26e ÉDITION | LES 10 DÉCOUVERTES DE L'ANNÉE

QUÉBEC SCIENCE

JANVIER – FÉVRIER 2019

LA FIN des allergies alimentaires ?



Peut-on soigner le mal par le mal ?

+

COMMENT LA NATURE FABRIQUE LES MOTIFS

• • •

DES *HACKERS* RETROUVENT DES PERSONNES DISPARUES

• • •

ENTREVUE DONNA STRICKLAND, NOBEL DE PHYSIQUE

6,95$
JANVIER-FÉVRIER 2019
MESSAGERIES DYNAMIQUES 10682
pp 40065387



J'imagine ma recherche au Canada

Pour lancer sa carrière du bon pied, les équipements et les installations de pointe constituent un atout majeur.

À la Fondation canadienne pour l'innovation, nous sommes heureux d'accompagner les chercheurs à chaque étape de leur carrière en leur donnant accès aux outils dont ils ont besoin pour repousser les frontières du savoir et transformer le monde.

Bravo aux lauréats 2018 qui, eux aussi, ont choisi la recherche chez nous.

En savoir plus :
innovation.ca/annieqs

NOUS DONNONS À LA NOUVELLE GÉNÉRATION LES OUTILS NÉCESSAIRES POUR VOIR GRAND ET INNOVER

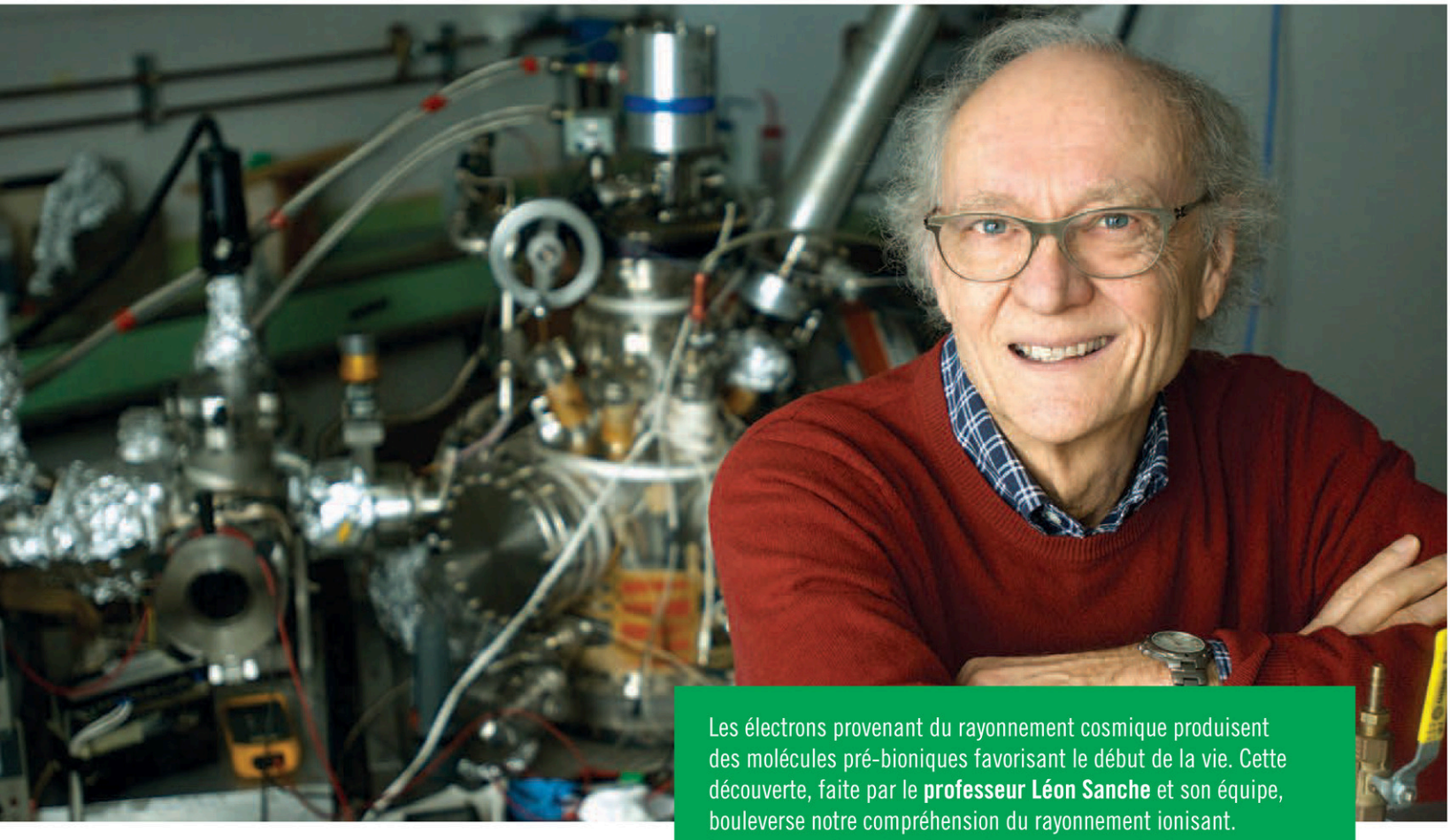
#JeSuisInnovation



Annie Castonguay
Chimie bioinorganique
Institut national de la recherche scientifique (INRS)

INNOVATION.CA
CANADA FOUNDATION FOR INNOVATION | FONDATION CANADIENNE POUR L'INNOVATION

LE **SAVOIR** CHANGE TOUT



Les électrons provenant du rayonnement cosmique produisent des molécules pré-bioniques favorisant le début de la vie. Cette découverte, faite par le **professeur Léon Sanche** et son équipe, bouleverse notre compréhension du rayonnement ionisant. Les répercussions dans les traitements en oncologie sont impressionnantes, puisque dans certaines conditions, ces électrons de basse énergie multiplient l'efficacité de la radiothérapie.

L'Université de Sherbrooke met à la disposition de ses chercheuses et chercheurs des infrastructures uniques. Grâce à leur persévérance et à leur expertise, des avancées majeures peuvent survenir et rejaillir sur notre vie quotidienne.

La recherche à l'UdeS provoque des découvertes.

USherbrooke.ca

UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE

SOMMAIRE

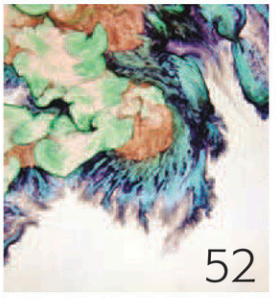


PHOTO DE LA PAGE COUVERTURE : ANDRÉ NOËL









18 EN COUVERTURE

À quand la fin des allergies alimentaires ?

Pendant longtemps, les médecins n'ont rien eu à proposer aux personnes ayant des allergies alimentaires. Or, une nouvelle avenue commence à faire ses preuves : la « désensibilisation ». Mais on est loin du remède miracle.

PALMARÈS ANNUEL

27 Les 10 découvertes de l'année au Québec

Pour une 26e année, notre jury a sélectionné les découvertes québécoises les plus renversantes de 2018. Un palmarès qui rend hommage à l'ingéniosité, l'intelligence et la curiosité insatiable des chercheurs d'ici.

Votez pour votre découverte préférée. Détails en p. 68

REPORTAGES

52 Le monde est beau

Des chercheurs de différentes disciplines s'allient pour comprendre les motifs et les formes qui nous entourent.

58 Des fourmis agricultrices et pharmaciennes

Des fourmis costaricaines ont des défenses antifongiques qui pourraient être utilisées un jour dans les hôpitaux.



SUR LE VIF

8 LE CABINET DES CURIOSITÉS

Visite du seul sanctuaire pour chimpanzés au pays



10 DU PHOSPHORE À LA TONNE

Quelle quantité de phosphore un sol peut-il emmagasiner avant d'en évacuer le trop plein dans les cours d'eau ?

12 DES PIRATES BIEN INTENTIONNÉS

Des *hackers* glanent de l'information éparpillée sur le Web pour retrouver des personnes disparues.

13 BROUILLARD EN BOUTEILLE

Les scientifiques veulent comprendre comment ces nuages au sol se forment et disparaissent.

14 LA MODESTE RÉVOLUTIONNAIRE

L'automne dernier, la Canadienne Donna Strickland a remporté le Nobel de physique pour ses travaux sur les lasers.

65 CAROLE LÉVESQUE, L'ALLIÉE DES AUTOCHTONES

Depuis 45 ans, l'anthropologue Carole Lévesque a tissé des liens précieux avec les peuples autochtones.

6 **Éditorial** Par Marie Lambert-Chan | 7 **Mots croisés** | 11 **Polémique** Par Jean-François Cliche

13 **Technopop** Par Chloé Freslon | 66 **Culture** Par Émilie Folie-Boivin | 70 **Rétroviseur** Par Saturnome



MARIE LAMBERT-CHAN @MLambertChan

Éditorial

George Clooney à la défense de Darwin

Les célébrités devraient-elles mettre leur pouvoir d'influence au service de la culture scientifique ?

La tactique est bien connue : pour promouvoir un produit ou une cause, enrôlez une vedette. Cette stratégie de marketing éprouvée s'appliquerait même à la théorie de l'évolution, selon une recherche de l'Université de Nipissing, en Ontario. Au cours d'une série d'expérimentations, les auteurs ont montré que les participants adhéraient davantage à la sélection naturelle des espèces après avoir lu un texte fictif dans lequel l'acteur George Clooney disait y souscrire – et ce, peu importe leur âge ou leur croyance religieuse. À l'inverse, leur opinion était peu influencée par des propos similaires attribués à un biologiste réputé. Autrement dit, l'expertise ne fait pas le poids devant le vedettariat.

Les chercheurs concluent ainsi que les célébrités pourraient jouer un rôle non négligeable dans le renforcement de la culture scientifique, surtout à une époque polarisée où la science est instrumentalisée à des fins partisanes.

Permettez-moi toutefois de douter de l'effet à long terme du procédé. S'il est vrai que la culture scientifique a besoin d'un sérieux coup de pouce (un sondage Léger, réalisé en 2016, rapportait que 43 % des Canadiens estiment que la science est une opinion et 33 % se considèrent comme incompétents en science), le recours à un porte-parole hyper populaire ne peut suffire à renverser la tendance.

Au mieux, il s'agit d'un coup d'éclat aux retombées éphémères, car il y a fort à parier que les volontaires de l'étude se rappellent davantage le charismatique George Clooney que la théorie de l'évolution. « Les célébrités doivent faire preuve de prudence en matière de campagne de soutien, car elles risquent de devenir l'histoire au détriment de la campagne », écrivait justement Geof Rayner, un chercheur londonien, dans un commentaire publié en 2012 dans le *British Medical Journal* au sujet de leur participation à des messages de santé publique.

Par ailleurs, quand il est question de science, les vedettes sont capables du meilleur comme du pire. Au bout du spectre, on trouve Gwyneth Paltrow. L'actrice reconvertie en gourou du bien-être s'enfonce dans la pseudoscience depuis plusieurs années, entraînant possiblement avec elle des milliers d'admirateurs.

Malgré leurs bonnes intentions, d'autres célébrités ont provoqué des remous inattendus. En 2013, Angelina Jolie a révélé qu'elle avait subi une double mastectomie après avoir découvert qu'elle était porteuse de la mutation du gène BRCA. Si des chercheurs ont observé que cette sortie avait poussé des femmes à s'informer davantage sur les tests génétiques, d'autres ont signalé que la compréhension de ces examens ne s'était pas franchement améliorée. Pis, plusieurs femmes se seraient soumises à ces tests inutilement. Chez nous, les nombreux artistes qui ont signé le « Pacte pour la transition » énergétique ont suscité autant d'applaudissements que de grincements de dents. Des critiques ont pointé le manque de cohérence, voire d'authenticité, de certaines vedettes qui se sont engagées à réduire leur empreinte écologique tout en étant les têtes d'affiche de publicités de voitures.

Au lieu de miser sur une célébrité pour faire la promotion de la culture scientifique, peut-être vaudrait-il mieux s'attaquer à ceux qui détournent la science pour semer la méfiance et la discorde, comme l'ont fait des trolls russes en disséminant des messages antivaccins sur Twitter ? Un article publié en octobre dernier dans *Proceedings of the National Academy of Sciences* affirme que le principal obstacle à une meilleure diffusion de la science est « la disponibilité immédiate d'informations trompeuses et biaisées dans les médias, souvent insérées délibérément par des acteurs sans scrupules aux intentions non avouées ». Bien qu'on perçoive entre les lignes leur découragement devant l'immensité de la tâche, les auteurs suggèrent de mettre en place un vaste réseau qui surveillerait les médias sociaux pour anticiper et contrecarrer ces opérations de désinformation.

Bref, pour le moment, le meilleur rôle que George Clooney puisse jouer reste au cinéma.

JANVIER-FÉVRIER 2019
VOLUME 57, NUMÉRO 5

Rédactrice en chef
Marie Lambert-Chan
Journalistes
Marine Corniou, Mélissa Guillemette
Journaliste Web et médias sociaux
Annie Labrecque
Collaborateurs
Maxime Bilodeau, Sarah R. Champagne, Jean-François Cliche, Émilie Folie-Boivin, Chloé Freslon, Joël Leblanc, Martine Letarte, Renaud Manuguerra-Gagné, Philippe Marois, Laurie Noreau, Etienne Plamondon Emond, Alexis Riopel, Saturnome

Correctrice-réviseure Sophie Cazanave

Directrice artistique Natacha Vincent
Photographes/illustrateurs
Louise Bilodeau, Jean-François Hamelin, Michèle Huneault, Vigg, Valérian Mazataud, André Noël

Éditrice Suzanne Lareau
Coordonnatrice des opérations
Michèle Daoust
Comptabilité Mimi Bensaid
Chargée de projets, communications marketing Sophie Desbiens
Attachée de presse
Stéphanie Couillard

Vice-présidente marketing et service à la clientèle Josée Monette

Publicité
Claudine Mailloux 450 929-1921
514 909-4601 cmailloux@velo.qc.ca
Chantal Verdon 418 559-2162
514 521-8356, poste 402
cverdon@velo.qc.ca

Impression Transcontinental Interweb
Distribution Messageries Dynamiques
Parution: 3 janvier 2019 (551e numéro)

Abonnement Canada, 1 an: 36 $ + taxes
États-Unis, 1 an: 72 $/Outre-mer, 1 an: 112 $
514 521-8356, poste 504 ou
1 800 567-8356, poste 504
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 2019 – La Revue *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 la Science et de l'Innovation du Québec. Nous reconnaissons l'appui financier du gouvernement du Canada.

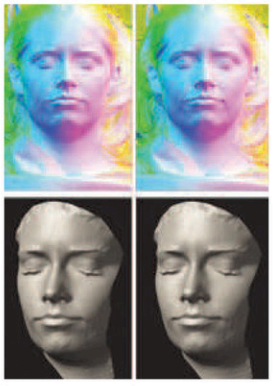
Le magazine *Québec Science* est imprimé sur du papier certifié FSC® (Forest Stewardship Council®), donc issu de forêts bien gérées et d'autres sources responsables.

CMCA AUDITED Canada
Québec

Mots croisés

LE SAVOIR AUTOCHTONE POUR PROTÉGER L'ENVIRONNEMENT ?

« Lors de mon séjour au Nunavik, dans les années 1990, les chercheurs de Pêches et Océans Canada ont dû se résigner à consulter les Inuits pour la gestion des populations. L'expérience sur le terrain possède une valeur inestimable. »
— Yves E. Gauthier



LE CINÉMA PEUT-IL SE PASSER DES ACTEURS?

« Verra-t-on bientôt un avertissement du genre : "Ce film a été tourné avec de vrais acteurs" comme on peut déjà lire "Ce produit alimentaire contient de vrais ingrédients"? C'est probable. Et la prochaine étape sera des pièces de théâtre où l'on pourra voir les hologrammes de comédiens célèbres vivants ou décédés. Comme toujours, ce seront les critères de rentabilité qui détermineront l'avenir de ces nouvelles technologies. Ainsi va le progrès. paraît-il. »
- Bernard Cournoyer

INSIGHT ARRIVE SUR MARS

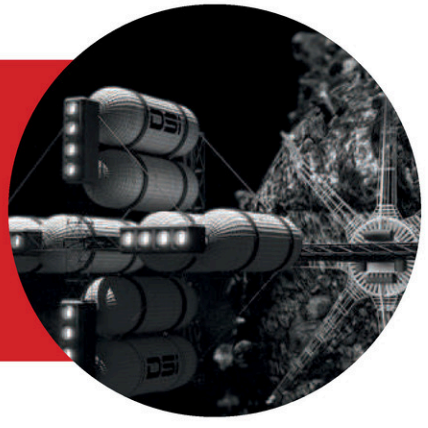
À la suite de l'atterrissage de la sonde *InSight* sur la planète Mars, le 26 novembre dernier, voici ce qu'observait l'un de nos lecteurs sur Facebook :
« Nous sommes nés explorateurs. Des millions de gens suivront cette mission et toutes les autres qui suivront. Parce que justement, ça apporte du sens à la vie. L'émerveillement, l'innovation, la découverte, tout ça en travaillant ensemble pour atteindre un même but. Si vous utilisez un téléphone cellulaire, Internet, un GPS ou la télévision, vous bénéficiez de l'innovation catalysée par l'exploration spatiale. Le Canada est le pays développé qui dépense le moins en matière d'exploration spatiale. Il est triste que cette grande aventure humaine ne soit pas plus valorisée. »
— Richard Léveillé

ERRATUM

Dans le reportage « Une bière qui prend l'air » (numéro de décembre 2018), les informations dans la légende de la photo 3, à la page 25, étaient inexactes. Il s'agit plutôt d'un système de service de bière en fût destiné aux boutiques du microbrasseur Pit Caribou.
Dans le supplément *La recherche dans le réseau de l'Université du Québec*, dans l'article « Commotions cérébrales : la science progresse », il aurait fallu lire que le bandeau porté par les joueuses de soccer pour détecter les types d'accélération de la tête a été conçu par la compagnie Triax et non par l'École de technologie supérieure.

UN PRIX POUR *QUÉBEC SCIENCE*

Le journaliste **Marc-André Sabourin** a remporté un Grand Prix du journalisme indépendant, dans la catégorie Sciences et techniques, pour son article « Klondike spatial » (numéro de mars 2017), qui portait sur l'exploitation des ressources naturelles dans l'espace. Saluons également le travail de nos collaborateurs **Annie Labrecque, Jean-Benoît Nadeau** et **Guillaume Roy,** également mis en nomination pour des reportages publiés dans les pages de *Québec Science*. Bravo à tous !



Abonnez-vous
www.quebecscience.qc.ca/abonnez-vous
514 521-8356, poste 504
1 800 567-8356, poste 504
Un changement d'adresse :
changementqs@velo.qc.ca

Écrivez-nous
courrier@quebecscience.qc.ca
Magazine *Québec Science*
1251, rue Rachel Est
Montréal (QC) H2J 2J9

Suivez-nous
www.quebecscience.qc.ca



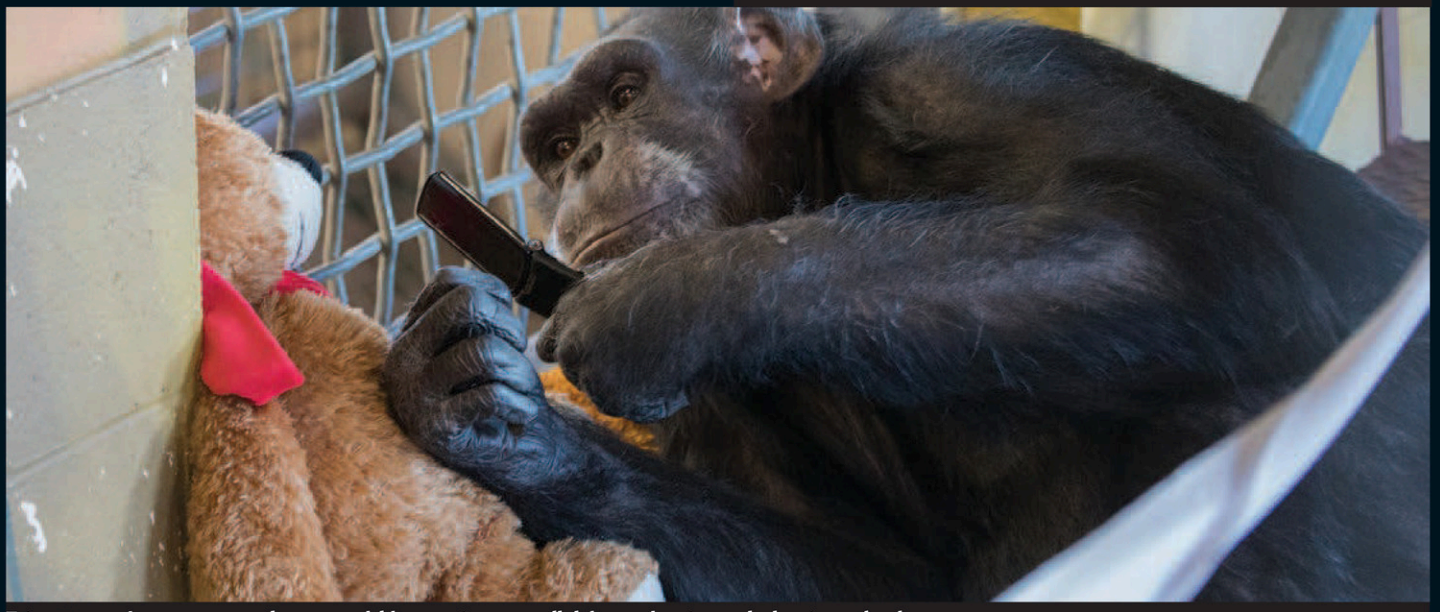
Les oreilles en chou-fleur de Rachel témoignent des nombreux coups qu'elle s'est donnés à la tête à la suite de ses traumatismes vécus en laboratoire. Aujourd'hui, grâce à la médication et aux bons soins de la Fondation, ses épisodes d'hallucinations et d'automutilation sont plutôt rares.



Plusieurs plateformes en bois permettent aux primates de se prélasser sous les feuilles des peupliers et des saules.



La photographe de la Fondation, Nancie J. Wight, montre ses clichés à Binky. En raison de sa puissance musculaire, un chimpanzé adulte agressif peut représenter une menace mortelle pour un humain. Leur habitat est donc entièrement grillagé.



Tatu, 43 ans, s'amuse avec quelques « enrichissements » : un cellulaire, un jouet en peluche et une doudou.

RETRAITE POUR PRIMATES

Visite du seul sanctuaire pour chimpanzés au pays

Par Philippe Marois

En entrant dans le bâtiment principal de la Fondation Fauna, on perçoit de suite une odeur légère qui chatouille le nez, difficile à définir. Ce n'est pas de l'urine ni de la paille mouillée… « Ça, c'est l'odeur du chimpanzé », clarifie Mary Lee Jensvold, directrice associée de l'organisme. Pas de doute, on est sur le territoire de l'animal.

En tout et pour tout, il n'y a que 12 chimpanzés au Canada et ils sont réunis sur cette ancienne terre agricole à 20 minutes de Montréal, sur la Rive-Sud. Créé au milieu des années 1990 par une ex-toiletteuse pour chiens et son conjoint vétérinaire, cet organisme abrite des dizaines d'animaux abandonnés ou autrefois maltraités (chevaux, chèvres, oies, chiens, lapins, macaques…). Mais les chimpanzés demeurent les vedettes des lieux.

L'ambiance est calme lors de notre visite dans ce centre financé par des dons privés. De l'autre côté d'une grande vitre, Rachel se tire un pneu et s'assoit. Cette femelle de 36 ans a toujours été fascinée par les gens écrivant dans un cahier, nous dit notre guide. Pas étonnant donc qu'elle scrute avec autant de curiosité le journaliste planté devant elle, en s'étirant le cou pour voir ce qu'il gribouille.

De courts « Ouh ! ouh ! ouh ! » graves et bestiaux résonnent dans le bâtiment. Ce n'est pas un « résident » qui les émet, mais plutôt l'une des préposées aux soins animaliers, agenouillée pour offrir la collation de l'après-midi. « Tous nos employés doivent apprendre le comportement des chimpanzés et leur répondre par des gestes et des expressions de chimpanzés. Le meilleur outil pour assurer leur bien-être, c'est l'environnement social, incluant leur relation avec les humains qui en ont la charge », précise M^me^ Jensvold.

Ces chimpanzés n'ont pas toujours eu droit à autant d'attentions. Ils proviennent d'instituts de recherche biomédicale américains et de zoos canadiens, et conservent souvent d'importantes séquelles physiques et psychologiques de leur séjour dans ces établissements. Par exemple, Sue Ellen (la doyenne, âgée de 51 ans) s'est fait arracher toutes les dents lorsqu'elle était animal de cirque afin de ne pas mordre ses dompteurs. Puis elle a été vendue à un laboratoire où on lui a inoculé le VIH. Regis, lui, a été anesthésié près de 200 fois durant son enfance, souvent par fusil hypodermique, pour subir nombre de biopsies et d'opérations.



Les chimpanzés préfèrent circuler sur les passerelles grillagées (elles courent sur plus de 200 m) plutôt que sur le sol. Puisqu'ils ont vécu toute leur vie en captivité, ils ne sont pas habitués à marcher dans l'herbe.

Le gouvernement américain ne finance plus aucune recherche menée sur des chimpanzés depuis 2015, alors qu'on en retrouvait 700 dans les laboratoires. Mais trois ans plus tard, des centaines d'entre eux y croupissent toujours, faute de place dans les quelques sanctuaires existants. Du côté du Canada, cette espèce n'a jamais vraiment été utilisée à des fins scientifiques, bien que d'autres primates, principalement des macaques, le soient.

Avec le temps, les chimpanzés de la Fondation Fauna ont réappris à faire confiance aux humains. Ils ont aujourd'hui droit à 1 115 m^2 d'aires intérieures : un labyrinthe de corridors grillagés leur permettant de passer des diverses salles de jeux aux pièces isolées, s'ils ont besoin de calme.

À cela s'ajoutent deux acres de terrains boisés clôturés et une offre quotidienne d'« enrichissements », un terme fourre-tout désignant tout objet ou toute activité servant à divertir et occuper les chimpanzés : bouteilles en plastique, balles de tennis, lunettes de soleil, matériel de peinture, télévision, etc. Regarder le petit écran est d'ailleurs l'une des activités préférées de Loulis, cobaye connu pour avoir appris à communiquer en langage des signes. Il adore les émissions de cuisine.

L'important, avec cette offre stimulante, est que ces primates puissent faire des choix. Tout le contraire de leur vie d'avant.

