LES 10 DÉCOUVERTES DE L'ANNÉE

Le meilleur de la recherche au Québec

QUÉBEC SCIENCE

JANVIER-FÉVRIER 2017

Votez pour votre découverte préférée.
Détails en page 42

Il tue, il sauve, il préserve, il soulage, il peut même faire maigrir...

LE FROID

+

Pilule contre l'alcoolisme : miracle ou mirage ?

• • •

Le prochain Einstein sera-t-il africain ?



JANVIER-FÉVRIER 2017
PP 065387
01
6,45$
7 78313 03815 6
MESSAGERIE DYNAMIQUE 10682



L'innovation débute par une idée, elle s'appuie sur le savoir, les grandes découvertes et le désir d'améliorer les choses.

Bravo aux lauréats des 10 découvertes de 2016.



20
YEARS • ANS

INNOVATION.CA

CANADA FOUNDATION FOR INNOVATION | FONDATION CANADIENNE POUR L'INNOVATION



Parc national du Mont-Mégantic
Conserver. Protéger. Découvrir.

Parc national de Miguasha
Conserver. Protéger. Découvrir.

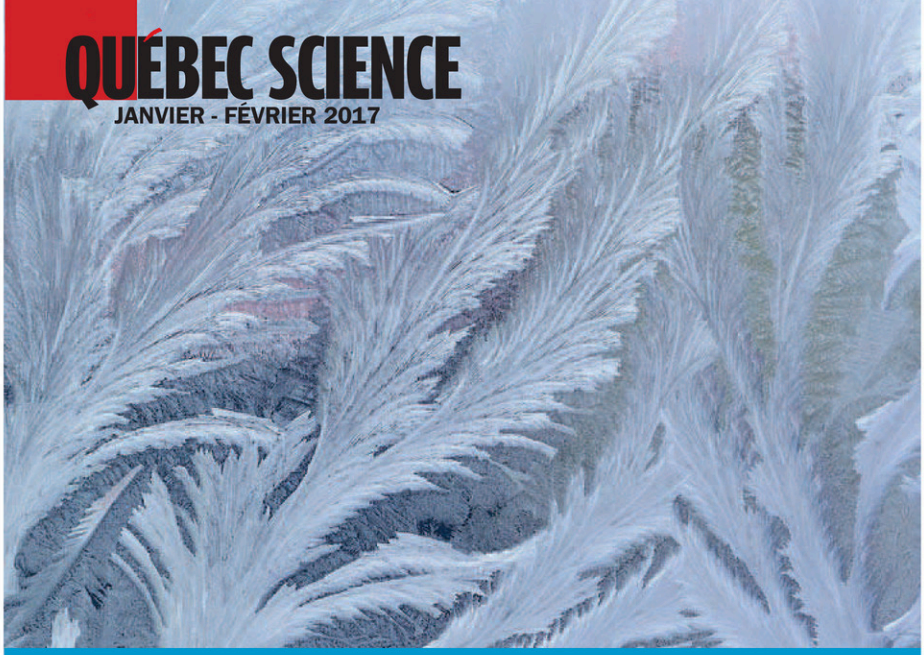
Parc national du Lac-Témiscouata
Conserver. Protéger. Découvrir.

Parcs Québec
Conserver. Protéger. Découvrir.

parcsquebec.com | 1 800 665-6527

Réseau Sépaq

QUÉBEC SCIENCE
JANVIER - FÉVRIER 2017



JAN STROMME/THE IMAGE BANK/GETTY IMAGES

EN COUVERTURE

La science du froid

20 Qu'on l'aime ou qu'on le déteste, le froid reste fascinant. Il peut nous tuer ou nous sauver. Il soulage nos douleurs. Il pourrait nous aider à maigrir et même à préserver des organes destinés à la transplantation. Il est aussi une mémoire: les glaciers conservent une foule de renseignements sur les changements climatiques.

