soutenable ? Ou même souhaitable ?

LE CADET DE NOS SOUCIS ?

Alors que les trajets en auto et en avion ou la consommation de viande arrivent en tête de liste des gestes individuels



qui peuvent être faits pour réduire notre empreinte environnementale, le lavage du linge est rarement montré du doigt. Si on veut vivre en société, on ne peut pas y couper : les tenues puantes font mauvais effet.

La corvée paraît à ce point inévitable que très peu de gens s'y intéressent, en particulier en Amérique du Nord, où les données sont difficiles à trouver. Rainer Stamminger est l'un des rares scientifiques qui ont consacré leur carrière à étudier les conséquences du nettoyage mondial de bobettes et autres fripes du quotidien. Ce chercheur en comportement des consommateurs et en ingénierie environnementale à l'Université de Bonn, en Allemagne, a signé presque toutes les revues de littérature scientifique disponibles sur le sujet. « La plupart des données existantes concernent l'Europe. Il y a pourtant un grand problème de consommation d'eau en Amérique du Nord, mais peu de gens s'en soucient », déplore-t-il. Avec son équipe, il a observé des individus chez eux et recueilli des données pendant des mois sur leurs habitudes de lavage, en Europe, mais aussi aux États-Unis, en Asie et en Australie.

En moyenne, selon l'âge de l'appareil et sa capacité, un cycle de lavage consomme entre 40 et 90 litres d'eau. Cela signifie que le lave-linge engloutit le cinquième de toute l'eau domestique utilisée. À noter que les laveuses à chargement vertical, encore répandues en Amérique du Nord, tournent plutôt autour de 150 L par cycle. (À ce sujet, les Canadiens consomment d'ailleurs en moyenne deux fois plus d'eau que les Européens avec plus de 300 L par jour et par personne, mais passons…) Côté électricité, la consommation reste raisonnable à condition de ne pas laver à l'eau chaude. En revanche, la sécheuse est une calamité : elle représente à elle seule jusqu'à 34 % de la consommation de tous les électroménagers, selon l'organisme Écohabitation. C'est deux fois plus que le frigo !

Et le coût énergétique n'est pas tout. Le lavage des vêtements synthétiques libère des quantités astronomiques de microplastiques dans l'environnement. Ce problème, encore méconnu il y a 15 ans, est désormais bien quantifié : des études indiquent que le lavage des textiles est responsable de 35 % des microplastiques polluant les océans !

En 2019, une équipe italienne a révélé dans la revue *Nature* que chaque kilo de linge lavé relâchait entre 124 et 308 mg de microfibres, soit de 640 000 à 1 500 000 particules. Sans parler des substances chimiques entrant dans la composition des détergents – dérivés du pétrole, surfactants non biodégradables, etc.

LAVAGE FRÉNÉTIQUE

Bref, le bilan est plutôt sale. Et en plus d'avoir les garde-robes les plus fournies de l'histoire (80 milliards de vêtements achetés en moyenne chaque année dans le monde), les humains modernes sont devenus, au fil des dernières décennies, de plus en plus obsédés par la propreté. Rares sont les gens qui portent plusieurs jours le même chandail, qui tolèrent une petite tache de gras sur leur pantalon ou une légère odeur musquée émanant de leur maillot de sport.

En moyenne, une famille américaine effectue ainsi huit brassées de linge par semaine. Et même si l'on se « contente » d'une corvée de linge tous les deux jours, le lavage émet annuellement l'équivalent de 440 kg de CO_2 par personne, selon une estimation du *Guardian*, soit l'équivalent d'un trajet Montréal-Paris en avion. (Au Québec, avec l'hydroélectricité, le bilan carbone est sans doute moins lourd, mais non nul.)

Au total, même si l'entretien du linge ne représente que 8 % des émissions de carbone d'un foyer, la pratique est loin d'être anodine. En outre, si le lavage lui-même pose problème, la multiplication des laveuses n'est pas en reste. Chaque appareil est constitué de 37 kg d'acier, de 18 kg de béton, de 14 kg de plastique et de quelques kilos d'autres métaux, dont de l'aluminium et du cuivre : l'extraction, la transformation et le transport de ces matières ont eux aussi une énorme empreinte carbone.

Multipliez cela par le « parc » de machines déjà fabriquées sur la planète et vous aurez probablement le tournis. En 2013, un rapport estimait qu'il y avait 840 millions de machines dans le monde, une « richesse » qui ne cesse de croître à mesure que les modèles deviennent meilleur marché. Parallèlement, les appareils sont moins robustes que par le passé, une étude française ayant montré que leur durée d'usage moyenne était passée de 10 ans en 2010 à 7 ans seulement en 2018.

BIEN COMMUN

Pour Alphadio Olory-Togbe, qui a « toujours détesté faire son lavage », cette situation est une aberration. D'autant que des études estiment que toutes ces machines sont utilisées moins de 4 % du temps… Évidemment, le système de « prêt-à-ranger » proposé par le Lavoir moderne n'est pas exportable partout, même si son créateur espère faire des émules dans d'autres villes et pays. Reste que Paris est un terrain de jeu particulier, avec sa clientèle relativement aisée, une densité de population élevée, et une tradition de confier ses chemises au « pressing ».

D'autres villes d'Europe, surtout en Suède et en Suisse, prônent plutôt la mutualisation des machines, avec des salles de lavage communes dans les immeubles. Dans un article intitulé « Et si tout le monde se mettait au partage ? » paru en 2020, une équipe suédoise a estimé que, si l'Europe lavait son linge dans des salles communes, « le plus grand taux d'utilisation des machines et leur plus grande durée de vie [car ce sont des modèles semi-industriels] pourraient réduire d'un tiers les émissions de gaz à effet de serre et […] diminuer la demande en matière première grâce à un meilleur recyclage des machines en fin de vie ». D'autres chercheurs suédois, en 2021, faisaient des estimations similaires, prévoyant 26 % de gaz à effet de serre en moins en cas de laveuses partagées.

Laver son linge sale entre voisins plutôt que seulement en famille, donc ? « Le partage ne me dérange pas, car il y a un programme de rinçage entre chaque utilisation », témoigne un auteur de la première étude, Tomohiko Sakao, de l'Université de Linköping, qui s'adonne à la pratique. Mais si la culture du partage est déjà bien ancrée en Suède, elle n'a pas autant la cote dans les sociétés nord-américaines… « À mon avis, il est possible d'amener







Des robots repassent plus de 200 chemises par heure, alors que d'autres plient 600 vêtements par heure.







Le linge sale est trié selon 27 catégories et étiqueté manuellement avec des codes-barres. À terme, tout sera entièrement automatisé.







La plupart des vêtements sont séchés « au fil », à 25 °C, dans un tunnel d'air très sec, à un coût énergétique très inférieur à celui de la sécheuse.



UN TOUR DE MACHINE

Entre le début de la chaîne du Lavoir moderne, où les vêtements sales arrivent par lots, dans des filets, et l'extrémité, où le linge propre et plié attend d'être livré dans des sacs en papier, il a fallu mettre au point toutes sortes de prototypes, tester des machines, inventer des façons d'étiqueter chaque petite culotte avec un code-barres pour qu'elle retrouve *in fine* son propriétaire. « On en a déchiré, des vêtements ! » admet Alphadio Olory-Togbe, le cofondateur.

En effet, concevoir une laverie automatisée, mais néanmoins délicate et « verte » n'a rien d'évident. Si les blanchisseries industrielles existent depuis des lustres, elles ne sont pas conçues pour laver le linge mélangé et fragile, et elles sont énergivores. Quant aux nettoyeurs « à sec », ils sont 10 fois plus chers et utilisent des solvants toxiques comme le perchloroéthylène.

« Il y avait des défis techniques à toutes les étapes. Pour offrir notre service à un prix n'excédant pas 2,5 euros par kilo de linge [soit une dizaine de dollars canadiens la brassée moyenne, repassage et pliage inclus], il fallait absolument tout automatiser, y compris le tri », détaille l'entrepreneur. Le linge est ainsi classé en 27 catégories, selon la couleur, la forme et la matière des vêtements mis en commun. D'ici peu, le tri se fera grâce à des caméras multispectrales mises au point avec une équipe de recherche.

Mais l'argument choc du Lavoir moderne, c'est sa faible empreinte écologique. Dès 2024, l'eau circulera en circuit fermé pour être totalement recyclée. Elle sera filtrée pour éliminer les résidus de détergents et les microplastiques, une étape effectuée en collaboration avec l'IFP Énergies Nouvelles, un institut de recherche.

En attendant, 40 % de l'eau est déjà recyclée (les eaux de rinçage sont réutilisées pour le prélavage du lot suivant), la vapeur est récupérée pour chauffer l'eau, les détergents sont les plus doux possible et dosés au gramme près par un système électronique, le séchage se fait à température ambiante dans un « tunnel » à air très sec, et même la collecte et la livraison se font en scooter électrique.

PHOTOS : LE LAVOIR MODERNE ; ILLUSTRATIONS : SHUTTERSTOCK.COM



Parcourez le monde à vélo. Découvrez toutes nos destinations.

veloquebecvoyages.com

514 521-8356 • 1 800 567-8356, poste 506

LE FLÉAU DES MICROPLASTIQUES

À chaque lavage, des millions de fibres textiles, souvent plastiques (élasthanne, polyester), vont rejoindre le réseau d'eaux usées et échouent, ultimement, dans l'environnement – et dans nos corps. Comment les intercepter ?

De nombreux scientifiques travaillent sur le sujet, et mettent au point des filtres à installer sur les lave-linges individuels. En France, à partir de 2025, les lave-linges neufs devront d'ailleurs être obligatoirement équipés de filtres à microparticules.

Bien que ce ne soit pas à l'ordre du jour de ce côté-ci de l'Atlantique, un projet de loi a été déposé en Ontario en ce sens, en réponse aux travaux d'une équipe de l'Université de Toronto. En 2021, celle-ci a installé des filtres sur les laveuses de 97 maisons de la municipalité de Parry Sound. Ils retenaient chacun en moyenne 6 g de fibres par semaine, un résultat à la fois inquiétant et très satisfaisant selon l'équipe.

Les filtres commerciaux commencent à voir le jour et plusieurs études ont montré leur efficacité (variant tout de même selon les cas, de 30 à 80 %).

Mathieu Lapointe, ingénieur en traitement des eaux et chercheur à l'École de technologie supérieure, s'intéresse de près à cette pollution. « Il n'y a pas que des fibres de plastique ; on trouve aussi beaucoup de coton, de la cellulose, des poils d'animaux, de l'acrylique », a-t-il constaté en laboratoire.

Selon lui, « les filtres individuels, des sortes de tamis, sont insuffisants, car ils ne captent que les grosses fibres. Il faudrait optimiser le traitement à l'usine d'épuration des eaux plutôt que de demander à tout le monde d'acheter ce type de cartouche ».

Actuellement, les usines retiennent plus de 95 % de ces fibres, grâce à des procédés d'agrégation. « Les 5 % restants représentent toute de même une grande quantité », note l'expert.

L'équipe du professeur Lapointe travaille sur un projet ambitieux : une mini-station d'épuration individuelle, capable de retenir les nanoparticules, mais aussi le détergent, la matière organique et les composés solubles. « La filtration serait effectuée à domicile par un appareil de la taille d'un four ou d'un lave-vaisselle qui traiterait les eaux usées de lavage. Celles-ci pourraient être réinfiltrées directement dans le sol, ce qui permettrait de réduire le débit d'eau dans les usines d'épuration des eaux usées, qui sont très pressurisées », précise-t-il.

« On enlève plus de 98 % des fibres en plus des autres polluants, on est très enthousiastes. La prochaine étape est de voir s'il y a un gain environnemental ou pas, si ça vaut la peine. » Autre point à régler : les microplastiques interceptés doivent tôt ou tard être retirés des filtres… pour se faire envoyer à l'enfouissement. La planète ne s'en débarrassera pas de sitôt.



Des études ont montré que les laveuses à chargement frontal permettaient de réduire d'environ 50 % la consommation d'énergie et de 30 % la consommation d'eau par rapport aux vieilles laveuses à tambour vertical.

les utilisateurs à changer leur comportement en faveur d'un lavage du linge plus respectueux de l'environnement ; toutefois, il faudrait étudier la magnitude possible d'un tel changement », concède le chercheur.

Pour Rainer Stamminger, il y a peu de chances que les particuliers fassent machine arrière, justement. « Les buanderies étaient fréquentes en Europe dans le passé, mais la tendance actuelle est de posséder sa propre machine à laver. C'est une question d'intimité. » Il souligne que les fabricants ont fait d'importants efforts pour rendre leurs laveuses plus vertes. Ce que corrobore l'Association américaine des fabricants d'électroménagers : selon elle, la consommation d'énergie par cycle a été réduite de 78 % entre 1990 et 2021 (et de 9 % entre 2010 et 2021). La consommation d'eau a quant à elle été réduite de 30 % depuis 2010. Des chiffres extrapolables au Canada, où les normes sont semblables à celles des États-Unis depuis 2016.

Chez nous, l'adoption croissante de machines à chargement frontal est une bonne chose. Des études ont montré que ces appareils permettaient de réduire d'environ 50 % la consommation d'énergie et de 30 % la consommation d'eau par rapport aux vieilles laveuses à tambour vertical. « Je pense que l'industrie a optimisé les lave-linges autant que possible, mais ce n'est qu'une partie de l'histoire. On peut avoir une machine très écoénergétique et l'utiliser très mal. On s'est rendu compte que la consommation d'eau et d'énergie peut varier d'un facteur 5 en fonction des comportements de lavage ! » explique Rainer Stamminger.

Alors, comment être un élève modèle ? « On ne nous l'apprend pas, c'est pourquoi les gens font généralement la même chose depuis qu'ils ont commencé à laver leur linge », note le chercheur. Ils commettent donc toujours des erreurs de débutant : faire tourner des machines à moitié vides, laver à l'eau chaude, avoir la main lourde sur le détergent, et choisir des cycles de lavage courts en pensant bien faire. Ce dernier comportement compte parmi les pires. Mieux vaut « opter pour des programmes longs à basse température, selon Rainer Stamminger. C'est contre-intuitif, on pense que les programmes

PHOTO : SHUTTERSTOCK.COM

courts vont économiser de l'énergie, mais c'est l'inverse. C'est comme en voiture, si on va très vite, on brûle plus d'essence que si on prend son temps ! »

L'eau froide doit être la règle, quand on sait que 80 à 90 % de l'énergie utilisée par un lave-linge l'est pour chauffer l'eau (sauf pour ceux branchés directement à l'eau chaude, mais l'eau est tout de même chauffée en amont…). À moins d'avoir affaire à du linge d'hôpital souillé, l'eau froide assurera un résultat sanitaire satisfaisant, en plus de réduire la quantité de fibres qui se détacheront du linge.

À la fin des années 2000, certains détaillants, comme le britannique Marks and Spencer, avaient d'ailleurs changé les étiquettes de leurs vêtements pour encourager leur clientèle à laver à 30 °C plutôt qu'à l'eau chaude (40 °C et plus). Mais cette initiative est restée assez isolée et personne n'en a fait grand cas. « Un changement de comportement dans ce domaine nécessiterait des programmes éducatifs et ceux-ci ont été supprimés ou ne sont pas aussi *glamour* que ceux qui vantent l'origine innovante des fibres [leur provenance ou leur caractère biologique]. Les détaillants préfèrent se concentrer sur les matériaux, puisque c'est un élément que les consommateurs peuvent prendre en compte lors de leur achat », analyse Gwendolyn Hustvedt, spécialiste des textiles à l'École des sciences de la famille et de la consommation à l'Université d'État du Texas.

En 2011, cette chercheuse a publié une revue des études menées sur le sujet par le département américain de l'Énergie, indiquant qu'environ 60 % des émissions carbone associées au cycle de vie d'un t-shirt étaient produites après l'achat de la pièce – et donc lors de son entretien.

Enfin, la consigne peut sembler absurde, mais le linge le plus « écolo » est celui qu'on ne lave pas. Une étude parue en 2020 montre que l'action la plus efficace pour réduire l'empreinte environnementale des lessives est d'en réduire le nombre. « La fréquence de lavage est l'indicateur le plus important de consommation d'énergie. On peut préférer les fibres comme la laine, qui ont moins besoin d'être lavées, et changer ses habitudes de lavage », résume l'équipe de recherche norvégienne et australienne.

À défaut de disposer d'un équivalent du Lavoir moderne dans sa ville, pensons-y à deux fois avant de jeter dans le panier un vêtement porté seulement quelques heures. Qui osera se plaindre d'avoir moins de corvées de linge ? ●

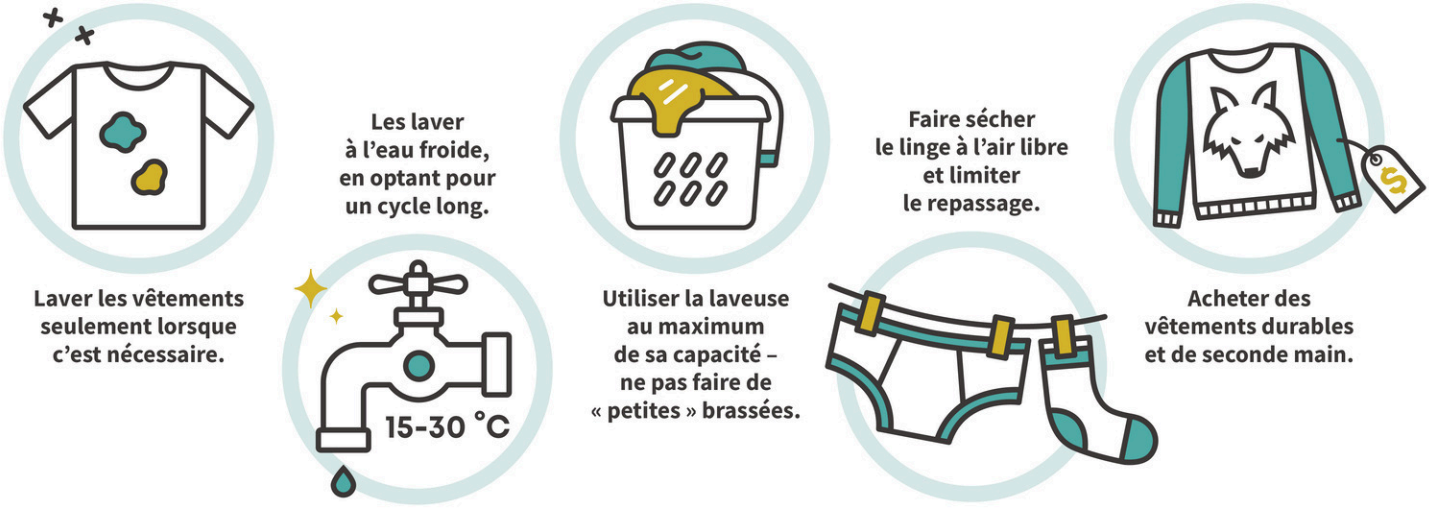
LES MEILLEURS ÉLÈVES

En Amérique du Nord, la certification Energy Star guide les consommateurs vers les appareils avec les meilleurs rendements écoénergétiques.