« Dans le futur, nous adapterons les installations aux problèmes de mobilité qu'ils auront », assure Mary Lee Jensvold, signalant que ses pensionnaires ont de 20 à 50 ans, alors que la longévité moyenne du chimpanzé est d'environ 35 ans. Bref, c'est une cohorte gériatrique – et la dernière que la Fondation accueillera. En effet, les chimpanzés utilisés en recherche ne peuvent plus traverser la frontière canado-américaine depuis qu'on leur a accordé le statut d'espère menacée en 2015 (au même titre que leurs cousins sauvages).

Malgré la lente attrition à venir, l'équipe de la Fondation Fauna concentre donc ses efforts sur la poignée de chanceux qui ont déjà pu y trouver refuge.

Photos : NJ Wight et Tanya Barr

Du phosphore à la tonne

Quelle quantité de phosphore un sol peut-il emmagasiner avant d'en évacuer le trop-plein dans les cours d'eau ?

Par Etienne Plamondon Emond



VICG

Le phosphore fait la vie dure à nos écosystèmes aquatiques, où sa surabondance entraîne une prolifération de cyanobactéries et étouffe ces milieux biologiques.

Sa principale source se trouve pourtant hors de l'eau : ce sont les activités agricoles en raison des déjections animales et des engrais. Si bien que, pour recouvrer la santé, des bassins versants particulièrement fragiles, à proximité de zones d'agriculture intensive dans le sud du Québec, auraient besoin d'une période sans nouvel apport de phosphore de 1 000 à 1 500 ans.

Ce sont du moins les projections avancées par un article paru dans *Nature Geoscience* l'automne dernier.

À l'aide d'une approche statistique, des chercheurs en limnologie de l'Université de Montréal et de l'Université McGill ont calculé le seuil à partir duquel la concentration de phosphore dans le sol, à l'échelle du bassin versant, accélérerait son déplacement vers les eaux de surface.

Pour y arriver, ils ont comparé les teneurs en phosphore dans les cours d'eau et sur les terres dans 23 bassins hydrographiques de la province entre 1985 et 2011. Ils ont ensuite complété le tableau historique des surplus annuels de phosphore de 1901 à aujourd'hui en estimant les flux à l'aide d'archives.

Résultat : la terre, telle une éponge, absorberait à l'échelle du bassin hydrographique jusqu'à 2,1 tonnes de phosphore par kilomètre carré sans causer trop de dommages aux plans d'eau, selon le scénario jugé le plus probable par l'équipe. « Une fois le seuil dépassé, le sol ne devient pas un bloc de béton imperméable : il continue à accumuler le phosphore, mais le transfert vers les eaux de surface est facilité », explique le doctorant Jean-Olivier Goyette. Les risques deviennent alors sérieux.

Au total, 19 des 23 bassins versants étudiés ont franchi le seuil des 2,1 tonnes par kilomètre carré. Le pire cas est le bassin de la Yamaska. « On estime qu'entre 50 à 100 tonnes de phosphore par kilomètre carré y ont été accumulées dans le dernier siècle », signale Jean-Olivier Goyette. Le cap aurait été passé à cet endroit… dès la décennie 1920, soit avant l'avènement de l'agriculture intensive. L'humain et ses activités restent néanmoins à blâmer.

Les surplus de phosphore ont atteint un sommet dans les années 1980. S'ils ont diminué depuis, en raison de règlementations provinciales en agriculture, aucun des bassins versants où le seuil avait été dépassé n'est redescendu sous la valeur critique.

Selon les calculs des chercheurs, il faudrait des centaines, voire des milliers d'années, pour revenir sous le seuil des 2,1 tonnes dans les bassins fragilisés. Pour celui de la Yamaska, l'étude envisage de 1 000 à 6 000 ans, selon les différents scénarios climatiques ! « Mais il y a beaucoup d'incertitudes » au sujet du modèle menant à ces prévisions, reconnaît Roxane Maranger, professeure à l'Université de Montréal, qui a supervisé l'étude.

NE PAS JETER L'ÉPONGE

« Ce qui m'inquiète avec cet article, c'est qu'on jette l'éponge », commente d'emblée Aubert Michaud, chercheur à l'Institut de recherche et de développement en agroenvironnement, se référant aux prévisions des chercheurs. Même son de cloche du côté de Léon-Étienne Parent, professeur émérite

de la Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation de l'Université Laval. « Ça va décourager pas mal de monde, alors qu'on sait qu'on peut désaturer des sols plus rapidement », dit-il en évoquant le recours à des plantes fourragères pour extraire du phosphore de la terre.

Sans contester la valeur avancée de 2,1 tonnes par kilomètre carré, ces deux chercheurs demeurent sceptiques. Un seuil environnemental de saturation des sols en phosphore est déjà utilisé dans les fermes. Inspiré entre autres par les analyses menées en laboratoire par Léon-Étienne Parent, il a été intégré au Règlement sur les exploitations agricoles en 2010. Ce seuil se base sur une méthodologie complètement différente, qui évalue la capacité du sol, sur une parcelle agricole donnée, à retenir le phosphore selon les minéraux qu'il contient.

C'est d'ailleurs l'un des reproches de M. Parent à l'étude : ne pas tenir compte des différents types de sols. Celui de la vallée du Saint-Laurent, donne-t-il en exemple, a une capacité de rétention plus faible que celui des Laurentides et des Appalaches, puisqu'il contient moins d'aluminium et de fer, auxquels se fixe chimiquement le phosphore. « On parle de deux mondes différents », considère-t-il.

« Au moins ça réveille le débat », se réjouit Léon-Étienne Parent, qui estime que cet enjeu a été maintenu « sous anesthésie » dans la dernière décennie.

DES MILLIERS DE TONNES

Les entreprises agricoles de la province ont produit environ 96 000 tonnes de phosphore en 2016, selon le ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques du Québec. Près de 61 000 tonnes provenaient des déjections animales, tandis que 32 000 tonnes étaient issues d'engrais minéraux.

JEAN-FRANÇOIS CLICHE @clicjf

Polémique



Montre-moi comment tu jouis, je te dirai comment tu souffres

Imaginez qu'on vous présente une série de photos montrant le visage de gens joyeux ou fâchés et que vous deviez distinguer les deux états. Difficile de concevoir tâche plus aisée pour les animaux sociaux que nous sommes.

Maintenant, imaginez que vous deviez classer des photos sur lesquelles figurent le visage de personnes qui souffrent et celui de gens au paroxysme d'ébats sexuels. Puisque la douleur et l'orgasme sont possiblement les deux émotions les plus contrastées, cette tâche sera certainement aussi facile que la première, non ?

Eh bien pas tant que ça. La confusion entre les deux expressions n'est pas totale, mais elle demeure étonnamment forte. Par exemple, dans une étude parue en 2008 dans le *Journal of Social, Evolutionary, and Cultural Psychology*, une centaine de participants à qui l'on a fait voir 40 photos de visages exprimant la douleur et autant exprimant le plaisir sexuel se sont trompés dans 20 % à 25 % des cas. Comparativement à d'autres émotions, c'est assez élevé : dans une étude publiée en 2011 dans le *Journal of Vision*, les photos de visages joyeux ont pratiquement toutes été désignées correctement.

Certes, cette même étude a aussi révélé que la tristesse, la colère, la peur et le dégoût sont des émotions plus difficiles à différencier les unes des autres. Cependant, l'idée que les émotions négatives produisent des mines apparentées ne heurte pas le sens commun.

Quant à la douleur et à la jouissance sexuelle,



elles n'ont rien à voir l'une avec l'autre, de façon générale (tant qu'il y a consentement, je n'ai pas de problème avec ça !).

La question fait donc débat en psychologie depuis des années : à quoi servent nos expressions d'orgasme ou de douleur ? Si leur but est la communication, pourquoi ces deux états ne débouchent-ils pas sur des expressions plus faciles à reconnaître ?

Il y a deux possibilités. Soit les expressions provoquées par l'atteinte du nirvana ne sont pas faites pour communiquer grand-chose, soit elles ne seraient qu'un « effet secondaire » physiologique de l'orgasme.

Mais on peut aussi en conclure que nos expressions d'orgasme ont bel et bien une valeur communicative. D'une part, nous parvenons à les distinguer de la douleur dans une majorité de cas. Et d'autre part, il y a peut-être quelque chose d'un peu artificiel dans la méthodologie des études sur le sujet.

Dans la vie, il y a très peu de risques que les manifestations de souffrance soient confondues avec celles du plaisir sexuel. En effet, quand nous interprétons l'état émotionnel de quelqu'un, nous ne le faisons pas uniquement sur la base d'une expression faciale figée. Il y a toujours un contexte : deux personnes nues dans un lit ou un menuisier du dimanche avec un marteau sur le doigt par exemple. De même, une expression ne sera pas interprétée de la même manière si elle s'accompagne d'un « Oh oui, encore ! » ou d'un « Ayoye donc ! »

D'ailleurs, une étude récente parue dans l'*Emotion Review* a noté que les réactions spontanées à des stimulus intenses sont difficiles à déchiffrer à la seule lumière d'une photo de visage. En analysant l'expression faciale de 18 soldats photographiés au moment de leur retour au pays (donc une situation intensément positive), les participants à l'étude ont cru qu'il s'agissait d'une situation négative dans 78 % des cas.

Au bout du compte, est-ce que la confusion entre diverses expressions faciales nous renseigne sur leur illisibilité ou simplement sur l'importance du contexte ?

ILLUSTRATION : SHUTTERSTOCK

Des pirates bien intentionnés



Des *hackers* glanent de l'information éparpillée aux quatre coins du Web pour retrouver des personnes disparues.

Par Maxime Bilodeau

La lutte est serrée entre les 65 équipes qui s'affrontent en ligne. Les Blue Team Ninjas caracolent en tête du classement avec 9 705 points, talonnés de près par les Cyborg Bandits, qui en ont obtenu 7 610. Le pointage peut grimper vite, à coup de 100 points pour une adresse courriel, voire 400 pour une série de photos. Chaque information a une valeur définie en fonction de sa capacité à faire avancer l'enquête en cours : retrouver une véritable personne disparue.

Bienvenue à la toute première partie organisée par l'association à but non lucratif Trace Labs, nouvellement fondée. La compétition présentée à l'occasion de la conférence de *hackers* DEFCON Toronto, tenue en juillet 2018, est structurée comme un jeu. À l'aide de logiciels de « minage » de données comme Carrot[2] et Maltego, qui permettent d'effectuer des recherches très poussées, les participants dénichent de l'information publique en ligne dans le but de mettre la main sur la cible. « Seule une fraction des gens qui disparaissent font l'objet de recherches sérieuses entreprises par la police », explique Robert Sell, fondateur de Trace Labs, qui est aussi membre d'un groupe de recherche et de sauvetage traditionnel (qui fouille forêts et cours d'eau) en Colombie-Britannique.

Les statistiques tendent à lui donner raison. En 2017, 78 035 personnes, surtout des enfants (61 % des cas), ont été portées disparues au pays, selon la Gendarmerie royale du Canada. Du nombre, environ 500 le sont toujours. « Les forces de l'ordre ne disposent pas du temps et des ressources nécessaires pour mener des enquêtes à partir d'informations en libre accès. Pourtant, ces dernières ont le potentiel de conduire à l'endroit où se trouvent ces gens », assure celui qui travaille en sécurité informatique depuis 20 ans.

Justement, à la rencontre torontoise, deux individus ont été retrouvés – l'un a été repéré dans un réseau de prostitution, alors que le second avait refait sa vie dans une autre ville.

COLLABORATION AVEC LA POLICE

Dans l'imaginaire populaire, le pirate informatique est nécessairement un être malicieux. Pourtant, les contextes de piratage se sont multipliés au cours des dernières années, fait valoir Éric Parent, président et fondateur de Logicnet/EVA-Technologies, une firme spécialisée en sécurité informatique. « Les activités qui mettent le piratage à l'honneur proposent désormais des compétitions dont les cibles sont des entreprises qui souhaitent améliorer leurs mécanismes de défense informatique », souligne-t-il. Trace Labs s'inscrit dans cette tendance ; c'est une manière pour le moins originale de joindre l'utile à l'agréable, puisque des prix sont remis aux équipes gagnantes.

Depuis juillet dernier, Trace Labs a organisé d'autres parties semblables à celle de Toronto, notamment dans le cadre du DEFCON Vegas et du Hackfest 2018, présenté en novembre à Québec. La chance n'a toutefois pas souri aux participants : aucun disparu n'a été retrouvé à l'occasion de ces deux compétitions.

Néanmoins, l'ensemble des informations récoltées a été remis aux forces de l'ordre. « Contrairement à des groupes qui opèrent sur des bases semblables aux nôtres, mais qui se posent en justiciers, nous travaillons en partenariat avec la police. C'est elle qui nous désigne des cas, elle est ensuite libre de faire ce qu'elle veut avec le fruit de notre recherche », affirme Robert Sell.

La preuve : les 400 membres de Trace Labs n'ont aucune idée de ce qui est advenu des deux personnes retrouvées au cours de la DEFCON Toronto. « Ça va au-delà de nos préoccupations. »

PHOTOMONTAGES : QS ; SHUTTERSTOCK

Brouillard en bouteille

S'il y a un évènement météorologique difficile à prévoir, c'est bien le brouillard. Estimer la durée des épisodes est tout aussi complexe, car les scientifiques ne comprennent pas bien comment ces nuages au sol se forment et disparaissent.

Pour éclaircir ce mystère – sortir du brouillard, quoi ! –, des chercheurs américains et canadiens ont travaillé ensemble au large des côtes de Terre-Neuve et de la Nouvelle-Écosse l'automne dernier.

La compréhension du phénomène est une question de sécurité : la navigation dans le brouillard est dangereuse, surtout pour les aéronefs et les bateaux. « Des problèmes d'instrumentation peuvent survenir et provoquer des accidents », souligne Harindra Joseph Fernando, chercheur à l'Université de Notre-Dame, en Indiana, et directeur de ce projet nommé C-FOG.

Le brouillard est composé de fines gouttelettes d'eau ou de glace en suspension, c'est bien connu. « Nous tentons d'améliorer nos connaissances en recueillant des données sur la taille, la vitesse, la turbulence et la thermodynamique de ces particules », explique le chercheur américain. Il travaille en collaboration avec des scientifiques notamment d'Environnement Canada et de l'Université Dalhousie, ainsi que les forces armées américaines et la National Science Foundation, qui financent en grande partie cette recherche.

Fait inusité, l'équipe a également embouteillé des échantillons de brouillard à l'aide d'un dispositif qui l'aspire et le condense. « Parfois, le brouillard se forme autour d'une particule de polluant, décrit M. Fernando. Ces bouteilles contiennent donc des particules polluantes susceptibles d'influencer la formation du phénomène. »

Au fait, pourquoi avoir choisi Terre-Neuve comme lieu d'observation principal ? Parce qu'il s'agit de l'endroit le plus brumeux du monde ! « La zone est d'intérêt, car les courants du Labrador et le Gulf Stream s'y rencontrent, provoquant ainsi un gradient de température. Cela nous permet de vérifier l'incidence du changement de température sur la formation du brouillard », mentionne-t-il.

Ironiquement, l'équipe de recherche n'a connu que 7 jours de brouillard durant son séjour scientifique de 46 jours. « Nous avons collecté des données pertinentes malgré tout », assure le chercheur.

L'équipe espère, au terme de l'analyse des données, parvenir à de meilleures prévisions météorologiques. « Nous tentons d'élaborer un modèle robuste qui améliorera d'au moins 20 % à 30 % nos prévisions relatives au brouillard », signale Harindra Joseph Fernando. La recherche sur le brouillard avait été délaissée dans les années 1940 faute d'outils suffisamment perfectionnés, selon M. Fernando. Armé de technologies de pointe, C-FOG réussira assurément à dissiper quelques mystères !

Par Annie Labrecque



CHLOÉ FRESLON @f_chloe

Technopop



Le réveil du géant Microsoft

« Un ordinateur sur chaque bureau et dans chaque foyer », telle était la devise choisie par Bill Gates en 1975, à la fondation de Microsoft. Pendant longtemps, on a associé spontanément les ordinateurs personnels à la multinationale. Mais avec les années, sa réputation s'est ternie : en 2014, l'entreprise était plutôt réputée pour sa culture toxique et ses querelles internes. Microsoft était un géant en déclin.

Cette année-là, Satya Nadella a remplacé Bill Gates. Le nouveau président-directeur général s'est donné pour mission de redresser la culture organisationnelle, mais aussi de relancer les développements technologiques. Car Microsoft a raté trois changements majeurs survenus au cours des dernières années : l'avènement des téléphones intelligents avec l'iPhone, la suprématie du moteur de recherche de Google et les médias sociaux, Facebook en tête.

Résultat des courses : une génération entière a grandi sans avoir jamais utilisé un produit Microsoft ! Dans les années 1990, tous les produits de l'entreprise fonctionnaient en circuit fermé dans l'univers Microsoft, qui protégeait ses outils coûte que coûte. Aujourd'hui, on peut exécuter des applications Windows sur un iPad ou sur un Android. Le changement de mentalité a été tel que, l'an passé, Microsoft a acheté GitHub, une plateforme de développement où le code source est ouvert à tous. La compagnie organise également un marathon de programmation de trois jours avec ses 23 500 employés. En voilà des pratiques innovantes ! Et l'innovation, c'est le nerf de la guerre dans les technologies.

Comment Satya Nadella a-t-il réussi ce virage ? À l'aide d'une approche douce. L'un de ses premiers gestes en tant que pdg a été de demander aux dirigeants de la société de lire *La communication non violente au quotidien*, de Marshall B. Rosenberg, un petit traité sur la collaboration respectueuse avec les autres. Satya Nadella est convaincu que les êtres humains sont empreints d'empathie, ce qui est essentiel pour créer des produits audacieux qui auront une influence sur les utilisateurs.

La stratégie fonctionne : les revenus annuels de Microsoft ont dépassé les 100 milliards de dollars en juin 2018 — les plus élevés en 43 ans ! — et la capitalisation boursière de l'entreprise a détrôné celle d'Apple.

Satya Nadella n'est peut-être, en fait, qu'un leader de son époque : quelqu'un qui dirige non pas en imposant sa volonté, mais en faisant preuve d'écoute auprès tant de ses employés que des consommateurs. Le Microsoft des années 1990 n'est plus. Vive Microsoft !



Donna Strickland au Conseil national de recherches du Canada à Boucherville, où elle a parlé, en novembre dernier, des promesses de la photonique en environnement.

La modeste révolutionnaire

L'automne dernier, la Canadienne Donna Strickland a remporté le prix Nobel de physique pour ses travaux sur les lasers.

Par Alexis Riopel

Quand Gérard Mourou, son superviseur au doctorat, a demandé à Donna Strickland de fabriquer un laser radicalement différent de ce qui existait alors, elle lui a répondu que « c'était facile » et que « ça ne constituait même pas un sujet de thèse ». « Je peux lui dire aujourd'hui qu'elle avait raison, écrivait M. Mourou en octobre dernier. Ce n'était pas un sujet de thèse, c'était un sujet de prix Nobel ! » Le duo a gagné la plus prestigieuse récompense en physique, cuvée 2018, pour avoir « ouvert la voie aux impulsions laser les plus courtes et les plus intenses jamais créées par l'humanité ». Depuis la publication en 1985 d'un article détaillant l'« amplification par dérive de fréquence », des millions de chirurgies de correction de la vision ont été rendues possibles grâce à cette technique. Scientifique discrète et pragmatique, Donna Strickland s'est retrouvée, du jour au lendemain, sous les feux de la rampe. Alors qu'elle jonglait avec les demandes médiatiques à la suite de l'annonce des lauréats, elle a pris le temps de répondre à nos questions.

PHOTO : VALÉRIAN MAZATAUD

Québec Science : **Comment avez-vous appris que vous remportiez le prix Nobel ?**

Donna Strickland : Le Comité Nobel appelle toujours les lauréats au même moment de la journée, vers cinq heures du matin dans notre fuseau horaire. Je dormais et, quand j'ai entendu le téléphone sonner, j'ai tout de suite pensé à mes enfants. Rapidement, mon mari a décroché et m'a dit que quelqu'un voulait parler à la professeure Strickland. Ça m'a rassurée. On m'a alors dit que c'était un appel important de la Suède. Je savais que le prix Nobel était décerné ce jour-là, mais je ne pensais certainement pas le gagner.

QS **Pour quelle raison avez-vous entrepris, il y a plus de 30 ans, de fabriquer un laser aux impulsions plus courtes et plus intenses ?**

DS Dans les années 1980, personne n'arrivait à augmenter l'intensité des lasers. Pour mon projet de doctorat, j'avais besoin d'un laser plus intense afin d'atteindre la « neuvième harmonique », c'est-à-dire de faire en sorte qu'un atome absorbe neuf photons simultanément. Maria Goepper-Mayer, la deuxième femme à avoir reçu le prix Nobel de physique [NDLR : Donna Strickland est la troisième], a d'ailleurs été la première à montrer théoriquement qu'un atome pouvait absorber plus d'un photon à la fois. Cependant, elle ne se souciait pas des difficultés techniques que cela impliquait…

QS **Comment fonctionne l'amplification par dérive de fréquence ?**

DS L'idée, c'est de produire des impulsions très intenses, mais seulement à la sortie du laser. Si la densité de photons à l'intérieur du dispositif est trop grande, cela pourrait le détruire. Dans notre expérience de 1985, nous avons donc étiré une impulsion [de 150 picosecondes ou millièmes de milliardième de seconde] à environ 300 picosecondes. Ensuite, on l'a amplifiée grâce à une seconde source d'énergie. Puis, on l'a compressée à l'aide d'une lentille afin d'obtenir l'impulsion la plus courte possible [2 picosecondes]. La densité de photons est alors énorme et le faisceau est prêt à « donner une volée » à un atome.

QS **Quelles sont les applications de cette technique aujourd'hui ?**

DS Vous avez peut-être déjà vu ces vidéos sur YouTube où un faisceau laser coupe de l'acier comme si c'était du beurre. L'amplification par dérive de fréquence est complètement différente. En fait, il n'y a pas plus d'énergie dans une seule impulsion de notre montage de 1985 que dans un pointeur laser qu'on active pendant une seconde. Cependant, cette énergie est extrêmement concentrée et ne frappe qu'un tout petit volume, d'un micromètre sur un micromètre, soit à peu près la taille d'une longueur d'onde de lumière. Ainsi, l'amplification par dérive de fréquence permet de faire du travail de précision, comme usiner de petites pièces d'électronique ou effectuer des chirurgies oculaires. Car le beau côté de cette machine-là, c'est que, en recombinant l'impulsion en un point précis avec une

lentille, on peut traverser des matériaux transparents, comme du verre ou une cornée, sans les abîmer. Et c'est seulement à cet endroit que l'intensité est assez forte pour déloger les électrons ou changer l'indice de réfraction de la cornée.

QS Y a-t-il un scientifique en particulier qui vous a donné le goût de vous lancer en physique ?

DS Les gens m'ont beaucoup posé cette question, et j'ai essayé de me rappeler mon enfance afin de comprendre pourquoi je suis devenue la personne que je suis maintenant. J'ai réalisé que ce sont surtout mes parents qui m'ont influencée. Mon père était ingénieur en électricité et ma mère enseignante d'anglais. Dans sa jeunesse, ma mère avait voulu poursuivre des études en mathématiques et en sciences mais, en tant que femme, elle n'en avait pas eu l'occasion. J'ai entendu cela haut et fort toute ma vie : « Tu devrais faire ce que tu veux et pas ce que les autres pensent que tu devrais faire. »

QS Vous avez étudié en génie. Pourquoi ne pas avoir tout de suite plongé dans la physique si vous étiez déjà passionnée par la science fondamentale ?

DS Une partie de moi croyait que je ne serais pas assez douée pour mener une carrière universitaire en physique. Mon père et ma sœur avaient fait des études de génie, cela me semblait donc un choix naturel pour décrocher un bon emploi. Et puis, quand j'ai vu le programme de génie physique à l'Université McMaster, j'ai tout de suite pensé que c'était pour moi. Je me suis alors mise à marcher sur la ligne entre la physique et le génie, et j'ai gardé un pied dans chaque monde tout au long de ma carrière.

QS Quand vous avez obtenu le prix Nobel de physique, les médias ont soulevé le fait que vous n'étiez pas professeure titulaire à l'Université de Waterloo, où vous enseignez. Pourquoi ne jamais avoir posé votre candidature à ce poste ?

DS Je ne sais pas… Quand j'étais présidente de l'Optical Society of America [OSA], on m'avait suggéré de postuler, mais j'étais alors trop occupée. Aujourd'hui, cependant, ça y est, je suis professeure titulaire. Mais cela ne change rien. Je n'ai pas de meilleur salaire, l'Université ne m'offre pas de nouvelles ressources. La seule différence, peut-être, c'est que je devrai siéger à de nouveaux comités, ce qui est plutôt un désavantage…

QS Les femmes sont beaucoup moins nombreuses que les hommes en physique. Constatez-vous des perspectives professionnelles différentes en fonction du sexe ?

DS Je n'ai jamais eu l'impression d'être traitée différemment au cours de ma carrière, mais j'ai entendu de nombreuses femmes raconter qu'elles trouvaient le milieu encore très difficile. Je ne peux pas vraiment me prononcer, car je n'ai rien vécu de tel. Mais il y a toujours place à l'amélioration. Il faut que les débouchés soient les mêmes pour les deux sexes. Et de la même manière, j'espère que les hommes qui souhaitent devenir infirmiers réussissent dans la profession. En gros, j'espère que tout le monde puisse faire ce dont il a envie.

QS L'accès à la physique pour les femmes dans d'autres pays doit être beaucoup moins facile…

DS Certainement. Je suis très chanceuse d'avoir grandi au Canada. C'est l'une des nombreuses façons dont la chance m'a souri dans la vie.

• • •

Dans sa jeunesse, ma mère avait voulu poursuivre des études en mathématiques et en sciences mais, en tant que femme, elle n'en avait pas eu l'occasion. J'ai entendu cela haut et fort toute ma vie : « Tu devrais faire ce que tu veux et pas ce que les autres pensent que tu devrais faire. »

• • •

QS Comment aimeriez-vous utiliser votre statut de lauréate du prix Nobel ?

DS J'aimerais encourager les gouvernements à utiliser la photonique pour prendre des mesures environnementales. Cette idée date d'avant le prix Nobel. Je fais partie d'un comité de l'OSA qui milite pour cela depuis l'Accord de Paris sur le climat. Si l'on veut apporter des changements dans nos émissions de gaz à effet de serre, il faut voir à ce que ces changements produisent les effets voulus. La photonique n'est pas la seule manière de s'en assurer, mais je crois que c'est un outil très puissant. J'en ferai donc la promotion dans les prochaines années et j'espère bien me faire entendre par le gouvernement canadien. Nous aimerions avoir un institut ici, au Canada, spécialisé dans le monitorage environnemental. Les chercheurs en photonique ne devraient pas être les seuls à cette table : nous essaierons d'avoir des spécialistes d'autres disciplines.