Par Marine Corniou, Mélissa Guillemette, Nathalie Kinnard et Guillaume Roy.

LES DÉCOUVERTES DE L'ANNÉE

Un dossier réalisé par Maxime Bilodeau, Marine Corniou, Anabel Cossette Civitella, Mélissa Guillemette, Nathalie Kinnard, Joël Leblanc, Marc-André Sabourin et Marion Spée

GÉOLOGIE
36 Manteau cachottier

SANTÉ
38 Traquer le VIH pour l'éradiquer

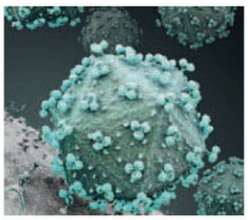
PHYSIQUE
40 Lumière sur l'ordi du futur

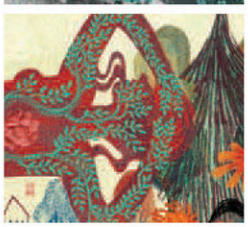
GÉNÉTIQUE
43 Les huit doigts de la main

NEUROSCIENCES
46 Dormir pour se souvenir

ASTRONOMIE
48 La mort se voit si bien









ZOOLOGIE
50 L'anguille dans la botte de foin

NANOTECHNOLOGIES
53 À l'assaut des tumeurs

NEUROLOGIE
56 Tricoter les neurones

PHYSIQUE
58 Convertir la lumière en électricité sans (trop) se fatiguer

DANS LE MONDE
60 On se souviendra de 2016 pour...

ACTUALITÉS

ENTREVUE



8 LE PROCHAIN EINSTEIN SERA AFRICAIN
L'Afrique investit plus que jamais dans la formation de ses futurs scientifiques.
Par Mélissa Guillemette

SANTÉ

12 OÙ SE CACHE LE VIRUS EBOLA?



Une enquête explore le rôle des animaux dans le maintien du virus au sein de la forêt africaine entre les phases d'épidémie.
Par Brïte Pauchet

DÉPENDANCE
16 PILULE ANTI-ALCOOL: MIRACLE OU MIRAGE?
Le baclofène, un relaxant musculaire, est utilisé en France pour traiter l'alcoolisme. Est-ce pour autant un traitement miracle?
Par Marine Corniou

ÉDITORIAL
6 La culture scientifique, qu'ossa donne? Par Marie Lambert-Chan

CHRONIQUES
14 Science et beauté
Par Normand Baillargeon

65 Le complot des traînées blanches démonté
Par Jean-François Cliche

66 Mestokosho, Pietacho et Archambault
Par Serge Bouchard



Le **billet** Par Marie Lambert-Chan

LA CULTURE SCIENTIFIQUE, QU'OSSA DONNE ?

Trop souvent négligée, la culture scientifique doit faire partie intégrante de la prochaine Stratégie québécoise de la recherche et de l'innovation.

À quoi sert-il de savoir que la Terre a été formée il y a 4,56 milliards d'années ? De comprendre les mécanismes des gaz à effet de serre ? De distinguer le virus de la bactérie ? De savoir ce qu'est un essai randomisé contrôlé ? De connaître les étapes de la démarche scientifique ? Autrement dit, à quoi sert-il de posséder une culture scientifique ?

À rien, répondront les tenants des solutions à courte vue. Ce savoir ne mettra certainement pas de beurre sur leurs épinards. Peut-être. Mais il permettra d'acheter des épinards biologiques ou non en toute connaissance de cause et de consommer du beurre sachant qu'il n'est pas aussi mauvais pour la santé qu'on le prétend.

Voilà à quoi sert la culture scientifique. À mieux appréhender le monde dans lequel on vit, à aiguiser son esprit critique, à cultiver sa curiosité et son sens de l'émerveillement, à ne pas céder aux sirènes des pseudosciences, à reconnaître des sources fiables, à prendre des décisions plus éclairées, à devenir un citoyen mieux outillé pour participer aux grands débats de société.