En bref, un modèle certifié consomme en gros 25 % moins d'énergie et 33 % moins d'eau qu'un modèle classique. Ces réductions sont toutefois calculées sur un ou deux cycles « standards », qui ne sont pas forcément ceux qui seront utilisés en pratique par le consommateur.

Les sécheuses Energy Star, apparues seulement en 2014, consomment quant à elles 20 % d'énergie en moins. Difficile de comparer ces normes avec celles qui sont en vigueur en Europe, car le système de notation n'est pas le même. Chez nous, une catégorie « Energy Star Les plus écoénergétiques » a vu le jour pour distinguer les meilleurs produits parmi la catégorie hétérogène des appareils certifiés Energy Star. Évidemment, entre un modèle Energy Star de 2010 et un modèle de 2022, il y a eu du progrès…

CONSEILS DE LAVAGE



ILLUSTRATIONS : SHUTTERSTOCK.COM ; SOPHIE BENMOUYAL

Science on tourne ! a 30 ans

De Chibougamau à Carleton-sur-Mer en passant par Rivière-du-Loup, ils sont des milliers à avoir imaginé des engins capables de rouler, de voler ou de flotter dans le cadre du concours intercollégial *Science, on tourne !*, qui célèbre cette année son 30e anniversaire.

Tout a commencé en 1992, au Cégep Garneau. Plusieurs étudiants et étudiantes qui suivent le cours de physique d'Yvon Fortin sont ennuyés par les cours magistraux. L'enseignant décide alors de donner vie à la matière en créant un concours. « C'était pour s'amuser en faisant des sciences. Il cherchait à mettre en valeur le côté ludique des sciences, à appliquer les concepts qu'on apprend sur les bancs d'école d'une autre manière », explique Judy Drolet-Bolduc, conseillère à la vie étudiante – événements scientifiques au Centre de démonstration en sciences physiques (CDSP) du Cégep Garneau et responsable du concours à l'échelle de la province.

Au cours des 30 dernières années, plus de 13 000 collégiens et collégiennes, de partout au Québec, ont été « contaminés » par cette façon d'apprendre. L'idée est d'user de débrouillardise et d'ingéniosité pour relever un défi scientifique et technique, par exemple concevoir un système capable d'accomplir une tâche simple comme lancer des volants de badminton vers une cible ou ramasser des balles de golf et les placer dans un contenant.

PLACE AUX FEMMES

Depuis 2021, le prix Femme de science, qui s'accompagne d'une bourse de 1000 $, est remis à une participante dont la passion et l'engagement pour les sciences se démarquent. Le CDSP note par ailleurs que le concours se conjugue de plus en plus au féminin. En 2011, 20 % des personnes participant aux finales locales étaient des femmes. Cette proportion avait plus que doublé 10 ans plus tard.

Le concours a déclenché des vocations chez les jeunes filles. « Par exemple, un enseignant à Carleton-sur-Mer obligeait tous ses étudiants à participer au concours pour ouvrir leurs horizons. C'est comme ça qu'une membre de notre comité de coordination national, Cassie-Anaïs Savoie, s'est découvert une passion et a décidé d'aller étudier en génie à Polytechnique », raconte Judy Drolet-Bolduc, qui souligne que les témoignages du genre ont été nombreux au fil des années.

UNE ÉDITION SPÉCIALE !

Judy Drolet-Bolduc souligne par ailleurs que les premiers participants et participantes de *Science, on tourne !* sont aujourd'hui en âge de voir leur progéniture se lancer dans l'aventure à son tour. La synergie avec le Défi génie inventif (DGI), qui propose une formule similaire aux élèves du secondaire depuis 1991, est gagnante. « Le DGI du Réseau Technoscience est un peu le petit frère de *Science, on tourne !* Ça arrive fréquemment que je voie des jeunes du collégial participer au concours parce qu'ils ont fait DGI en 4e ou 5e secondaire. »

La 30e édition de la finale nationale aura lieu les 5 et 6 mai au Cégep de Rivière-du-Loup. Les quelque 80 étudiants et étudiantes qui auront triomphé de leur finale locale s'affronteront dans le cadre du défi intitulé « Tire-toi une bûche ». Il suffit de construire un engin capable de récupérer trois billots de bois le plus loin possible grâce à l'énergie contenue… dans des élastiques ! ●

1992



2019



1992



2017



En quête de réponses

En mode collaboration

Pour résoudre les problèmes complexes de notre monde, il faut savoir rallier disciplines et établissements dans des collaborations innovantes. Les équipes de recherche de McGill l'ont bien compris.

Année après année, elles repoussent inlassablement les frontières du savoir. Nous les félicitons pour leurs réussites et leur nomination aux Découvertes de l'année 2022 de *Québec Science*.

L'origine de la résistance de *Leishmania* aux médicaments mise au jour



Parasite vigoureux et résistant aux médicaments, *Leishmania* provoque des symptômes dévastateurs chez plus de 1,5 million de personnes chaque année. Des équipes de recherche de l'Université de Montréal, de l'Institut de recherche du CUSM et de l'Université McGill ont élucidé le mode de transfert d'ADN par l'entremise de vésicules extracellulaires qui confère aux populations de *Leishmania* une pharmacorésistance et une vitalité accrues. Cette découverte marque un jalon important vers l'éradication de cette maladie mortelle.

Ci-dessus : Christopher Fernandez-Prada (Université de Montréal/McGill), Mathieu Blanchette (McGill), David Langlais (McGill) et Martin Olivier (McGill/Institut de recherche du CUSM)

Une découverte permet d'affiner la recherche de vie sur Mars



Une équipe de recherche de McGill a découvert des microbes vivants dans l'une des sources les plus froides, les plus salées et les moins oxygénées du Haut-Arctique, conditions semblables à celles qui règnent sur Mars. Tirant parti de techniques génomiques, elle a constaté que ces microbes survivaient en ingérant des composés inorganiques simples, également présents sur Mars. Cette découverte est utile à l'Agence spatiale européenne, qui s'en sert pour affiner ses instruments de détection de vie sur la planète rouge.

Ci-dessus : Elisse Magnuson, Lyle Whyte et Catherine Maggiori (Université McGill)

McGill

WOW !

30e ÉDITION

LES 10 DÉCOUVERTES DE L'ANNÉE 2022

LES CHERCHEUSES ET CHERCHEURS DU QUÉBEC publient plus de 22 500 études par an, selon l'Observatoire des sciences et des technologies. Ces travaux font non seulement évoluer les connaissances, mais également la société. Pour une trentième année, célébrons ensemble le meilleur de la recherche !

Un dossier coordonné par Joël Leblanc.

RELEVER LE DÉFI

Comme le veut la tradition depuis 30 ans, nous avons lancé un appel aux scientifiques du Québec afin qu'ils et elles nous soumettent des études qui se sont démarquées récemment. Notre équipe leur a lancé un défi supplémentaire : faire de cette 30e édition la plus diversifiée de toutes. Nous souhaitions recevoir des candidatures de toutes les disciplines, dont plusieurs des sciences sociales et humaines, ainsi que des profils de tous horizons : des hommes et des femmes de tous âges, aux origines diverses et aux intérêts multiples. Notre jury, composé de scientifiques et de journalistes, a examiné les propositions reçues et a sélectionné 10 découvertes particulièrement remarquables.

VOTEZ

pour votre découverte préférée et courez la chance de remporter un prix.

Détails à la page 64.

NOS CRITÈRES

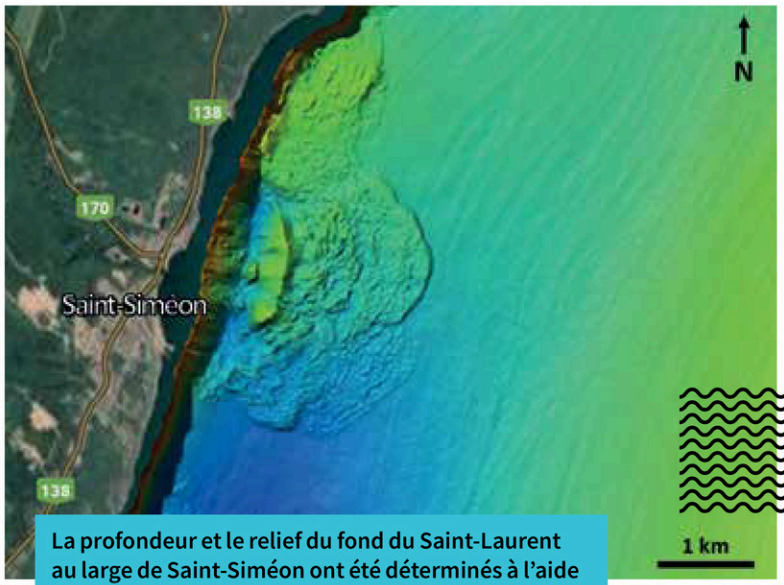
Chaque découverte évaluée par le jury devait avoir été publiée dans une revue savante avec comité de lecture entre le 1er octobre 2021 et le 31 octobre 2022. Il devait s'agir d'une percée ou d'une avancée majeure dans un domaine de recherche, de l'astrophysique à la sociologie. Et, bien sûr, la découverte devait nous impressionner, tant par ses résultats et sa méthodologie que par ses retombées potentielles. Voici donc notre sélection !

NOTRE JURY Sophie-Andrée Blondin, animatrice aux *Années lumière* sur ICI Première; Christelle Leung, chercheuse postdoctorale chez Pêches et Océans Canada; Robert Lamontagne, du Centre de recherche en astrophysique du Québec; Isabelle Marcotte, de l'Université du Québec à Montréal; Lucie Ménard, de l'Université du Québec à Montréal; Mathieu Picard, de l'Université de Sherbrooke; Benoît St-Jacques, de l'Institut de recherche en immunologie et en cancérologie de l'Université de Montréal; et l'équipe de *Québec Science* : Marine Corniou, Raphaëlle Derome, Mélissa Guillemette et Joël Leblanc.

ILLUSTRATIONS : SHUTTERSTOCK.COM

Tremblements de fleuve





La profondeur et le relief du fond du Saint-Laurent au large de Saint-Siméon ont été déterminés à l'aide d'un échosondeur multifaisceaux, permettant l'identification d'un important glissement sous-marin.

Armement du carottier à gravité à bord du navire de recherche *Coriolis II* lors d'une mission du Réseau Québec maritime

Au cours des siècles, de forts séismes ont secoué l'estuaire du Saint-Laurent. L'étude d'anciens glissements sous-marins révèle qu'ils sont plus fréquents et plus intenses qu'on le croyait.

Par Joël Leblanc

« Les toits semblaient se courber [...] ; les cloches sonnaient d'elles-mêmes [...] ; la terre bondissait, faisant danser les pieux des palissades... »

Dans les *Relations des Jésuites*, Jérôme Lalemant, missionnaire à Québec, décrit un grand séisme survenu le 5 février 1663, comme plusieurs autres lettrés de l'époque. Tous évoquent une expérience traumatisante et signalent que les eaux des rivières et du Saint-Laurent sont restées brunes pendant plusieurs mois, tant elles étaient chargées de sédiments.

C'est que ce tremblement de terre a provoqué d'importants glissements de terrain, aussi bien sur la terre ferme que dans le lit des cours d'eau. « Le séisme a dû atteindre une magnitude supérieure à 7. Un tel événement, s'il survenait de nos jours, détruirait une grande partie de nos infrastructures », affirme Guillaume St-Onge, chercheur en océanographie physique à l'ISMER, l'Institut des sciences de la mer rattaché à l'Université du Québec à Rimouski. Il sait de quoi il parle. Avec Méril Mérindol, étudiant au doctorat, il a trouvé les cicatrices de ce séisme, et de plusieurs autres, au fond du fleuve.

PHOTO : GUILLAUME ST-ONGE ; ILLUSTRATION : MÉRIL MÉRINDOL

« On s'est penchés sur les cartes sous-marines du Service hydrographique du Canada, réalisées par sonar, explique Méril Mérindol. Leur résolution est faible, mais on y voit les traces laissées par les plus gros glissements sous-marins. Cela a permis de sélectionner les zones d'étude. »

Pendant deux semaines au cours de l'été 2020, les chercheurs ont sillonné l'estuaire du Saint-Laurent entre La Malbaie et Baie-Comeau, à bord du navire de recherche *Coriolis II*. « Grâce au sondeur multifaisceaux, on voyait apparaître sur les écrans des images à haute définition des glissements, raconte l'étudiant-chercheur. Ensuite, à partir de ces données, on prélevait des carottes de sédiments dans des endroits stratégiques. »

Accumulés dans la cale du navire, ces échantillons ont révélé leurs secrets plus tard, en laboratoire.

« Lorsqu'un glissement sous-marin se produit à cause d'un séisme, explique Guillaume St-Onge, une grande plaque de sédiments "décroche" et glisse le long de la pente vers les eaux plus profondes. Les sédiments les plus grossiers sont déplacés sur une courte distance, mais les plus fins glissent plus loin. On appelle "turbidites" ces couches fines qui se redéposent plus en profondeur. »

Lors de la mission, l'équipe a repéré une cinquantaine de ces dépôts sédimentaires caractéristiques. Le carottage a permis de faire des datations dans les couches de turbidites et de vérifier que les glissements les plus récents correspondaient bel et bien aux séismes historiques connus, comme celui de 1663, ou ceux de 1925 et de 1988. « Mais on a repéré des glissements plus anciens, qui correspondent à des séismes survenus avant l'arrivée des Européens, par exemple vers 645 et vers 1145 », relate Guillaume St-Onge.

Ces résultats, publiés en septembre dernier dans la revue *Quaternary Science Reviews*, ont permis de préciser le risque sismique jusqu'alors mal connu de la zone Charlevoix-Kamouraska–Bas-Saint-Laurent. « Il est plus élevé qu'on le pense, prévient Guillaume St-Onge. Il est en fait presque aussi élevé que celui de la zone Pacifique ! On tente d'alerter les municipalités de cette zone pour qu'elles aient un plan d'urgence. »

Le séisme le plus important du lot, celui de 1663, a déclenché au moins neuf glissements sous-marins. Et si un événement semblable survenait demain ? « Je ne serais aucunement surpris », répond le chercheur, qui a souscrit une prime d'assurance « spécial séisme » pour sa maison située dans le Bas-Saint-Laurent…



De gauche à droite : **Méril Mérindol et Guillaume St-Onge**

L'AVIS DU JURY

Ces données collectées au fond du Saint-Laurent révèlent non seulement plus de 2000 ans d'histoire des séismes, mais également un risque méconnu.

Ont aussi participé à cette découverte : **Patrick Lajeunesse, de l'Université Laval, et deux chercheurs de l'Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer (France)**

PHOTO : QUENTIN DUBOC

NOTRE FORCE, INNOVER POUR FAIRE PROGRESSER LA SOCIÉTÉ

De gauche a droite :

CAROLINE MÉNARD
Professeure à la Faculté de médecine

PATRICK LAJEUNESSE
Professeur à la Faculté de foresterie, géographie et géomatique

FRANÇOIS BERTHOD
Professeur à la Faculté de médecine



Pour aider l'environnement, améliorer la santé ou inventer de nouvelles technologies, nous travaillons sans relâche à améliorer votre quotidien. Félicitations à Caroline Ménard, Patrick Lajeunesse, François Berthod et leurs équipes de faire partie du palmarès des découverte de l'année 2022!

Découvrez comment notre communauté audacieuse contribue activement à surmonter les défis auxquels le monde fait face.

ulaval.ca/recherche

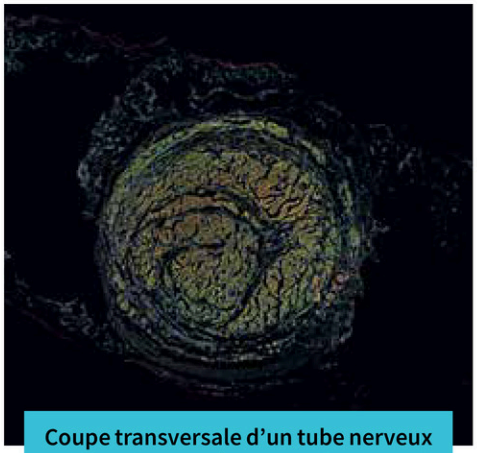
Ville de Québec

UNIVERSITÉ LAVAL

Savez-vous planter **des nerfs ?**

Certaines lésions nerveuses graves ne peuvent se réparer d'elles-mêmes. Des chercheurs de Québec ont imaginé un dispositif qui rend possible l'impossible.

Par Maxime Bilodeau



Coupe transversale d'un tube nerveux 22 semaines après une greffe de nerf sciatique chez un rat

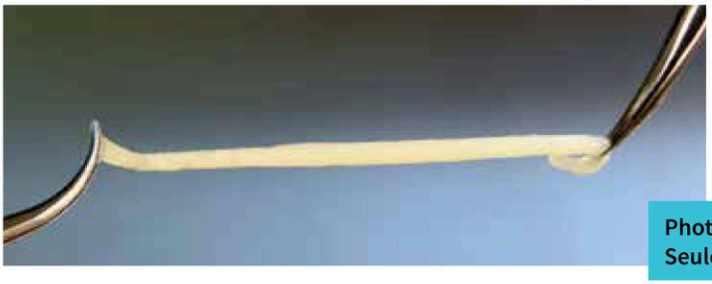


Photo macroscopique d'un tube nerveux avant son implantation. Seule la partie centrale sera greffée ; les extrémités seront coupées.

Catastrophe ! Un accident de ski vous fait tomber violemment. À l'hôpital, on constate qu'un nerf de votre bras est sectionné, ce qui entraîne une paralysie partielle. Le médecin vous explique que les probabilités que ce nerf se répare de lui-même sont minces, étant donné la sévérité de la lésion. La « moins pire » solution : prélever un nerf sain à l'arrière de votre mollet pour le greffer dans votre bras. L'intervention, si elle fonctionne, occasionnera des pertes sensitives à la jambe et, possiblement, des douleurs fantômes…

Dans son laboratoire rattaché au Centre de recherche en organogenèse expérimentale de l'Université Laval, situé à l'Hôpital de l'Enfant-Jésus, à Québec, François Berthod travaille d'arrache-pied à développer une meilleure solution. « Nous avons mis au point un tube vivant et prévascularisé afin de faciliter la régénérescence des fibres nerveuses. On le conçoit à partir des propres cellules du patient », indique le professeur au Département de chirurgie. Un tunnel-guide de croissance pour les nerfs, en quelque sorte. Et ça fonctionne ! Sur des souris, du moins. La découverte a été publiée en janvier 2022 dans les pages de la revue savante *Biomaterials*.