QS Quels types de mesures environnementales la photonique rend-elle possibles ?

DS Il y a de nombreuses applications environnementales pour les lidars [des lasers employés à la manière de radars], mais ce n'est pas tout. Par exemple, des collègues de l'Université Laval installent des détecteurs optiques dans le sol au nord du pays pour évaluer l'état du pergélisol – que les changements climatiques rendent beaucoup moins « permanent ». Il est aussi possible d'équiper des avions de spectromètres et de survoler des sites d'exploitation pétrolière pour vérifier si les entreprises respectent les règlements qui leur sont imposés. D'autres appareils optiques pourraient aussi être déployés dans les océans pour prendre des mesures afin d'adapter les modèles climatiques.

QS Et quelle influence aura le prix Nobel sur vos recherches personnelles ?

DS J'espère obtenir plus de fonds, ce qui pourrait grandement aider mon laboratoire. Et puis, plus d'étudiants d'un peu partout dans le monde voudront probablement se joindre à mon équipe et j'aurai de l'argent pour les payer. Avec un peu de chance, je profiterai de toutes les bonnes choses qui viennent avec un prix Nobel. Mais je n'aurai peut-être plus le temps de faire quoi que ce soit !

Félicitations à nos chercheurs !



Pr Frédérick Gosselin



Sampada Bodkhe



Pr Daniel Therriault

LEUR PROCÉDÉ D'IMPRESSION 3D DE CAPTEURS PIÉZOÉLECTRIQUES EN UNE SEULE ÉTAPE SE CLASSE PARMI LES 10 DÉCOUVERTES DE L'ANNÉE DE QUÉBEC SCIENCE

Imprimer des capteurs piézoélectriques et leurs électrodes en une seule étape et à température ambiante, tel est l'exploit réalisé par l'équipe formée par le Pr Frédérick Gosselin, le Pr Daniel Therriault et la doctorante Sampada Bodkhe au Laboratoire de mécanique multi-échelles.

Basée sur la coextrusion d'un nano-composite piézoélectrique entre deux couches d'argent, leur technologie innovante permet d'obtenir rapidement des capteurs prêts à l'emploi s'adaptant à n'importe quelle surface.

Ces capteurs peuvent trouver de nombreuses applications répondant à la demande croissante d'objets connectés flexibles. Entre autres, ils ouvrent la voie au développement de vêtements intelligents permettant d'étudier les cycles respiratoires et les mouvements des membres.

POLYTECHNIQUE MONTRÉAL

UNIVERSITÉ D'INGÉNIERIE

DES TRAVAUX SCIENTIFIQUES QUI CHANGENT LE MONDE

POLYMTL.CA/RECHERCHE

À QUAND LA FIN DES ALLERGIES ALIMENTAIRES ?



Pendant longtemps, les médecins n'ont rien eu à proposer aux personnes ayant des allergies alimentaires. Or, une nouvelle avenue commence à faire ses preuves : la « désensibilisation ». Mais on est loin du remède miracle.

PAR MARINE CORNIOU

PHOTOS : ANDRÉ NOËL / DIRECTION ARTISTIQUE : NATACHA VINCENT

Philémon est ici chez lui. À peine arrivé dans le sous-sol du CHU Sainte-Justine, il se dirige joyeusement vers le meuble où sont entassés des jeux de société et choisit un casse-tête. Depuis le mois d'août dernier, le garçon de quatre ans vient à l'hôpital toutes les deux semaines pour avaler, sous supervision médicale, quelques milligrammes de poudre d'œuf et de lait, deux aliments auxquels il est très allergique. « Philémon a déjà été quatre fois à l'urgence dans le passé, notamment à cause d'une négligence à la garderie », raconte sa mère, Marie-Hélène Croisetière.

Le but de ce traitement, donné à la nouvelle Clinique d'immunothérapie orale (CITO), ouverte à la fin de 2017, est simple : « désensibiliser » le système immunitaire, responsable de la réaction allergique, et le forcer à tolérer des doses croissantes d'allergènes.

Aujourd'hui, Philémon consommera environ 60 mg de lait et autant d'œuf – soit un millième d'œuf – dilués dans une compote. C'est déjà cinq fois plus que sa première dose, prise deux mois auparavant. Si tout se passe bien, il repartira avec 15 pots en plastique contenant autant de doses d'allergènes à prendre religieusement chaque matin jusqu'au prochain rendez-vous.

Encore quelques semaines de son régime quotidien et Philémon sera capable de tolérer des traces d'œufs et de lait. Au terme du traitement, qui dure environ deux ans, il devrait pouvoir avaler un verre de lait et manger un œuf sans risquer sa vie. « On pourra peut-être réaliser notre rêve d'aller camper à Anticosti, loin de tout hôpital ! » dit Marie-Hélène Croisetière, que le traitement rassure beaucoup à quelques mois de l'entrée à l'école de son fils.

Pour des enfants qui vivent avec une épée de Damoclès au-dessus de la tête, l'immunothérapie orale est une lumière au bout du tunnel. « Soudainement, les familles peuvent recommencer à aller en vacances, sans craindre de manger dans un buffet où il y a des pinottes par exemple. Les enfants peuvent dormir chez leurs amis et les ados peuvent embrasser quelqu'un à un party sans avoir à lui demander ce qu'il ou elle a mangé avant », détaille avec enthousiasme Philippe Bégin, l'allergologue qui a mis sur pied cette clinique pionnière, la seule au pays.

Dans la petite pièce immaculée où sont préparées les doses de chaque patient, un frigo à la porte vitrée laisse entrevoir des bouteilles de moutarde, des berlingots de lait et des flacons dont les étiquettes indiquent « pistache », « blé », « cajou », « arachide »… « On peut traiter jusqu'à cinq allergies en même temps, en privilégiant les allergènes qui sont les plus difficiles à éviter, comme le blé ou le lait. Mais certains patients ont 25, 30 allergies. Il n'y a pas de limite », précise l'allergologue.

SOIGNER LE MAL PAR LE MAL

Il en a fallu du temps pour que les médecins se décident à utiliser ce « traitement » à large échelle contre les allergies alimentaires. Le premier cas documenté date pourtant de 1908. Un médecin londonien affirmait alors, dans la revue *The Lancet*, avoir désensibilisé un garçon de 13 ans allergique aux œufs – bien que le terme « allergie », introduit seulement deux ans plus tôt, ne soit pas employé dans l'article. Partant d'une dose équivalente à 1/10 000e d'œuf, le patient a ingéré chaque jour une quantité de plus en plus importante de l'aliment, réussissant, au bout de huit mois, à manger un œuf entier sans être « empoisonné ».

Depuis les années 1980, ce type de désensibilisation est largement utilisé pour les personnes souffrant d'allergies au pollen ou au venin d'insecte, par injection ou en plaçant l'extrait allergénique sous la langue.

Mais outre quelques tentatives ici et là en Europe, les médecins sont longtemps restés frileux à l'idée d'appliquer le même concept aux allergies alimentaires. « Le premier principe de la médecine, c'est de ne pas nuire. Il y avait donc des réticences à administrer à quelqu'un un aliment sus-



ceptible de le tuer. C'est très archaïque comme mode de traitement ! » reconnaît Hans Oettgen, chercheur et allergologue à l'Hôpital pour enfants de Boston.

Ce qui a poussé les scientifiques à faire des recherches sur le sujet au cours de la dernière décennie, c'est le raz-de-marée de patients allergiques déferlant dans les hôpitaux, à qui l'on n'avait rien d'autre à prescrire qu'une grande dose de prudence et un injecteur d'épinéphrine, le fameux EpiPen, à utiliser en cas d'anaphylaxie – une réaction potentiellement mortelle.

À partir de 2010, des essais cliniques sur de grosses cohortes ont confirmé l'efficacité de l'immunothérapie orale. « Et en 2017, une méta-analyse a démontré hors de tout doute que cette approche fonctionne », indique Philippe Bégin, qui participe actuellement à la rédaction des recommandations canadiennes sur le sujet.

Au Canada, le CHU Sainte-Justine est le premier établissement à proposer la désensibilisation alimentaire en dehors d'un contexte de recherche. Le mot s'est vite passé : pour son projet pilote de trois ans, la CITO a reçu plus de 1 000 demandes en 2018, alors qu'elle ne peut prendre en charge qu'environ 200 enfants par année.

DÉSAMORCER LA BOMBE

Pour saisir comment fonctionne l'immunothérapie orale, il faut d'abord comprendre ce qu'est une allergie. Les principaux coupables de ces réactions aberrantes sont les anticorps IgE, en cause dans la majorité des allergies alimentaires.

Lors d'un premier contact avec l'allergène, comme une arachide, les cellules dendritiques l'interceptent par erreur. Ces sentinelles, qui forment la première ligne de défense de l'organisme, le présentent à d'autres soldats de l'immunité, les lymphocytes T. Activés, ces derniers réveillent à leur tour des lymphocytes B, qui fabriquent les IgE : celles-ci deviennent de redoutables machines à repérer les cacahouètes.

Les IgE sont tapies dans les tissus, où elles sont fixées à des cellules, les mastocytes, qui contiennent des granules pleins de substances inflammatoires, dont l'histamine. Quand l'allergène est ingéré, il vient s'attacher à ces IgE. Dans les minutes qui suivent, les mastocytes déchargent alors leur contenu avec fracas, ce qu'on appelle la « dégranulation ». C'est un peu comme si les allergènes appuyaient sur les détonateurs (les IgE) de milliers de bombes (les mastocytes). « Tout le corps réagit : plaques cutanées, vomissements, diarrhée, chute de la pression sanguine – le fameux choc anaphylactique – et crise d'asthme qui peut être fatale », explique Philippe Bégin.

L'objectif de l'immunothérapie orale, c'est justement de désamorcer ces bombes. « Il y a environ 200 000 IgE à la surface des mastocytes. Il faut qu'au moins 2 000 d'entre elles soient stimulées en même temps par des allergènes pour déclencher la dégranulation. En donnant une microdose d'allergène, on n'en fournit pas assez pour déclencher la réaction. De plus, le mastocyte "avale" les IgE antiarachides et les dégrade. Ainsi, quand on prend une dose tous les jours, on n'est jamais capable de réarmer le mastocyte », poursuit Philippe Bégin, également chercheur au Centre hospitalier de l'Université de Montréal.

Au bout de 6 à 12 mois, environ 80 % des patients sont « désensibilisés », c'est-à-dire qu'ils peuvent ingérer de petites quantités d'allergènes sans que leur corps réagisse. Ils doivent toutefois continuer à consommer chaque jour une « dose d'entretien » ; dans le cas de Philémon, ce sera un œuf et un verre de lait. Sans ce traitement quotidien, ils risquent de perdre, d'un seul coup, tous les acquis.

« Dans certains cas, cependant, l'allergie disparaît complètement. Selon des études récentes, après quatre ou cinq ans, la moitié des enfants n'en sont plus affligés », mentionne le chercheur. Chez ces chanceux, le système immunitaire a été rééduqué pour de bon : il ne cible plus l'aliment, même si le patient cesse son traitement. « À long terme, les globules blancs se tannent de fabriquer des IgE ; ils produisent d'autres

Peut-on prévenir les allergies ?

L'enfer est parfois pavé de bonnes intentions. Pour prévenir les allergies, les experts ont longtemps recommandé d'éviter de donner aux bébés les aliments les plus allergènes. Les parents devaient ainsi s'abstenir de donner du lait de vache avant l'âge de un an et des arachides ou des fruits de mer avant l'âge de deux ou trois ans.

En réalité, il faut faire tout le contraire. C'est ce qu'a montré l'étude LEAP publiée en 2015 dans le *New England Journal of Medicine*, qui a conduit à un virage à 180 degrés des recommandations. Cette étude, effectuée auprès de 640 bébés, a montré que le fait d'introduire les arachides dans l'alimentation entre 4 et 11 mois diminuait de 80 % le risque d'y être allergique !

En juin 2017, une étude à laquelle 2 100 enfants canadiens de la cohorte CHILD ont participé révélait à son tour que les enfants qui n'avaient pas consommé de produits laitiers au cours de leur première année de vie couraient quatre fois plus de risques que les autres d'être allergiques au lait. Pareillement pour les œufs ou les arachides (risque doublé).

« Les anciennes recommandations ont vraiment nui. En diversifiant l'alimentation plus tôt, vers quatre mois, je suis persuadée qu'on peut réduire la fréquence des allergies alimentaires », affirme Catherine Laprise, chercheuse à l'Université du Québec à Chicoutimi et titulaire de la Chaire de recherche du Canada sur l'étude des déterminants génétiques de l'asthme.

Elle souhaite mettre sur pied une étude pour le prouver, dans laquelle elle conseillera également aux parents de « badigeonner leurs bébés de crème hydratante ». Pourquoi ? Parce que l'eczéma sévère est associé à un risque accru d'allergies alimentaires. C'est ce qu'on appelle la « marche atopique » : environ 35 % des enfants ayant de l'eczéma ont aussi des allergies alimentaires et 75 % d'entre eux finissent par souffrir d'asthme ou de rhinite allergique. En rendant la peau sèche et poreuse, l'eczéma permet à des allergènes de l'air et alimentaires de pénétrer dans l'organisme et d'activer le système immunitaire. Le Dr Philippe Bégin, du CHU Sainte-Justine, observe toutefois qu'il y aura fort à faire pour convaincre les parents de tartiner leur progéniture. « Ils ont souvent peur d'appliquer des crèmes à la cortisone sur la peau de leurs bébés. Pourtant, c'est bien pire de laisser l'inflammation s'installer. »

anticorps, qui neutralisent l'allergène. Et plus on commence tôt, plus cela semble efficace. En 2016, une étude menée auprès d'enfants de moins de trois ans allergiques aux arachides a montré qu'après trois années de traitement ils étaient tous guéris de leur allergie », dit-il.

UN TRAITEMENT EN DEMI-TEINTE

Le hic, c'est qu'il est impossible de savoir qui guérira et qui restera allergique à vie. Il faut dire que le système immunitaire est complexe et ne se laisse pas apprivoiser facilement. La désensibilisation est donc loin d'être une science exacte.

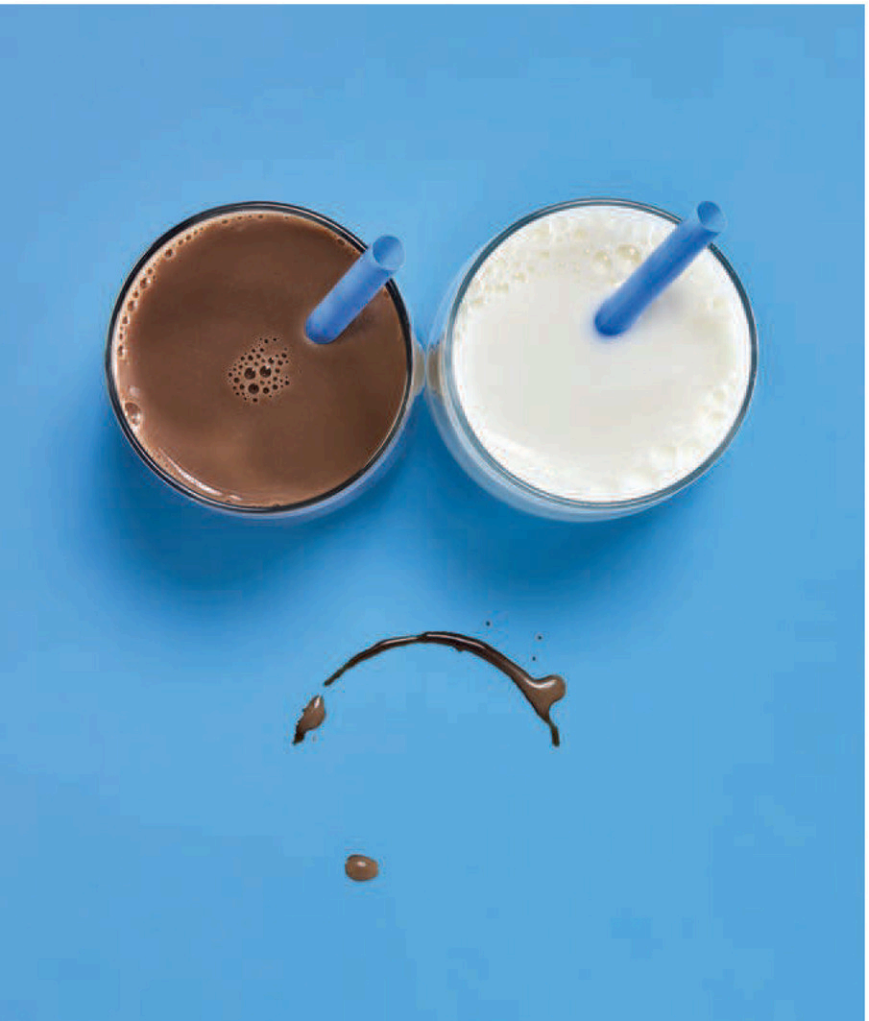
« D'un jour à l'autre, le degré de tolérance à une dose fixe d'allergène change, en fonction de la fatigue, de l'état de santé, de l'exercice physique, des menstruations chez les filles », fait observer Moshe Ben-Shoshan, allergologue et chercheur à l'Institut de recherche du Centre universitaire de santé McGill.

Il pilote depuis 2013 un essai clinique de désensibilisation orale au lait, auquel sont venus s'ajouter les œufs, les arachides et les noix. « C'est loin d'être parfait, admet-il. Souvent, les enfants n'aiment pas ça, ils ont des picotements dans la bouche, des maux de ventre. Et il y a un plus grand risque d'anaphylaxie pendant la désensibilisation. »

Le jeu en vaut-il la chandelle ? Pour Moshe Ben-Shoshan, la réponse n'est pas







toujours claire. « Pour les œufs et le lait, qui sont omniprésents, c'est sûr que ça change la vie. Pour les arachides, je ne sais pas. » Dans les essais cliniques, environ 20 % des patients abandonnent d'ailleurs le traitement en cours de route.

Il n'empêche, la désensibilisation devrait pouvoir être offerte à tous ceux qui le souhaitent, estime de son côté Philippe Bégin. Ce qui est loin d'être le cas. « Quand on a ouvert la CITO, le ministre Gaétan Barrette nous a demandé de nous concentrer sur les cas les plus graves, c'est-à-dire les enfants qui ont plusieurs allergies et dont la qualité de vie est très dégradée. Mais en réalité, il n'y a pas de cas légers : même les gens avec une seule allergie peuvent en mourir. »

Cependant, les cas « simples », par exemple une personne avec une seule allergie ou capable de tolérer des doses importantes de l'aliment sans avoir de réactions, sont plus faciles à prendre en charge : la désensibilisation est plus rapide et mobilise moins de ressources. Pourquoi leur refuserait-on le traitement ? se questionne le Dr Bégin.

Qu'il s'agisse d'un litre de lait ou d'un sac d'arachides, les « médicaments » pour la désensibilisation sont bon marché. « Mais il faut des infirmières disponibles en permanence pour répondre aux familles par téléphone, des visites toutes les deux semaines à l'hôpital… Tout cela représente un coût nouveau pour le système de santé, car les patients allergiques ne coûtent généralement pas grand-chose. Ils sont prudents et se rendent très rarement à l'urgence », souligne l'allergologue.

Ce qui ne les empêche pas de souffrir en silence : anxiété, repli sur soi, intimidation à l'école, troubles alimentaires sont le lot de bien des enfants et adultes allergiques.

La multiplication des cas a au moins un bon côté : cette masse critique de personnes, qui ont désespérément besoin d'options, ne peut plus être ignorée. La CITO a obtenu son financement grâce à une collecte de fonds et une mobilisation des familles. Aux États-Unis, une bonne partie de la recherche dans le domaine est désormais financée par la philanthropie. Et les pharmaceutiques commencent à s'intéresser à ce vaste marché. D'ailleurs, des comprimés (produits par l'entreprise de biotechnologie américaine Aimmune Therapeutics) et des timbres cutanés (DBV Technologies), reposant tous deux sur le principe de l'immunothérapie mais délivrant des doses standardisées d'arachide, pourraient être approuvés aux États-Unis en 2019. « Des millions de gens sont touchés, et c'est très frustrant de ne pas avoir un traitement curatif efficace pour tout le monde. Cela dit, il y a tellement d'efforts de recherche, notamment pour modifier de façon durable l'activation des lymphocytes T à l'aide de biothérapies, que les progrès vont immanquablement finir par arriver », croit Hans Oettgen.

De son côté, Philémon se concentre plutôt sur son casse-tête. Il ne le sait pas, mais il pourra peut-être, l'été prochain, déguster sa première crème glacée sur la plus grande île du Saint-Laurent.

À lire aussi
L'allergie soudaine chez l'adulte
www.quebecscience.qc.ca/sante/allergie-soudaine-adulte
Pourquoi les humains ont-ils des allergies ?
www.quebecscience.qc.ca/sante/pourquoi-humains-ont-allergies

> Soudainement, les familles peuvent recommencer à aller en vacances, sans craindre de manger dans un buffet où il y a des pinottes par exemple.
>
> - Dr Philippe Bégin



PHOTOS : JEAN-FRANÇOIS HAMELIN

Philippe Bégin a mis sur pied la Clinique d'immunothérapie orale du CHU Sainte-Justine grâce à la campagne de financement ByeByeAllergies.



Chaque allergène est pesé au milligramme près. On commence par donner aussi peu que 0,5 mg de l'aliment (1/600e d'arachide par exemple) pour évaluer la tolérance de chaque patient.



Dans le frigo de la clinique CITO se côtoient des allergènes variés, combinés et pesés sur mesure pour chaque patient.

PHOTO : ISABELLE BOISVERT, HÔPITAL SAINTE-JUSTINE

UNE épidémie planétaire

Les allergies alimentaires ont connu une hausse vertigineuse ces dernières décennies. Pourquoi ?

PAR MARINE CORNIOU

Vous avez l'impression que de plus en plus de personnes sont allergiques autour de vous ? Ce n'est pas une illusion. « Le tableau est complètement différent de ce qu'il était il y a 20 ans, alors que les allergies alimentaires étaient plutôt rares. Aujourd'hui, elles concernent la moitié de nos patients allergiques », constate Hans Oettgen, dont le département d'allergologie de l'Hôpital pour enfants de Boston reçoit 30 000 patients par an.

Aux États-Unis, les allergies alimentaires chez les enfants ont en effet augmenté de 50 % entre 1997 et 2011. Selon une étude publiée en novembre 2018 dans *Pediatrics*, près de 8 % des enfants américains ont des allergies alimentaires - et 40 % d'entre eux sont allergiques à plusieurs aliments. Rien qu'entre 2010 et 2016 l'allergie aux arachides a bondi de 21 %, selon l'American College of Allergy and Immunology. La situation est analogue en Europe, en Australie et même en Asie, où les cas commencent à se multiplier.

Au Canada, les chiffres sont plus difficiles à trouver, mais le nombre de personnes à qui l'on a prescrit un auto-injecteur d'épinéphrine a crû de 64 % entre 2006 et 2015. Quant au nombre de Canadiens qui se sont rendus dans une salle des urgences pour une réaction anaphylactique, il a doublé sur cette même période, selon l'Institut canadien d'information sur la santé.

Les estimations de cas, souvent basées sur des sondages par téléphone, sont sujettes à débat, mais de 4 à 8 % des enfants (et de 2 à 5 % des adultes) seraient concernés en Amérique du Nord. Ils sont donc des milliers à vivre dans la crainte de l'ingestion accidentelle d'un fragment d'arachide ou d'un grain de moutarde.

UN MONDE TROP PROPRE ?

Comment expliquer l'explosion des cas ? « Leur augmentation a été trop rapide pour être due à des changements génétiques. L'explication est donc forcément liée à l'environnement », répond le Dr Oettgen.

D'autres types d'allergies ont également connu une hausse au cours du dernier siècle ; les scientifiques parlent de « trois vagues » successives. Dès le début du 20e siècle, le « rhume des foins » a fait larmoyer de plus en plus de personnes dans la population occidentale. Ces allergies saisonnières à divers pollens n'ont cessé de s'accroître en un siècle, touchant aujourd'hui de 20 % à 30 % des adultes.

À la fin des années 1960, l'épidémie d'asthme a pris le relais, atteignant un pic vers 1995-2000, peut-on lire dans l'ouvrage *Tous allergiques ?*, de l'allergologue belge Olivier Michel. « Cette épidémie est due, au moins en partie, à l'allergie aux acariens », note-t-il.

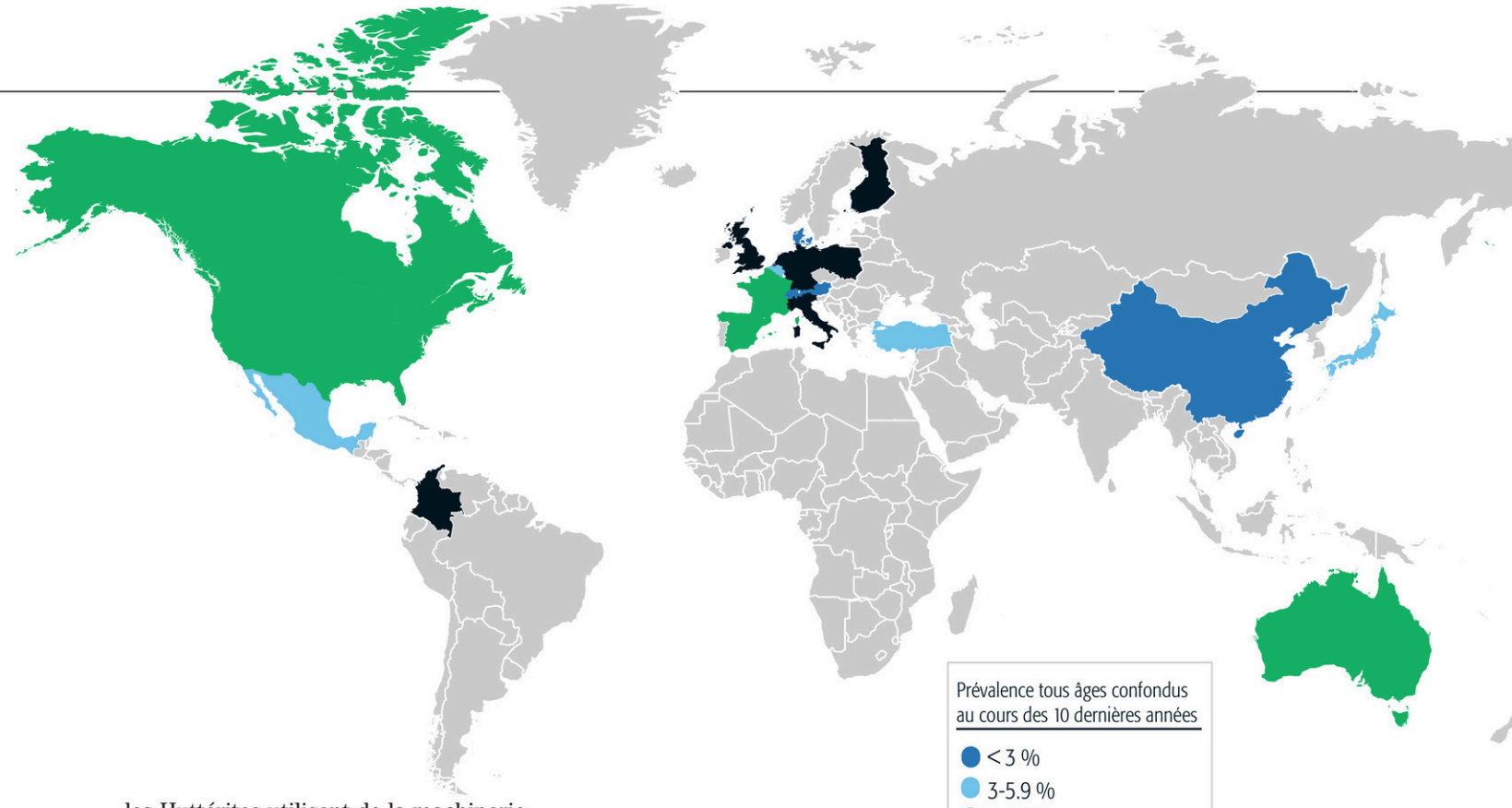
Quant aux allergies alimentaires, elles sont les dernières à avoir pris de l'essor, à partir des années 1990. Selon certains chercheurs, un plateau aurait été atteint au tournant des années 2010.