Au contraire, l'inculture scientifique crée un vide dangereux, rapidement comblé par des croyances de toutes sortes, depuis l'homéopathie jusqu'au créationnisme, en passant par l'anti-vaccination et le climato-scepticisme.

Bien qu'elle soit une arme redoutable pour lutter contre l'obscurantisme – chose qu'on devrait marteler en cette ère post-factuelle –, la culture scientifique reste le parent pauvre de la culture générale. Est-ce parce qu'on la tient pour acquise ? Est-ce parce qu'on trouve difficile de lui coller une étiquette, elle qui semble relever à la fois du culturel, de la science et de l'éducation ? Est-ce tout simplement parce qu'on la néglige ? Rappelons que, en décembre 2014, le gouvernement provincial avait annoncé sans plus de cérémonie l'abolition de la subvention récurrente aux organismes de culture scientifique. Un geste qui aurait condamné à mort *Les Débrouillards* et *Québec Science*, entre autres, si ce n'avait été d'une levée de boucliers.

Le spectre d'une telle crise a ressurgi en novembre dernier lors du lancement de la consultation menée par le ministère de l'Économie, de la Science et de l'Innovation (MÉSI) pour élaborer la future Stratégie québécoise de la recherche et de l'innovation (SQRI), promise pour le printemps 2017. Nulle part on n'y mentionnait la culture scientifique. Les projecteurs étaient plutôt braqués sur la culture de l'innovation, une culture où les fruits de la recherche sont surtout prisés pour leurs retombées commerciales. Une vision pour le moins utilitaire et réductrice de la science.

Alarmés, plusieurs acteurs de la culture scientifique québécoise, dont *Québec Science*, se sont mobilisés pour faire entendre leur voix. Notre message : le Québec ne peut espérer construire une culture de l'innovation et favoriser l'émergence d'esprits innovants sans une forte culture scientifique. L'intérêt pour la science ne naît pas que dans les salles de classe. Il est nourri par des magazines, des livres, des expositions, des conférences, des documentaires, des activités grand public, des blogues, etc. En la matière, le Québec possède de multiples ressources dont le travail est loué dans le reste de la Francophonie. Mais cette richesse demeure fragile, car tous les organismes qui y contribuent tirent le diable par la queue.

Avons-nous été entendus ? Il semble que oui. À la suite du lancement de la consultation, la ministre Dominique Anglade et des représentants du MÉSI ont assuré que la culture scientifique leur tenait à cœur. Cette préoccupation se matérialisera-t-elle dans la SQRI ? À suivre ce printemps…

QUÉBEC SCIENCE

JANVIER-FÉVRIER 2017 VOLUME 55, NUMÉRO 5

Rédactrice en chef Marie Lambert-Chan
mlchan@quebecscience.qc.ca

Reporters Marine Corniou, Mélissa Guillemette
Collaborateurs Normand Baillargeon, Maxime Bilodeau, Serge Bouchard, Anabel Cossette Civitella, Jean-François Cliche, Nathalie Kinnard, Joël Leblanc, Brïte Pauchet, Guillaume Roy, Marc-André Sabourin, Marion Spée

Correcteur-réviseur Luc Asselin

Directeur artistique François Émond
Photographes/illustrateurs Frefon, Jean-François Leblanc, Cornelia Li, Christinne Muschi, Félix Renaud, Donald Robitaille, Guillaume Roy

Éditrice Suzanne Lareau
Coordonnatrice des opérations Michèle Daoust
Comptabilité Mimi Bensaid
Chargée de projet, marketing et partenariats Stéphanie Ravier
Attachée de Presse Stéphanie Couillard

Vice-présidente marketing et service à la clientèle Josée Monette

Publicité
Claudine Mailloux Tél.: 450 929-1921
514 909-4601 cmailloux@velo.qc.ca
Dominique Roberge Tél.: 514 623-0234
droberge@velo.qc.ca