Paver la voie à un nerf coupé dans sa reconnexion avec un muscle n'est pas une idée nouvelle. Il existe depuis plusieurs décennies des tubes de polymère conçus dans cette optique. Seul problème : ils sont inefficaces pour « réparer » des nerfs de gros calibres – jusqu'à 1 cm de diamètre – sur des distances importantes – parfois plus de 10 cm. « La diffusion de l'oxygène et des nutriments dans ces tubes est insuffisante, ce qui provoque la nécrose du nerf. Les axones [fibres nerveuses] ont besoin d'un support vivant pour les assister dans leur migration », explique le chercheur.

Le défi de François Berthod et de ses collaborateurs consistait donc à pousser cette technologie plus loin. Pour ce faire, ils ont littéralement cultivé dans une boîte de Petri un réseau de capillaires sanguins en forme de tube. « Nous avons prélevé un morceau de peau chez le patient et isolé les composantes qui nous intéressent pour leur permettre de se multiplier, raconte le professeur. Au bout d'un mois, nous disposions de feuillets cellulaires matures que nous avons

L'AVIS DU JURY

Faire pousser des nerfs pour guérir des individus blessés : voilà un rêve en médecine. Cette équipe s'approche de l'objectif. Sa découverte représente un immense potentiel thérapeutique.

PHOTOS : ALEXANE THIBODEAU



François Berthod et son équipe font repousser des nerfs sectionnés, en les guidant à l'aide d'un tube vivant.

pu enrouler sur eux-mêmes. » Les conduits vivants ainsi formés ont ensuite été greffés chez des rats au nerf sciatique sectionné – les rongeurs avaient été génétiquement modifiés pour ne pas rejeter les cellules humaines.

« L'espace à combler était de 15 mm, soit l'équivalent d'une lésion de 50 cm chez l'humain, ce qui est énorme », illustre le scientifique. Malgré tout, la guérison fut spectaculaire. « Non seulement il y a eu reconnexion des fibres nerveuses, mais au terme de l'expérience, les rats ont récupéré leurs fonctions motrices », raconte avec enthousiasme François Berthod. Prochaine étape : répéter ces manœuvres chez une autre espèce, le lapin, dont les lésions plus grandes des nerfs s'approchent de celles d'*Homo sapiens*. « D'ici cinq à dix ans, nous pourrions passer à l'étape des tests précliniques », conclut-il Entre-temps : prudence sur les pentes de ski, tout de même.

Ont aussi participé à cette recherche : **Alexane Thibodeau, Todd Galbraith, Chantal Fauvel et Hélène T. Khuong**



PHOTO : FRANÇOIS BERTHOD

Revoir **les réservoirs**



Le réservoir Batang Ai, dans la province de Sarawak, île de Bornéo, Malaisie

Les barrages hydroélectriques produisent de l'électricité verte. Un vert qui vient toutefois de pâlir un peu, à la suite d'une évaluation approfondie des gaz à effet de serre émis par les réservoirs.

Par Geneviève Larochelle-Guy

« C'est énorme, 9000 réservoirs ! » s'exclame Sara Mercier-Blais, agente de recherche au laboratoire de la Chaire UNESCO en changements environnementaux à l'échelle du globe. Ses collègues et elle ont analysé plus de 9000 réservoirs hydroélectriques à travers le monde afin d'étudier le lien entre les émissions des réservoirs et l'impact sur le climat durant le dernier siècle. L'étude offre aussi une estimation de ces émissions pour les années à venir.

L'article est paru en septembre dernier dans la revue *Nature Geoscience*. « Grâce à des données qu'on avait récoltées sur le terrain, on a pu construire un modèle pour prédire les émissions des réservoirs, à partir de différents facteurs. Puis, on a appliqué ce modèle aux milliers d'autres réservoirs qu'on n'a pas pu visiter », explique Cynthia Soued, première auteure et étudiante au doctorat à l'Université du Québec à Montréal (UQAM) au moment de l'étude.

Les lacs émettent naturellement des gaz à effet de serre (GES), comme le méthane et le dioxyde de carbone, parce que de la matière organique, comme des végétaux, s'y décompose. Mais les scientifiques se sont rendu compte que les réservoirs, ces lacs artificiels, en émettent davantage.

Le plus frappant : près de 5 % du méthane généré par l'activité humaine provenait de ces bassins artificiels en 2020. Cela est non négligeable, puisqu'à quantité égale, le méthane est environ 34 fois plus dommageable pour le réchauffement de l'atmosphère que le dioxyde de carbone. Cette contribution risque cependant de croître dans les

PHOTO : YVES PRAIRIE





L'équipe a mesuré les flux de dioxyde de carbone et de méthane dans le réservoir Batang Ai.

années à venir. L'étude prévoit une augmentation globale de 53 % du méthane issu des eaux profondes des réservoirs d'ici 2040, puisqu'une grande quantité de réservoirs, soit près de 380, selon Cynthia Soued, seront construits dans des pays situés en zones tropicales ou subtropicales. Et la prolifération de bactéries émettrices de méthane augmente avec la température.

« Dans certains pays du Sud, les réservoirs peuvent même émettre plus de GES qu'une centrale au charbon », soutient Yves Prairie, professeur à l'UQAM et titulaire de la Chaire UNESCO en changements environnementaux à l'échelle du globe, qui a participé à l'étude.

Cynthia Soued estime que, même si le rythme des émissions diminue depuis 1987 – l'année où les émissions de carbone ont atteint un pic à la suite de la construction de plusieurs grands réservoirs –, « l'effet sur le climat ne diminue pas encore, car le réchauffement causé par ces émissions a toujours lieu ».

Faudrait-il limiter la construction de barrages en zones tropicales ou subtropicales ? Peut-être, mais d'autres mesures peuvent être prises. « Pour qu'elles diminuent leurs émissions, on propose aux compagnies de placer la prise d'eau de leur barrage moins profondément », explique Sara Mercier-Blais. Puiser l'eau en profondeur, là où s'agglutinent les bactéries productrices de méthane, libère plus de méthane lors du transit dans les turbines.

« Moi, j'aimerais que tout le monde suive nos recommandations et fasse mentir nos résultats », confie Cynthia Soued, mi-convaincue, mi-perplexe. La balle est dans le camp des industries ! ●

L'AVIS DU JURY

Nous sommes impressionnés par l'ampleur de ces travaux. À l'heure où une transition énergétique s'impose, une information de qualité pour chaque région du monde favorise la prise de décisions éclairées.

A aussi participé à cette découverte : **John A. Harrison, de l'Université de Washington**

PHOTOS : YVES PRAIRIE ; CYNTHIA SOUED

L’excellence à l’honneur

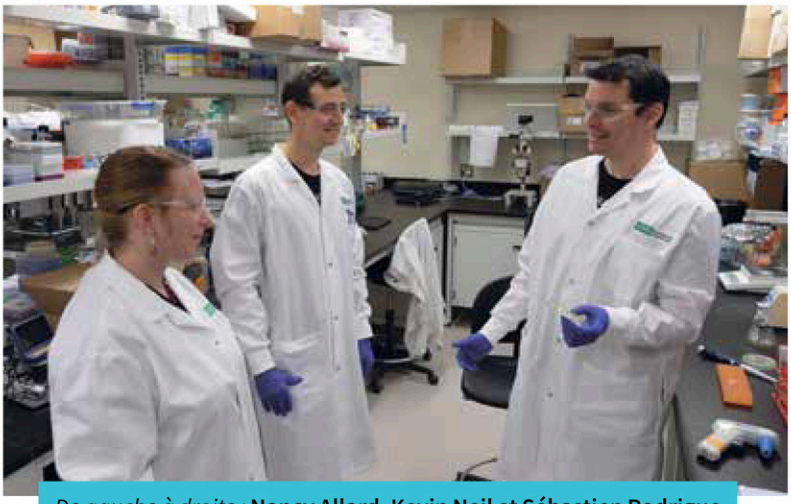
Toutes nos félicitations aux équipes lauréates des **10 découvertes de l’année de *Québec Science***, dont les scientifiques de l’Université de Montréal qui ont participé à trois de ces découvertes. Merci de faire briller la science et d’en partager les résultats avec le public.



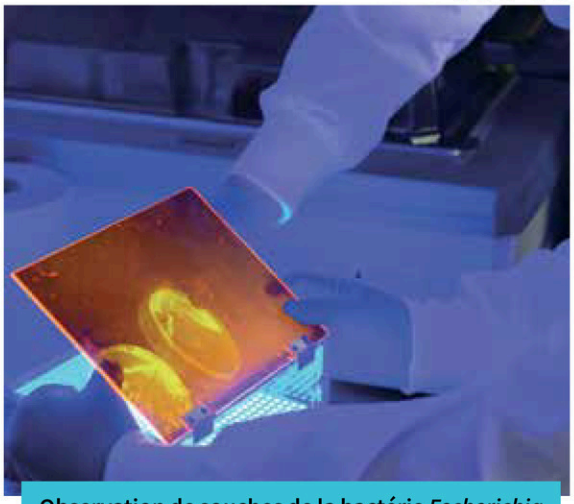
Université de Montréal

et du monde.

Des bactéries modifiées **à l'assaut des infections intestinales**



De gauche à droite : **Nancy Allard, Kevin Neil et Sébastien Rodrigue**



Observation de souches de la bactérie *Escherichia coli* exprimant une protéine fluorescente

Une équipe de l'Université de Sherbrooke a éradiqué des bactéries intestinales nocives à l'aide de « bonnes » bactéries armées de couteaux génétiques. Une parade aux antibiotiques ?

Par Marine Corniou

Dans la guerre contre les infections intestinales, toutes les stratégies sont bonnes, même les plus sournoises. Celle mise au point par l'équipe de Sébastien Rodrigue, de l'Université de Sherbrooke, a tout pour réussir. Elle consiste à pirater les armes des bactéries pour les retourner contre elles.

Les biologistes ont tiré profit d'une des grandes forces du monde microbien : l'échange de gènes. En effet, les bactéries s'échangent constamment de petits bouts d'ADN, appelés plasmides. « Ce mécanisme permet par exemple aux gènes de résistance aux antibiotiques de se répandre entre bactéries de tous genres, précise Sébastien Rodrigue. Mais on l'a détourné pour répandre un gène qui nuit spécifiquement aux bactéries pathogènes. »

L'idée : déployer dans l'intestin de « bonnes » bactéries équipées d'un plasmide-couteau génétique (le fameux CRISPR). Ce dernier pénètre dans les « mauvaises » bactéries et cisaille leur ADN.

En pratique, il a tout de même fallu ruser pour que ces agents doubles parviennent à insérer leurs bistouris dans une population de bactéries infectieuses jusqu'à 1000 fois plus abondante. L'équipe a d'abord déniché un plasmide capable de se disséminer comme une traînée de poudre. « Je commandais en ligne des plasmides du monde entier, et j'en ai ajouté un au dernier moment qui s'appelait TP114, par hasard », explique Sébastien Rodrigue, amusé. Inséré dans des probiotiques — des bactéries *E. coli* inoffensives —, ledit TP114 a montré un

PHOTOS : MICHEL CARON

taux de transfert inespéré dans le tube digestif, passant allègrement d'une bactérie à l'autre. « Mais ce n'était pas suffisant. On l'a amélioré en le faisant muter. » Bilan : un plasmide qui se répand 400 fois plus efficacement que la version initiale ! Une vraie machine de guerre, à laquelle les scientifiques ont « greffé » une séquence ciseau CRISPR.

UNE ARMÉE GÉNÉTIQUEMENT MODIFIÉE

Ainsi armés, les probiotiques ont été administrés oralement à des souris infectées par des bactéries *Citrobacter*. « On a programmé l'outil CRISPR pour qu'il reconnaisse un gène présent chez ces bactéries cibles et le coupe, ce qui les tue », explique Sébastien Rodrigue. Quatre jours après cette dose unique de probiotiques, plus de 99,9% des *Citrobacter* étaient éliminées. Les plasmides coupeurs ont bel et bien saboté les ennemis de l'intérieur, avec une efficacité comparable à celle des antibiotiques !

Mais contrairement aux antibiotiques qui peuvent altérer toute la flore intestinale, les probiotiques ne lèguent leur plasmide empoisonné qu'aux bactéries cibles (grâce à la reconnaissance de certaines protéines à leur surface). L'arme est aussi modulable, car CRISPR peut cibler n'importe quel gène, et donc éliminer des sous-groupes précis de bactéries. De quoi éditer à loisir le microbiome intestinal.

« Ce qui nous intéresse, c'est d'utiliser ce système pour viser des souches pathogènes impliquées dans l'inflammation chronique, comme dans la maladie de Crohn », souligne Sébastien Rodrigue. Pour passer à l'étape clinique, le chercheur a breveté le concept et a cofondé une entreprise avec son collègue Kevin Neil, premier auteur de l'article paru dans *Molecular Systems Biology* en octobre 2021.

Signe que l'approche suscite de l'intérêt, Kevin Neil était indisponible pour l'entrevue : il présentait ce travail à l'Américaine Jennifer Doudna, lauréate du prix Nobel de chimie en 2020 pour la mise au point du fameux système CRISPR. « Le potentiel de CRISPR est bien connu, mais le grand défi reste de le livrer dans les bonnes cellules et en quantité suffisante », souligne Sébastien Rodrigue. Défi relevé ! ●

L'AVIS DU JURY

Voilà une utilisation concrète et réaliste de CRISPR-Cas9 ! On peut imaginer des retombées à large échelle si les résultats chez la souris se reproduisent aussi chez l'humain.



L'équipe du laboratoire de Sébastien Rodrigue au Département de biologie de l'Université de Sherbrooke

Ont aussi participé à cette découverte : **Nancy Allard, Patricia Roy, Frédéric Grenier, Alfredo Menendez et Vincent Burrus**

OPÉRER À L'AIDE D'ONDES SONORES?

Une telle technique de chirurgie non effractive pourrait un jour devenir possible grâce à l'« impression sonore directe ». L'objectif : utiliser des ondes ultrasoniques pour façonner et faire durcir des polymères liquides afin de réparer des lésions sans jamais toucher à un scalpel.

FÉLICITATIONS À MUTHUKUMARAN PACKIRISAMY ET À SON ÉQUIPE, DONT LES TRAVAUX À CE SUJET FIGURENT AU PALMARÈS DES 10 DÉCOUVERTES DE L'ANNÉE DE LA REVUE *QUÉBEC SCIENCE*.

CONCORDIA.CA/
IMPRESSIONSONORE

CONCORDIA

T23-82338 • iStock

Imprimer en 3D grâce aux ultrasons



Cette image, captée à l'aide d'une caméra haute vitesse, montre une impression en cours. Les ultrasons causent la formation de bulles de cavitation (l'espèce de pic que l'on aperçoit en haut).

Une nouvelle technique d'impression 3D à distance, reposant sur les ultrasons, pourrait un jour permettre d'imprimer des organes directement dans notre corps.

Par Chloé Bourquin

L'AVIS DU JURY

Cette technique nous apparaît aussi innovante qu'excitante ! Son niveau de précision permet d'imaginer toutes sortes d'usages.

Une salle remplie de machines bruyantes, quelques ordinateurs ici et là, et, au centre, une sorte d'imprimante 3D, coiffée d'un système ultrasonore. « C'est là que la magie opère », dit en souriant Muthukumaran Packirisamy, professeur au Département de génie mécanique, industriel et aérospatial de l'Université Concordia.

La magie ? Imprimer des objets à distance grâce à des ultrasons. « Ces derniers sont souvent utilisés pour des ablations de tissus à l'intérieur du corps. Ici, on a voulu les utiliser pour créer quelque chose », souligne le chercheur. Peau, graisses, tissus, sang : les ultrasons ont en effet la capacité de pénétrer toutes ces couches de notre corps, ce qui leur confère diverses applications dans le milieu médical. On peut, par exemple, obtenir grâce à eux des images de nos organes lors d'échographies ou détruire une tumeur en utilisant des ondes plus puissantes. Ici, les chercheurs proposent plutôt d'imprimer des tissus directement dans notre corps après une injection locale de polymères, sans la moindre chirurgie.

Tout le fonctionnement repose sur les propriétés particulières des polymères. Liquides, ceux-ci peuvent se solidifier, pour peu qu'on leur fournisse un peu d'énergie. Et de l'énergie, les ultrasons en ont à revendre : il suffit de paramétrer le système ultrasonore (fréquence, puissance…) et de focaliser les ultrasons en un point précis, au milieu d'un bain de polymères, pour déclencher un phénomène dit de cavitation. « La pression et la température augmentent, et de très petites bulles sont créées en ce point », explique le professeur Packirisamy. Ce phénomène ne dure qu'une fraction

PHOTO : HABIBI, M., FOROUGHI, S., KARAMZADEH, V. ET AL. DIRECT SOUND PRINTING. NAT COMMUN 13, 1800 (2022)



De gauche à droite : **Muthukumaran Packirisamy, Mohsen Habibi et Shervin Foroughi**



Une feuille d'érable imprimée grâce à la technologie de l'équipe

de seconde, mais la température et la pression en question sont telles que le polymère passe de l'état liquide à solide, juste au niveau de la bulle, pour créer une sorte de « pixel » solide en 3D.