Chaque fois, ce sont les plus riches, dans les pays industrialisés, qui sont touchés en premier. Autrement dit, ceux qui ont accès à une meilleure hygiène, aux vaccins, aux antibiotiques et à un régime alimentaire occidental.

« Pour ces raisons, l'une des théories les plus solides pour comprendre la hausse des allergies est la théorie de l'hygiène. Nous sommes exposés à moins de microbes dans un environnement trop propre. Résultat, notre système immunitaire n'est pas aussi bien entraîné qu'avant et il se trompe en réagissant contre les allergènes », indique Hamida Hammad, chercheuse à l'Université de Gand, en Belgique, qui étudie justement cette hypothèse chez la souris.

En 2016, une étude parue dans le *New England Journal of Medicine* a montré que les enfants des Amish, une communauté religieuse des États-Unis au mode de vie ancestral, ne sont quasiment pas asthmatiques, contrairement aux jeunes Huttérites, dont les familles sont pourtant elles aussi installées sur des terres agricoles. La différence ? Alors que

ILLUSTRATION : SHUTTERSTOCK



ADAPTÉ DE FOOD ALLERGY, H. RENZ ET AL, 2018, *NATURE REVIEWS*

les Huttérites utilisent de la machinerie moderne, les Amish vivent au contact du bétail et respirent donc des poussières de ferme plus chargées en microbes.

Ces derniers auraient également un rôle protecteur contre les allergies alimentaires. Ainsi, divers travaux récents démontrent que l'ensemble des microorganismes présents dans l'intestin participe aussi à l'éducation du système immunitaire. « Le lien entre microbiote intestinal et allergies alimentaires est très clair chez les modèles animaux, et les données s'accumulent chez l'humain », souligne le Dr Oettgen.

Par exemple, une vaste étude suédoise publiée en octobre 2018 et menée auprès d'un million d'enfants suivis pendant 13 ans a révélé que le fait de naître par césarienne augmentait de 18 % le risque d'allergies alimentaires. Chez ces nouveau-nés non exposés au microbiote vaginal de leur mère, le développement du système immunitaire est altéré.

D'autres facteurs comme la pollution, le déficit en vitamine D et l'exposition aux pesticides pourraient contribuer à ce dérèglement immunitaire qui semble se généraliser. Si la tendance se maintient, 50 % de la population mondiale pourrait présenter une allergie respiratoire, alimentaire ou autre d'ici 2050, selon l'Organisation mondiale de la santé.

À QUOI PEUT-ON ÊTRE ALLERGIQUE ?

En théorie, n'importe quel aliment peut déclencher une sensibilisation de type allergique, bien que certains aient un potentiel allergène particulièrement élevé. Ainsi, une dizaine d'allergènes sont responsables de 90 % des cas d'allergies alimentaires : œufs, arachides, lait (les trois plus fréquents chez l'enfant), moutarde, fruits de mer et poissons, sésame, soya, noix en tout genre et blé. Quant aux noix et arachides, elles causent à elles seules environ 90 % des décès par anaphylaxie.

Cela dit, plus de 170 aliments ont été associés à des allergies, et la littérature scientifique regorge d'études de cas portant sur une allergie alimentaire rare, des graines de chia aux baies de goji en passant par la méduse, les pois chiches, les aubergines, les champignons, le miel et même le cannabis.

En réalité, seules quelques protéines, dans un grain de pollen ou un aliment, ont un potentiel allergène du fait de leur structure, de leur composition, de leur résistance à la chaleur et à la digestion. Par exemple, l'arachide contient 32 sortes de protéines, dont au moins 18 sont allergisantes.

La fréquence des allergies dépend aussi des habitudes de consommation. Ainsi, l'allergie au riz est particulièrement courante au Japon, l'allergie au poisson l'est en Espagne, les allergies aux fruits se rencontrent souvent en Italie… et l'allergie aux escargots en France !

Parmi les allergies inusitées récemment décrites, notons une anaphylaxie chez un Américain qui avait bu de l'eau pétillante (les sulfites ont déclenché le choc). Ou encore ce cas d'un enfant de 13 ans, en Suède, déjà allergique au poulet et qui a découvert de façon violente la viande de crocodile dans un restaurant exotique… Ou cette femme de 52 ans qui a failli mourir après l'ingestion de quatre framboises au cours d'une randonnée dans les Alpes.

ÉTS
Le génie pour l'industrie

ÉCOLE DE TECHNOLOGIE SUPÉRIEURE
Université du Québec

PORTES OUVERTES

1100, rue Notre-Dame O., Montréal

DIMANCHE 27 JANVIER

de 10 h à 16 h

FAITES VOTRE DEMANDE D'ADMISSION GRATUITE SUR PLACE
Courez la chance de gagner une bourse de 2500 $*

*Certaines conditions s'appliquent | portesouvertes.etsmtl.ca





BOURSE FERNAND-SEGUIN 2019

PRÉSENTÉE PAR ACS Association des communicateurs scientifiques du Québec | RADIO-CANADA

Pour la relève en journalisme scientifique

1er prix d'une valeur de
17 000 $
et des stages au Québec et en France

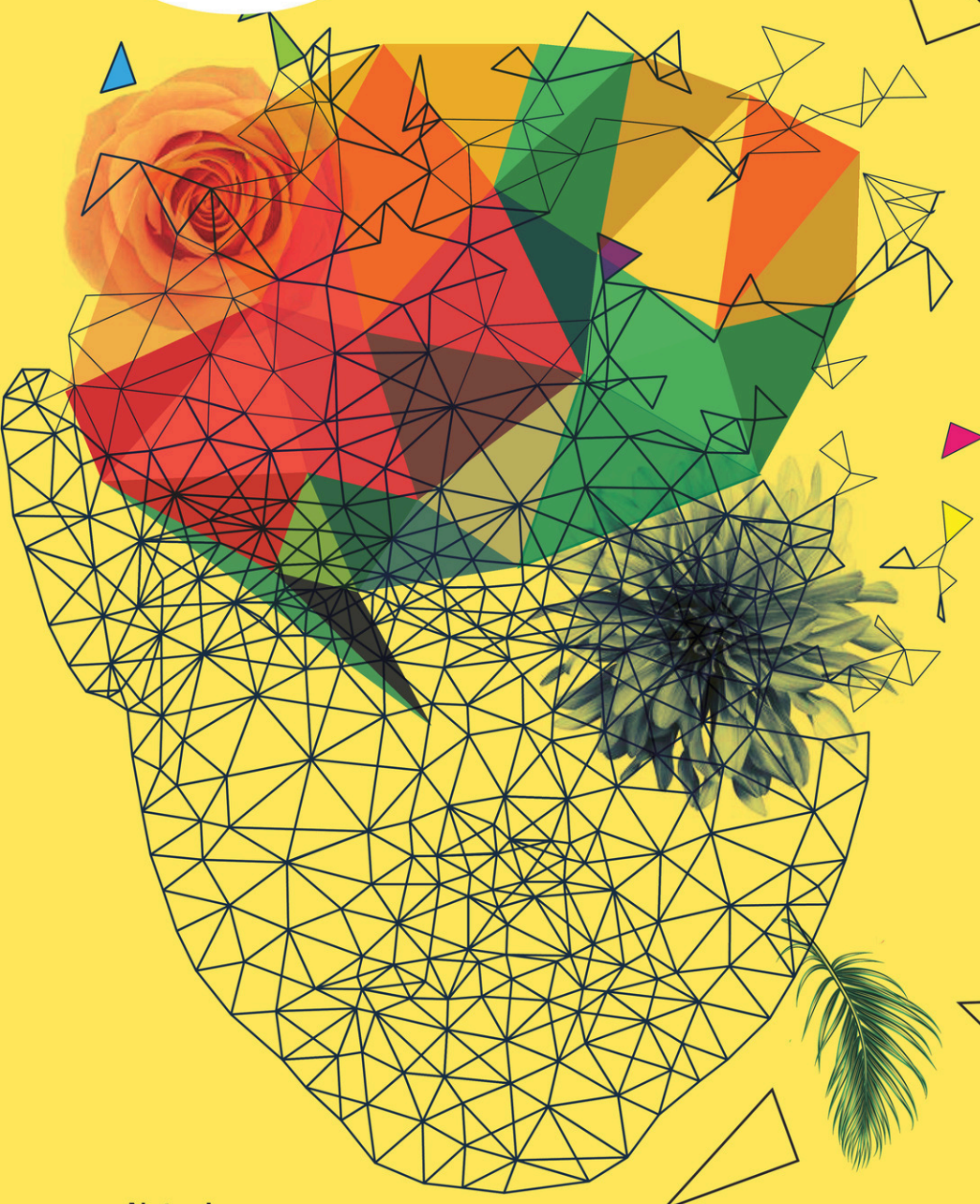
2e prix d'une valeur de
8 000 $
et des stages au Québec

MERCK · Ambassade de France au Québec · LA PRESSE+ · Desjardins · Québec · QUÉBEC SCIENCE · CURIUM · Oiseaux · Nature sauvage · crelp · Agence Science-Presse · DÉBROUILLARDS · Association francophone pour le savoir

Date limite pour déposer une candidature : 8 mars 2019
Critères et règlements : acs.qc.ca

LES 10 DÉCOUVERTES DE L'ANNÉE

26e ÉDITION



Chaque année, les chercheurs québécois signent environ 16 000 articles* scientifiques. Bon nombre de ces études font les manchettes ou se taillent une place dans votre fil d'actualité Facebook. Mais lesquelles se distinguent véritablement du lot, tant par leurs résultats que par leur méthodologie ? C'est ce qu'a tenté de déterminer notre jury qui, après de longues délibérations, a sélectionné les 10 découvertes québécoises les plus renversantes de 2018. Un palmarès qui rend hommage à l'ingéniosité, l'intelligence et la curiosité insatiable des chercheurs d'ici.

Quels sont nos critères ? Chaque découverte doit avoir été publiée dans une revue savante et fait l'objet d'un processus de révision par les pairs entre le 1er octobre 2017 et le 31 octobre 2018. Il doit s'agir d'une percée ou d'une avancée majeure dans un domaine de la recherche fondamentale ou appliquée. Enfin, la découverte doit nous éblouir, tout simplement.

* Données comptabilisées depuis 2015 à partir des publications indexées dans le Web of Science, selon l'Observatoire des sciences et des technologies.

Votez pour la découverte qui vous inspire le plus. Il y a un grand prix à gagner ! Détails à la page 68.

Notre jury

Philippe Archambault, de Université Laval ; Robert Lamontagne, du Centre de recherche en astrophysique du Québec ; Isabelle Marcotte, 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 ; Sophie-Andrée Blondin, animatrice des *Années lumière* à ICI Radio-Canada Première ; et l'équipe de *Québec Science* : Marine Corniou, Mélissa Guillemette, Marie Lambert-Chan et Joël Leblanc.

Un dossier coordonné par Joël Leblanc.

OCÉANOGRAPHIE PHYSIQUE

Aux avant-postes de la banquise

UNE ÉQUIPE DE CHERCHEURS DE RIMOUSKI S'EST TOURNÉE VERS LE TRADITIONNEL CANOT À GLACE POUR MESURER LA FORCE DES VAGUES SUR LA BANQUISE. À LEUR GRANDE SURPRISE, ELLE EST COLOSSALE.

Par Maxime Bilodeau

La baie du Ha ! Ha !, près de Rimouski, occupe une place de choix dans le palmarès des plus beaux laboratoires du monde, parole de Dany Dumont. En plein cœur du parc national du Bic, ceinturée de petits monts escarpés, elle a accueilli le chercheur en océanographie physique venu étudier la dynamique de la banquise durant trois hivers. Le but du scientifique : mieux comprendre comment l'énergie potentielle contenue dans les vagues se dissipe dans les glaces en eau libre, ce qui n'avait jamais été fait auparavant.

Mais la couverture de glace est fragile et ne se laisse pas analyser facilement. Il faut se rendre dessus pour déployer les outils de mesure, mais sans l'abîmer. C'est à l'aide d'une embarcation d'une autre époque que le professeur de l'Institut des sciences de la mer de Rimouski y est parvenu : un canot à glace dont les bancs ont été retirés pour laisser place aux instruments de mesure, comme des accéléromètres, des sondes et un bon vieux mètre.

« Notre expérience demandait de mesurer les vagues au moment où elles percutent la banquise. La glace emprisonnée dans la baie du Ha ! Ha ! est assez stable pour qu'on s'y promène et qu'on approche de la zone critique d'atténuation des ondes, à moins de 100 m de la limite entre la glace et la mer », explique le chercheur, aussi affilié à l'Université du Québec à Rimouski. Autre outil indispensable : une caméra installée sur le pic Champlain, le point le plus élevé du parc national du Bic voisin, a recueilli les images de la banquise en mouvement et des vagues qui se forment dans l'estuaire du Saint-Laurent. Des bouées stratégiquement disséminées au large ont par ailleurs capté la force des vagues.

Le recours à un canot à glace est sans contredit l'aspect le plus original de ces travaux. Sans cette embarcation bien ancrée dans le patrimoine québécois, il aurait été carrément impossible de les mener, soutient le scientifique. « Noliser un brise-glace de recherche était impensable ; il en coûte environ 60 000 $ par jour pour l'*Amundsen* de la Garde côtière canadienne ! De plus, comme son nom l'indique, il brise les glaces… », fait-il valoir. Même constat pour le bateau pneumatique (pas fiable), la motoneige (dangereuse) ou l'hélicoptère (complexe) : le canot à glace s'imposait à tous coups. « À ma connaissance, nous sommes les seuls au monde à l'utiliser pour la recherche », souligne Dany Dumont.

Les canotiers-chercheurs ont ainsi pu mesurer la force imposée par les vagues à la banquise à l'occasion de trois épisodes distincts répartis sur deux hivers, en 2016 et 2017. À leur grande surprise, cette force est beaucoup plus importante que celles infligées par les vents et par les courants marins et contribue de manière marquée

PHOTOS : DANY DUMONT

à l'augmentation de l'épaisseur de la banquise. « C'est un peu comme pour une boule de billard : quand elle en cogne une autre, elle lui transmet son énergie. Dans le cas des vagues, on parle de compression et d'empilement de morceaux de glace flottante », illustre-t-il. D'autres mesures réalisées au courant de l'hiver 2018 ont confirmé leurs observations initiales.

Ces résultats, parus en août dernier dans le *Journal of Physical Oceanography*, ont le potentiel d'améliorer les modèles numériques de prévision du couvert de glace en Arctique et en Antarctique. La navigation maritime sur les océans polaires pourrait être facilitée d'ici les prochaines années, estime Dany Dumont. « À l'heure actuelle, les navigateurs rencontrent parfois de la glace là où les prévisions du Service canadien des glaces et d'Environnement Canada n'en indiquaient pas nécessairement. Nous pensons que cela est dû à l'effet des vagues, qui était jusqu'ici insoupçonné », avance celui qui en transpire un coup pour faire avancer la science. Son secret pour tenir le rythme ? « Quand le cœur pompe trop, j'annonce une pause science ! » rigole-t-il.

///

Ont aussi participé à la découverte : Peter Sutherland, de l'Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer.



Le chercheur Dany Dumont (en haut à gauche) a passé deux hivers à mesurer la force imposée par les vagues à la banquise dans la baie du Ha ! Ha !, en compagnie du scientifique Peter Sutherland.

NEUROSCIENCES

Quand le stress ouvre la porte à la dépression

POURQUOI STRESS CHRONIQUE ET DÉPRESSION VONT-ILS SOUVENT DE PAIR ? LA COUPABLE EST LA PERTE D'ÉTANCHÉITÉ DE LA BARRIÈRE PROTECTRICE DU CERVEAU.

Par Martine Letarte



PHOTO : LOUISE BILODEAU

Caroline Ménard dans son laboratoire à l'Université Laval

Imaginez l'expérience : de petites souris noires sont placées dans une cage où on les laisse se faire intimider par une grosse souris blanche agressive pendant quelques minutes chaque jour. Le reste de la journée, l'intimidatrice est tenue à l'écart grâce à un séparateur transparent, mais les autres rongeurs continuent de la voir et de la sentir. Rien pour faire diminuer le stress. Et le tout dure 10 jours, période suffisamment longue pour engendrer un stress chronique chez la souris. Pas toujours reposante, la science.

C'est par cette expérience un peu cruelle que l'équipe de Caroline Ménard, chercheuse en neurosciences à l'Université Laval, a découvert le mécanisme cérébral qui explique pourquoi des souris soumises à un stress finissent par manifester des symptômes dépressifs. Et tout indique que ce phénomène s'appliquerait à l'humain.

Notre cerveau renferme un dispositif de protection redoutable : la barrière hématoencéphalique (BHE). Son rôle est d'empêcher la majorité des molécules et des microorganismes présents dans le sang d'atteindre le cerveau, en laissant quand même passer l'oxygène et les nutriments. Or, chez des souris exposées au stress, cette barrière perd de son efficacité et permet aux molécules pro-inflammatoires, qui favorisent l'apparition de symptômes dépressifs, de se rendre au cerveau.

Après l'expérience, différents examens du cerveau des souris ont révélé chez la majorité d'entre elles une porosité plus élevée de leur barrière hématoencéphalique. La quantité de claudine-5, l'une des protéines les plus importantes pour assurer l'étanchéité de la BHE, avait aussi diminué de moitié chez les rongeurs devenus stressés.

Et à la suite de l'épisode de la cage, des symptômes dépressifs ont été observés. Comment sait-on qu'une souris est dépressive ? « On le mesure par différents tests, répond Caroline Ménard. Comme celui du bécher d'eau. Quand on les y plonge, normalement les souris se débattent pour en sortir, mais les bêtes déprimées abandonnent et se laissent flotter. »

Pour voir si ces résultats étaient applicables à l'humain, l'équipe a analysé des tissus cérébraux provenant de banques de cerveaux. Près des deux tiers des 63 organes étudiés avaient été prélevés chez des gens qui s'étaient enlevé la vie. Ces derniers présentaient un niveau de claudine-5 50 % plus bas.

Alors que la dépression touche plus de 300 millions d'individus dans le monde et qu'elle est la principale cause d'invalidité, cette découverte publiée dans *Nature Neuroscience* en novembre 2017 pourrait améliorer le diagnostic de la maladie et le suivi des personnes dépressives, chez qui on pourrait alors surveiller l'étanchéité de la BHE.

« On pourrait aussi concevoir de nouveaux antidépresseurs pour rendre cette barrière plus étanche, dit Caroline Ménard. Actuellement, de 30 % à 50 % des gens dépressifs répondent peu ou pas à la prise d'antidépresseurs. » La chercheuse souhaite également mieux comprendre les raisons biologiques de la résistance au stress chez les souris dont la BHE est restée intacte durant l'expérience.

Caroline Ménard, dont le laboratoire regroupe six femmes de différents pays, compte en outre appliquer le concept de diversité chez les souris. « La dépression est deux fois plus fréquente chez les femmes et leurs symptômes sont différents, mais les tests précliniques sont généralement faits sur des souris mâles pour éviter d'avoir à se soucier du cycle hormonal, signale-t-elle. Intégrer des souris femelles pourrait aider à mettre au point de meilleurs traitements contre la dépression. »

///

Ont aussi participé à la découverte : Benoît Labonté (Université Laval), Gustavo Turecki (Université McGill) et des chercheurs de l'Icahn School of Medicine at Mount Sinai (New York) et du Trinity College (Dublin).

PHOTO : GEORGIA HODES ET CAROLINE MÉNARD



Les deux races de souris utilisées pour étudier l'effet du stress chronique

Au commencement, il y avait... DES ÉLECTRONS

LA DÉCOUVERTE DE MOLÉCULES COMPLEXES DANS UN ENVIRONNEMENT REPRODUISANT L'HOSTILITÉ DE L'ESPACE DONNE DES PISTES SUR LA FAÇON DONT LA VIE POURRAIT AVOIR ÉMERGÉ SUR TERRE.

Par Maxime Bilodeau

Qui a dit que radiothérapie et astrobiologie n'avaient rien à voir ? Sûrement pas Léon Sanche. Depuis plus de 40 ans, ce chercheur de l'Université de Sherbrooke se consacre à l'étude des électrons secondaires, qui sont produits en très grand nombre lors de rayonnements ionisants – comme ces rayons qu'on utilise en radiothérapie pour détruire les cellules cancéreuses. Ce n'est que récemment que les applications de ses travaux dans la quête des origines de la vie lui ont sauté aux yeux.

Lorsque des rayons ionisants (par exemple des rayons X) atteignent une molécule, ils lui arrachent un ou plusieurs électrons, ce qui la rend instable ; et les électrons éjectés partent en tous sens et peuvent à leur tour interagir avec d'autres molécules. Les travaux de Léon Sanche, qui est titulaire de la Chaire de recherche du Canada en science des radiations, lui ont notamment permis de quantifier les dommages causés à l'ADN de cellules cancéreuses par ces électrons secondaires de basse énergie – moins de 30 électronvolts comparativement à des millions pour des électrons primaires.

Le physicien et son équipe ont démontré que de tels électrons de basse énergie peuvent, dans certaines conditions – environnement cryogénique, près du zéro absolu (-273,15 °C) – créer des molécules propices à l'apparition de la vie (ou prébiotiques). Pour ce faire, ils ont suivi un raisonnement inverse à celui appliqué aux recherches sur la radiothérapie. « Nous sommes partis de molécules très simples relativement communes dans l'espace, comme le méthane, l'ammoniac et le dioxyde de carbone. Puis, nous les avons irradiées d'électrons secondaires à des doses semblables à celles du rayonnement cosmique émis par le Soleil », explique Léon Sanche. Au lieu d'utiliser les électrons pour détruire de grosses molécules, on force des petites à s'associer pour former des composés plus gros.

L'expérience a impliqué de bombarder des grains gelés de molécules simples à l'aide d'électrons secondaires dans une enceinte à hypervide, qui permet d'atteindre une très basse pression analogue à celle qu'il y a dans l'espace. Le but : déclencher des réactions chimiques à la surface des solides de glace et analyser les nouvelles molécules ainsi constituées. À sa grande surprise, Léon Sanche a découvert des molécules complexes, apparentées à celles qu'on trouve dans les systèmes vivants. Comme la glycine, un acide aminé nécessaire à la structure des protéines et qui a déjà été repéré sur des météorites et satellites de notre système solaire.

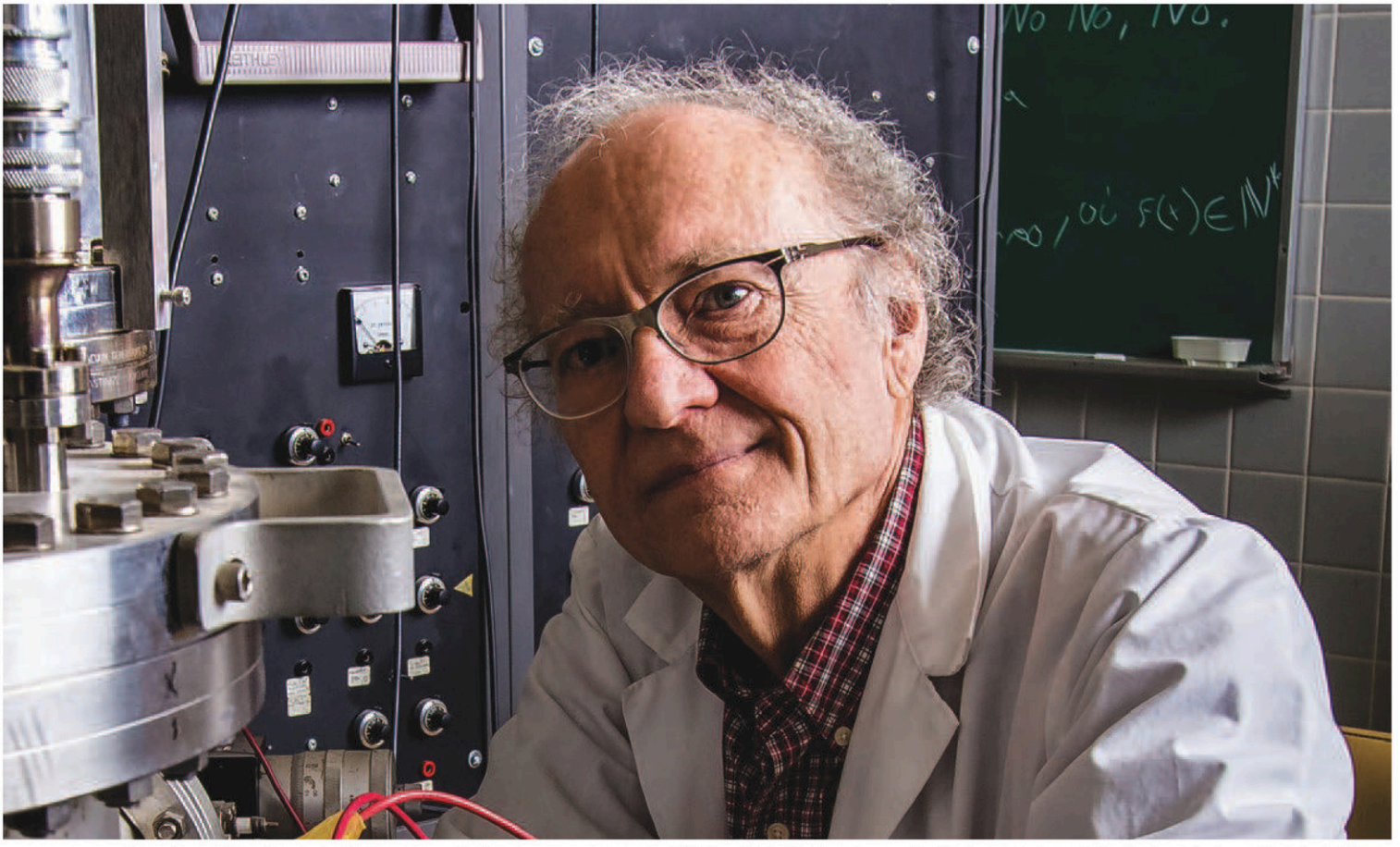
« Pour être honnête, je ne pensais pas que l'expérience irait jusqu'à produire un acide aminé. Nous ignorons pour l'instant quelle est la nature de la réaction qui a permis cet exploit. Tout ce que nous savons, c'est que les électrons de basse énergie sont capables de former des molécules prébiotiques, ce qui n'avait jamais été vu auparavant », souligne celui qui a publié ses résultats dans *The Journal of Chemical Physics*.

Prochaine étape : mettre au jour d'autres molécules de vie dans des conditions semblables, tels les sucres et les groupements phosphates de l'ADN. « Si nous les observons, nous y serons : nous aurons en quelque sorte le début de l'équation, le commencement qui permettra ensuite de concevoir l'apparition de la vie sur Terre », pense le chercheur.

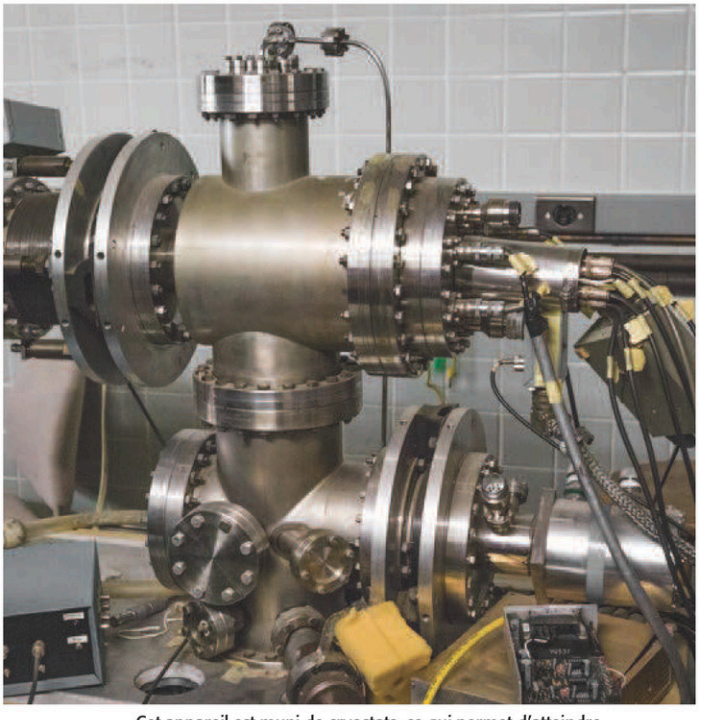
///

Ont aussi participé à la découverte : Sasan Esmaili, Andrew Bass, Pierre Cloutier et Michael Huels, de l'Université de Sherbrooke.

PHOTOS : OLIVIER SANCHE



Le professeur Léon Sanche à côté d'un appareil unique en son genre conçu à l'Université de Sherbrooke pour étudier le comportement des électrons de basse énergie. Le laboratoire de M. Sanche comprend neuf autres machines similaires.



Cet appareil est muni de cryostats, ce qui permet d'atteindre des températures semblables à celles qui règnent dans l'espace interstellaire.



L'analyse de certains dommages induits par les électrons de basse énergie dans trois échantillons d'ADN.

L'UQAR parmi les meilleures universités au Canada en recherche

Bravo au professeur en océanographie physique à l'UQAR-ISMER **Dany Dumont** pour sa nomination aux 10 Découvertes de l'année.

Année après année, les chercheuses et chercheurs de l'UQAR s'illustrent parmi les meilleurs au pays et la qualité de leurs travaux est reconnue à l'échelle nationale et internationale. Cette constance de l'UQAR illustre que l'excellence en recherche n'a pas d'adresse.

Pour une huitième année consécutive, l'Université du Québec à Rimouski est la seule université québécoise offrant majoritairement des programmes de premier cycle à faire partie du top 5 des universités de l'année selon la firme indépendante RE$EARCH Infosource Inc.

TOP 5 des universités en recherche au Canada depuis 2011

UQAR



Photo : Peter Sutherland et l'équipe BicWin

UQAR

INRS
UNIVERSITÉ DE RECHERCHE

1re université au Québec en intensité de recherche



Photo : Christian Fleury

L'INRS se classe en tête des universités québécoises et au troisième rang canadien pour son financement par professeur.

Félicitations à nos professeur(e)s, à nos étudiant(e)s de maîtrise et de doctorat ainsi qu'à nos équipes qui innovent par la recherche et forment les leaders scientifiques de demain.

Source : *Canada's Top 50 Research Universities 2018 - Research Infosource*

INRS.CA

GÉNIE MÉCANIQUE

Un capteur qui s'étend comme du dentifrice

IMPRIMÉ SUR UN CHANDAIL, CE CAPTEUR DE MOUVEMENTS NE REQUIERT NI PILE NI ASSEMBLAGE POUR SUIVRE LE RYTHME DE NOTRE RESPIRATION.

Par Etienne Plamondon Emond

Teeshirts, maillots et sous-vêtements qui enregistrent le rythme cardiaque, la respiration, la position de celui ou celle qui les portent ; la tendance est aux vêtements intelligents. Mais ils viennent avec un « accessoire » : une encombrante pile qu'il faut recharger régulièrement. Ils pourraient toutefois s'en départir bientôt grâce à un capteur de mouvements qui se passe de source d'énergie extérieure, mis au point dans les laboratoires de Polytechnique Montréal.

Pour relever ce pari, l'équipe de recherche a eu recours à un matériau piézoélectrique, c'est-à-dire qui a la propriété de produire de l'énergie électrique lorsqu'il est déformé. Depuis plusieurs années, le laboratoire de Daniel Therriault, au Département de génie mécanique de Polytechnique Montréal, s'emploie à adapter ce genre de matériaux aux procédés d'impression 3D. C'est le cas du polymère constitué de nanoparticules de céramique qui a été utilisé dans cette percée.

Mais pour capter et faire passer le courant électrique créé par le matériau piézoélectrique, des électrodes devaient être assemblées de part et d'autre. Afin de réduire le nombre d'étapes de fabrication, les chercheurs se sont tournés vers une pâte composée de nanoparticules d'argent qui présentait les propriétés conductrices voulues pour jouer le rôle d'électrode.

Il restait à faire sortir les deux composants de l'imprimante 3D en un seul morceau, sans les mélanger ! « On s'est inspirés des tubes de dentifrice », explique Daniel Therriault. Plus précisément, de ces tubes qui expulsent une pâte dont les rayures de couleur ne s'entrecroisent pas. Pour arriver au même effet, les chercheurs ont d'abord appliqué deux traits de pâte conductrice sur les parois internes du réservoir de l'imprimante 3D. Ils ont ensuite rempli le réservoir avec la pâte composite contenant le polymère piézoélectrique. « Le grand défi était de trouver la bonne viscosité pour qu'ils sortent ensemble au même moment », souligne la jeune chercheuse Sampada Bodkhe, dont le capteur constitue l'aboutissement de travaux de doctorat.

Après de multiples essais et erreurs, elle a obtenu le résultat espéré : un mince filament imprimé avec deux couleurs bien distinctes, capable d'envoyer par lui-même un signal électrique à la moindre inflexion. Cette avancée a fait l'objet d'une demande de brevet et d'un article dans la revue *Advanced Engineering Materials*, publié en juillet 2018.

« C'est quelque chose qui pourrait être utile à court et moyen terme », juge Daniel Therriault. Pour le prouver, les chercheurs l'ont imprimé sur une genouillère portée par un cycliste sur un vélo stationnaire. Les ondulations du voltage émis par le capteur suivaient, à quelques détails près, le mouvement du genou, filmé simultanément par caméra. Pour vérifier la sensibilité de la technologie, l'équipe l'a aussi imprimé sur un chandail à la hauteur du thorax. Les variations dans la fréquence et l'amplitude du voltage enregistré permettaient de déterminer si les respirations du porteur étaient courtes et superficielles ou lentes et profondes. Pour ces expériences, les capteurs étaient branchés directement à un système d'acquisition de données, mais ils pourraient éventuellement s'intégrer à un système sans fil.

L'équipe de Daniel Therriault travaille actuellement à insérer le capteur dans le caoutchouc d'une semelle de chaussure afin de dénombrer les pas de son utilisateur. Et au-delà des vêtements, le milieu de l'aérospatiale pourrait à long terme bénéficier de la trouvaille. Un drone, voire un avion, serait à même de détecter, à l'aide de capteurs légers intégrés à sa structure, des perturbations dans les conditions de vol ou des dommages sur la structure pour prévenir des accidents.

Voilà un « dentifrice » qu'on ne voudra certainement pas remettre dans son tube !

///

Ont aussi participé à la découverte: Frederick P. Gosselin et Clara Noonan (Polytechnique Montréal).

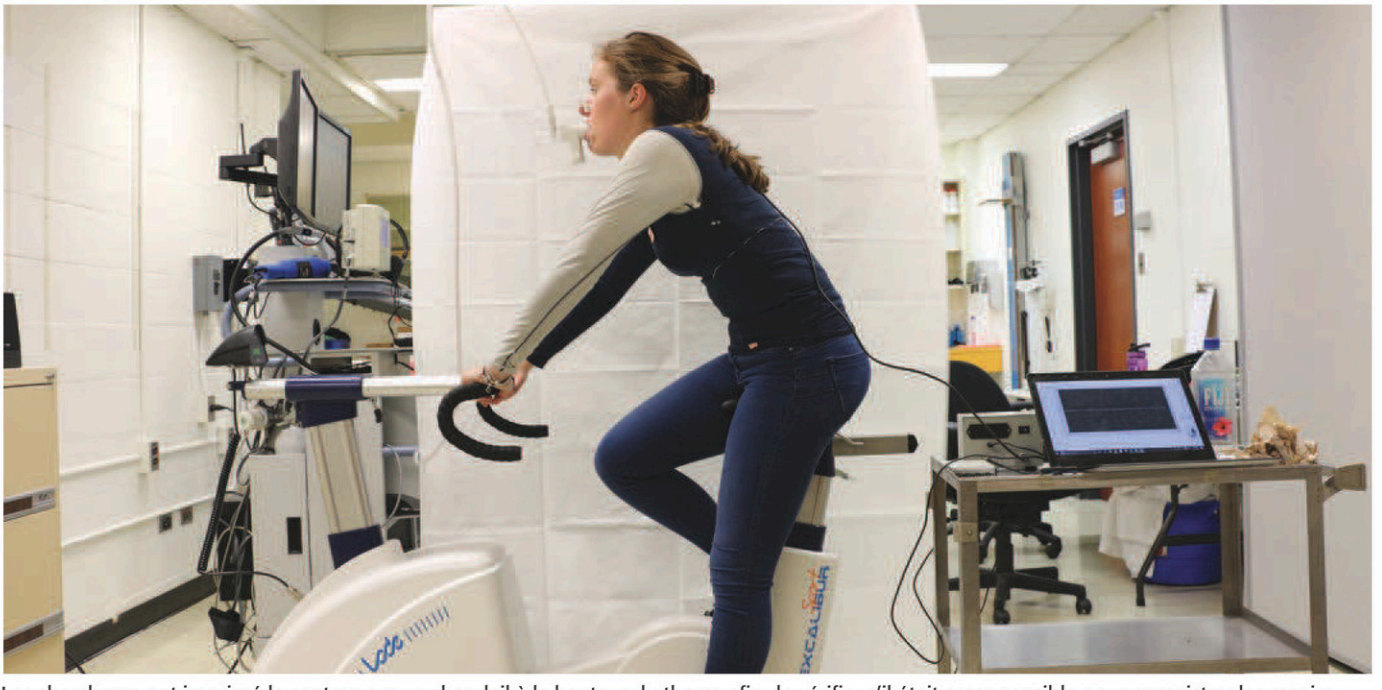
PHOTOS : SAMPADA BODKHE; HONGQIUWE



Le capteur est l'aboutissement des travaux de doctorat de Sampada Bodkhe.



Prise de vue microscopique de la pâte composite contenant le polymère piézoélectrique.



Les chercheurs ont imprimé le capteur sur un chandail à la hauteur du thorax afin de vérifier s'il était assez sensible pour enregistrer les respirations du porteur. Le test s'est révélé concluant.

FORESTERIE

Les hauts et les bas de la forêt boréale

VASTE, MAJESTUEUSE, PRODUCTIVE : LA FORÊT BORÉALE EST UN JOYAU DU QUÉBEC. UNE ÉTUDE BROSSE UN TABLEAU PRÉCIS DE SON AVENIR À L'HEURE DU RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE. CE QU'ON Y LIT A DE QUOI NOUS RÉJOUIR… ET NOUS INQUIÉTER.

Par Laurie Noreau

Les changements climatiques nous font craindre le pire, mais certaines régions du globe pourraient s'en tirer à bon compte. « Dans le nord du Québec, la saison de croissance des arbres est très courte. Si elle commence quelques semaines plus tôt à cause d'une augmentation de la température de deux degrés Celsius, on prédit que ce sera bénéfique pour la productivité de la forêt », soutient le chercheur Loïc D'Orangeville. En l'absence d'autres perturbations, cette productivité pourrait carrément augmenter de 13 %. Du même coup, cela devrait contrebalancer la situation plus au sud, où les végétaux de la forêt boréale risquent de souffrir grandement du manque d'eau, malgré un allongement de la période de croissance pour eux aussi.

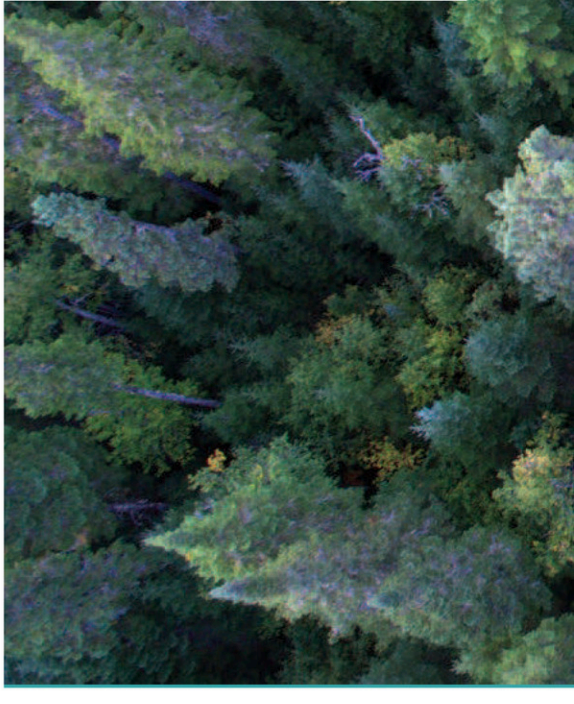
Mais il faut demeurer sous le seuil des deux degrés, prévient le biologiste. Au-delà, tout risque de basculer. « Ce ne sera vraiment pas une bonne nouvelle pour notre forêt boréale si l'on dépasse ce seuil. Dans nos simulations, on remarque que la ligne entre la zone qui est en déclin au sud et celle qui est favorisée au nord monte vers le nord à mesure que la température se réchauffe », explique le chercheur, qui a publié ces conclusions dans *Nature Communications* alors qu'il terminait son postdoctorat à l'Université du Québec à Montréal. Ainsi, si le réchauffement atteint trois degrés Celsius, les arbres situés au nord ne seront plus assez nombreux pour compenser les pertes subies au sud.

Si Loïc D'Orangeville a réussi à brosser un tableau aussi précis de l'avenir de la forêt boréale, c'est qu'il a pu bénéficier d'une base de données colossale : 270 000 échantillons d'arbres recueillis sans interruption depuis 40 ans par le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs. Ces milliers de spécimens sont les témoins privilégiés de la façon dont les températures, les précipitations et les sécheresses des dernières décennies ont influé sur la croissance de nos principales essences boréales.



Le biologiste Loïc D'Orangeville a brossé un tableau précis de l'avenir de la forêt boréale québécoise.





PHOTOS : UNIVERSITÉ DU NOUVEAU-BRUNSWICK ; CHARLES MASSICOTTE

À partir de ces carottes prélevées dans les troncs des arbres, il a pu observer leurs cernes de croissance et associer les variations de croissance aux fluctuations climatiques des 40 dernières années. « Nous avons désigné les conditions climatiques idéales pour la croissance de six espèces d'arbres », dit celui qui est aujourd'hui professeur à l'Université du Nouveau-Brunswick et chercheur au Centre d'étude de la forêt.

Constat : tous les arbres ne sont pas égaux face aux changements climatiques annoncés. Cette analyse du passé révèle que certaines essences, comme l'épinette blanche, sont très sensibles aux variations de température, alors que les changements dans les précipitations ont peu d'effets sur elles. À l'opposé, l'épinette noire est extrêmement vulnérable, qu'on fasse osciller le thermomètre ou le régime de précipitations.

« Cela permet de déterminer la sensibilité de chacune des essences aux variations de la température ou des précipitations. À partir des modèles climatiques, on peut savoir si une espèce connaîtra une hausse ou une baisse de sa croissance et dans quelles proportions », mentionne Loïc D'Orangeville. Des données cruciales qui ne sont pourtant pas prises en considération dans les mesures d'aménagement des forêts à l'heure actuelle. Le chercheur souhaite combler ce vide en créant un « guide de survie » pour les forêts, ce qui ouvrirait la porte à de meilleures prévisions de la production de bois.

L'incertitude reste toutefois le plus grand défi, car elle implique de prédire un bouleversement climatique pour une culture qui sera récoltée dans 50 ans ! Ce n'est assurément pas dans une boule de cristal qu'on trouvera la réponse.

///

Ont aussi participé à la découverte : Louis Duchesne et Daniel Houle, du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (M. Houle fait également partie du consortium Ouranos), Richard P. Phillips (Université de l'Indiana), Yves Bergeron (Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue) et Daniel Kneeshaw (Université du Québec à Montréal).



MÉDECINE

Traquer les cancers silencieux

ENSEMBLE, LES CANCERS DE L'UTÉRUS ET DE L'OVAIRE SONT LES TROISIÈMES POUR CE QUI EST DE L'INCIDENCE ET DE LA MORTALITÉ CHEZ LES FEMMES. ENCORE AUJOURD'HUI, ILS SONT DIFFICILES À DÉPISTER AVANT QU'IL SOIT TROP TARD… MAIS LES CHOSES POURRAIENT BIENTÔT CHANGER.

Par Renaud Manuguerra-Gagné

Lorsqu'on demande à Lucy Gilbert son avis sur le traitement actuel des cancers de l'utérus et de l'ovaire, la directrice du service de gynécologie oncologique du Centre universitaire de santé McGill (CUSM) est catégorique : « C'est inacceptable qu'en 2018 nous ayons le même taux de guérison qu'il y a 25 ans ! Très peu de secteurs ont aussi peu évolué. »

Sa réaction n'a rien d'étonnant. À l'heure actuelle, il n'existe aucun test de dépistage fiable pour ces cancers chez les femmes qui n'en présentent pas les symptômes. Et même lorsque ces symptômes apparaissent, ils demeurent vagues et facilitent peu le diagnostic. « Ce sont des problèmes digestifs ou urinaires, pas gynécologiques, poursuit la médecin. Le temps que la patiente soit redirigée en gynécologie, le cancer a le temps de se développer. »

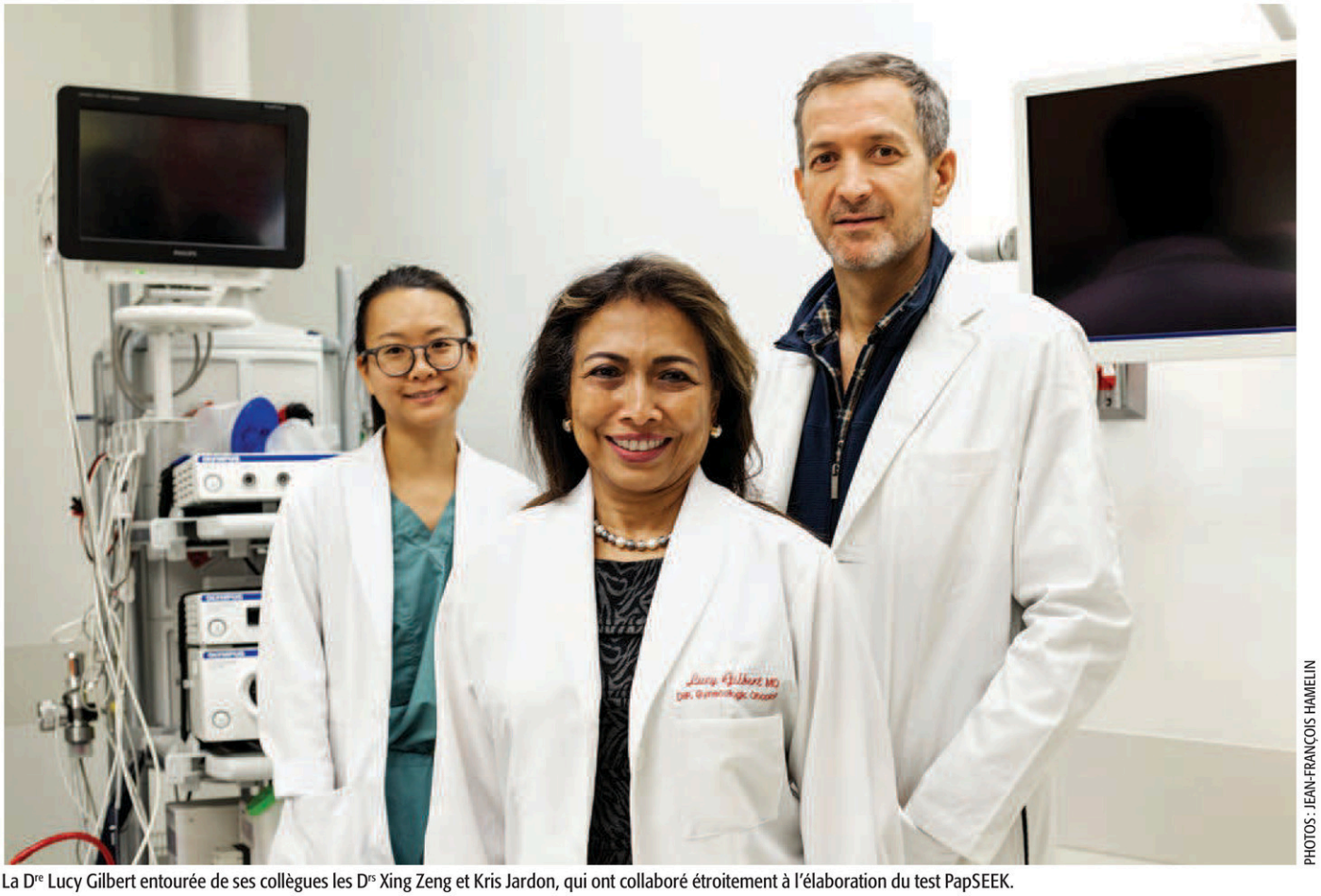
Dans ces cas-là, il est possible d'évaluer les risques avec une échographie ou par des tests sanguins. Toutefois, ces derniers ne permettent pas de diagnostic clair et ils entraînent beaucoup de faux positifs.

« Après avoir expliqué la situation aux patientes, on leur propose l'ablation de l'utérus et des ovaires, dit le Dr Kris Jardon, chercheur et gynécologue-oncologue au CUSM. C'est uniquement après qu'on pourra confirmer s'il y avait un cancer. Celui-ci est alors souvent à un stade avancé et a progressé, ce qui nécessite un traitement par chimiothérapie. »

Ces interventions offrent un taux de survie de seulement 40 % – un chiffre qui a peu bougé au cours des dernières décennies. Pour les deux médecins, la solution



Une brosse Tao, un instrument grâce auquel on peut prélever des cellules directement dans l'utérus, au plus près de la tumeur, sans contamination par d'autres cellules du col.



PHOTOS : JEAN-FRANÇOIS HAMELIN

La Dre Lucy Gilbert entourée de ses collègues les Drs Xing Zeng et Kris Jardon, qui ont collaboré étroitement à l'élaboration du test PapSEEK.

serait de dépister la maladie à un stade précoce. Et après des années de travail, ils touchent presque au but.

Leurs travaux ont mené à l'élaboration d'un test baptisé « PapSEEK », qui consiste en l'analyse génétique d'un prélèvement de cellules de la paroi utérine, une procédure semblable au test Pap lors d'un examen gynécologique. Le PapSEEK permet de détecter la présence de mutations dans les cellules de l'ovaire et de l'endomètre.

À ce jour, 18 gènes ont été associés de façon significative aux cancers de l'utérus et de l'ovaire. Ils rendent possible le repérage des cellules anormales avant que la maladie s'aggrave… mais encore faut-il prélever des cellules à proximité de la tumeur.

C'est ici que les chercheurs de l'Institut de recherche du CUSM ont eu l'idée d'employer la brosse Tao. « Cette brosse permet de prélever des cellules directement dans l'utérus, au plus près de la tumeur, sans qu'elle soit contaminée par d'autres cellules du col », explique le Dr Jardon.

En comparant les échantillons obtenus chez des patientes qui avaient déjà reçu un diagnostic de cancer avec ceux recueillis chez des femmes en santé, les chercheurs sont parvenus à détecter jusqu'à 93 % des cas de cancers de l'utérus et 45 % de ceux de l'ovaire, et ce, sans aucun faux positif. Une première pour une technique non invasive ! L'équipe a fait connaître ses résultats dans la revue *Science Translational Medicine*.