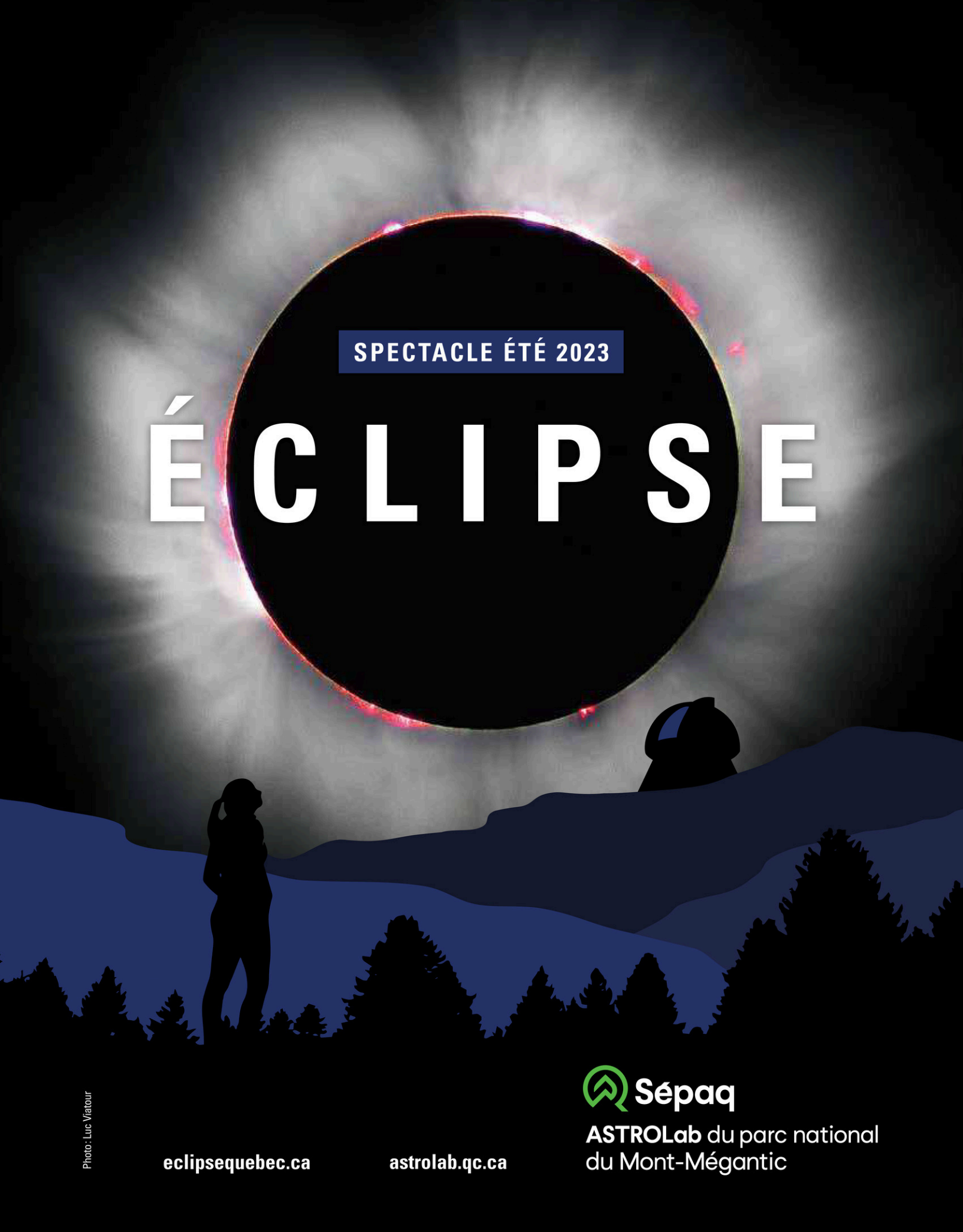
« La température à l'intérieur de la bulle peut monter à plusieurs milliers de degrés, mais le milieu autour d'elle reste à température ambiante », affirme Mohsen Habibi, associé de recherche au sein du laboratoire de Muthukumaran Packirisamy et premier auteur de l'article publié sur cette découverte dans *Nature Communications*, en avril 2022. Pour imprimer la forme voulue, on déplace la pièce à imprimer par rapport au système ultrasonore, et le tour est joué : de nouvelles bulles sont créées, le polymère se solidifie en un autre point précis pour créer un autre « pixel », et ainsi de suite. La structure obtenue peut être plus ou moins poreuse selon les paramètres ultrasonores choisis et elle pourrait donc être investie par des cellules, afin de régénérer des tissus lésés, par exemple.

Jusqu'ici, les chercheurs ont réussi à imprimer à distance diverses formes à travers de la peau ou des muscles en laboratoire, mais aucune expérience n'a encore été menée sur des êtres vivants. « C'est un tout nouveau domaine, il reste du chemin à parcourir avant d'imprimer un organe directement à l'intérieur du corps », nuance Muthukumaran Packirisamy.

Il faudra donc patienter avant de voir arriver les imprimantes à organes dans les hôpitaux ! Ce qui n'empêche pas les chercheurs d'entrevoir d'autres applications à leur découverte : en microfluidique ou en aérospatiale, la recette pour imprimer des objets à distance pourrait servir un peu partout.

Ont aussi participé à cette étude : **Shervin Foroughi et Vahid Karamzadeh**

PHOTOS : UNIVERSITÉ CONCORDIA ; HABIBI, M., FOROUGHI, S., KARAMZADEH, V. ET AL.


SPECTACLE ÉTÉ 2023
ÉCLIPSE
Photo : Luc Viatour
eclipsequebec.ca
astrolab.qc.ca
Sépaq
ASTROLab du parc national du Mont-Mégantic

Des parasites qui s'améliorent **en partageant leurs gènes**

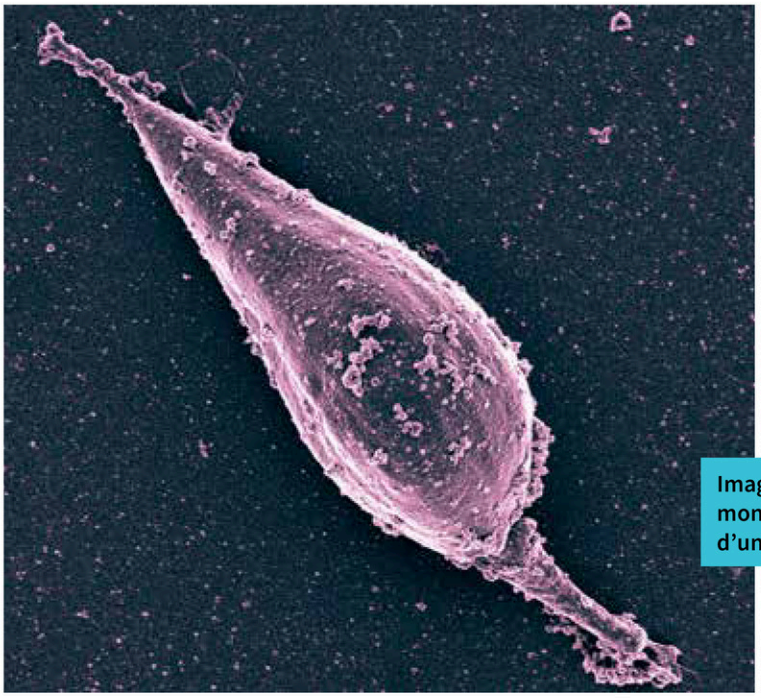


Image réalisée grâce à la microscopie électronique à balayage montrant la libération de vésicules extracellulaires à la surface d'un parasite *Leishmania*

Longtemps considéré comme une exclusivité bactérienne, le transfert de gènes vient d'être observé entre cellules eucaryotes, bouleversant nos connaissances sur la communication intercellulaire.

Par Renaud Manuguerra-Gagné

L'AVIS DU JURY

Cette découverte fondamentale est importante pour la compréhension de la résistance aux médicaments contre la leishmaniose. Elle pourrait changer radicalement les approches pour lutter contre cette maladie.

Imaginez si vous pouviez partager vos gènes avec votre entourage, sélectionner ceux que vous avez en trop et les échanger contre d'autres qui manqueraient à votre collection.

Ce partage, qu'on appelle transfert de gènes horizontal, est connu depuis longtemps chez les bactéries. C'est notamment par ce mécanisme que peut se propager la résistance à un antibiotique dans une population de microbes. Mais chez les eucaryotes, organismes regroupant les plantes, les champignons et les animaux, mais aussi certains êtres unicellulaires, jamais on ne l'avait observé. Or, une étude publiée en juillet 2022 dans la revue *Cell Reports* montre qu'un eucaryote microscopique pouvant parasiter les humains, la *Leishmania*, s'adonne aussi au trafic de gènes.

« C'est une nouvelle voie de transmission de matériel génétique », explique Christopher Fernandez-Prada, professeur à la Faculté de médecine vétérinaire de l'Université de Montréal et auteur de l'étude.

Les parasites émettent des vésicules extracellulaires, de petits sacs qui renferment un assemblage de molécules et d'information génétique. Les cellules environnantes n'ont qu'à les absorber pour profiter de leur contenu, comme si elles ouvraient une trousse de survie.

« On s'est demandé si ces vésicules transportaient des gènes entiers, ce qui expliquerait le développement de

PHOTO : KASRA HASSANI ET MARTIN OLIVIER

certaines résistances aux traitements contre *Leishmania* », explique Martin Olivier, professeur au Département de microbiologie et d'immunologie de l'Université McGill et aussi auteur de l'étude.

L'intuition était juste : les vésicules produites par des *Leishmania* résistantes contiennent bien des gènes qui « enseignent » à des parasites sensibles comment déjouer nos traitements. Plus surprenant encore, les parasites qui reçoivent les vésicules résistent ensuite mieux au stress oxydatif et peuvent même croître plus rapidement.

Bien qu'il reste à vérifier si cette stratégie existe chez d'autres êtres unicellulaires, la découverte offre déjà plusieurs possibilités, selon Christopher Fernandez-Prada. Chez l'humain, ce parasite est responsable d'une maladie nommée leishmaniose, qui touche la peau, les muqueuses, ou même les organes internes. Si non traitées, les lésions qui en résultent peuvent défigurer la personne atteinte et, dans le cas d'organes internes, même être mortelles. Chaque année, près d'un million de nouveaux cas de leishmaniose sont répertoriés dans le monde et il n'existe ni vaccin ni médicament préventif. « On pourrait développer des tests diagnostiques moins invasifs, chercher des vésicules en circulation dans des échantillons de sang ou d'urine et savoir si on a affaire à une souche résistante, suggère le chercheur. On pourrait aussi cibler ces vésicules pour ralentir ou bloquer la transmission de résistance. »

La découverte pourrait même avoir des répercussions dans la lutte contre le cancer. « Les cellules cancéreuses relâchent aussi des vésicules extracellulaires, explique Martin Olivier. Si elles sont impliquées dans la propagation de résistances aux traitements, on aurait là une nouvelle cible thérapeutique. » Comme quoi, le partage d'informations peut lui aussi être bénéfique… pour les chercheurs !



En perçant à jour les mécanismes permettant aux parasites d'être « solidaires », l'équipe a ouvert la voie à de nouvelles stratégies de lutte contre la leishmaniose.

Ont aussi participé à cette découverte : **Noélie Douanne et Lorena Bernardo (Université de Montréal), George Dong, Atia Amin, Mathieu Blanchette et David Langlais (Université McGill)**

PHOTO : AIDA MINGUEZ-MENÉNDEZ

Les bambins jaseurs **feront de bons rédacteurs**



L'équipe de Sophie Aubé a fait sa découverte grâce à une vaste étude qui a suivi 650 paires de jumeaux pour recueillir des données sur le développement, dont le langage.

Les habiletés langagières des tout-petits peuvent permettre de prédire leurs habiletés d'écriture jusqu'à l'adolescence, une association à long terme qui constitue une première dans les sciences du langage.

Par Émilie Parent-Bouchard

Votre progéniture vous tombe sur les nerfs tellement elle parle ? Prenez votre mal en patience : elle est peut-être en train de vous confirmer qu'elle n'aura pas trop de problèmes d'écriture à l'adolescence. Et ce, dès 18 ou 30 mois.

Une recherche menée à l'Université Laval confirme que les capacités langagières des tout-petits peuvent permettre de prédire non seulement leurs habiletés à lire en âge scolaire, mais aussi leurs habiletés à écrire à l'âge de 15 ans. En analysant les habiletés langagières de 316 paires de jumeaux à divers stades de développement, l'équipe de recherche est ainsi parvenue à prouver qu'une corrélation « modeste » mais bien réelle existe entre les balbutiements de la petite enfance et l'écriture, une habileté déterminante pour la réussite tant scolaire que professionnelle. En d'autres termes, un bambin qui parle bien à deux ans a de bonnes chances d'être bon en écriture à 15 ans.

L'idée de se pencher sur cette corrélation a germé dans un cours de psycholinguistique développementale au baccalauréat en psychologie. Sophie Aubé a alors constaté que la littérature

PHOTOS : SHUTTERSTOCK.COM

scientifique était riche sur le lien entre langage précoce et habiletés en lecture, mais silencieuse sur la continuité de cette association jusqu'à l'écriture.

« Quelques études démontrent une association entre le langage et l'écriture, mais seulement pour des enfants du primaire et sur des intervalles de temps très courts. Rien n'avait été fait sur une longue durée, et sur plusieurs périodes développementales, par exemple du préscolaire à l'adolescence », explique Sophie Aubé, qui a fouillé le sujet dans le cadre de son projet de maîtrise.

RETOUR DANS LE TEMPS

Si Sophie Aubé a pu confirmer cette corrélation, c'est en grande partie grâce à une vaste étude lancée il y a plus de 25 ans. L'Étude des jumeaux nouveau-nés du Québec (EJNQ) a suivi 650 paires de jumeaux nés dans la grande région de Montréal entre le 1er avril 1995 et le 31 décembre 1998 pour recueillir des données sur le développement, dont le langage. Du lot, 316 paires avaient complété un test d'écriture à l'âge de 15 ans ; ce sont elles qui ont été incluses dans l'étude.

« Cela permet à nos étudiants de profiter d'un bassin de données et de poser des questions de recherche sur un plan longitudinal, c'est-à-dire d'étudier une population sur une longue période. Il est extrêmement rare de pouvoir étudier l'intervalle d'un an et demi à 15 ans. Le Québec a une expertise particulière en études longitudinales sur le développement des enfants », mentionne Ginette Dionne, professeure de psychologie à l'Université Laval, directrice de maîtrise de Sophie Aubé et instigatrice de l'EJNQ.

Catherine Mimeau, professeure de psychologie à l'Université TÉLUQ qui a contribué à la rédaction de l'article scientifique paru dans *Developmental Psychology* en mars 2022, entrevoit d'ailleurs plusieurs pistes de recherche pour faire suite à cette découverte. « Vérifier si les mesures de langage de la petite enfance permettent de prédire par exemple le type d'emploi d'une personne à l'âge adulte. Cela pourrait être utile pour des prévisions à plus long terme », estime-t-elle, en donnant un avant-goût du doctorat qu'entreprend Sophie Aubé.

Au-delà des découvertes fondamentales de ces spécialistes du langage, les résultats soulignent aussi la pertinence d'intervenir précocement chez l'enfant ayant des difficultés langagières. « C'est exactement la raison pour laquelle on fait ça. L'idée, c'est d'outiller ceux qui doivent faire de l'intervention. Encore faut-il avoir accès à un orthophoniste lorsqu'on repère un besoin. Ce qui est très difficile pour un enfant de 18 mois », conclut Ginette Dionne.



De gauche à droite : **Catherine Mimeau, Sophie Aubé et Ginette Dionne**

L'AVIS DU JURY

La richesse de cette étude repose sur le suivi des jeunes sur une longue période, ce qui est rare dans le domaine. Elle démontre toute l'importance d'intervenir très tôt chez les enfants.

Ont aussi participé à cette découverte : **Éloi Gagnon, Alexandra Remon et Michel Boivin (Université Laval) ; Mara Brendgen (UQAM) ; Frank Vitaro, Isabelle Ouellet-Morin et Richard E. Tremblay (Université de Montréal)**

PHOTO : ARIANE ARSENAULT

Des microbes équipés **pour vivre sur Mars**



Il faut un hélicoptère pour parvenir à ce monticule de sel de l'île d'Axel Heiberg, au Nunavut.

Une activité microbienne trouvée dans l'Extrême-Arctique pourrait orienter la recherche de traces de vie ailleurs dans le système solaire.

Par Etienne Plamondon Emond

En juillet 2019, Elisse Magnuson a atterri dans une vallée glacée, rocheuse et poussiéreuse. Une odeur d'œufs pourris flottait dans l'air. Au milieu du paysage se dessinait « un genre de grand dôme de sel sorti de nulle part », raconte la doctorante au Département des sciences des ressources naturelles de l'Université McGill.

Sur l'île d'Axel Heiberg, au Nunavut, elle a grimpé ce monticule « à l'allure étrange », qui encercle comme un cratère la source de Lost Hammer, dans laquelle elle a prélevé des échantillons. Son but : vérifier si des microbes pourraient vivre sur Mars ! Car si le décor est digne d'une autre planète, l'eau qui affleure dans cette source l'est tout autant : salinité très élevée, température constamment au-dessous de zéro et quasi-absence d'oxygène. Ajoutez à cela des émanations de méthane et vous voilà plus sur la planète rouge que sur Terre.

Des traces de micro-organismes avaient déjà été décelées dans cette eau singulière. Encore fallait-il s'assurer qu'ils habitaient, vivaient et demeuraient actifs dans cette source hostile et n'avaient pas simplement été déposés là par le vent.

Elisse Magnuson a analysé des échantillons récoltés lors de ce voyage et lors d'un autre au même endroit en 2017 avec une panoplie de techniques pour identifier les microbes en présence et reconstruire leur génome. Elle a extrait et séquencé leur ADN, mais aussi leurs ARN messagers, ce qui lui a permis d'identifier les gènes actifs, ou en train de s'exprimer.

« On a pu déceler de nombreux organismes qui vivent et sont plutôt heureux dans cette source », souligne Lyle Whyte, professeur de l'Université McGill qui a supervisé les travaux.

Et du même coup, savoir de quoi ils se « nourrissent ». Résultat : la plupart se contentent de composés inorganiques simples, comme du monoxyde de carbone, du dioxyde de carbone, du dihydrogène ou des sulfures. Autant d'ingrédients disponibles sur Mars !

Certaines des bactéries peuvent en plus utiliser l'azote ou le dioxyde de carbone de l'atmosphère, comme le font les plantes. Quant aux archées, ces micro-organismes génétiquement distincts des bactéries, elles consommaient du méthane sur place sans besoin d'oxygène. Une information validée grâce à une nouvelle technique permettant de séquencer le génome d'une cellule à la fois.

L'AVIS DU JURY

Il est fascinant de voir les limites de la vie. Cette équipe n'a ménagé aucun effort sur le terrain et a utilisé une multitude de techniques pour affiner la compréhension des organismes extrêmes.

PHOTO : ELISSE MAGNUSON



Les étudiantes Olivia Blenner-Hassett et Elisse Magnuson travaillant au site d'échantillonnage

« Ces microbes sont vraiment équipés pour survivre, lance Lyle Whyte. Dans le palmarès des dix métabolismes microbiens qui ont le plus de chance d'exister sur Mars, on en trouve sept dans cette petite source. »

Certains d'entre eux ont déjà été repérés ailleurs sur Terre, mais jamais dans un lieu où toutes ces conditions martiennes sont réunies, signale Elisse Magnuson. « On est parmi les premiers à montrer qu'ils peuvent vivre dans un endroit à la fois si froid, si salé et sans oxygène », ajoute Lyle Whyte. Leurs résultats ont été publiés en avril 2022 dans l'*International Society for Microbial Ecology Journal*.

Ces microbes sont si intéressants que deux des échantillons prélevés à Lost Hammer ont été retenus pour tester les instruments conçus pour ExoMars, une mission de l'Agence spatiale européenne qui vise à détecter des traces de vie enfouie jusqu'à deux mètres dans le sous-sol martien. Mais les micro-organismes décrits par l'équipe de l'Université McGill pourraient aussi orienter de futures missions sur la planète rouge et les convaincre d'atterrir à des endroits semblables à la source de Lost Hammer.



L'intérieur du grand dôme de sel d'où émerge la source de Lost Hammer

Cette recherche vous intrigue et vous voulez en savoir plus sur ces microbes équipés pour Mars ? Lyle Whyte donnera une conférence sur le sujet au Cœur des sciences le mercredi 8 février, à 18 h (pavillon Sherbrooke de l'UQAM, 200, rue Sherbrooke Ouest). Notre rédactrice en chef sera également de la partie pour souligner les 30 ans du concours.