Malgré ce succès, il reste bien du travail à accomplir. « La détection d'une ou deux mutations sur les 18 gènes ne veut pas dire que vous avez un cancer, mentionne la Dre Gilbert. Ces mutations peuvent apparaître dans d'autres situations, surtout chez les femmes plus âgées. La prochaine étape consistera à mettre au jour une signature génétique spécifique à ces cancers pour repérer les femmes qui ont vraiment besoin d'une chirurgie. »

///

Ont aussi participé à la découverte : Xing Zeng, Jocelyne Arseneau et Lili Fu, du CUSM, ainsi que des chercheurs de la Johns Hopkins University School of Medicine, de l'Université de Göteborg, du Rigshospitalet de Copenhague et de l'Hôpital universitaire d'Odense.

GÉOLOGIE

La Terre sur pause

IL Y A DES LUSTRES, LA TERRE S'EST ENDORMIE PENDANT UN MILLIARD D'ANNÉES. ON VIENT DE DÉMONTRER QUE LA VIE Y A ALORS PERDU DES PLUMES.

Par Joël Leblanc

L'équipe de Galen Halverson se passionne pour l'une des périodes les moins palpitantes de l'histoire de la Terre ; on la surnomme le « milliard ennuyeux ». « C'est une longue "pause" qui a duré de 1,8 milliard d'années à 0,8 milliard d'années avant aujourd'hui, explique le géologue dans son bureau de l'Université McGill. Les archives géologiques montrent que, pendant cette pause, une étonnante stabilité régnait : environnementale, évolutive, tectonique, climatique… La Terre s'est pour ainsi dire figée. C'est un des grands mystères de la géologie. »

Pour en apprendre un peu plus sur ce pan de l'histoire terrestre, ses collègues et lui ont étudié une formation rocheuse constituée par l'accumulation de sédiments au fond d'un lac, à présent asséché, pendant cette époque « ennuyeuse ». Elle se trouve au cœur de l'Ontario, dans une unité géologique appelée Sibley, près de Thunder Bay, sur la rive nord du lac Supérieur. Les couches sédimentaires qui la composent contiennent des sulfates.

Que nous apprennent ces minéraux ? « Lorsqu'ils se sont formés, les sulfates de Sibley ont séquestré un échantillon de l'oxygène qui se trouvait dans l'atmosphère de la Terre il y a 1,4 milliard d'années, raconte le chercheur. Notre défi a été de prélever les sédiments sans les contaminer et d'analyser en laboratoire l'oxygène qu'ils contenaient. » Jamais un échantillon d'oxygène si ancien n'avait été analysé de cette façon, une besogne accomplie par le doctorant Peter Crockford.

Ils ont découvert que seule une petite partie de cet oxygène était le fruit de la photosynthèse menée par des organismes vivants, qui se résumaient alors aux bactéries. Ces résultats, publiés dans la revue *Nature*, révèlent que la vie était plutôt timide sur Terre à ce moment-là. La productivité primaire, c'est-à-dire la quantité de matière organique que les bactéries produisaient par photosynthèse, ne représentait que 6 % de ce qu'elle est actuellement.

Pour déterminer la part d'oxygène créée par les microorganismes qui peuplaient la Terre, les chercheurs ont dû départager les isotopes de l'oxygène présents dans les sulfates. Car il existe trois versions stables de l'atome d'oxygène : l'oxygène-16, le 17 et le 18, le nombre indiquant la quantité de neutrons et de protons dans le noyau. Le ^{16}O représente 99,75 % de tout l'oxygène qui se trouve sur Terre, tandis que le ^{17}O et le ^{18}O complètent la tarte avec respectivement 0,04 % et 0,21 %.

Le dioxygène (O_2, celui qu'on respire), qui se forme dans la stratosphère, est un peu plus riche en ^{16}O, tandis que les deux autres isotopes sont en proportions un peu plus grandes dans l'ozone (O_3). Quant aux organismes photosynthétiques, le dioxygène qu'ils fabriquent contient les trois isotopes dans leurs proportions normales.

En évaluant les ratios des isotopes dans les sulfates de Sibley, l'équipe mesurait donc indirectement les proportions issues de chaque source. « Nous avons vu qu'il y avait une surabondance relative de ^{16}O, donc d'oxygène provenant de la stratosphère », résume le professeur Halverson, mentionnant que les bactéries libéraient alors forcément moins d'oxygène par photosynthèse.

Cela peut paraître une évidence, compte tenu du fait que les organismes vivants étaient moins nombreux que maintenant.



PHOTO : ICHIKO SUGIYAMA



Le doctorant Peter Crockford a analysé l'oxygène séquestré dans la roche il y a 1,4 milliard d'années.

Mais il faut savoir que, avant le milliard ennuyeux, il y a environ 3,5 milliards d'années, les premiers organismes photosynthétiques arrivaient à produire plus d'oxygène, comme l'indiquent de nombreux gisements de fer dont l'oxydation remonte à cette époque. Et après ce milliard d'années de surplace, les premiers êtres multicellulaires ont pu faire leur apparition parce qu'il y avait encore plus d'oxygène.

Entre les deux, les géologues se doutaient bien que la vie avait connu un recul et tourné au ralenti. C'est maintenant chose confirmée et mesurée. Avec un degré de précision impressionnant pour des archives géochimiques si anciennes.

///

Ont aussi participé à la découverte : Thi Hao Bui, de l'Université McGill, ainsi que des chercheurs de l'Institut Weizmann des sciences d'Israël, de l'Université de Princeton, de l'Université Rice, de l'Université d'État de Louisiane, de l'Université de Pékin, de l'Université Yale, de l'Université de Californie à Riverside, de l'Université Lakehead à Thunder Bay et de l'Université du Colorado à Boulder.

BIOCHIMIE

Protéger le cerveau contre la malaria

UNE MOLÉCULE DÉRIVÉE D'UNE PLANTE COMBAT LA MALARIA SUR DEUX FRONTS : EN PLUS DE S'EN PRENDRE AU PARASITE, ELLE POURRAIT DEVENIR LE PREMIER TRAITEMENT CONTRE L'UNE DE SES COMPLICATIONS LES PLUS DANGEREUSES.

Par Renaud Manuguerra-Gagné

PHOTOS : JEAN-FRÉDÉRIC OLIVIER; SHUTTERSTOCK

Plasmodium falciparum, dangereux représentant de la famille des parasites qui causent la malaria, est un spécialiste du système immunitaire humain. Se glissant au cœur de nos globules rouges, il infecte chaque année plus de 200 millions de personnes grâce au coup de pouce de certains moustiques.

« C'est un parasite extrêmement bien adapté pour infecter l'humain, explique David Langlais, professeur adjoint au Département de génétique humaine de l'Université McGill. Il a évolué à nos côtés sur une très longue période de temps. » L'infection culmine avec la destruction de nos globules rouges, entraînant de fortes fièvres et de l'anémie.

Il est possible de prévenir la malaria – ou paludisme – par la prise d'antipaludiques ; ces mêmes médicaments sont utilisés à fortes doses pour traiter l'infection.

Or, bien que les complications de la malaria soient statistiquement rares, la quantité phénoménale de nouvelles infections entraîne quand même des centaines de milliers de décès chaque année. Et la complication la plus dangereuse reste le neuropaludisme, une inflammation fulgurante du cerveau.

« On ne sait pas pourquoi certaines personnes souffrent de cette complication, dit Philippe Gros, chercheur au Département de biochimie de l'Université McGill. Des globules rouges infectés semblent se coincer dans les vaisseaux capillaires qui alimentent le cerveau et déclenchent une importante réaction inflammatoire. »

En quelques heures ou quelques jours, un grave œdème cérébral, pour lequel il n'existe pratiquement aucun traitement, terrasse le patient. Le taux de mortalité est de 40 % et les victimes sont essentiellement des enfants. De plus, jusqu'à 30 % des survivants en gardent des séquelles neurologiques permanentes, telles que des déficits d'apprentissage ou des réductions des fonctions motrices.

« Notre système immunitaire est l'un des principaux responsables de cette réaction, indique David Langlais. Chez des souris transgéniques, on a déjà montré que le retrait de certains gènes liés à l'immunité conférait une résistance au neuropaludisme. On cherchait une molécule capable du même résultat. »

Cette molécule tant espérée leur a été suggérée par un de leurs collègues, le professeur Jerry Pelletier, du Département de biochimie de l'Université McGill. Ce dernier étudiait les rocaglates, une classe de molécules dérivées de petits arbustes tropicaux de la famille des aglaïa et qui ont la capacité de bloquer la synthèse des protéines. Même s'il s'y intéressait pour leur rôle dans le traitement du cancer, les mécanismes qu'il a cernés peuvent aussi bien être en cause dans une réaction inflammatoire que dans l'activité des parasites responsables de la malaria.



Les Drs David Langlais et Philippe Gros

En testant cette molécule sur leurs modèles de neuropaludisme, les chercheurs ont fait une découverte remarquable : une dose unique, administrée dès l'apparition des symptômes, augmentait de façon marquée le taux de survie des souris atteintes. Autre victoire : en plus de cibler la réaction inflammatoire, la molécule attaque le parasite lui-même ! Ces conclusions ont été publiées dans *Proceedings of the National Academy of Sciences* en mars 2018.

« Après le traitement, le nombre de parasites décroît autant chez les souris que dans des globules rouges humains infectés en laboratoire, souligne David Langlais. Le rocaglate fonctionne même avec des souches de parasites résistant habituellement aux médicaments antipaludiques. On ne sait pas s'il tue le parasite ou s'il ralentit sa prolifération, mais son mode d'action diffère totalement des traitements classiques. »

« Il reste énormément de travail à faire avant que cette découverte devienne un outil thérapeutique », fait observer Philippe Gros. Tester un nouvel antipaludique est très difficile, surtout lorsqu'il s'agit d'une complication potentiellement mortelle qui touche des enfants.

Malgré tout, les chercheurs sont déjà au travail pour mettre au jour des molécules encore plus efficaces, dérivées des rocaglates. Une avancée qui pourrait changer le destin de centaines de milliers d'enfants au cours de la prochaine décennie.

///

Ont aussi participé à la découverte : Regina Cencic, Neda Moradin, James M. Kennedy, Michael J. Tarry et Martin Schmeing, de l'Université McGill, ainsi que des chercheurs de l'Université de Boston, dont John Porco, et de l'Université de Toronto, dont Kevin Kain.



Un enfant meurt du paludisme toutes les deux minutes en moyenne dans le monde.

PHYSIQUE

À 10 attosecondes près

CERTAINES MOLÉCULES SONT PARFOIS « GAUCHÈRES », PARFOIS « DROITIÈRES ». EN PLUS DE CETTE BIZARRERIE, ON SAIT MAINTENANT QU'ELLES ONT DES TEMPS DE RÉACTION INÉGAUX LORSQU'ELLES SONT BOMBARDÉES PAR DES LASERS.

Par Joël Leblanc

À l'Université de Bordeaux, chercheurs et étudiants se sont habitués à l'odeur de camphre qui envahissait parfois les couloirs du Centre Lasers intenses et applications. C'est le doctorant québécois Samuel Beaulieu qui était à l'origine de ces effluves ; il ne soignait pourtant aucun rhume.

« Je travaillais sur la chiralité, explique le jeune chercheur, maintenant à l'Institut Fritz-Haber de Berlin. Un composé chiral est un peu comme la main humaine : ses molécules existent en deux versions. » Dans les deux versions, l'assemblage des atomes est le même, mais la configuration tridimensionnelle est inversée à un endroit de la molécule. C'est le cas notamment des molécules de camphre, qui sont un peu comme nos mains : certaines sont « gauchères », d'autres sont « droitières », image miroir l'une de l'autre.

Bien souvent, la chiralité ne change rien aux propriétés chimiques des substances. Le camphre sent le camphre, quel qu'il soit. Mais parfois elle change tout. Les molécules « miroirs » de certains médicaments peuvent avoir des effets biochimiques très différents. « En pharmacologie, continue Samuel Beaulieu, il est primordial de distinguer les versions de certaines molécules. L'ingrédient actif du Vicks, par exemple, est un décongestionnant nasal. Mais la "mauvaise" version du même composé est une drogue dangereuse : la méthamphétamine. »

Ainsi, les molécules chirales ne sont pas toujours de parfaits clones. À preuve, elles réagissent différemment lorsqu'on les percute avec un laser, une méthode qui permet de les ioniser, c'est-à-dire de leur arracher un électron. « Et on sait que, si ce laser est polarisé circulairement et que la molécule est chirale, l'électron sera propulsé plus souvent vers l'avant ou vers l'arrière, selon la version de la molécule. J'ai voulu savoir si ces électrons étaient envoyés aussi rapidement dans une direction que dans l'autre. »

Beau défi : à l'échelle moléculaire, une ionisation est d'une rapidité inimaginable, de l'ordre de l'attoseconde, soit un milliardième de milliardième de seconde. Mais grâce à des équipements de pointe et des impulsions laser ultrabrèves, l'étudiant-chercheur a pu étudier le phénomène. Un tour de force qui a fait l'objet d'un article dans la revue *Science* en décembre 2017.

À Varennes, au centre Énergie Matériaux Communication de l'Institut national de la recherche scientifique, le chimiste et photophysicien François Légaré arpente son laboratoire. Sur d'énormes tables antivibrations, au milieu d'une myriade de lentilles et de gros lasers, trône une enceinte métallisée de la taille d'une grosse machine à expresso. « Ce montage est semblable à celui que Samuel avait conçu pour ses expériences, indique celui qui a supervisé les travaux du doctorant, conjointement avec Yann Mairesse à Bordeaux. C'est une chambre à hypervide. À l'intérieur, on crée un vide à peu près total, puis on envoie le camphre sous forme gazeuse par cet injecteur. La lumière polarisée du laser entre ici, par cette fenêtre, et est focalisée dans l'échantillon de camphre. » Des capteurs extrêmement sensibles complètent le montage autour de l'enceinte et servent à détecter les électrons éjectés.

« L'impulsion laser est comme le signal de départ d'une course, illustre Samuel Beaulieu. J'ai découvert que, lorsque les électrons partent vers l'avant, ils ont de "meilleurs réflexes" : ils s'échappent une dizaine d'attosecondes plus tôt que lorsqu'ils sont projetés vers l'arrière. Et ces résultats s'inversent si on utilise l'autre version de la molécule de camphre. Notre marge d'erreur est de deux attosecondes. »

Dix attosecondes, des broutilles ? Difficile à dire : on ne découvre pas tous les jours une nouvelle propriété fondamentale de la matière. À cette échelle de temps où une seconde ressemble à un milliard d'années, quelques attosecondes ont peut-être plus d'importance qu'on croit.

///

Ont aussi participé à la découverte : des chercheurs de l'Université de Bordeaux, de l'Université Pierre et Marie Curie – Paris 6, de l'Institut Weizmann des sciences d'Israël et du Centre national de la recherche scientifique (France).

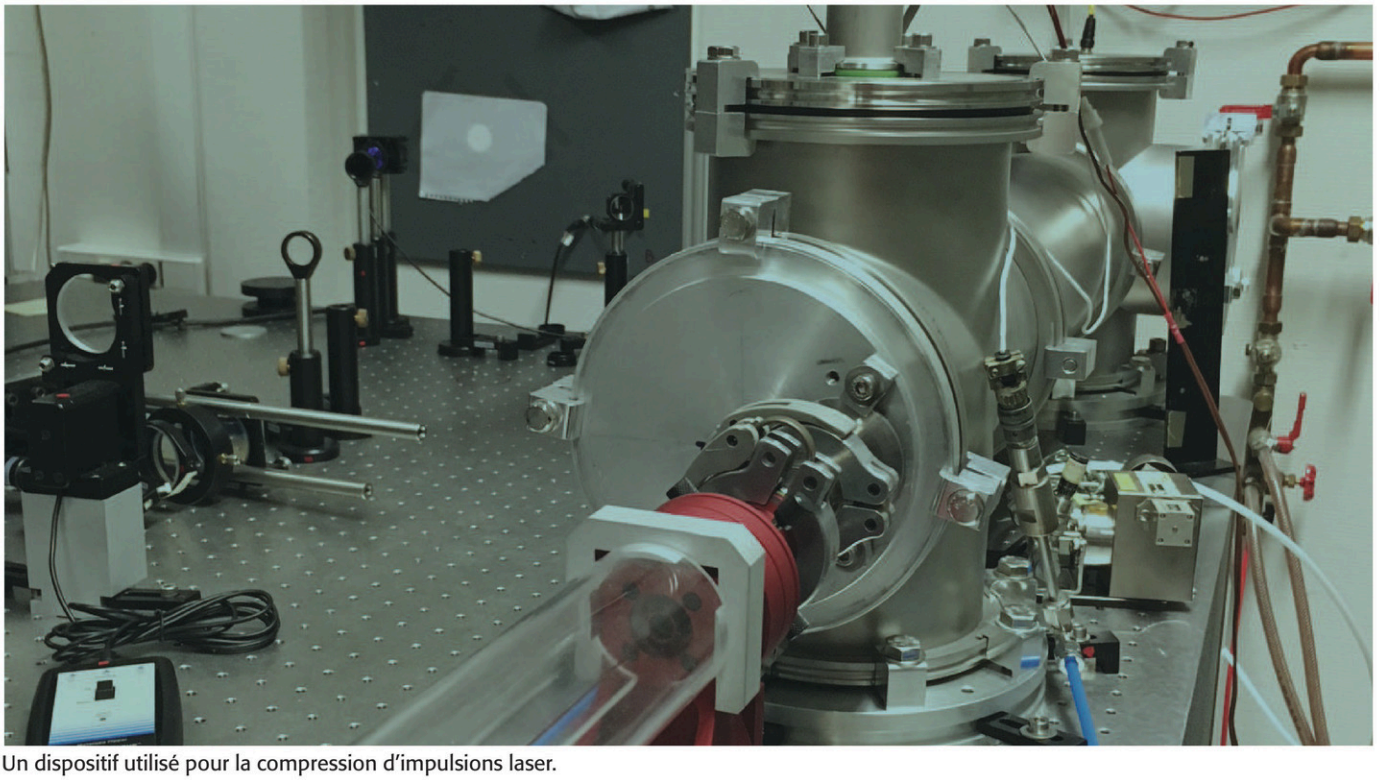
PHOTOS : SAMUEL BEAULIEU, ANTOINE COMBY ET YANN MAIRESSE



Les chercheurs Antoine Comby et Samuel Beaulieu effectuent des réglages fins sur l'interféromètre qu'ils ont fabriqué pour réaliser l'expérience.

Cette table optique sert à la mise en forme des impulsions laser nécessaires pour compléter l'expérience.





Un dispositif utilisé pour la compression d'impulsions laser.

Collision d'étoiles

UNE ÉQUIPE CANADIENNE ÉTAIT AUX PREMIÈRES LOGES POUR ASSISTER À L'ÉVÈNEMENT LE PLUS ATTENDU EN ASTROPHYSIQUE : LA FUSION DE DEUX ÉTOILES À NEUTRONS.

Par Annie Labrecque

L'ASTROPHYSICIENNE DARYL HAGGARD



PHOTOS : JOHN NARVALI/CIFAR ; NASA'S GODDARD SPACE FLIGHT CENTER/CI LAB

Très loin d'ici, à environ 130 millions d'années-lumière, deux étoiles à neutrons très massives tournoyaient l'une autour de l'autre de plus en plus vite, déformant l'espace-temps autour d'elles. Cette danse s'est arrêtée brusquement lorsque les deux astres se sont percutés et ont fusionné en une mégaexplosion.

À cause de la distance, ce n'est que le 17 août 2017 que les signes de cette collision nous sont parvenus. Ce jour-là, dans son bureau, Daryl Haggard, professeure adjointe à l'Institut spatial de McGill à Montréal, reçoit des alertes courriel à propos de cet évènement capté par les détecteurs d'ondes gravitationnelles LIGO et Virgo (situés aux États-Unis et en Italie). Deux secondes plus tard, le télescope *Fermi* de la NASA détecte quant à lui un rayonnement gamma soudain.

Une question turlupine alors des centaines d'astrophysiciens : s'agit-il d'un seul et même évènement ? Une dizaine d'heures plus tard, ce sont plus de 70 télescopes et instruments de partout sur Terre qui sont dirigés vers la constellation de l'Hydre et qui se mettent à travailler de concert pour trouver l'origine exacte des signaux.

Contrairement à la fusion de deux trous noirs, qui ne crée que des ondes gravitationnelles, le choc entre deux étoiles à neutrons produit, en plus, des ondes électromagnétiques – un sursaut de rayons gamma.

« Tous les astrophysiciens étaient impatients d'observer une collision entre étoiles à neutrons, car celles-ci, à la différence des trous noirs, sont composées de matériaux qu'on peut détecter », ajoute-t-elle.

Avec l'aide de Melania Nynka et John J. Ruan, chercheurs postdoctoraux à l'Université McGill, Daryl Haggard a pu accéder aux observations du télescope spatial *Chandra*, spécialisé dans la détection des rayons X. Mais ils n'étaient pas les seuls à vouloir obtenir ces précieuses informations. Deux autres équipes étaient aussi dans la course. « Cela n'arrive pas souvent, mais nous avons publié des analyses similaires et abouti à la même conclusion, ce qui est très important pour valider la découverte », explique l'astrophysicienne, qui a fait paraître ses résultats dans la revue *The Astrophysical Journal Letters*. Et quelle découverte !

« Non seulement c'est la toute première fois qu'on observe la fusion de deux étoiles à neutrons, mais c'est aussi la première fois que l'on confirme un évènement cosmique grâce aux ondes gravitationnelles et électromagnétiques ! » s'enthousiasme la chercheuse, qui est consciente que cela représente un jalon dans l'histoire de l'astrophysique. On obtient donc un tableau complet de cette danse binaire, comme si l'on pouvait aussi bien la voir et l'entendre.

Un an plus tard, on observait toujours de l'activité sur les lieux de l'explosion, même si, selon des données datant d'août 2018, il n'en restera plus de trace d'ici peu. Le souhait de Daryl Haggard ? Déceler d'autres fusions d'étoiles à neutrons pour confirmer ses travaux, mais aussi repérer une collision entre un trou noir et une étoile à neutrons, qui aiderait à approfondir les connaissances sur ces objets célestes.

En 2019, qui sait ?

CONCORDIA



CONCORDIA.CA/
NOUVELLE-GENERATION

PLACE À LA NOUVELLE GÉNÉRATION!

Concilier technologie et humanité.
Trouver l'inspiration dans le récit et le dialogue.
Pousser de l'avant à la recherche du prochain défi.

L'université nouvelle génération.

UNIVERSITÉ Concordia UNIVERSITY

T19-51798

NOS CHERCHEURS ONT ENCORE REPOUSSÉ LES LIMITES DE LA SCIENCE

L'UNIVERSITÉ McGILL ET L'INSTITUT DE RECHERCHE DU CENTRE UNIVERSITAIRE DE SANTÉ McGILL FÉLICITENT LEURS CHERCHEURS ET AUTEURS DE L'UNE DES DÉCOUVERTES DE L'ANNÉE 2018 DE *QUÉBEC SCIENCE*. QU'ILS TRAVAILLENT À L'ÉCHELLE CELLULAIRE OU COSMIQUE, NOS CHERCHEURS AMÉLIORENT NOTRE QUALITÉ DE VIE ET NOUS AIDENT À MIEUX COMPRENDRE NOTRE MONDE.

STOPPER L'INFLAMMATION CAUSÉE PAR LA MALARIA



JERRY PELLETIER (à gauche) et **PHILIPPE GROS** (au centre), professeurs de biochimie, ainsi que **DAVID LANGLAIS**, professeur de génétique humaine, ont mis au point un produit végétal qui pourrait sauver un demi-million de vies par année.

DÉFINIR LA COMPOSITION DE L'ATMOSPHÈRE TERRESTRE AU DÉBUT DE LA VIE ANIMALE



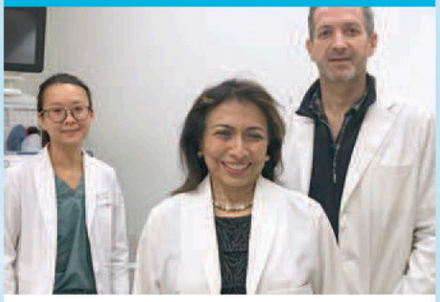
PETER CROCKFORD, doctorant en sciences de la Terre et des planètes, a dirigé une équipe ayant extrait de sédiments rocheux de l'oxygène vieux de 1,4 milliard d'années.

COMPRENDRE CE QUI SE PRODUIT LORSQUE LES OBJETS LES PLUS DENSES DE L'UNIVERS SE HEURTENT



L'équipe d'astrophysiciens de la P^re^ **DARYL HAGGARD** (à droite) a découvert que les ondes lumineuses résultant d'une collision d'étoiles à neutrons survenue à 138 millions d'années-lumière de la Terre continuent de s'intensifier.

DÉTECTER PLUS RAPIDEMENT LES CANCERS DE L'OVAIRE ET DE L'UTÉRUS



Une équipe dirigée par la D^re^ **LUCY GILBERT** (au centre) et ses collègues, les D^RS^ **KRIS JARDON** et **ZIGGY ZENG**, de l'Institut de recherche du Centre universitaire de santé McGill, a mis au point un test très peu invasif permettant de déceler ces cancers gynécologiques plus tôt et de sauver plus de vies.

Centre universitaire de santé McGill
Institut de recherche

McGill University Health Centre
Research Institute

McGill



Coupe d'une coquille de nautile, en forme de spirale.

Le monde est beau

Des chercheurs de différentes disciplines s'allient pour comprendre les motifs et les formes qui nous entourent.

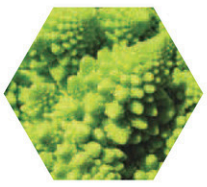
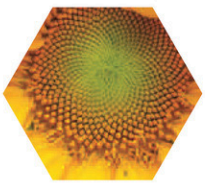
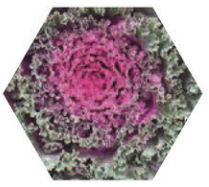
PAR MÉLISSA GUILLEMETTE

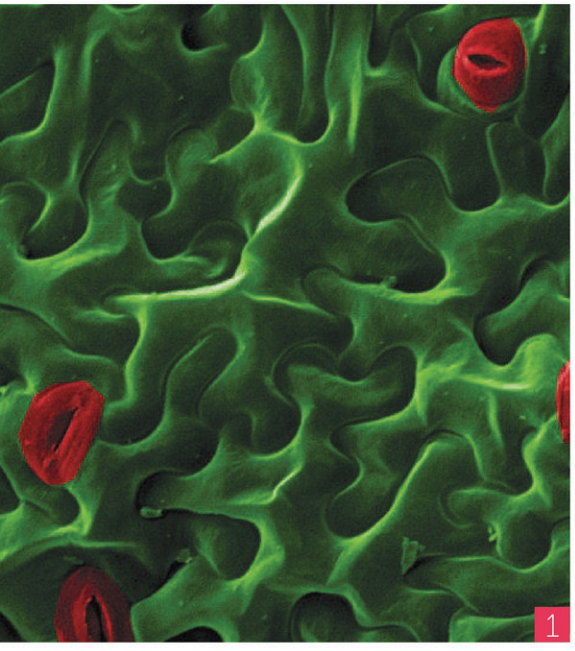
Anja Geitmann adore les casse-têtes. Mais oubliez les après-midis à chercher les bons morceaux en buvant une tisane : ce sont les cellules en forme de puzzle à la surface des feuilles de certaines plantes qui intéressent la biologiste. « Cette configuration se crée à partir de cellules assez simples. Regardez la différence sur 18 heures », dit la doyenne de la Faculté des sciences de l'agriculture et de l'environnement de l'Université McGill en montrant des images captées au microscope dans son laboratoire.