Informations et réservation : coeurdessciences.uqam.ca

Ont aussi participé à cette découverte : **Miguel A. Fernández-Martínez, Ya-Jou Chen, Catherine Maggiori et des scientifiques de l'Université de Guelph, en Ontario, et de l'École polytechnique fédérale de Lausanne, en Suisse**

PHOTOS : LYLE WHYTE ; ELISSE MAGNUSON

La dépression, une maladie différente selon le sexe



La professeure Caroline Ménard (la première debout à gauche) et son équipe

Lors d'une grave dépression, les hommes et les femmes ne manifestent pas les mêmes symptômes. Des scientifiques comprennent mieux pourquoi : la maladie atteint des régions différentes du cerveau.

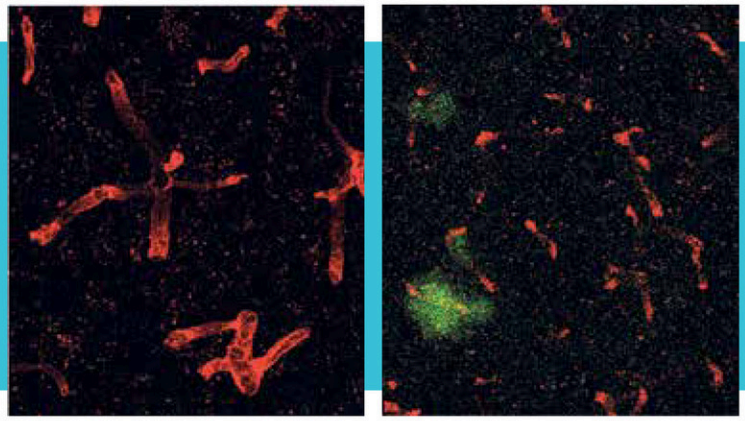
Par Annie Labrecque

N'entre pas qui veut dans le cerveau : la barrière hémato-encéphalique est inflexible face aux intrus. Cette couche de cellules tissées serrées, qui est présente sur tous les vaisseaux sanguins du cerveau, empêche les agents pathogènes, les toxines et les molécules inflammatoires qui circulent dans le sang de s'approcher des neurones, tout en laissant passer les nutriments et l'oxygène. Mais sous l'assaut d'un stress prolongé, qui peut mener à une dépression grave, la barrière s'affaiblit.

Cette barrière protectrice est au cœur des recherches de Caroline Ménard, professeure au Département de psychiatrie et de neurosciences à l'Université Laval. Son équipe et elle ont découvert que le stress fragilisait la barrière hémato-encéphalique dans des régions précises du cerveau des souris. Chez le mâle, le noyau accumbens (impliqué dans le circuit de la récompense) est affecté, alors que, chez la souris femelle, c'est plutôt le cortex préfrontal qui est altéré.

Passant du modèle animal à l'humain, l'équipe de l'Université Laval a aussi examiné des cerveaux provenant de la Banque de cerveaux de l'Institut universitaire en santé mentale Douglas. Caroline Ménard confirme avoir observé les mêmes modifications au niveau du cortex préfrontal chez les femmes ayant

PHOTO : FRÉDÉRIC CANTIN



Immunofluorescence (coloration des vaisseaux sanguins, en rouge) du cortex préfrontal d'une souris femelle du groupe contrôle (image de gauche), puis d'une femelle ayant subi le protocole de stress social chronique (image de droite). Les deux souris avaient reçu par intraveineuse un colorant vert d'un grand poids moléculaire ; il ne devrait donc pas traverser une barrière hématoencéphalique saine. Chez la souris du groupe contrôle, aucun colorant n'est décelé, tandis que, chez la souris sujette au stress, le colorant a pu pénétrer le cerveau.

souffert de dépression majeure. Cette région du cerveau est notamment impliquée dans la régulation de l'humeur et l'anxiété. Du côté des hommes, le cortex préfrontal ne montrait quant à lui aucun changement. Ces résultats, qui ont été publiés dans *Nature Communications* en janvier 2022, indiquent ainsi que le stress affecte la barrière hématoencéphalique différemment selon le sexe.

« On sait que les femmes sont deux fois plus sujettes que les hommes à la dépression et que leurs symptômes diffèrent. Les antidépresseurs ne fonctionnent pas non plus de la même manière chez les hommes et les femmes », souligne Caroline Ménard, qui est également chercheuse au Centre de recherche CERVO.

VERS UN DIAGNOSTIC PRÉCOCE CHEZ LES FEMMES ?

Cette perméabilité de la barrière hématoencéphalique pourrait être exploitée pour déceler des biomarqueurs de la dépression dans le sang. L'équipe de Caroline Ménard a découvert que certaines molécules du cerveau se retrouvent dans le sang à la suite d'une période de stress, à l'instar de la protéine sélectine E soluble produite chez les souris femelles. Cette protéine, dont la présence a aussi été détectée dans le cerveau des femmes souffrant de dépression majeure, pourrait un jour fournir la clé aux médecins qui doivent encore diagnostiquer la maladie à l'aide de questionnaires.

La quête de Caroline Ménard ne s'arrête pas là. Elle scrute le sang pour trouver des biomarqueurs supplémentaires qui confirmeraient l'état de dépression chez la femme, sans oublier la recherche de marqueurs chez l'homme. Chose certaine, cela démontre l'importance de travailler sur des souris des deux sexes.

« En étudiant seulement les mâles pendant des décennies, les scientifiques ont contribué à concevoir des classes de médicaments qui fonctionnent bien chez les hommes, mais moins bien chez les femmes », signale-t-elle. Son équipe est bien lancée pour rétablir l'équilibre ! ●

L'AVIS DU JURY

Il y a enfin un espoir de mettre le doigt sur les différences entre la dépression chez les hommes et chez les femmes. On est ici chez la souris, mais le groupe a également appuyé son travail sur des échantillons tirés d'une banque de cerveau. Un travail rigoureux !

Ont aussi participé à cette étude : **Laurence Dion-Albert, Alice Cadoret, Ellen Doney, Fernanda Neutzling Kaufman, Katarzyna A. Dudek, Beatrice Daigle et Manon Lebel (Université Laval et Centre de recherche CERVO) ; Gustavo Turecki et Naguib Mechawar (Université McGill et Institut universitaire en santé mentale Douglas) ; cinq chercheurs et chercheuses d'institutions américaine, française et irlandaise, ainsi que 136 membres du consortium Signature (personnel de la santé, scientifiques et étudiants et étudiantes) qui ont récolté des échantillons**

Qui diversifie **s'enrichit**



Les femmes et les personnes racisées sont sous-représentées parmi les scientifiques. Au-delà de l'injustice sociale, ce manque de diversité nuit à l'innovation.

Par Raphaëlle Derome

On déplore depuis un moment déjà le manque de diversité dans la communauté scientifique.

« Quand on parle d'équité en science, on évoque souvent des idéaux de justice sociale. Mais peu d'études quantitatives ont examiné les effets des disparités de genre et de race sur l'avancement des connaissances », dit Vincent Larivière, professeur à l'École de bibliothéconomie et des sciences de l'information de l'Université de Montréal.

Avec trois collègues, il a examiné sur quoi travaillent les scientifiques en fonction de leur sexe et de leur origine, une approche dite « intersectionnelle ». « Nos données démontrent que les femmes et les personnes racisées étudient des sujets spécifiques que les hommes blancs n'étudient pas », souligne le sociologue des sciences au sujet de l'étude que son équipe a fait paraître dans la revue *PNAS* en janvier 2022.

L'analyse montre aussi que les thèmes sur lesquels travaillent les groupes minoritaires sont dévalués. Les revues scientifiques où sont publiés leurs travaux, par exemple, sont peu remarquées. « Le facteur d'impact de ces revues [un indicateur numérique qui estime leur visibilité] est plus bas, on les cite moins dans d'autres travaux. Avec pour conséquence que les organismes subventionnaires financent moins ces recherches », dénonce Vincent Larivière.

QUI EST QUI ?

Pour arriver à ces conclusions, l'équipe a analysé une base de données de 5,4 millions d'articles, publiés entre 2008

ILLUSTRATION : LINA CASTELLANOS/ECOFEMINITA

et 2019 par des scientifiques rattachés à des institutions américaines. La plupart des articles ayant plusieurs auteurs, seul le premier nom a été retenu — généralement celui de la personne qui a le plus contribué à une découverte.

Ce sont donc 1,6 million de noms qui ont été analysés par un algorithme qui a déduit automatiquement le genre (masculin ou féminin) et l'origine ethnique de l'auteur ou de l'auteure (caucasienne, afro-américaine, asiatique ou latino-américaine). Pour ce faire, l'algorithme s'est inspiré des données du recensement.

« Si vous vous appelez José González, vous avez de fortes chances d'être un homme latino-américain », explique Vincent Larivière. Les prénoms épicènes — comme Claude, à la fois féminin et masculin — sont pondérés selon leur abondance dans chaque groupe. Des erreurs sont inévitables, mais vu le grand nombre de données, on arrive à tirer des conclusions valables.

QUI FAIT QUOI ?

Dans un deuxième temps, l'algorithme a analysé le titre de chaque article afin de le classer parmi différents thèmes de recherche. C'est le croisement des données qui a permis de conclure que certains groupes sociaux sont surreprésentés dans certains domaines de recherche et sous-représentés dans d'autres.

« Si la communauté scientifique était réellement représentative de la population américaine, il y aurait moins de travaux en finance et en économie, et beaucoup plus en santé publique ou sur des enjeux sociaux comme la violence conjugale et les enjeux d'immigration », souligne Vincent Larivière.

Même si l'étude porte sur les États-Unis, des dynamiques analogues existent ici, précise l'auteur : « Quand ton groupe social est dominant, tu as le luxe de choisir n'importe quel sujet. Mais quand autour de toi il y a des problèmes socio-économiques brûlants, tu te sens interpellé, tu travailles là-dessus. »

« Avoir une communauté scientifique plus diversifiée n'est pas qu'une question éthique. Cela fait aussi en sorte qu'on travaille sur de nouveaux sujets, qui n'étaient pas étudiés avant, dit Vincent Larivière. Cela enrichit la science. »



L'équipe regroupe un homme blanc, un homme latino-américain, une femme noire et une femme blanche. « On a essayé d'être cohérents et d'avoir une équipe diversifiée ! » dit Vincent Larivière.

L'AVIS DU JURY

Plus que jamais, le monde de la science parle de diversité, souvent pour des raisons morales, non sans rencontrer des résistances. Cette étude fournit des arguments de plus : l'homogénéité dans le monde universitaire nuit à la qualité de la recherche et entretient des angles morts.

Ont aussi participé à cette étude : **Cassidy R. Sugimoto, Diego Kozlowski et Thema Monroe-White**

CONCOURS

WOW!
30e ÉDITION

LES 10 DÉCOUVERTES DE L'ANNÉE 2022

VOTEZ POUR **VOTRE DÉCOUVERTE DE L'ANNÉE** ET COUREZ LA CHANCE DE GAGNER

UN SÉJOUR FAMILIAL AU PARC NATIONAL DU MONT-MÉGANTIC*



VALEUR DE **575 $**

- Deux nuitées en chalet EXP ou ÉCHO pour 4 personnes
- Un accès aux 60 km de sentiers du parc pour les 3 jours
- Une visite de jour de l'ASTROLab et de l'Observatoire du Mont-Mégantic
- Une soirée d'astronomie dans le cadre du Festival d'astronomie populaire du Mont-Mégantic

Sépaq
ASTROLab du parc national du Mont-Mégantic

quebecscience.qc.ca/decouverte2022

*Ce forfait familial (2 adultes et 2 enfants) est valide pour l'été 2023, selon les dates du Festival d'astronomie populaire du Mont-Mégantic. Pour participer et consulter le règlement du concours, rendez-vous au quebecscience.qc.ca/decouverte2022. Le vote se termine le 16 février 2023 à 23 h 59.

EN PARTICIPANT AU CONCOURS, VOUS PROFITEZ D'UNE **OFFRE EXCLUSIVE D'ABONNEMENT**



SEULEMENT **34 $** /AN +taxes

Au lieu de 43 $/an

L'offre d'abonnement prend fin le 19 février 2023 à 23 h 59.



Mettre en lumière L'HISTOIRE DES MUSULMANS du Canada

Des archivistes combattent les représentations tronquées des communautés musulmanes du pays, une photo de famille à la fois.

Par Maxime Bilodeau

PHOTOGRAPHIES : BRENDAN GEORGE KO

Il y a toujours eu des personnes musulmanes au Canada : c'est un fait ! Lors du premier recensement de 1871, on comptait une dizaine d'adeptes de l'islam dans le pays naissant. Aujourd'hui, ils sont près de 1,4 million, soit 3,7 % de la population, entre autres grâce à des vagues d'immigration successives à partir du début des années 1970 – en vertu de la politique canadienne du multiculturalisme, le gouvernement fédéral s'est alors mis à sélectionner les nouveaux arrivants selon d'autres critères que la religion et l'ethnie. Mais que sait-on au juste de l'histoire des Canadiens et Canadiennes de confession musulmane, longue de plus de 150 ans ? Connaît-on vraiment cette communauté tout sauf marginale ?

Non, tranche Anver Emon, directeur de l'Institut d'études islamiques de l'Université de Toronto. « Le portrait de cette communauté a longtemps été esquissé par des sources en majorité non musulmanes, par l'entremise des médias, par exemple », déplore le titulaire de la Chaire de recherche du Canada en droit et en histoire islamiques.

Résultat : des perceptions sociales partiales, puisque caractérisées par des récits de terrorisme, de guerre, de violence, d'islamophobie et d'extrémisme, lit-on dans un état des lieux réalisé par le groupe de recherche en 2019. « Nous avons statué que les archives canadiennes, de manière générale, taisent les réalités des musulmans canadiens, ce qui revient à dire qu'elles n'existent pas. »

DANS LEURS PROPRES MOTS

C'est dans ce constat que prend racine Muslims in Canada Archives (MiCA). Cette initiative lancée en 2020 a pour objectif de permettre aux membres de cette communauté de se raconter dans leurs propres mots. Pour ce faire, elle acquiert, organise, préserve et rend accessibles, à la fois physiquement et sur une plateforme numérique, des objets souvenirs et des documents variés reçus d'individus et d'organismes musulmans de partout au Canada.

L'idée est de documenter l'histoire des personnes musulmanes au Canada pour mieux la faire connaître, sous forme par exemple d'initiatives de sensibilisation et d'information dans les milieux scolaires et universitaires et dans les milieux associatifs canadiens. Preuve de la portée et de la pertinence du projet, MiCA peut compter sur des partenaires qui en sont parties prenantes, comme le Conseil national des musulmans canadiens et le Conseil canadien des femmes musulmanes.

Pour l'instant, MiCA s'est surtout concentré sur la documentation de l'histoire de la communauté musulmane de l'Ontario, la plus grande au pays. Parmi les documents reçus, on retrouve des cartes de souhaits, des photographies



Quelques éléments de la collection du projet Les archives des musulmanes et musulmans au Canada.

de vacances, ainsi que des lettres provenant de membres importants d'organismes communautaires musulmans. MiCA a même mis la main sur des menus de restaurants halal du Grand Toronto !

L'équipe s'attend aussi à récolter à l'échelle du pays des pièces, disons, un peu moins glorieuses. « Le courrier haineux, pour ne citer que ce cas de figure, a une grande valeur historique et sociale », indique Anver Emon.

MiCA fait des petits. L'Université Memorial a été mandatée pour chapeauter le volet ténelien du projet. « Cet établissement est à l'origine d'une importante immigration d'étudiantes et d'étudiants étrangers de confession musulmane à Terre-Neuve-et-Labrador », explique le chercheur.

Au Québec, c'est l'Université Laval qui porte l'initiative Les archives des musulmanes et musulmans au Canada, francisée pour l'occasion. « Le volet Québec n'est pas encore très avancé », précise cependant par courriel la responsable, Catherine Larouche, professeure au Département d'anthropologie.

SUS À L'ISLAMOPHOBIE

La pertinence de MiCA dans notre province ne fait pourtant aucun doute. Il y a quelques mois encore, les résultats d'un sondage en ligne réalisé par Léger pour le compte de l'Association d'études canadiennes signalaient des effets « négatifs de grande ampleur, perturbateurs et graves » chez les membres de minorités religieuses au Québec depuis l'adoption de la Loi sur la laïcité de l'État, en 2019. Les musulmanes se disent particulièrement touchées : plus de 70 % des répondantes déclaraient une détérioration de leur sentiment de sécurité en public au cours des trois dernières années. Malgré sa popularité – environ les deux tiers des Québécois et Québécoises l'appuient –, la loi 21, qui interdit notamment le port de signes religieux aux fonctionnaires et au personnel enseignant du réseau public, est vivement contestée sur les plans judiciaire et politique.

Pour Patrice Brodeur, professeur à l'Institut d'études religieuses de l'Université de Montréal, une initiative de sensibilisation comme MiCA s'inscrit dans un courant plus large de lutte contre la xénophobie sous toutes ses formes. « L'avènement des médias sociaux a transformé les rapports que les individus entretiennent les uns avec les autres. L'intolérance en ligne préoccupe aussi bien des instances internationales, comme l'Organisation des Nations unies, que le monde de la recherche », analyse ce spécialiste de l'islam contemporain, citant les événements du 11 septembre 2001 comme un moment décisif. Paradoxalement, l'attentat de la grande mosquée de Québec a aussi contribué à façonner négativement les perceptions.

Ce projet d'archivage participe en ce sens à favoriser le vivre-ensemble et la cœxistence de différentes identités culturelles au Canada. Il a d'ailleurs bénéficié d'un coup de pouce de quatre millions de dollars du ministère du Patrimoine canadien dans le plus récent budget fédéral, rendu public en avril dernier. « Cela s'inscrit idéologiquement dans une approche de décolonisation où l'on donne la parole aux communautés musulmanes, au pluriel, étant donné qu'elles ne constituent pas un bloc monolithique », explique Patrice Brodeur, qui ne participe pas à MiCA. Pour maintes raisons, notamment linguistiques, l'immigration musulmane varie selon les régions – la présence importante au Québec d'Algériens et d'Algériennes, qui parlent couramment le français, en est un exemple.

C'est justement pour refléter cette diversité que l'équipe de MiCA songe à déployer le projet dans l'ensemble des provinces et des territoires du Canada. Si tout va bien, les archives afflueront donc d'un océan à l'autre, constituant *de facto* un terreau plus que fertile pour y mener de futures recherches. « Voir des chercheurs et chercheuses se saisir de ces archives dans les prochaines années, voire dans les prochains mois, est un de nos souhaits les plus chers, confirme Anver Emon. Ultimement, le succès de l'initiative est entre les mains de nos donateurs : les musulmans et musulmanes du Canada. C'est un service qu'ils se rendent en nous envoyant une photo de famille, un enregistrement de fête ou des souvenirs. » ●

Le Conseil de recherches en sciences humaines du Canada soutient financièrement Québec Science *pour la production de reportages liés aux disciplines qu'il finance.*

1,1 MÉGAJOULE D'ESPOIR

C'est un tournant dans la quête de la maîtrise de la fusion nucléaire : une équipe américaine a obtenu pour la première fois un gain d'énergie. Un pas de plus vers l'énergie du futur ?

PAR MARINE CORNIOU

Pourra-t-on un jour domestiquer et exploiter la fusion nucléaire, cette réaction qui se produit au cœur des étoiles ? C'est en tout cas le rêve de nombreux physiciens et physiciennes, qui y voient une source d'énergie propre, décarbonée et quasiment inépuisable.

Un pas historique vient d'être franchi sur ce terrain par l'équipe de la National Ignition Facility (NIF), au Lawrence Livermore National Laboratory, en Californie. Pour la première fois, les scientifiques ont réussi à produire plus d'énergie grâce à une réaction de fusion nucléaire que la quantité d'énergie injectée pour enclencher la réaction. Un gain net, autrement dit ! L'équipe a ainsi atteint et même dépassé le seuil dit d'« ignition », prouvant par là même que la maîtrise de la fusion est possible.

« Le 5 décembre 2022 est un jour important pour la science, a déclaré Jill Hruby, sous-secrétaire à la sécurité nucléaire du Département américain de l'énergie, lors d'une conférence de presse organisée une semaine plus tard à Washington. Atteindre l'ignition dans une expérience de fusion contrôlée est un exploit qui couronne plus de 60 ans de recherche fondamentale, de développement, d'ingénierie et d'expérimentations. »

L'UNION FAIT L'ÉNERGIE

La fusion est le mécanisme à l'œuvre dans les étoiles, mais aussi dans les bombes thermonucléaires. « On a déjà atteint l'ignition dans les bombes, mais toute la difficulté est de réussir à ralentir la réaction presque atome par atome pour la maîtriser », explique Liam Kieser, professeur au Département de physique à l'Université d'Ottawa.

Contrairement aux centrales nucléaires, dans lesquelles on brise des atomes lourds comme



Pour atteindre la fusion, l'énergie laser de la National Ignition Facility est convertie en rayons X qui compriment une capsule de combustible jusqu'à ce qu'elle implose, créant un plasma à haute température et à haute pression.

PHOTO : LAWRENCE LIVERMORE NATIONAL LABORATORY



Le contenant qui abrite le type de cible utilisé pour atteindre l'ignition le 5 décembre 2022 à la National Ignition Facility

l'uranium pour libérer de l'énergie (c'est la fission), la fusion force des atomes légers à s'unir. En termes plus concrets, « la fusion consiste à prendre deux noyaux atomiques, à les envoyer l'un dans l'autre pour qu'ils fusionnent en dégageant de l'énergie », rappelait il y a quelques mois Alain Bécoulet en entrevue avec *Québec Science*. La manœuvre produit quatre fois plus d'énergie que la fission !

Ce physicien travaille à la construction d'un réacteur colossal de fusion nucléaire dans le sud de la France, ITER, qui tentera lui aussi de produire plus qu'il ne consomme. Dans ces laboratoires hors du commun, comme ITER ou la NIF, on utilise des « versions » de l'hydrogène qui ont des neutrons supplémentaires : le deutérium et le tritium. En fusionnant, ils forment un noyau d'hélium, plus lourd, mais de masse inférieure à la somme des masses initiales, d'où la libération d'énergie sous forme de neutrons.

Sauf que, pour vaincre la force de répulsion gigantesque qui empêche normalement deux atomes de s'approcher l'un de l'autre, il faut d'abord amener la matière à l'état de plasma, c'est-à-dire un gaz très chaud, formé d'ions positifs et d'électrons (des atomes « disloqués », en quelque sorte). L'énergie requise pour atteindre ces conditions est inimaginable, c'est pourquoi le point d'ignition a longtemps été inaccessible… On pouvait jusqu'ici obtenir un certain taux de fusion, mais pas assez pour que la réaction s'entretienne d'elle-même.

DES ÉTOILES SUR TERRE

Deux approches expérimentales se font concurrence pour faire fusionner des atomes : l'approche magnétique, qui permet de confiner le plasma dans un grand réacteur circulaire appelé tokamak à l'aide d'aimants (c'est la voie d'ITER), et l'approche inertielle, qui repose sur l'utilisation de lasers. La NIF mise sur cette dernière, grâce à 192 lasers parmi les plus puissants du monde, qui convergent sur une cible de la taille d'un grain de poivre. Le but : atteindre pour un bref moment dans cette enceinte minuscule plusieurs millions de degrés Celsius !

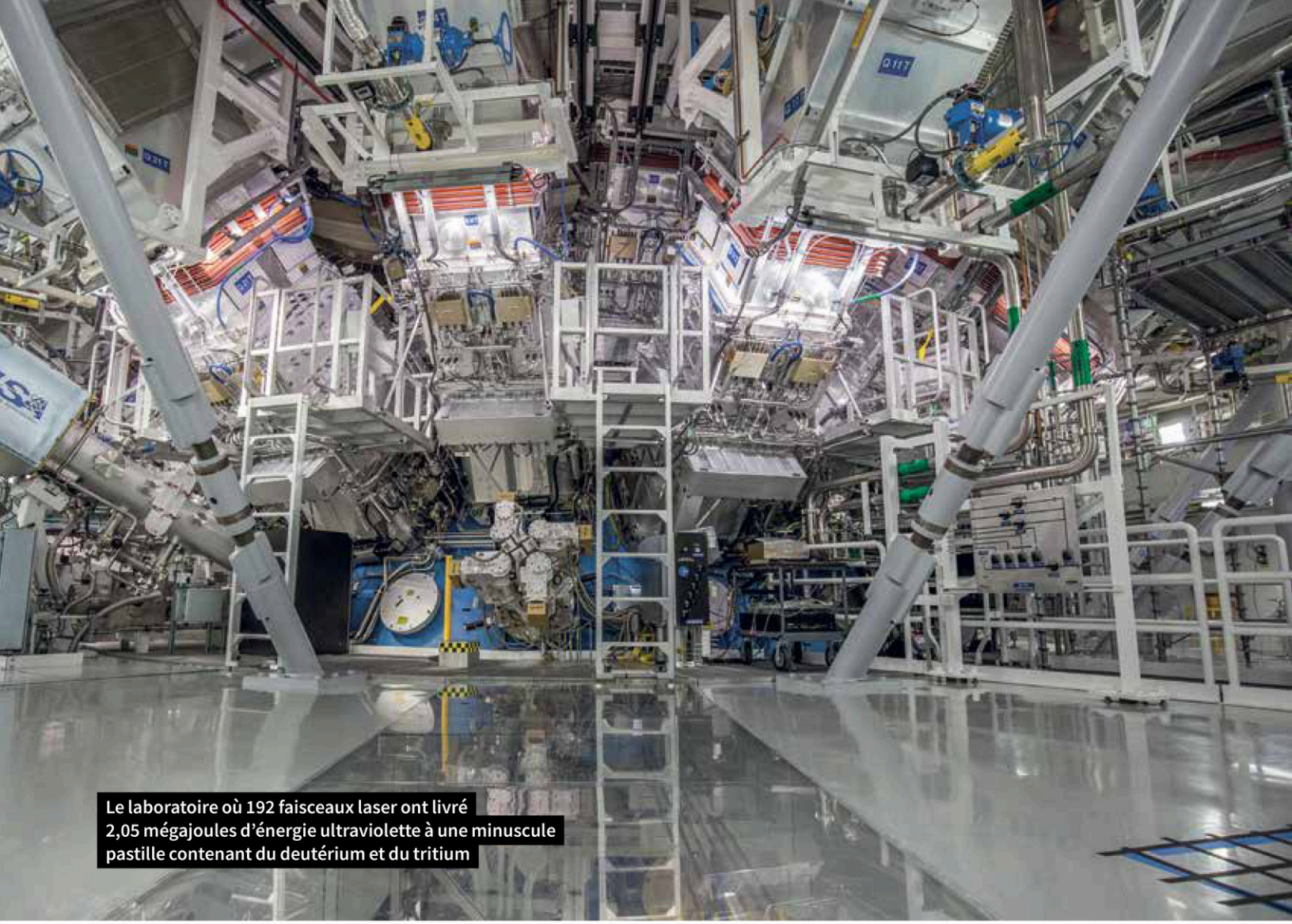
Concrètement, l'expérience consiste à apporter de l'énergie à l'aide d'impulsions laser à une petite quantité de deutérium et de tritium contenue dans une capsule. Dans les faits, les lasers ne chauffent pas directement la cible, mais frappent plutôt les surfaces internes du cylindre où elle se trouve. Ces surfaces émettent en réaction des rayons X qui compriment violemment la capsule.

Déjà, en août 2021, les expériences de la NIF s'étaient rapprochées du seuil d'ignition, avec un rendement de 72 %. Cette fois, l'expérience a permis de produire 3,15 mégajoules alors que la cible n'en avait reçu « que » 2,05, un gain net de 1,1 mégajoule. Cela correspond à un rendement de 150 % environ.

Il s'agit donc bien d'une première mondiale, mais il y a de gros bémols à apporter. « Le gain est calculé à partir du rapport entre l'énergie produite par la réaction et l'énergie dirigée par les 192 lasers sur la cible, mais il ne prend pas en compte l'énergie nécessaire pour faire fonctionner le dispositif de 192 lasers, qui est de 322 mégajoules », nuance Mahdi Khelfaoui, spécialiste en histoire de l'énergie à l'Université du Québec à Trois-Rivières.

Une nuance de taille ! Au zénith de l'expérience qui n'a duré que quelques milliardièmes de seconde, les lasers pompaient environ 500 trillions de watts, soit une puissance supérieure à celle de l'ensemble du réseau national américain. « Disons que c'est une étape franchie parmi les nombreuses qui jalonnent le chemin, lance Liam Kieser. Espérons qu'il ne faudra pas encore attendre 70 ans pour pouvoir utiliser cette source d'énergie. »

À ce sujet, Kim Budil, directrice du Lawrence Livermore National Laboratory, s'est montrée optimiste lors de l'annonce, même si elle parlait malgré



Le laboratoire où 192 faisceaux laser ont livré 2,05 mégajoules d'énergie ultraviolette à une minuscule pastille contenant du deutérium et du tritium

tout de décennies avant que la première centrale à fusion voie le jour. « Nos calculs suggèrent qu'un système de lasers à grande échelle pourrait atteindre des rendements de centaines de mégajoules. Mais on est très loin de cela. » Il faudra surmonter de nombreux obstacles d'ordre scientifique et technologique, selon elle, avant de parvenir à « allumer » la capsule plusieurs fois par minute, voire par seconde, et passer à l'échelle industrielle.

COMPÉTITION

Les projets comme ITER, basés sur l'approche magnétique, tombent-ils à l'eau avec cette annonce ? « L'approche inertielle [celle de la NIF] demeure beaucoup plus énergivore que l'approche par confinement magnétique. Je ne pense pas que cette annonce disqualifie les autres projets », avance Mahdi Khelfaoui.

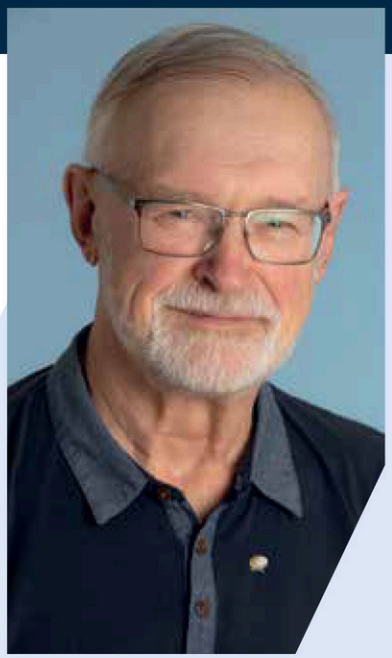
Un avis que partage Liam Kieser. « L'approche par tokamak apparaît plus prometteuse pour atteindre un mode d'opération continu. Bien qu'il y ait aussi des défis : le plasma circulant à toute vitesse est très instable. Des particules peuvent dévier dans tous les sens et entraîner une perte rapide d'énergie », explique le physicien. En 2021, des scientifiques du consortium EUROfusion ont toutefois enregistré la production de 59 mégajoules pendant cinq secondes dans le Joint European Torus (JET), un tokamak en fonction au Royaume-Uni depuis les années 1980.

Et d'autres expériences (EAST en Chine, KSTAR en Corée) ont réussi au cours des dernières années à maintenir du plasma à plus de 100 millions de degrés Celsius pendant plusieurs secondes – sans toutefois franchir le fameux seuil.

Le tour de force de la NFI est donc une tape dans le dos pour les scientifiques qui croient en la pertinence de cette voie énergétique et travaillent pour les générations futures. « Les physiciens et les ingénieurs s'accordent pour dire qu'un passage au stade industriel de l'exploitation de cette énergie ne pourra se faire avant la fin de ce siècle, entre 2080 et 2100. Avec une telle échelle de temps, les incertitudes sont énormes et elles peuvent être de toutes sortes, pas juste scientifiques ou techniques, mais aussi sociopolitiques et économiques », souligne Mahdi Khelfaoui, qui rappelle par ailleurs que la NIF a été conçue avec des objectifs militaires au départ, et pas dans une optique de production d'énergie.

De son côté, le chantier d'ITER ne cesse d'accumuler les retards. Le premier plasma, prévu à l'origine pour 2025, ne devrait pas y circuler avant 2030, en raison de problèmes de soudure dans les pièces de la chambre à vide. « Le prérequis, c'est qu'ITER arrive à générer 10 fois plus d'énergie que ce qu'on y injecte initialement, nous expliquait Alain Bécoulet. C'est majeur, c'est l'une des grandes aventures de l'humanité. » L'humanité devra être patiente !

PHOTOS : LAWRENCE LIVERMORE NATIONAL LABORATORY



Quand la **BATTERIE ÉLECTRIQUE** fait des **ÉTINCELLES**

Les travaux de Michel Gauthier ont permis des innovations majeures dans le domaine de la batterie électrique.

Bicyclettes, bus, voitures, ordinateurs portables, téléphones… La batterie électrique a envahi notre quotidien. Mais comment la rendre moins chère, plus performante, plus sécuritaire et plus durable pour aller jusqu'à ce qu'elle remplace le moteur à essence ? C'est à cette question fondamentale que Michel Gauthier a consacré toute sa carrière. Le chercheur, qui a travaillé successivement à Hydro-Québec puis à l'Université de Montréal, a obtenu, en novembre 2022, le Prix du Québec Lionel-Boulet pour la recherche et développement en milieu industriel.

La première solution à laquelle il s'est intéressé dès la fin des années 1970 est la batterie solide. Le procédé consiste à remplacer par du plastique l'électrolyte liquide de la batterie au lithium classique, qui permet à des ions de circuler entre deux électrodes pour produire de l'électricité. « Les plastiques ne sont jamais de très bons conducteurs, mais si l'on en fait des films assez minces, de l'épaisseur d'un cheveu, ils peuvent alors laisser passer du courant », explique le chimiste. Cette batterie solide a un intérêt majeur : elle rend possible l'utilisation de métaux qui seraient instables dans une batterie liquide pour obtenir plus de puissance.

Grâce aux recherches de Michel Gauthier, la toute première usine de batteries solides au monde, Blue Solutions (anciennement Argo-Tech, puis Avestor), a vu le jour au Québec en 2002 à Boucherville.

Loin de s'arrêter en si bon chemin, le chercheur s'est ensuite penché sur la question des métaux utilisés dans les batteries classiques pour notamment trouver un substitut à l'oxyde de cobalt, un métal particulièrement toxique et dangereux. Il a montré que ce composant pouvait être remplacé par du phosphate de fer, qui présente de multiples avantages. « Le fer est à la fois abondant et non toxique, dit-il. Le phosphate de fer vieillit aussi beaucoup mieux que l'oxyde de cobalt. Il est plus durable, plus stable et plus sécuritaire. »

De nouveau, ses recherches ont porté leurs fruits : l'usine Phostech Lithium, à Saint-Bruno-de-Montarville, a ouvert en 2006 et a été la première dans le monde à produire du phosphate de fer en vue d'une utilisation dans des batteries électriques. Cette innovation a eu des répercussions à l'échelle internationale : 20 ans plus tard, Michel Gauthier estime qu'un tiers des batteries électriques vendues aujourd'hui fonctionnent au phosphate de fer, comme celles qu'on trouve dans les voitures commercialisées par Tesla.

L'expert souligne cependant que la batterie électrique a encore quelques défis à relever avant de pouvoir se rendre au même niveau que le moteur à essence. « Si tout le monde possède une voiture électrique, mais qu'il faut une heure pour la recharger, vous imaginez ce que ça donnera sur le bord de l'autoroute ? » plaisante-t-il. Selon lui, il faudrait revoir les infrastructures et notamment généraliser les bornes de recharge électriques pour les voitures, mais également faire baisser le coût des batteries et augmenter leur performance.

Michel Gauthier a cependant foi en l'avenir de la batterie électrique. «Comme société, on est capable d'innover sur un certain nombre de choses – on l'a vu pour la batterie solide et le phosphate de fer, affirme-t-il. On a tout pour réussir : les minerais, l'énergie, la matière grise… Il suffit de se donner un objectif et d'y travailler de façon efficace.» Et d'ajouter à cela une touche de créativité et d'innovation en suivant son exemple.

PRIX DU **QUÉBEC SCIENTIFIQUE 2023**

Québec met en lumière ses plus grands scientifiques.
Soumettez la candidature d'une personne au parcours exceptionnel au prix Lionel-Boulet (milieu industriel).
PRIXDUQUEBEC.GOUV.QC.CA

PHOTO : ÉRIC LABONTÉ



La lutte pour l'égalité : LE TRAVAIL D'UNE VIE

Marie-Thérèse Chicha a contribué à plusieurs avancées sociales dans les milieux de travail, notamment en matière de discrimination et d'inégalités.

Le monde du travail est de plus en plus sensibilisé aux risques de discrimination à l'embauche ou encore au déséquilibre des salaires entre les hommes et les femmes pour un poste équivalent. On pourrait penser que la société ne s'intéresse que depuis peu à ces questions ; mais ce sont des notions qui ont été étudiées à la loupe par Marie-Thérèse Chicha pendant des décennies. « Le fil conducteur de ma carrière est la lutte contre les inégalités vécues par les membres de certains groupes historiquement désavantagés sur le marché du travail », explique la chercheuse, également professeure à l'École de relations industrielles de la Faculté des arts et des sciences de l'Université de Montréal.

Elle s'est tout d'abord intéressée à la discrimination dans les milieux de travail, notamment dans le cadre de l'accès à l'emploi, qu'elle a théorisée dans un article publié en 1989. Elle a ensuite mené deux enquêtes sur le terrain pour « mettre en évidence les pratiques des employeurs qui amplifient les désavantages vécus par les femmes, les membres des minorités visibles, les Autochtones et les personnes en situation de handicap ».