Sur cette courte période, une cellule hexagonale commence à se déformer pour s'emboîter dans ses voisines. Pour décortiquer la mécanique derrière le phénomène, son équipe utilise des outils de modélisation qui servent habituellement pour les ponts ou les voitures. « On fait des simulations des forces, des composants et des formes pour essayer de comprendre les différentes étapes qui mènent à un agencement multicellulaire qui devient une feuille super complexe. »

Pour le moment, son équipe a découvert, à partir de la plante modèle *Arabidopsis*, que la cellulose et la pectine, présentes dans la paroi cellulaire, jouent un rôle dans cette mystérieuse organisation, tout comme la pression interne de la cellule. Reste que personne ne fournit de plan exact aux cellules pour qu'elles s'agencent joliment dans l'espace, pas même l'ADN !

Voilà un exemple de motif parmi tant et tant d'autres. La structure hexagonale du flocon de neige, les rosettes du léopard, les cours d'eau en veinures, la disposition des pétales et l'ondulation des dunes ont également tous une régularité qui ne doit rien au hasard. Et fréquemment, un nouveau cas est « mis au jour » par la science.

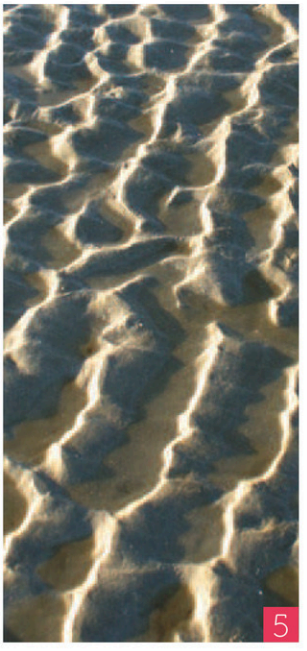






1


2


3


4


5

Photos : S. Morris ; Pavement cells2 ; Geitmann Lab ; F. Haudin

Les motifs sont partout sur la Terre (et même dans l'espace ; pensons aux galaxies spirales), dans les mondes du vivant comme du non-vivant. « On aime croire que le monde du vivant est particulier – et il l'est à certains égards –, mais cela ne l'exempte pas des lois de la physique ! » rappelle le Britannique Philip Ball, auteur du livre *Formes et motifs dans la nature : l'ordre caché du monde sous l'apparent chaos*, paru en 2016.

Ces coquetteries de la nature sont donc un sujet de recherche riche, qui captive à la fois les biologistes, les chimistes, les physiciens, les mathématiciens, les écologistes et les géomorphologues – et c'est bien ce qui fascine cet ancien éditeur de *Nature*. Les chercheurs doivent d'ailleurs souvent s'entourer d'équipes multidisciplinaires pour percer les mystères des motifs, car ceux-ci se moquent des frontières.

À regarder les ailes d'un papillon, un coquillage ou les ondes de cristallisation d'une agate, une impression de symétrie émerge. « En réalité, c'est tout le contraire ! » souligne M. Ball, interrogé par Skype. Il tourne son regard vers la fenêtre pour trouver un exemple étayant son propos. « Un élément véritablement symétrique est uniforme et sans particularité, ce qui n'a rien à voir avec l'un des motifs les plus communs et les plus riches dans la nature : l'arbre. En l'observant, on détecte une certaine organisation, qui se répète encore et encore, sur une échelle de plus en plus petite. C'est la même structure à la fois désorganisée et régulière qu'un réseau de rivières, que nos poumons et que nos vaisseaux sanguins. » Il s'agit de *fractales*, un terme qui vient d'ailleurs du latin « brisé », « irrégulier ».

LE SENS DE L'AUTOORGANISATION

Stephen Morris s'avoue obsédé par ces « ruptures de symétrie ». Ce professeur de géophysique de l'Université de Toronto en fait même des photos léchées qu'il présente dans des expositions artistiques. « J'appelle ça de l'art *nerd* », rigole celui qui alimente un compte Flickr depuis plusieurs années.

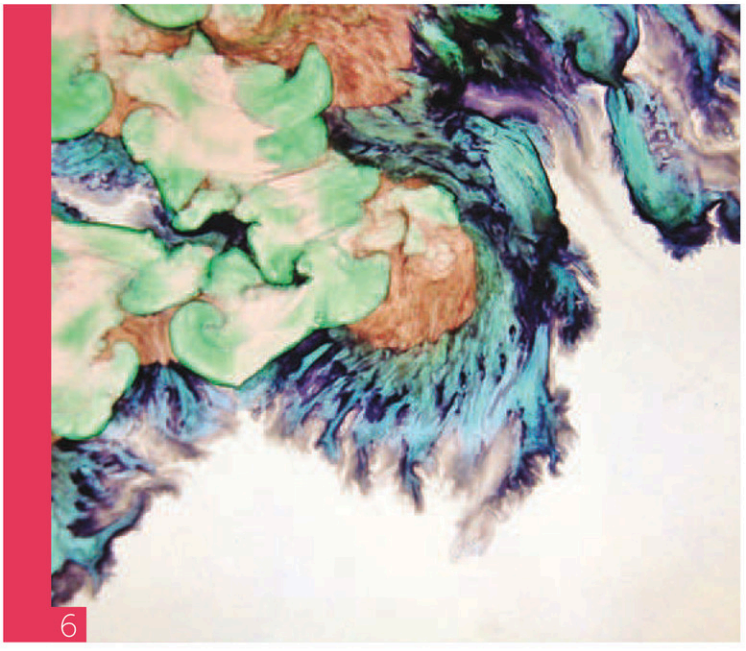
Et il a d'autres talents inusités, comme lire dans les craquelures de la boue séchée et dans les rides des glaçons. Il peut notamment dire que telle fissure est arrivée avant telle autre dans un couvert de boue ; les nouvelles fentes se courbent pour se greffer à une ancienne à angle droit, formant ainsi un T. Quant aux glaçons, qu'il fait « pousser » en laboratoire pour mieux les étudier, l'amplitude de leurs ridules est liée à la présence d'impuretés dans l'eau, a découvert le chercheur au fil de ses travaux, qui ont mené à la création de l'Icicle Atlas.

Il adore faire des expériences de formation de motifs, car il se sent alors « comme un magicien qui sort un lapin de son chapeau ». Mais l'effet de surprise est le même dans la nature. « Bien que l'on connaisse les forces en jeu, le résultat n'est pas évident. Rien dans le vent ou dans les grains de sable ne ressemble à une courbe, mais quand on combine les deux, le sable s'organise en ondulations qui sont beaucoup plus grandes que les grains et qui ne sont pas liées aux propriétés du vent. »

La dynamique des structures en motifs est généralement non linéaire, en ce sens que les forces en action doivent atteindre une certaine valeur, dépasser un seuil critique pour que ceux-ci apparaissent spontanément, ajoute M. Morris.

Un exemple figurant sur sa chaîne YouTube vaut mille mots (pour le voir : quebecscience.qc.ca/sciences/motifs). Un sirop est versé sur une espèce de tapis roulant. Quand le tapis file à bonne vitesse, le sirop (qui pourrait être du miel) se dépose en ligne droite. Quand le tapis ralentit jusqu'à un point particulier, un dessin apparaît, d'abord de simples vagues puis, quand la surface perd de la vitesse, des sortes de lettres attachées. À la fin de l'expérience, le sirop dessine carrément des boucles !

Pour faire la lumière sur ces systèmes, les mathématiques sont utiles. Existe-t-il une théorie universelle ? « Il n'y a pas un seul modèle qui explique tous les motifs, bien que les modèles soient tous liés », dit le géomorphologue.







1. En vert, les cellules en casse-tête sur l'épiderme d'une feuille. En rouge, des structures nommées stomates, qui permettent la respiration. **2.** La formation des craquelures dans la boue séchée suit certaines règles. **3.** Les glaçons faits à partir d'eau contenant des impuretés présentent des ridules. **4.** Des chercheurs étudient la formation des motifs de l'écorce des arbres. **5.** Les dunes prennent une apparence différente selon la vitesse et la direction du vent et selon la quantité de sable, notamment. **6.** Des spirales vertes obtenues en faisant croître un jardin chimique entre deux plaques de verre. **7. et 8.** Les taches et rayures du pelage des animaux, tout comme les motifs sur les ailes des papillons, témoignent d'une rupture de symétrie survenue lors du développement de ces animaux.

D'ailleurs, les équations qui décrivent la forme des bulles de savon peuvent servir à l'étude de la formation des trous noirs ! Et celles qui dépeignent les rubans de nuages ou des pelages animaux présentent également des points communs. « Quand la nature doit briser une symétrie, il y a un nombre fini de manières de faire, résume Anne De Wit, directrice de l'Unité de chimie physique non linéaire de l'Université libre de Bruxelles. Ainsi, pour paver une surface, des carrés, des hexagones ou des bandes feront l'affaire, mais pas des pentagones. »

LA CHIMIE FAIT DES FOLIES

L'un des modèles fameux expliquant l'apparition des motifs date de 1952 et a été publié par le mathématicien britannique Alan Turing, mieux connu pour son immense contribution en informatique. Au cours de son doctorat, au tournant de 1990, Anne De Wit a justement collaboré avec l'équipe qui a fait la première démonstration expérimentale des motifs à la Turing.

Que prévoit, au juste, le modèle d'Alan Turing ? Dans son article, le mathématicien s'intéresse particulièrement au monde du vivant. Il affirme que les systèmes homogènes, comme un groupe de cellules en tout point semblables, voient leur symétrie brisée sous l'effet de deux réactifs qui interagissent et se diffusent à des rythmes différents. Bref, ce serait les variations de concentrations chimiques qui donneraient lieu à des organisations spatiales si particulières ; le mathématicien cite un motif tacheté ou encore la disposition régulière des feuilles de l'aspérule odorante autour de la tige.

Tout cela était bien beau sur papier, mais cette théorie n'a été prouvée qu'en 1989 grâce à une réaction CIMA (un mélange de chlorite, d'iodure et d'acide malonique) additionnée d'amidon. Au lieu de se mélanger de façon homogène, les substances se sont structurées pour créer des hexagones et des rouleaux. « C'était pour moi une réconciliation de la chimie avec la vie, raconte Anne De Wit. Car dans les cursus de chimie, on nous apprend cette espèce de dogme que tout système finit par évoluer vers l'équilibre, ce qui est en contradiction avec la nature autour de nous. L'uniformité, chez les êtres vivants, c'est la mort ! »

Les équations d'Alan Turing suscitent encore beaucoup d'intérêt, pour des systèmes autant chimiques que physiques ou biologiques. Elles sont utilisées par exemple pour comprendre la distribution spatiale des proies et des prédateurs dans un écosystème, pour décrire des nanostructures de semi-conducteurs et pour expliquer ces étranges formations végétales nommées « cercles de fée » en Namibie et en Australie.

Pour confirmer les idées d'Alan Turing expérimentalement chez un animal, il a fallu attendre 2012, quand des chercheurs du King's College de Londres ont joué avec les ondulations du palais chez des souris. En modulant les morphogènes (le facteur de croissance des fibroblastes et la protéine Sonic Hedgedog dans ce cas-ci), ils ont réussi à modifier son agencement de rayures.

Anne De Wit continue à s'intéresser aux systèmes de type réaction-diffusion à la Turing, mais elle ajoute aujourd'hui la dimension « advection ». Pour faire simple : elle explore depuis quelques années les jardins chimiques. Cette expérience populaire consiste habituellement à déposer des grains de sels métalliques dans un bécher empli d'une solution de silicate de sodium pour aussitôt voir pousser des

« arbres » métalliques – et épater la galerie. La chimiste reprend le concept, mais entre deux plaques de plexiglas (pour limiter la croissance à deux dimensions) et en injectant une solution aqueuse de sel de cobalt de façon très contrôlée. En modifiant la vitesse de l'injection ou la concentration des solutions, son équipe produit des motifs très différents : des fleurs, des étoiles, des spirales, des filaments…

« On essaie de déterminer pourquoi ces formes apparaissent plutôt que d'autres. Dans le cas des fleurs, ce sont de petits pétales gris. Comme la solution de cobalt est beaucoup moins visqueuse que la solution de silicate, quand on l'injecte, elle trace des "doigts". » La compréhension de ces processus pourrait aider à la fabrication de nouveaux matériaux.

DES BRAS ET DES ROBOTS

Dans un article de la *Physical Review X* publié en 2018, Xavier Diego, un chercheur postdoctoral basé au Laboratoire européen de biologie moléculaire de Barcelone, propose une nouvelle approche mathématique pour faciliter les expériences avec des cellules qu'on soupçonne de se développer selon le modèle d'Alan Turing.

Mais le dada de ce physicien théoricien, outre cette incursion momentanée dans l'univers du mathématicien britannique, c'est le développement des organes, particulièrement les bras, dont les trois segments se forment en 40 heures chez l'embryon humain.

Car le Graal des motifs, celui qui suscite l'intérêt des chercheurs par-dessus tout, c'est le corps humain, une spectaculaire rupture de la symétrie ! « Chacun de nous se forme à partir d'une seule cellule, qui se divise en deux, puis en quatre… Les cellules se différencient en ayant pourtant toutes les mêmes instructions génétiques et tout cela se fait de façon synchrone pour parvenir à modeler un cerveau, des os, des muscles… » Comprendre le développement des différents tissus et organes permettrait de voir sous un nouveau jour les anomalies congénitales et de concevoir des stratégies de régénération.

Pour saisir l'effet des « instructions » que fournissent les gènes, le laboratoire dont Xavier Diego fait partie, le Sharpe Group, utilise entre autres des centaines de petits robots mis au point à l'Université Harvard : les Kilobots. « Ils sont capables d'envoyer un signal pour dire "Je suis là" et ils sont en mesure de recevoir ce signal des autres robots, mais sans pouvoir dire de quel côté ce voisin se trouve. On peut les programmer comme s'ils étaient l'expression d'un gène. On les met ensuite sur une table et on les regarde s'organiser. Cela nous aide à repérer les obstacles que de tels systèmes rencontrent dans la nature. On leur fait faire toutes sortes de choses et, même si on en enlève trois d'un coup, les autres poursuivent leur programme comme si de rien n'était. » Un article scientifique sur ces travaux est en voie d'être publié.

Pour revenir aux cellules végétales en casse-tête d'Anja Geitmann, de l'Université McGill, une autre question l'embête : pourquoi s'agencent-elles ainsi ? Pour y répondre, l'équipe recourt à un mutant qui rate ses puzzles dans un but de comparaison. « Les deux plantes poussent aussi bien. Mais si l'on expose leurs feuilles à un herbivore ou à beaucoup de vent, peut-être observera-t-on un avantage à la géométrie en puzzle », suggère la professeure. Bref, la sélection naturelle aurait favorisé les mieux organisés !

Pour tester cette hypothèse, un étudiant en génie a conçu un appareil singulier qui étire les feuilles jusqu'à les déchirer tout en prenant diverses mesures.

En attendant d'en savoir plus, les motifs restent un casse-tête amusant et font de sublimes photos qui n'émerveillent pas que les *nerds*.

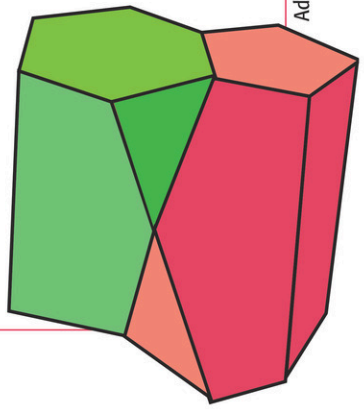


Les **Kilobots** sont de petits robots conçus pour étudier la formation des motifs. Des pattes leur permettent de se déplacer et de former, avec leurs voisins, toutes sortes de structures.

Photo : Wikimedia Commons

DÉCOUVERTE D'UNE FORME GÉOMÉTRIQUE

Une équipe de chercheurs espagnols et américains a modélisé l'arrangement de certaines cellules épithéliales pour découvrir le « scutoïde », décrit dans *Nature Communications* en juillet 2018. On croyait auparavant que ces cellules prenaient l'apparence d'un prisme ou d'un tronc de pyramide au cours du développement d'un embryon. Or, cela était incompatible avec des indications selon lesquelles le nombre de voisins à la base et au sommet de ces cellules diffère dans certains cas. Le modèle mathématique des chercheurs a fourni une solution : un prisme tordu ayant à son sommet un polygone à cinq côtés et à sa base un polygone à six côtés. Le groupe a ensuite confirmé en laboratoire que 75 % des cellules épithéliales tirées des glandes salivaires de drosophiles sont des scutoïdes, ainsi que 50 % de celles dans l'embryon du même insecte. Cette structure permettrait de réduire la consommation d'énergie des cellules et de maximiser leur disposition en trois dimensions. Le nom de la forme est inspiré du terme *scutellum*, qui désigne une partie du thorax chez certains insectes dont la forme ressemble au fameux prisme tordu.



Adapté de *Nature Communications*



PARC NATIONAL DU MONT-MÉGANTIC

- Nouveau film *Émergence* été 2019
- Nouvelle expérience de réalité virtuelle été 2019
- Nouvelle salle multimédia avec projecteur 4K
- Spectacle Lune : 50e anniversaire de Apollo 11
- Festival d'astronomie juillet 2019
- Perséides août 2019

sepaq.com/montmegantic | astrolab.qc.ca

Sépaq



DES FOURMIS agricultrices et pharmaciennes

Lovées dans les cavités d'arbres hauts d'une quarantaine de mètres au Costa Rica, les fourmis *Apterostigma* présentent des défenses antifongiques qui pourraient être utilisées un jour dans les hôpitaux.

PAR SARAH R. CHAMPAGNE
PHOTOS : MICHEL HUNEAULT

C'est l'histoire de symbioses à l'ombre d'une dense canopée costaricaine.

Depuis des millions d'années, des fourmis y font pousser un champignon qui les abrite et les nourrit. Pour protéger ce partenaire, elles se sont associées à des bactéries produisant des molécules qui éliminent les pathogènes et maintiennent la culture en bonne santé.

Vécue dans la plus grande discrétion, cette relation fusionnelle est aujourd'hui décortiquée par les scientifiques, qui espèrent en tirer de nouveaux médicaments anti-infectieux. Des molécules dont l'humanité a un besoin criant : de plus en plus d'infections résistent aux traitements actuels, et les médecins manquent parfois cruellement d'options.

C'est ce qu'explique Carlos de la Rosa en s'approchant d'une petite masse blanche qui pourrait tenir au creux de sa main : un nid de fourmis du genre *Apterostigma*. Elles font partie des quelque 200 espèces de fourmis dites « champignonnistes » présentes sur les continents américains et dans les Caraïbes. Toutes ont mis au point des stratégies sophistiquées d'agriculture et, semble-t-il, de défense.

Le directeur de la Station de recherche biologique La Selva, au Costa Rica, nous reçoit dans cette foisonnante forêt humide située à 80 km de la capitale, San José. La Selva, qui se traduit littéralement par « la jungle », est la plus ancienne réserve privée du pays, « une bibliothèque inédite d'informations », dit M. de la Rosa, qui accueille plus de 250 chercheurs annuellement.

Ses collègues de la capitale et ceux basés aux États-Unis ont découvert que les alliées bactériennes d'*Apterostigma* fabriquent une molécule, baptisée « selvamicine » en l'honneur de la station de recherche, efficace entre autres contre un champignon bien connu pour ses infections chez l'humain, *Candida albicans*. Responsable de mycoses buccales ou vaginales superficielles, il est aussi en cause dans environ la moitié des infections fongiques nosocomiales graves.

En baissant la voix, M. de la Rosa touche délicatement la fourmilière-champignon à la texture cotonneuse pour en faire sortir un spécimen. Mais les fourmis ne daignent pas quitter le nid ; elles ne sont pas agressives et leur ligne de conduite est plutôt « de faire le mort », mentionne-t-il. Elles devront cependant sortir un jour ou l'autre pour rapporter des débris, feuilles ou insectes morts qui formeront un compost indispensable à la croissance de leur champignon nourricier.

Le lendemain, nous passons par San José, où nous visitons le laboratoire d'Adrian Pinto qui, dans la chaleur humide, s'essuie le front avant d'ouvrir un plat en plastique. Dans la matière jaunâtre à l'aspect alvéolaire d'un autre nid-champignon, une énorme fourmi coupe-feuille, une zompopa celle-là. « Les petites fourmis *Apterostigma* sont en quelque sorte des fourmis préhistoriques, des ancêtres des champignonnistes plus connues, les fourmis coupe-feuilles, que vous voyez ici », indique ce microbiologiste de l'Université du Costa Rica, spécialiste des symbioses entre les microorganismes et leurs hôtes.

Le Canadien Cameron R. Currie, avec qui les chercheurs costaricains travaillent, a été l'un des premiers à décrire l'alliance des fourmis agricultrices avec des bactéries, dès la fin des années 1990. Ces bactéries se trouvent sur la cuticule du thorax des fourmis, y laissant chez certaines espèces des traces blanches.

En 2013, après deux décennies de recherche sur diverses espèces, celles du genre *Apterostigma* de La Selva ont attiré l'attention de l'équipe d'Adrian Pinto et Cameron R. Currie.

Les membres costaricains de l'équipe avaient alors recueilli les fourmis à la station La Selva pour en cultiver les bactéries. Des échantillons ont ensuite été envoyés à l'Université Harvard et à l'Université du Wisconsin à Madison, où travaille M. Currie. Leurs propriétés antimicrobiennes ont été évaluées, permettant aux chercheurs de mettre la main sur une substance particulièrement efficace contre *Candida albicans* et de séquencer les gènes qui la produisent.

En 2016, ils révèlent dans la revue *Proceedings of the National Academy of Sciences* que la structure de la selvamicine est très semblable à celle de deux antifongiques déjà bien connus, l'am-



Carlos de la Rosa est directeur de la Station de recherche biologique La Selva, au Costa Rica. Il vit dans une maisonnette au cœur de ce riche écosystème sur lequel il veille. En plus de recevoir des chercheurs, il est lui-même spécialiste des moustiques.

photéricine B et la nystatine, dont l'usage est toutefois limité par leur forte toxicité.

Or, un bon médicament conjugue une haute efficacité et une basse toxicité, « la combinaison la plus difficile à trouver », nous a dit Carlos de la Rosa, assis au cœur de son riche réservoir de faune et de flore. Pas surprenant donc qu'aucune recherche sur les unions fourmis-champignons-bactéries n'ait encore abouti à la mise au point d'un médicament.

Mais cette fois, l'optimisme est permis. David Andes, professeur en infectiologie à l'Université du Wisconsin à Madison, poursuit maintenant les essais précliniques, qui « ont démontré l'efficacité et l'innocuité de la selvamicine chez les animaux », nous écrit-il.

La molécule présente de meilleures propriétés thérapeutiques que ses deux cousines déjà sur le marché, elle est plus soluble et elle possède un mécanisme d'action et des cibles différents.

Si toutes les étapes précliniques sont franchies, la molécule pourrait être testée sur des humains. Le processus prend généralement de 5 à 10 ans, une phase aussi cruciale qu'incertaine nommée très justement la « vallée de la mort » par l'industrie pharmaceutique.

« La majorité des molécules qu'on trouve sont mises à la poubelle et particulièrement les antifongiques », confirme Adnane Sellam, chercheur au CHU de Québec–Université Laval, qui n'est pas engagé dans ces travaux.

Comme pour les antibiotiques, découvrir de nouveaux antifongiques est une urgence absolue. « Les champignons pathogènes développent des résistances à toutes les molécules utilisées actuellement. Ce qui fait encore plus peur, c'est qu'il y a de la résistance croisée, ce qui veut dire que certains champignons résistent à plusieurs familles d'antifongiques », signale-t-il. Sans parler du plus récent cauchemar des hôpitaux, le coriace *Candida auris*, dont certaines souches résistent à tout traitement.

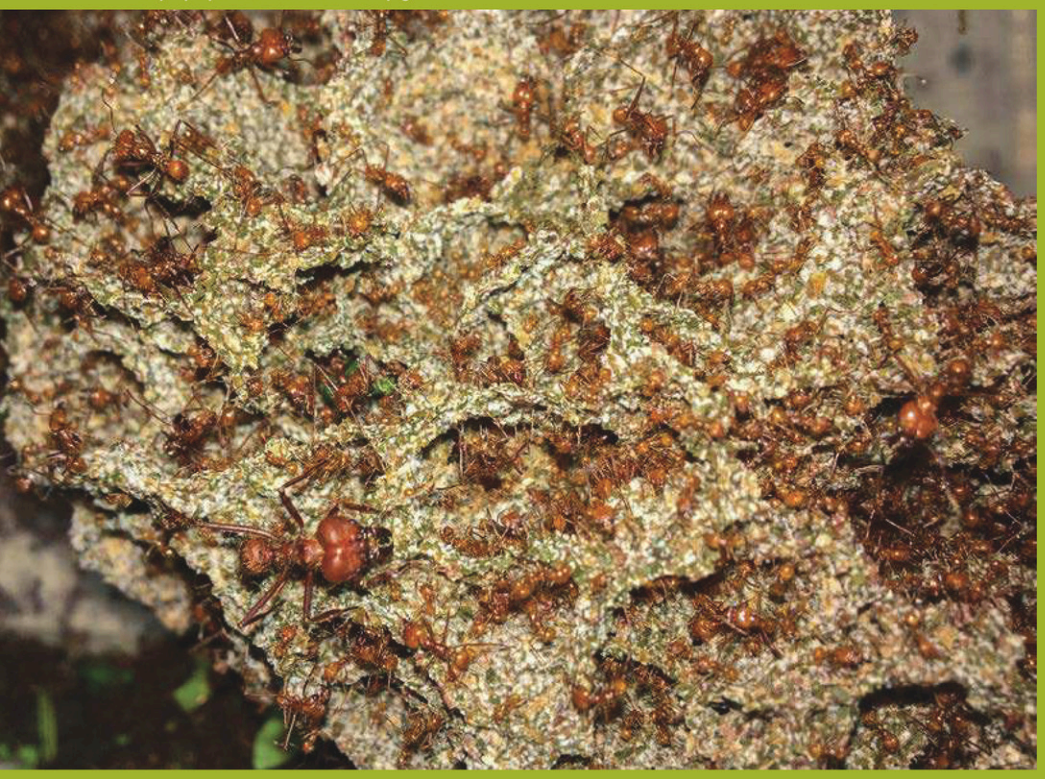
Plus largement, la résistance aux antimicrobiens constitue de nos jours l'une des plus graves menaces pesant sur la santé mondiale, estime l'Organisation mondiale de la santé.