Ses recherches sur l'équité salariale ont ouvert la voie à l'adoption de deux lois, l'une au Québec en 1996 et l'autre au fédéral en 2018, pour permettre d'évaluer deux emplois différents au sein d'une même entreprise afin de garantir « un salaire égal pour un travail de valeur égale ». « Cette loi de 1996 est considérée par plusieurs spécialistes comme la plus aboutie au monde, dit en souriant Marie-Thérèse Chicha. Je suis très fière d'avoir aidé à favoriser le bien-être des travailleuses. En revalorisant le travail des femmes, l'équité permet d'améliorer leur situation économique, de leur donner un fort sentiment de dignité au travail et de rétablir un rapport de force sur le plan salarial. »

Ne négligeant aucune forme d'injustice, elle s'est alarmée de la situation des personnes immigrantes qui vivent dans la précarité malgré leurs compétences et leur haut niveau de qualification. « Cela me préoccupe particulièrement, à la fois sur le plan scientifique et sur le plan personnel, puisque je suis moi-même immigrante », souligne-t-elle. Elle a entrepris à ce sujet deux études, qui ont notamment mis en lumière « le manque de cohérence et de continuité entre les politiques d'immigration et celles d'intégration ».

Pour ces nombreuses contributions, Marie-Thérèse Chicha a reçu plusieurs distinctions, dont le Prix du Québec – Marie-Andrée-Bertrand pour l'innovation sociale en novembre 2022.

Malgré toutes ces avancées, la chercheuse estime qu'il y a encore du chemin à parcourir. Elle considère notamment qu'il serait nécessaire de faire des recherches plus détaillées afin de mieux rendre compte des situations particulières des personnes immigrantes selon leur sexe, leur origine, leur profession, etc. « On a fait des progrès en matière de reconnaissance des situations discriminatoires et de la discrimination systémique, mais on piétine encore dans la lutte contre ces discriminations », affirme celle qui a fait de la justice le combat d'une vie.

La production ces deux portraits a été rendue possible grâce au soutien du ministère de l'Économie, de l'Innovation et de l'Énergie du Québec.

PRIX DU QUÉBEC SCIENTIFIQUE 2023

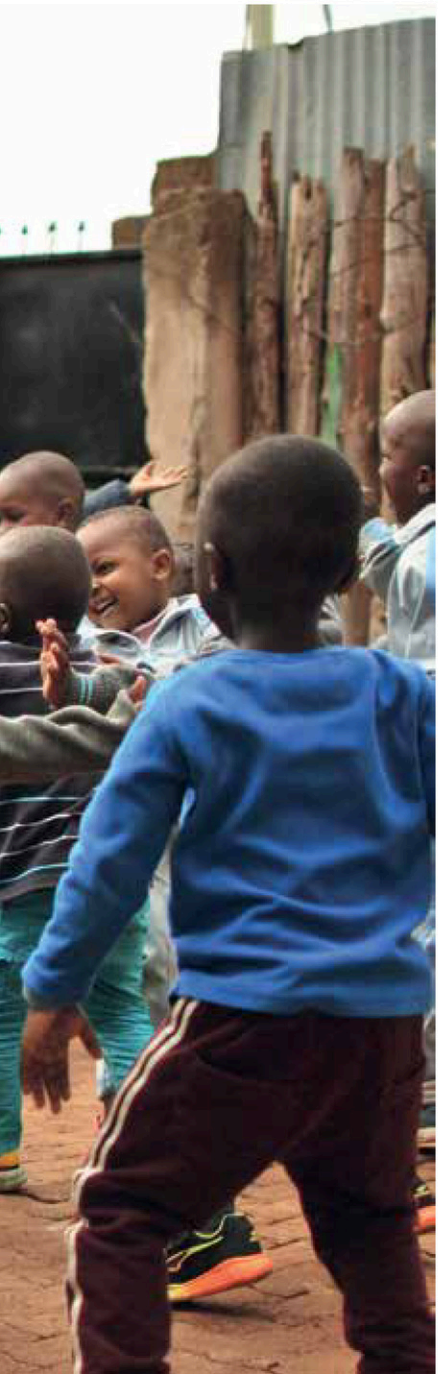
Québec met en lumière ses plus grands scientifiques.
Soumettez la candidature d'une personne au parcours exceptionnel au prix Marie-Andrée-Bertrand (innovation sociale).
PRIXDUQUEBEC.GOUV.QC.CA

POUR DES GARDERIES DE QUALITÉ AU KENYA



Une équipe de recherche kényane soutenue par le Canada se demande si la professionnalisation des services de garde peut améliorer à la fois le sort des éducatrices, des mères et des enfants.

PAR LUCIE MOUILLAUD



Dans le centre de garde Kidogo d'un quartier populaire de Nakuru, grande ville à 160 kilomètres de Nairobi, une douzaine d'enfants sont assis sur une bâche verte au milieu de la salle, quand Magdaline Masinde arrive, portant d'une main sa fille de deux ans et de l'autre le sac contenant ses affaires. « Le matin, je dois toujours courir, parce que j'amène d'abord son grand frère à l'école », dit en souriant la mère de 32 ans, tout en enlevant les chaussures et la veste de son enfant, qui s'empresse de rejoindre ses camarades autour d'un jeu de construction.

Magdaline la dépose au centre de garde presque tous les jours depuis près d'un an, avant de partir vendre des savons dans un des grands marchés de la ville. « Après ma première grossesse, je gardais mon fils à la maison et je ne faisais que quelques ménages dans des bureaux de façon ponctuelle. Mais avec deux enfants, il fallait que je trouve un travail plus régulier », raconte-t-elle. Après la naissance de sa fille, elle l'a donc rapidement inscrite dans le centre de garde rattaché à une école maternelle.

Si cette garderie existe depuis près d'une dizaine d'années, ce n'est qu'en juillet 2021 qu'elle est entrée dans le réseau de l'entreprise sociale Kidogo. Cette dernière, créée en 2014, offre une formation aux responsables de services de garde informels pour mieux prendre soin des enfants de trois ans et moins (la maternelle commence à quatre ans). L'objectif : les aider à créer un environnement de qualité, sécuritaire et hygiénique pour les tout-petits des bidonvilles.

Autrement, les bambins suivraient leurs mères sur leurs lieux de travail ou passeraient la journée dans un milieu de garde improvisé. « Au Kenya, la plupart des gardes d'enfants sont organisées chez des particuliers sans formation et sans vraie régulation. On essaie d'approcher, dans certains quartiers de Nairobi et d'autres villes, les responsables de ces services pour développer la méthode Kidogo et créer une relation de confiance entre les parents et les éducatrices », explique Martin Kiyeng, responsable des partenariats de l'entreprise.

En aidant les gérantes de garderies (ce sont essentiellement des femmes) à créer un espace idéal pour les enfants, Kidogo veut rendre ces centres attractifs pour les parents sans en augmenter les prix. Une journée de garde ne dépasse pas 100 shillings kényans (environ un dollar canadien), la même somme que pour les services informels. « On espère ainsi que les centres seront abordables pour la majorité et que les parents pourront laisser leurs enfants avant de partir travailler en toute paix d'esprit », poursuit Martin Kiyeng. Au Kenya, seuls 46 % des femmes occupent un emploi, entre autres en raison des difficultés que présente la garde des enfants.

À Nakuru, le réseau de franchises Kidogo a été lancé en 2021 dans le cadre d'un projet de recherche de l'African Population and Health Research Center (APHRC), partenaire kényan du Centre de recherches pour le développement international du Canada, qui finance l'étude. L'équipe scientifique veut déterminer quels effets ces solutions de garde ont sur le rapport au travail des mères. Le protocole de la recherche a été présenté dans la revue savante *Humanities and Social Sciences Communications*, en 2022. Au total, une cinquantaine de centres ayant adopté la « méthode Kidogo » prennent part à l'étude.

PHOTO : DANIEL MACHARIA/KIDOGO



Sur les murs peints en bleu, des dizaines de dessins d'enfants sont affichés au-dessous de tableaux d'apprentissage de l'alphabet ou des jours de la semaine.

« Nous voulons déterminer de quelle manière l'accès à des solutions de qualité pour la garde d'enfants en bas âge peut bénéficier à l'indépendance économique des parents, et surtout des mères, qui sont souvent les premières à mettre leur travail de côté pour prendre soin de leur famille », détaille la chercheuse spécialisée en développement de l'enfant Patricia Kitsao-Wekulo, à la tête de la recherche pour l'APHRC. Dans l'étude, le statut économique de 170 mères utilisatrices des services Kidogo sera comparé à celui de mères qui ont recours à d'autres services de garde.

Car traîner son enfant au boulot ou le laisser dans un milieu en lequel on n'a pas pleinement confiance nuit aux mères. « L'inquiétude et les problèmes liés à ces situations fragiles ont des conséquences sur leur indépendance économique », poursuit la responsable de la recherche.

Selon l'étude de référence de l'APHRC, réalisée à l'ouverture des premiers centres Kidogo de Nakuru entre juillet et août 2021 auprès de 173 parents, près de 73 % d'entre eux étaient déjà arrivés en retard au travail à cause de problèmes de garde et 59 % avaient raté un jour de travail entier au cours du dernier mois. « Nous voulons observer si, à la fin du projet, la performance des parents au travail aura évolué. »

LES ENFANTS AU CŒUR DU PROJET

La garderie de la fille de Magdaline Masinde s'est transformée depuis le lancement du programme : sur les murs peints en bleu, des dizaines de dessins d'enfants sont affichés au-dessous de tableaux d'apprentissage de l'alphabet ou des jours de la semaine. « Pendant notre formation, on nous a également appris à fabriquer nous-mêmes certains jouets pour les enfants avec des objets de récupération, comme des tours faites en rouleaux de papier toilette ou des livres que l'on crée en dessinant et en reliant des cartons les uns aux autres », explique un éducateur du centre, Amos Etale.

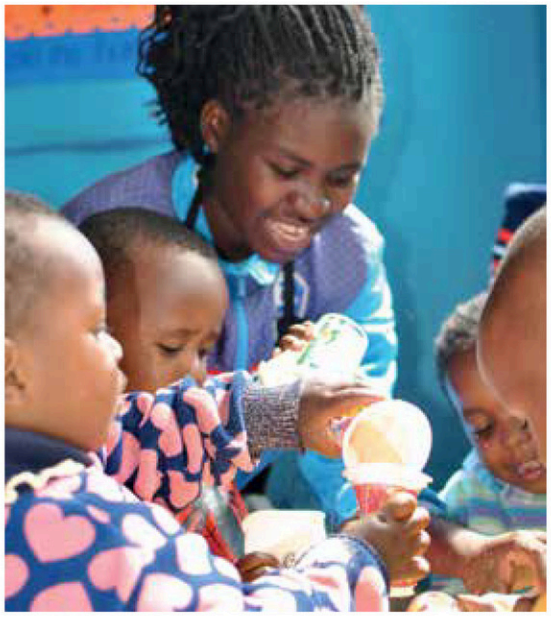
Au programme de la journée : jeux en groupe, chants et pièces de théâtre le matin, sieste et activités plus calmes dans l'après-midi, avant le retour des parents, pour la majorité vendeurs dans différents marchés de la ville eux aussi. « Dans beaucoup de centres que j'ai visités, les enfants sont à l'étroit et n'ont presque rien à faire de toute la journée ! C'est pour ça que j'ai préféré inscrire ma fille ici », indique Faith Chepkorir Rono. Après avoir déménagé il y a un an à Nakuru pour travailler dans une boutique de vêtements, la jeune mère célibataire de 29 ans a visité de nombreux services de garde avant d'inscrire sa fille de deux ans dans ce centre Kidogo, au début de l'année 2022. « Elle était d'abord dans une autre garderie, mais je m'inquiétais beaucoup dans la journée. Ici, je la vois devenir beaucoup plus sociable, commencer à parler avec les éducateurs et les autres enfants », souligne-t-elle.

Quelques rues plus loin, un nouveau centre Kidogo est repérable au panneau collé sur le portail du domicile de Winfrida Kerubo, 35 ans. Depuis la cour, les chants des quatre enfants sur lesquels l'éducatrice veille ce jour-là résonnent. « Ils sont assez agités dans la matinée », dit-elle en riant, habillée d'un tablier noir au logo d'éléphant de Kidogo. Elle a monté une garderie dans son petit deux-pièces il y a plusieurs années, mais elle n'a rejoint que depuis quelques mois les « mamanpreneures », le nom donné aux gérantes de services de garde formées par Kidogo. « Quand j'ai commencé, je gardais les enfants comme si c'était les miens ; je n'organisais pas de jeux ou d'espace pour eux », se rappelle-t-elle.

Depuis sa formation, elle a complètement transformé son organisation : dans l'étroite pièce à vivre, les jouets, peluches et autres balles en laine envahissent désormais le tapis installé entre deux canapés. Sur les murs, les dessins des petits sont affichés, à côté d'un panneau indiquant les repas de la semaine : riz et haricots, petits pois, poisson… « J'essaie de diversifier [le menu] le plus possible, c'est l'une des grandes demandes des parents et l'un des points fondamentaux de la méthode Kidogo. Depuis, les enfants restent bien plus longtemps dans la garderie. Avant, je n'arrivais pas à les garder plus de quelques mois et je devais trouver rapidement de nouveaux clients », explique-t-elle.

« C'est la deuxième partie de la recherche : voir comment les services de garde, souvent traditionnellement non payés, peuvent se professionnaliser et devenir économiquement viables », insiste Patricia Kitsao-Wekulo.

Depuis le début du projet, Winfrida Kerubo gagne en moyenne 500 shillings kényans (environ 5 dollars canadiens)





par jour, presque trois fois plus qu'à ses débuts, et assez pour payer son loyer et les frais de scolarité de ses propres enfants. « Je n'avais pas l'habitude de gérer mes comptes avant la formation, alors je finissais souvent à perte », se souvient-elle. Ce n'est plus le cas désormais : tous les matins, rigoureusement, l'éducatrice note sur l'application Kidogo les noms des inscrits, les paiements des parents et les frais engendrés par l'achat de matériel ou de nourriture. « Beaucoup de mamanpreneures expriment leurs difficultés à se faire payer par leurs clients. On insiste donc dans la formation sur la manière de parler aux parents et de gérer ses finances. De cette façon, on observe pour beaucoup d'entre elles une amélioration de leurs revenus depuis le début du projet », affirme Martin Kiyeng.

Prochaine étape pour l'APHRC : installer un centre d'excellence dans la ville de Nakuru afin d'avoir un modèle à présenter à toutes les responsables de garderies. Le projet, retardé par les élections générales au Kenya organisées en août dernier, doit être mis en place avant la fin de la recherche, prévue à l'été 2023. « Avant, nous devons aussi déterminer avec les autorités publiques quel est le département responsable de ce genre de centres », indique Patricia Kitsao-Wekulo.

Au Kenya, aucune autorité, tant sur le plan national que local, n'est pour l'instant garante des régulations concernant les garderies avant l'entrée des enfants dans le système scolaire. Des discussions sont engagées entre les partenaires de la recherche et les ministères de l'Éducation, de la Santé, du Service public et du Genre sur le sujet. « Nous espérons qu'elles aboutiront à une meilleure programmation du secteur et à l'allocation d'un budget qui aidera les services de garde à se développer dans de bonnes conditions, à Nakuru et dans le reste du pays », continue la chercheuse.

VISER L'EXCELLENCE

Un premier centre d'excellence a déjà été installé par Kidogo dans le quartier populaire de Kangemi, à Nairobi, en 2015, l'une des plus anciennes garderies de l'entreprise. « On y organise des formations ou des éducatrices viennent y observer les bonnes pratiques, notamment de sécurité et d'hygiène, que nous voulons reproduire dans les autres centres franchisés », indique Martin Kiyeng.

Dans cette garderie, de larges tapis accueillent toutes les activités : instruments de musique, dessins, livres de coloriages, presque tout le matériel a été fabriqué par les équipes d'éducateurs et d'éducatrices. Des matelas sont empilés dans un coin de la pièce pour les siestes en début d'après-midi et des boules de laine suspendues servent de jeux d'éveil pour les tout-petits. « Tout est fait pour créer une atmosphère de discipline positive. En général, les enfants des centres d'accueil prennent de l'avance sur les cours de maternelle, simplement en apprenant à se comporter avec leurs camarades et avec les adultes », se réjouit Harriet Muhonja Vijedi, éducatrice principale du centre d'excellence depuis trois ans.

L'enseignante de profession voit fréquemment les parents inscrire leurs plus jeunes enfants après une expérience concluante avec leurs aînés. « La preuve que ça marche, et qu'il y a un vrai besoin pour les parents », affirme-t-elle.

Depuis la création du modèle Kidogo, plus de 700 « mamanpreneures » ont été formées dans huit départements kényans. Mais pas question de s'arrêter là pour les partenaires du projet. « La recherche a mis en avant d'autres besoins des parents pour améliorer l'accès aux garderies : beaucoup de mères demandent notamment des garderies sur leur lieu de travail, surtout les marchés, et nous regardons maintenant de quelle manière cela peut être mis en place, afin de limiter leur charge mentale », dit Martin Kiyeng. Et de maximiser le plaisir des petits ! ●

Le programme décrit dans cet article et la production de ce reportage ont été rendus possibles grâce au soutien du Centre de recherches pour le développement international du Canada.

PHOTOS : DANIEL MACHARIA/KIDOGO



ÉMILIE FOLIE-BOIVIN @efolieb

CULTURE



LIRE

POUR UN GARDE-MANGER MONDIAL PLUS RICHE… EN DIVERSITÉ

L'auteur Bernard Lavallée a eu l'idée de son dernier livre en tombant sur une donnée frappante : neuf plantes constitueraient les deux tiers de la production alimentaire mondiale. Une assertion difficile à croire devant la diversité des aliments sur les tablettes des supermarchés.

S'il a été incapable de confirmer ce chiffre (aucun divulgâcheur ici !), sa quête, qu'on découvre dans *À la défense de la biodiversité alimentaire*, a quand même été enrichissante. « Je ne m'attendais pas à ce que la recherche de la réponse me ramène plus de 50 000 ans en arrière, à l'époque des mammouths ! » lance en riant le nutritionniste vulgarisateur. Il a découvert plusieurs espèces végétales et animales disparues mais autrefois consommées, tels le mégalocéros, la tortue de Pinta et le châtaigner d'Amérique, et a pu observer le déclin de la biodiversité dans l'assiette, mais aussi dans les champs et dans les écosystèmes.

Celui qui répète à qui veut l'entendre que « manger diversifié » est le concept nutritionnel le plus fondamental n'a lésiné sur rien pour bien outiller la personne qui plongera dans cet ouvrage. Il revient ainsi sur les grands moments de notre histoire alimentaire, puis explique les notions de sélection naturelle et d'adaptation des espèces à leur environnement. On comprend alors comment des plantes sont devenues plus productives, alors que d'autres ont été rayées de la carte. Une variété qui s'éteint représente un deuil pour ce passionné de semences ancestrales. Parce que disparaissent alors sa culture et les recettes pour l'apprêter.

« Toutes les variétés de fruits et de légumes n'ont pas nécessairement leur place dans notre système mondialisé, souligne l'auteur. Par contre, certains aliments de grande qualité ont été perdus et certaines variétés contiennent un bagage génétique qui pourrait enrichir les variétés futures, qui seraient mieux adaptées aux changements climatiques et aux nouveaux ravageurs par exemple. C'est entre autres pour cette raison qu'il est important de les préserver. »

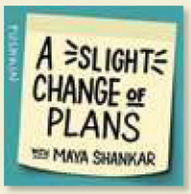
Il est loin de dire que les variétés d'autrefois sont forcément meilleures que les nouvelles. « Mais quand elles remplacent massivement les anciennes, on se retrouve avec un moins grand choix. » Et l'on s'éloigne ainsi de l'essentiel : la diversité.

À la défense de la biodiversité alimentaire, par Bernard Lavallée, Éditions La Presse, 272 p.

ÉCOUTER

NAVIGUER À VUE

Qu'ils soient volontaires ou arrivent soudainement, les changements peuvent nous déboussoler et avoir un profond effet sur notre personnalité. *A Slight Change of Plans* est la rencontre entre la spécialiste de la cognition Maya Shankar et des gens qui racontent le moment où leur vie a été bouleversée : un pompier qui a lui-même dû demander de l'aide, un anesthésiste qui a sauvé un garçon d'une grotte inondée en Thaïlande, une jeune femme chez qui l'on a diagnostiqué un cancer de stade 4… L'animatrice a un point en commun avec ses invités : le chamboulement de son existence après qu'une blessure à la main a interrompu abruptement ses études à la prestigieuse école de musique Juilliard, brisant son rêve de devenir violoniste. Voilà qui pousse à l'introspection.



A Slight Change of Plans,
à écouter sur votre plateforme de balados préférée

À L'AVENTURE !

Une péripétie n'attend pas l'autre dans le succulent balado jeunesse *Les odyssées*, qui retrace les figures légendaires de notre histoire. Cette série lancée en 2019 a toujours du souffle et poursuit sur sa lancée à travers de nouveaux épisodes. Que votre progéniture soit plus branchée sur la philosophie (Socrate), les globetrotteurs (Nellie Bly, Christophe Colomb, Jeanne Barret) ou les machines (le sous-marin des abysses *Alvin*, le *Titanic*), il y en a pour tous les goûts. France Inter tisse chaque épisode avec amour et humour, et je ne sais pas ce que les concepteurs mettent dans chaque concoction sonore, mais ma petite les fait défiler comme elle avale des bonbons. Un plaisir rassembleur !



Les odyssées,
à écouter sur votre plateforme de balados préférée

PHOTOS : JULIE ARTACHO ; PUSHKIN ; FRANCE INTER

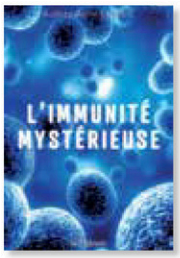
LIRE



CHOIX MULTIPLES

Comme les tamias rayés, les bourdons ou les mésanges, les humains sont chaque jour placés devant une panoplie de choix à effectuer selon leur environnement et leur culture. Chaque décision a bien sûr une répercussion sur la suite du monde. Comment notre biologie influence-t-elle chaque action ? *Le dilemme de la gazelle*, de Denis Réale, professeur au Département des sciences biologiques de l'Université du Québec à Montréal et spécialisé en comportement animal, donne un fascinant aperçu des mécanismes et facteurs agissant sur ces choix. En résulte un palpitant cours d'écologie 101 riche en personnalités et foisonnant d'exemples concrets et de notes de bas de page complices.

Le dilemme de la gazelle, par Denis Réale, humenSciences, 272 p.



PETITS AGENTS SECRETS

On sait que le système immunitaire est une machine extraordinaire et qu'il travaille sans relâche. Comme maintenant, alors que votre armée intérieure se mobilise peut-être après une vilaine coupure papier que vous vous êtes faite en feuilletant votre *Québec Science* ou qu'elle lutte pour mettre K.-O. ce satané rhume. Son fonctionnement, aussi passionnant soit-il, peut être difficile à comprendre. Mais grâce à la microbiologiste Audrey-Anne Leblanc et à son livre *L'immunité mystérieuse*, le rôle de nos lymphocytes dans les réactions comme les allergies et l'inflammation devient soudain très limpide. La vulgarisatrice de talent déboulonne des mythes, résume les principaux types de vaccins, explique les fondements de l'immunothérapie dans le traitement des cancers et raconte comment le système immunitaire peut se retourner contre nous. Avec cette initiation à l'immunologie qui se permet d'aller en profondeur tout en demeurant très digeste, cytokines, CD8 et autres cellules NK deviendront des agents un tout petit peu moins secrets !

L'immunité mystérieuse, par Audrey-Anne Leblanc, Éditions MultiMondes, 176 p.



URGENCE SANTÉ

Le système de santé est à son plus mal. Qui de mieux placé que les escouades à l'interne pour relever les failles et recommander des façons de le soulager de ses maux ? Dans son essai *Prendre soin*, l'urgentologue Alain Vadeboncœur, mû par ce profond désir d'encourager le changement, a plusieurs pistes de solution à proposer. Chaque chapitre commence par un cas clinique illustrant l'un des nombreux échecs du système, dont le médecin s'inspire pour montrer comment cette situation aurait pu être contournée. Laisser la priorité de l'accès aux médecins et aux spécialistes aux personnes vraiment malades, former davantage d'infirmières praticiennes et d'infirmiers praticiens au suivi des individus en bonne santé et éviter de garder inutilement les patients à l'hôpital pour plutôt les diriger vers les établissements intermédiaires ne sont que quelques-unes des prescriptions rédigées par le médecin militant afin d'éteindre le feu et de permettre les meilleurs soins possibles.

Prendre soin : au chevet du système de santé, par Alain Vadeboncœur, Lux éditeur, 139 p.



VISITER

TOUR DU CHAPEAU

Pointe-à-Callière, cité d'archéologie et d'histoire de Montréal, présente une exposition qui plaira sans conteste aux amateurs et amatrices d'ethnologie et d'arts textiles. *Le monde en tête* montre quelque 300 parures et couvre-chefs accumulés pendant 30 ans par un collectionneur français, Antoine de Galbert. Le lot offre un véritable tour du monde : il lève le voile sur la culture de plus de 200 peuples d'Afrique, d'Asie, d'Océanie et des Amériques. L'exposition permet de s'immiscer dans l'intimité des cérémonies, de découvrir les croyances et les symboles de pouvoir que portent ces coiffes et d'admirer tout le savoir-faire qui se cache derrière les plumes et dorures de ces ornements majestueux.

Le monde en tête, la collection Antoine de Galbert, à Pointe-à-Callière (Montréal) jusqu'au 12 mars 2023, pacmusee.qc.ca/fr

PHOTOS : HUMENSCIENCES ; ÉDITIONS MULTIMONDES ; LUX ÉDITEUR ; DOMINIQUE BOUDRIAS/POINTE-À-CALLIÈRE



lait

PRÉSENTE

FESTIVAL GO VÉLO MTL

EN COLLABORATION AVEC

Desjardins

28 MAI 2023

DÉFI MÉTRO-POLITAIN

2 JUIN 2023

TOUR LA NUIT

4 JUIN 2023

TOUR DE L'ÎLE DE MONTRÉAL

< EN SAVOIR PLUS

INSCRIVEZ-VOUS > velo.qc.ca

UN ÉVÉNEMENT DE

Vélo Québec

sports experts

TOURISME / MONTRÉAL

Montréal

Québec

Photo : François Poirier

JEAN-PATRICK TOUSSAINT @JeanPatrickT





À qui la rue ? Aux scientifiques !

Au cours des trois dernières années, j'ai pris l'habitude dans cette chronique d'entamer l'année sur une note positive, en partageant avec vous quelques bons coups en matière d'environnement, question de nous donner meilleure mine. Pour commencer 2023, je vais déroger à cette habitude et m'autoriser un coup de gueule. Un peu à l'instar de ces scientifiques qui se font de plus en plus bruyants et percutants quant au manque de mordant des engagements climatiques de nos classes dirigeantes. Juste avant le lancement de la COP 27, plus d'un millier d'entre eux ont d'ailleurs signé une lettre ouverte affirmant qu'on ne peut plus continuer à prétendre limiter le réchauffement planétaire à 1,5 °C.

Pourquoi ce changement de ton ? Il m'importe de donner l'heure juste quant à la déstabilisation de la biosphère orchestrée par l'humain. Maintenir l'illusion qu'on peut dormir sur ses deux oreilles en dépit de la crise climatique et de la dégradation des écosystèmes, en soulignant les actions positives accomplies ici et là, est sans doute un peu jovialiste, malgré toutes les bonnes intentions.

Voilà ce qui explique sans doute pourquoi les coups d'éclat et la désobéissance civile ne sont plus simplement l'affaire de quelques « jeunes radicaux irrévérencieux » ayant la gâchette de soupe aux tomates un peu trop rapide. Désormais, des scientifiques de toutes disciplines osent sortir de leur « aura de réserve » en manifestant et en dénonçant sans gêne l'indifférence politique face aux menaces climatiques et environnementales.

James Hansen a été l'un des premiers climatologues de la NASA à tirer la sonnette d'alarme climatique en 1988. Depuis, ce spécialiste respecté s'est engagé ouvertement dans le militantisme et a été arrêté cinq fois lors de manifestations environnementales, organisées en raison du manque d'ambition de nos politiques climatiques. Peter Kalmus fait partie, quant à lui, de cette nouvelle génération de climatologues de la NASA qui milite contre le *statu quo*. Il s'est fait arrêter en avril 2022 pour désobéissance civile, après s'être enchaîné aux portes d'entrée de la banque JPMorgan Chase & Co., montrée du doigt pour ses investissements massifs et soutenus dans les projets d'énergies fossiles.

Si l'idée de voir des membres de la communauté scientifique prendre la rue d'assaut nous rend mal à l'aise, sans doute est-ce parce que nous associons habituellement leur crédibilité à leur impartialité, particulièrement lorsqu'il s'agit d'enjeux clivants. Or, dans un texte publié dans la revue *Nature Climate Change* en septembre 2022, un groupe de chercheuses et chercheurs européens soutenait que la désobéissance civile est justifiée et qu'il s'agit en fait d'« une activité raisonnable et éthique pour les scientifiques ».

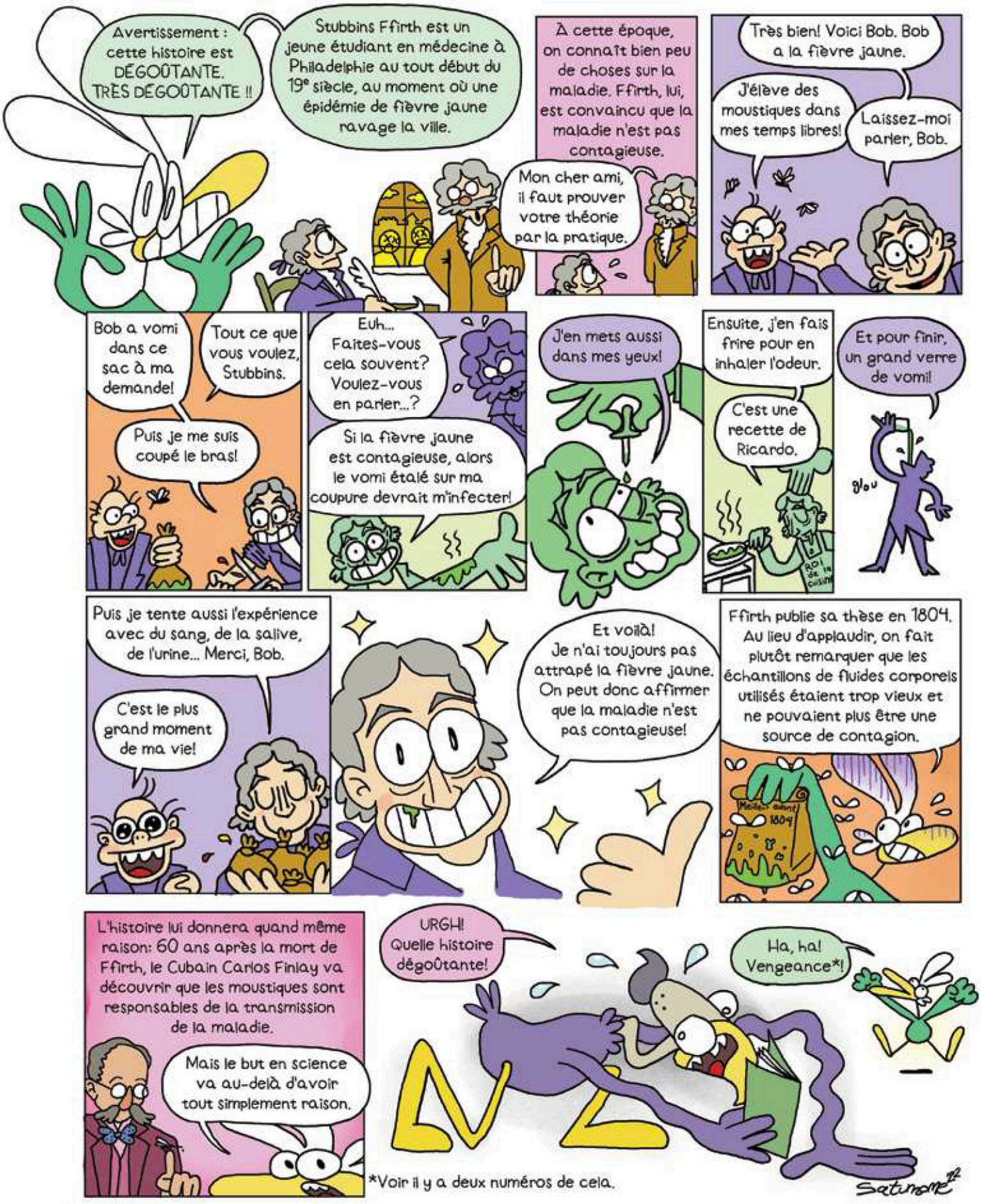
Si la littérature sur le sujet demande à être étoffée, une analyse parue en 2021 dans *Environmental Research Letters* pointe vers l'idée que le public comme les gens de science s'attendent à ce que ces derniers prennent part à des activités à saveur d'engagement et de plaidoyer climatiques. Constats qui se rapprochent des résultats d'un sondage réalisé par l'équipe de la revue *Nature*, qui a interrogé 92 des 233 scientifiques actifs au sein du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat en 2021. Près de 80 % des répondants et répondantes se disaient favorables à ce que les scientifiques livrent des plaidoyers sur le climat, alors que les deux tiers affirmaient déjà en faire, notamment par la participation à des manifestations.

Plus intéressant encore est de constater que, si les activités de plaidoyer menées par des scientifiques ont un effet quelque peu négatif quant à la perception de leur objectivité, elles ne nuisent pas à leur crédibilité, selon ce que rapportait l'article d'*Environmental Research Letters* ainsi que d'autres études sur le sujet.

Pourquoi en arrivons-nous à de telles prises de position fracassantes de la part de membres de la communauté scientifique ? Les auteurs de l'étude sur la désobéissance y voient l'échec des moyens de communication traditionnels utilisés pour traiter de l'urgence climatique. Voilà pourquoi, selon eux, il devient pressant que les scientifiques sortent de leur zone de confort et aillent au-delà de la simple documentation détaillée de la crise climatique.

Il est donc à prévoir qu'il n'y aura pas que votre humble serviteur qui multipliera les coups de gueule dans un avenir rapproché, mais que c'est tout un pan de la communauté scientifique qui montera au créneau et qui scandera : « À qui la rue ? Aux scientifiques ! » ●

ILLUSTRATIONS : SHUTTERSTOCK.COM


Avertissement : cette histoire est DÉGOÛTANTE. TRÈS DÉGOÛTANTE !!
Stubbins Ffirth est un jeune étudiant en médecine à Philadelphie au tout début du 19e siècle, au moment où une épidémie de fièvre jaune ravage la ville.
À cette époque, on connaît bien peu de choses sur la maladie. Ffirth, lui, est convaincu que la maladie n'est pas contagieuse.
Mon cher ami, il faut prouver votre théorie par la pratique.
Très bien! Voici Bob. Bob a la fièvre jaune.
J'élève des moustiques dans mes temps libres!
Laissez-moi parler, Bob.
Bob a vomi dans ce sac à ma demande!
Tout ce que vous voulez, Stubbins.
Puis je me suis coupé le bras!
Euh... Faites-vous cela souvent? Voulez-vous en parler...?
Si la fièvre jaune est contagieuse, alors le vomi étalé sur ma coupure devrait m'infecter!
J'en mets aussi dans mes yeux!
Ensuite, j'en fais frire pour en inhaler l'odeur.
C'est une recette de Ricardo.
Roi de la cuisine
Et pour finir, un grand verre de vomi!
Glou
Puis je tente aussi l'expérience avec du sang, de la salive, de l'urine... Merci, Bob.
C'est le plus grand moment de ma vie!
Et voilà! Je n'ai toujours pas attrapé la fièvre jaune. On peut donc affirmer que la maladie n'est pas contagieuse!
Ffirth publie sa thèse en 1804. Au lieu d'applaudir, on fait plutôt remarquer que les échantillons de fluides corporels utilisés étaient trop vieux et ne pouvaient plus être une source de contagion.
Mettre avant 1804
L'histoire lui donnera quand même raison: 60 ans après la mort de Ffirth, le Cubain Carlos Finlay va découvrir que les moustiques sont responsables de la transmission de la maladie.
Mais le but en science va au-delà d'avoir tout simplement raison.
URGH! Quelle histoire dégoûtante!
Ha, ha! Vengeance*!
*Voir il y a deux numéros de cela.
Saturnome


UQAM
UQTR
UQAC
UQAR
UQO
UQAT
INRS
ENAP
ÉTS
TÉLUQ
Photo : Dany Dumont, UQAR
Nous repoussons les frontières.
Nous faisons grandir nos sociétés.
Nous sommes l'Université du Québec.
Merci à nos chercheuses et chercheurs pour leur engagement !
UNIVERSITÉ DU QUÉBEC
uquebec.ca

Les 10 découvertes de l'année

L'UQAM, au centre des enjeux de société

Le professeur Yves Prairie et les chercheuses Cynthia Soued et Sara Mercier-Blais du Département des sciences biologiques, en collaboration avec le professeur John A. Harrison de l'Université d'État de Washington, réalisent le premier relevé de l'historique et des prévisions des émissions de gaz à effet de serre émanant de l'ensemble des réservoirs du monde et de leur effet sur le climat.

La professeure Mara Rosemarie Brendgen du Département de psychologie fait partie d'une équipe interuniversitaire ayant révélé un lien entre difficultés de langage à la petite enfance et écriture à l'adolescence.

Félicitations pour ces remarquables avancées.

UQÀM