« C'est aussi une belle découverte parce que cette molécule est extraite d'un système vivant », ajoute M. Sellam. Cette approche avait été délaissée dans les dernières années, note-t-il, alors qu'une grande proportion des antibiotiques et des antifongiques utilisés à présent vient pourtant des organismes vivants.

« Cette petite fourmi est l'exemple le plus patent que le futur de notre civilisation dépend de la protection d'espaces comme cette forêt, dont nous ne connaissons que 18 % des espèces », insistait Carlos de la Rosa lors de notre passage au Costa Rica.

Impossible de savoir ce qui servira demain, d'où l'importance de conserver l'écosystème, répète le directeur de La Selva. Il en sait quelque chose : la chimiothérapie par laquelle on a traité son cancer, il y a 30 ans, comportait des molécules dérivées d'une plante, les alcaloïdes de *Catharantus roseus*. En santé aujourd'hui, il réenchante la jungle pour le public et veille sur les plus petites créatures pour la suite du monde.

La division du travail est très sophistiquée chez les fourmis champignonnistes. Celles qui sortent du nid-champignon pour rapporter des débris végétaux ont une tête proéminente et des mandibules tranchantes. Les fourmis plus petites s'occuperont quant à elles de découper les feuilles en menus morceaux et de les transformer en pulpe pour nourrir leur champignon.





Dans le laboratoire du microbiologiste Adrian Pinto à San José, des dizaines de boîtes comme celles-ci fourmillent d'activité. Son équipe a isolé les meilleurs spécimens d'*Apterostigma* de la réserve La Selva. On voit ici deux nids-champignons du même type, à l'aspect spongieux et alvéolaire.

NOUS FAISONS AVANCER LA SCIENCE

Félicitations à Caroline Ménard et à son équipe de recherche qui ont découvert comment le stress chronique peut mener à la dépression.

Une fois de plus, nos chercheurs permettent de faire des découvertes importantes pour notre société.



ulaval.ca/recherche | #FiertéUL

Ville de Québec

UNIVERSITÉ LAVAL

FORÊTS

BIODIVERSITÉ DU NORD

BIOPRODUITS

ÉCOLOGIE ET AMÉNAGEMENT FORESTIER DURABLE

SÉQUESTRATION DU CARBONE

SYLVICULTURE

VALORISATION ET TRANSFORMATION DU BOIS

uqat.ca/irf



OSE L'UQAT

ADMISSION EN COURS

MINES ET ENVIRONNEMENT

GÉOCHIMIE ENVIRONNEMENTALE

GÉOPHYSIQUE APPLIQUÉE

GÉOTECHNIQUE MINIÈRE

GESTION INTÉGRÉE DES REJETS MINIERS

HYDROGÉOLOGIE

RESTAURATION DES SITES MINIERS

TRAITEMENT DES EAUX MINIÈRES

VÉGÉTALISATION DES SITES MINIERS

uqat.ca/irme



uqat.ca

UQAT

LES PRIX DU QUÉBEC
culture • science

DÉCOUVREZ LES LAURÉATS 2018

Les Prix du Québec constituent la plus haute distinction gouvernementale en culture et en science et récompensent chaque année des carrières exceptionnelles dans ces domaines.

Le prix Relève scientifique est remis à une personnalité de 40 ans ou moins s'étant illustrée en science.



Gilbert Laporte
Prix Marie-Victorin
Recherche opérationnelle et science de la décision



Francine de Montigny
Prix Marie-Andrée-Bertrand
Santé psychosociale des familles



Anne Bruneau
Prix Armand-Frappier
Systématique et évolution des plantes



Jérôme Dupras
Prix Relève scientifique
Économie écologique



Jean Caron
Prix Lionel-Boulet
Physique et hydrodynamique des sols



Yves Gingras
Prix Léon-Gérin
Histoire et sociologie des sciences



Nahum Sonenberg
Prix Wilder-Penfield
Régulation de l'expression génétique

CONNAISSEZ-VOUS UNE PERSONNE MENANT UNE CARRIÈRE EXCEPTIONNELLE EN SCIENCE?

Soumettez sa candidature aux Prix du Québec 2019!

#PrixduQuébec | prixduquebec.gouv.qc.ca

Québec

L'alliée des Autochtones

Depuis 45 ans, l'anthropologue Carole Lévesque a tissé des liens précieux avec les peuples autochtones.



PHOTO : PAUL BRINDAMOUR

De l'artisanat à la famille en passant par l'environnement, chez les Cris comme chez les Inuits ou les Mohawks : Carole Lévesque, chercheuse au Centre Urbanisation Culture Société de l'Institut national de la recherche scientifique (INRS), s'intéresse à tous les enjeux liés aux peuples autochtones au Québec avec lesquels elle collabore de façon étroite. Les travaux réalisés ont donné lieu à plus de 150 rapports de recherche depuis 1972.

« J'ai toujours travaillé avec les gens et je suis toujours revenue sur le terrain pour partager les résultats de ces recherches. La réciprocité est importante », affirme Carole Lévesque, qui a passé six ans de sa vie dans différentes communautés autochtones.

Pourtant, à l'époque, c'était mal vu par le milieu de la recherche. « La vision était assez élitiste, paternaliste, et on me reprochait de ne pas faire de la vraie recherche », se souvient la chercheuse, qui a travaillé sans être affiliée à une université pendant une décennie.

Née à Beauharnois, de parents qui n'ont pas été plus loin que l'école primaire, elle croit que ses origines modestes expliquent son côté atypique.

Son destin change à 11 ans. Elle rencontre alors une professeure de littérature de la Sorbonne invitée à son école de village tenue par des religieuses de Jésus-Marie. « Ça m'avait tellement impressionnée ! raconte M^me^ Lévesque. J'étais revenue à la maison en disant à ma mère que je voulais étudier à la Sorbonne. Je ne savais même pas où était Paris. »

Seize ans plus tard, elle entrait à la célèbre université française pour faire son doctorat. Ses études, elle les a d'ailleurs payées de sa poche, en travaillant au sein de plusieurs communautés autochtones et organismes, notamment la Commission scolaire du Nouveau-Québec et la Société d'énergie de la Baie James.

Elle entre à l'INRS en 1995, puis y crée en 2001 le Réseau de recherche et de connaissances relatives aux peuples autochtones DIALOG. Celui-ci compte aujourd'hui une trentaine de chercheurs issus de près de 20 universités dans le monde, en plus d'étudiants et de membres d'instances et de communautés autochtones.

« Un tel réseau permet à la connaissance de circuler le moins hiérarchiquement possible, explique Carole Lévesque. Ce n'est pas d'un côté les universitaires qui savent et de l'autre les gens des milieux autochtones qui ne savent pas. Nous mettons en valeur les savoirs respectifs et travaillons en mode de coconstruction de connaissances. »

Grâce à ce mode de fonctionnement horizontal, l'anthropologue constate qu'une confiance s'instaure entre les Autochtones et le monde de la recherche. Non seulement ils viennent à elle, mais ils n'hésitent pas à revenir si le besoin se présente.

C'est ce rôle actif dans la réconciliation avec les peuples autochtones qui lui a valu le prix Marie-Andrée-Bertrand en 2016, attribué par le gouvernement du Québec. Il souligne l'ensemble de sa carrière et la qualité de ses travaux, qui ont mené à des innovations sociales d'importance pour le mieux-être des individus et des collectivités.

À 68 ans, Carole Lévesque entame un nouveau projet de coconstruction des connaissances sur la réussite éducative financé par DIALOG et la Fondation Lucie et André Chagnon. « Nous regarderons ensemble la manière dont on apprend et dont on transmet les savoirs en milieu autochtone. »

Elle retournera ainsi fréquemment sur le terrain, sa deuxième maison. « C'est ce qui me donne de l'énergie », dit-elle, un sourire dans la voix.

Par Martine Letarte

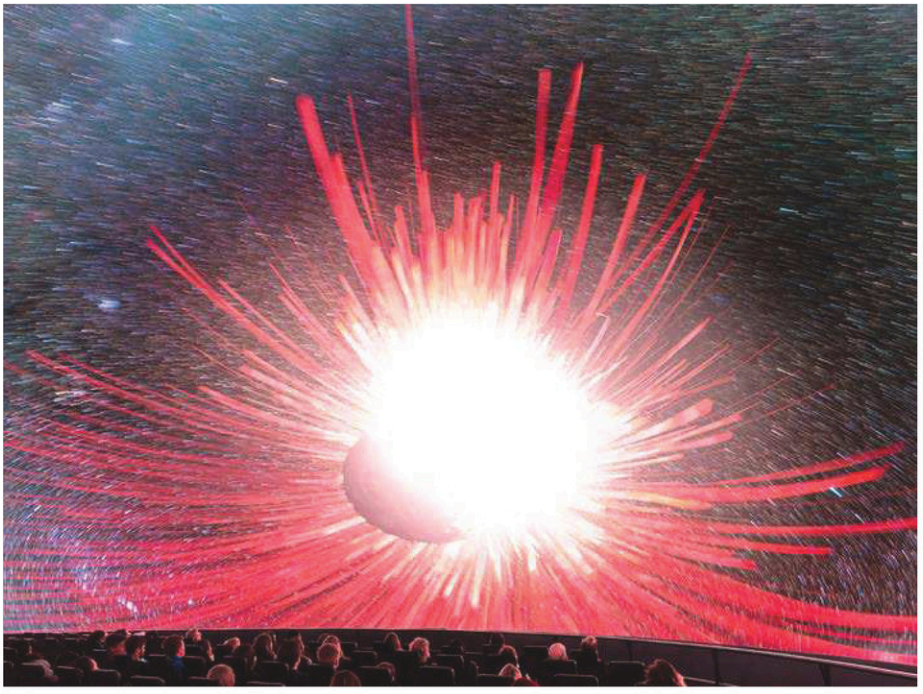
La production de ce portrait a été rendue possible grâce au soutien du ministère de l'Économie et de l'Innovation du Québec.

CULTURE

ÉMILIE FOLIE-BOIVIN @efolieb



VISITER



©ADLERPLANETARIUM&NICKULIVIERIPHOTOGRAPHY_PLANETNINE

Objets identifiés… ou presque

Dans les environs de Pluton se cacherait un objet volumineux qui déchaîne les passions chez les astronomes depuis 2015 : la fameuse neuvième planète. Existe-t-elle ? En attendant d'en avoir le cœur net, on se rend au Planétarium Rio Tinto Alcan de Montréal, où prend l'affiche le documentaire *Planète 9*, produit par le Planétarium Adler de Chicago. En plus d'explorer l'épineuse question de cette planète mystérieuse, le film initie les spectateurs aux recherches sur les objets situés dans la ceinture de Kuiper. L'astronome et professeur d'astrophysique Matt Brown y raconte les astres les mieux connus de la science. C'est le cas de l'intrigante Haumea, une planète naine de la forme d'un œuf, réputée être l'objet ayant la rotation la plus rapide de notre système solaire, et la très nonchalante Sedna, qui prend 12 000 ans à parcourir son orbite. Ce sont 27 minutes remplies d'optimisme et de mystère, et cela fait un bien fou.

Les enfants aimeront particulièrement le second spectacle de ce programme double, qui propose une immersion dans les recherches d'Albert Einstein. Présenté lui aussi sous le dôme 360°, le film d'animation *Les secrets de la gravitation* met en scène un jeune apprenti magicien qui cherche à comprendre pourquoi les objets retombent sur le sol au lieu de flotter. Le concept, pas si simple à assimiler sur papier, devient limpide lorsqu'il est expliqué par le brillant robot AlbyX3. Pour mieux comprendre les trous noirs et l'espace-temps (ou simplement se plonger dans des abstractions loin des problèmes de bureau — à moins que vous soyez physicien théoricien), ce film fait de petits miracles.

Planète 9 *et* **Les secrets de la gravitation,** *dès l'âge de sept ans, 27 minutes chacun. Au Planétarium Rio Tinto Alcan de Montréal jusqu'au 30 avril 2020.*

REGARDER

Par ici, les filles !

Vous êtes à la recherche d'une (nouvelle) carrière ? Passez voir *Les Catalys*, une websérie en 10 épisodes dont la mission est d'encourager les filles de 13 à 19 ans (mais ça marche pour les plus âgées aussi !) à s'orienter vers des professions dans le secteur de la science et des technologies. Un vaste domaine où elles n'occupent d'ailleurs que moins du quart des emplois. Chaque capsule de huit minutes dresse le portrait d'une jeune professionnelle — dont une architecte, une programmeuse de jeux vidéos et une ingénieure — à travers une entrevue décontractée. On en profite pour vulgariser l'un des concepts abordés en une minute top chrono et rendre hommage à une autre scientifique. On ne le voit pas, mais c'est digne de mention : l'équipe derrière la caméra est entièrement féminine ! Et écoutez la websérie jusqu'à la toute fin du générique, car les invitées livrent en bonus un précieux conseil.

Les Catalys, *www.facebook.com/lescatalys.*

REGARDER



UNE MAIN, UNE LIGNE, UN POISSON. PHOTO TIRÉE DE LA PRODUCTION © ONF 2016

Fruits de mer

En flânant sur le Web, je vous ai trouvé deux courts métrages à vous mettre sous la dent gratuitement. Le premier, *Une main, une ligne, un poisson*, est un petit documentaire du cinéaste Justin Simms. Il nous amène au large de l'île Fogo, à Terre-Neuve, rencontrer des pêcheurs de morue revenus aux méthodes ancestrales de pêche à la ligne d'il y a 500 ans. Ils mènent cette petite révolution durable à mains nues et ont le contrôle sur la qualité des prises. Ce sont 13 minutes contemplatives à la lumière de l'aube sur la manière de préserver nos précieuses ressources.

Dans le second, la fiction *Hybrids*, la faune marine a appris à s'adapter à la pollution extrême de nos océans pour survivre. Ce chef-d'œuvre animé de six minutes nous présente une tortue de mer qui habite dans une casserole et des crabes qui trouvent une utilité aux bouchons de bière. On ne vous en dit pas plus, sauf que c'est brillant d'inventivité. Pas étonnant que les étudiants de l'école d'animation MoPA (France), qui l'ont réalisé, aient reçu autant de distinctions dans les festivals.

Une main, une ligne, un poisson, *www.onf.ca/film/main_une_ligne_un_poisson. Avec sous-titres français.*
Hybrids, *www.hybrids-shortfilm.com.*

LIRE

Marie-Ève contre Goliath



Voici une histoire judiciaire qui finit bien. L'auteure Marie-Ève Maillé nous l'avoue d'emblée, mais ça n'enlève rien au rocambolesque de son récit personnel, qui, d'ailleurs, ne manque pas de rebondissements. *L'affaire Maillé*, c'est le récit d'une jeune chercheuse de l'Université du Québec à Montréal appelée à témoigner comme experte dans une action collective. Elle se retrouve à devoir défendre à bout de bras la confidentialité de l'identité des participants à ses recherches et celles des données recueillies, un principe pourtant essentiel à la démarche scientifique. Si elle cède, cela pourrait créer un précédent. La spécialiste de l'évaluation des répercussions sociales des grands projets nous plonge dans le cauchemar qu'elle a vécu en raison des problèmes d'accessibilité à la justice et du manque de soutien des divers établissements concernés. Ce récit bien vulgarisé est livré avec authenticité, humour décapant en prime, ce qui n'est pas sans rappeler les qualités de la pièce de théâtre documentaire *J'aime Hydro*. Un gros coup de foudre autant pour cet essai que pour Marie-Ève Maillé, qui a démontré beaucoup de courage dans l'adversité.

L'affaire Maillé, *par Marie-Ève Maillé, Écosociété, 192 p.*

LIRE

Inspirante rétrospective

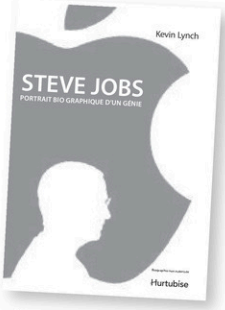
Les fines observations qu'a partagées avec les lecteurs l'anthropologue vagabond Serge Bouchard entre 2009 et 2018 dans les pages de *Québec Science* sont désormais réunies sous une même couverture : *L'œuvre du Grand Lièvre Filou*. Le voyageur infatigable nous promène de l'Abitibi à Hawaii, communiquant ses réflexions et son indignation avec la poésie qu'on lui connaît. Les chiens, les inventions québécoises, les langues algonquiennes, le tourisme : autant de sujets auxquels s'intéresse cet esprit libre, qui tente de nous rattacher à notre territoire et de nous ramener à l'essentiel.



L'œuvre du Grand Lièvre Filou : chroniques, *par Serge Bouchard, Éditions MultiMondes, 217 p.*

Hommage à l'enfant de la Silicon Valley

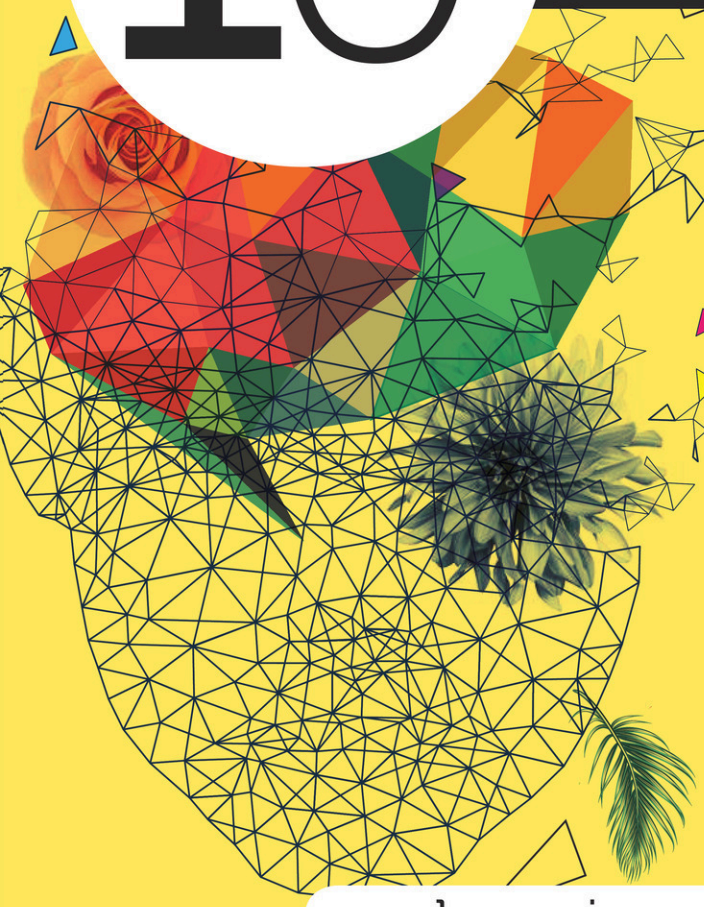
C'est tout un défi de produire un livre à la hauteur de l'esthétisme du fondateur d'Apple, mais *Steve Jobs : portrait bio graphique d'un génie* a une facture visuelle rafraîchissante et dynamique. Le texte principal de cette biographie non autorisée retrace les pans importants de la vie de l'homme qui a repensé l'ordinateur personnel. Le tout est entrecoupé de graphiques pour décortiquer autant son cancer que ses mémorables discours en passant par les ingrédients de son allure austère. Un regard sérieux et amusant sur un personnage révolutionnaire.



Steve Jobs : portrait bio graphique d'un génie, *par Kevin Lynch, Éditions Hurtubise, 272 p.*

LES 10 DÉCOUVERTES DE L'ANNÉE

26e ÉDITION



VOTEZ POUR LE PRIX DU PUBLIC *QUÉBEC SCIENCE* DÉCOUVERTE DE L'ANNÉE 2018

quebecscience.qc.ca/decouverte2018

VOTEZ ET COUREZ LA CHANCE DE GAGNER

UN SÉJOUR FAMILIAL AU PARC NATIONAL DU MONT-MÉGANTIC*

- 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

VALEUR de 565 $

*Ce forfait familial (2 adultes et 2 enfants) est valide pour l'été 2019, selon les dates du Festival d'astronomie populaire du Mont-Mégantic

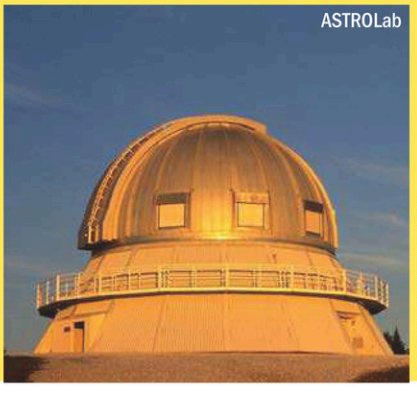


Photo: Mathieu Dupuis

Sépaq

ASTROLab du parc national du Mont-Mégantic

QUÉBEC SCIENCE

Pour participer et consulter le règlement du concours, rendez-vous au www.quebecscience.qc.ca/decouverte2018. Le vote prend fin le 10 février 2019 à 23 h 59.

RÉALISÉ PAR
JEAN-MICHEL COUSTEAU
ET JEAN-JACQUES MANTELLO

PARTICIPATION SPÉCIALE ET PRODUIT PAR
ARNOLD SCHWARZENEGGER

MERVEILLES DES MERS

UN SPECTACLE ÉBLOUISSANT. UNE AVENTURE INOUBLIABLE.



AUSSI OFFERT EN 3D

UN FILM IMPORTANT SUR LA NÉCESSITÉ DE PROTÉGER LES OCÉANS

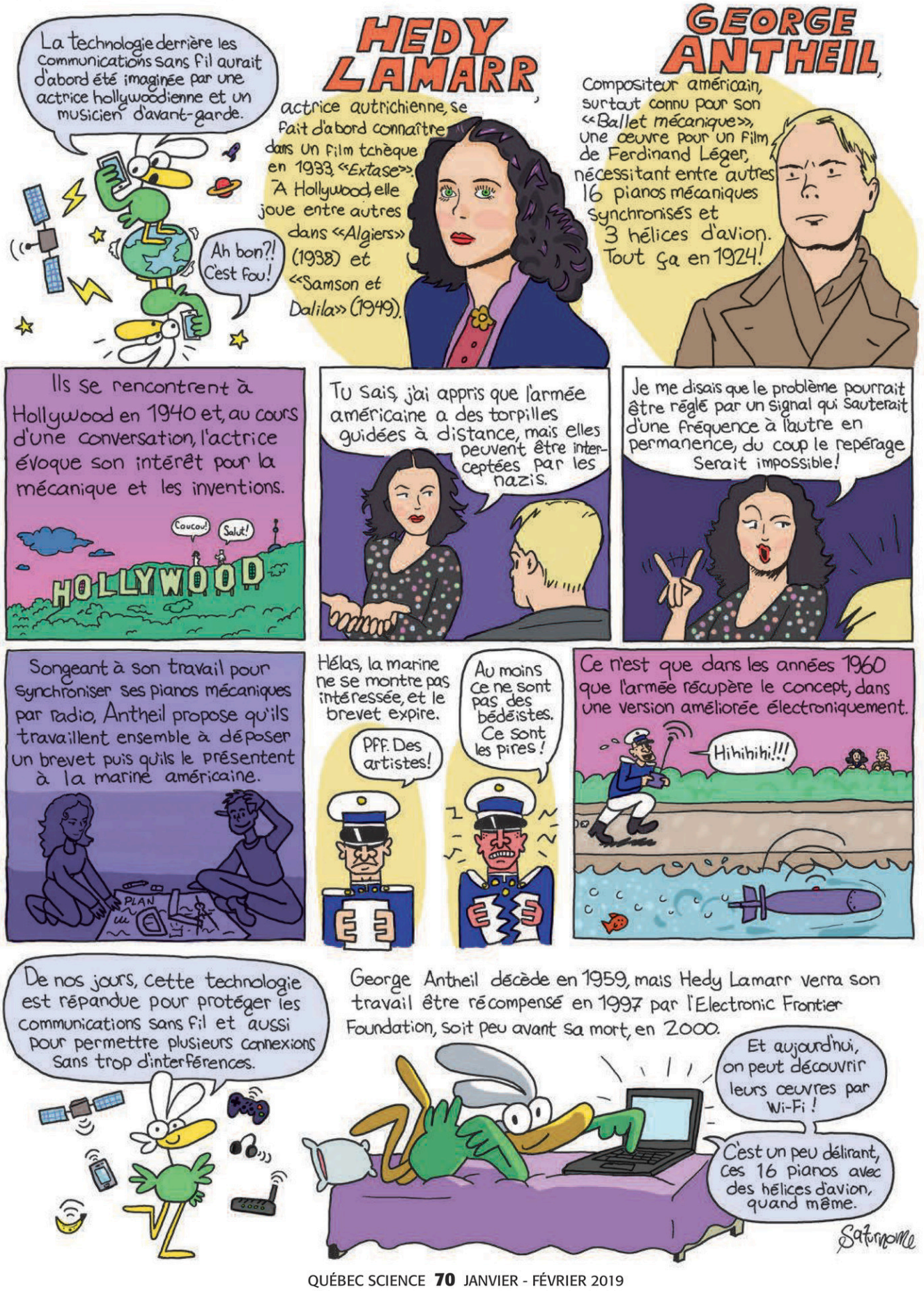
PRÉSENTÉ PAR
QATAR FOUNDATION

AU CINÉMA LE 1ER FÉVRIER
WWW.WONDERSOFTHESEA3D.COM

YouTube TVA Films

RÉTROVISEUR

L'HISTOIRE DES SCIENCES VUE PAR SATURNOME



L'Université du Québec, un réseau de dix établissements

Une vitalité scientifique qui permet à nos chercheurs d'innover et de répondre aux besoins de la société québécoise.



- Université du Québec à Montréal (UQAM)
- Université du Québec à Trois-Rivières (UQTR)
- Université du Québec à Chicoutimi (UQAC)
- Université du Québec à Rimouski (UQAR)
- Université du Québec en Outaouais (UQO)
- Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue (UQAT)
- Institut national de la recherche scientifique (INRS)
- École nationale d'administration publique (ENAP)
- École de technologie supérieure (ÉTS)
- Télé-université (TÉLUQ)

Université du Québec

uquebec.ca

@ReseauUQ

@Université du Québec

100 MILLIONS D'IDÉES | UQÀM

Bienvenue aux idées brillantes.

Portes ouvertes

Venez vous informer sur nos 300 programmes aux 3 cycles d'études.

Mardi 12 février 2019 | 15 h à 20 h