Impression Transcontinental Interweb
Distribution Messageries Dynamiques
Parution: Janvier 2017 (535e numéro)

Service aux abonnés
Pour vous abonner, vous réabonner ou offrir un abonnement-cadeau
www.quebecscience.qc.ca
Pour notifier un changement d'adresse. Pour nous aviser d'un problème de livraison.
changementqs@velo.qc.ca

1251, rue Rachel Est
Montréal (Qc) H2J 2J9
Tél.: 514 521-8356 poste 504
ou 1 800 567-8356 poste 504
Tarifs d'abonnements
Canada: 1 an = 35 $ + taxes,
États-Unis: 64 $, Outre-mer: 95 $

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 2016 – La Revue Québec Science. Tous droits de reproduction, de traduction et d'adaptation réservés.

Le magazine sert avant tout un public qui recherche une information libre et de qualité en matière de sciences et de technologies.

Indexé dans repère

Québec Science reçoit l'aide financière du ministère de l'Économie, de l'Innovation et des Exportations. Nous reconnaissons l'appui financier du gouvernement du Canada par l'entremise du Fonds du Canada pour les périodiques, qui relève de Patrimoine canadien.

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.

Économie, Science et Innovation Québec

La Revue Québec Science
514 521-8356
courrier@quebecscience.qc.ca
www.quebecscience.qc.ca



MON HOMME *SWEET* HOMME

Une lectrice assidue de 88 ans, **Rachel M. Gosselin de Québec,** s'est reconnue dans notre article sur le « hum », ce bruit grave, agaçant et souvent inexpliqué que plusieurs personnes disent entendre partout dans le monde (numéro d'octobre 2016). Son commentaire, manuscrit, a quelque chose de poétique. *« C'est frustrant d'être, sept jours sur sept, accompagnée d'un "hum" (homme) que vous ne pouvez pas toucher ni identifier ! Présent 24 heures sur 24, au point qu'il vous empêche de dormir malgré l'heure, ou vous réveille par son chant bas et incessant. […] Cet invisible m'habite de la tête aux pieds, je suis comblée par un "hum" (homme) présent, toujours absent. »*



BIEN-ÊTRE ANIMAL

Dans le numéro de novembre, notre rédactrice en chef a signé un billet traitant des expérimentations sur les animaux qui demeurent un mal nécessaire. Une opinion qui n'est pas partagée par tous. **Richard Carrier** écrit : *« Je sais bien que la recherche scientifique ne peut se passer pour l'instant du modèle animal, mais je suis toujours resté sceptique sur les liens que l'on peut faire entre la physiologie animale et la physiologie humaine. Comment peut-on être certain que l'expérience que l'on effectue sur l'animal sera vraiment adaptable et transférable ? [...] Des médicaments, des cosmétiques ou même des transplantations ne passent pas du tout le test sur les humains. Le modèle animal comporte beaucoup de risques pour nous. C'est pourquoi il faut développer des recherches et des modèles alternatifs. Il n'y a pas que les militants des groupes de défense des animaux qui le souhaitent, vous savez bien que des scientifiques appellent leurs collègues à trouver d'autres modèles que les animaux. »*

ERRATUM

Une erreur s'est glissée dans l'article « Un milliard d'étoiles », à la page 12 de notre dernier numéro (décembre 2016). Il aurait fallu y lire que Robert Lamontagne est directeur du télescope de l'Observatoire du Mont-Mégantic et membre de l'Institut de recherche sur les exoplanètes à l'Université de Montréal – lequel est dirigé par son collègue René Doyon. Nous leur présentons nos excuses.



Le



Thierry Zomahoun

prochain Einstein sera africain

L'Afrique est riche en cerveaux. Mais pour que ses chercheurs puissent faire des découvertes qui changeront le monde, la communauté scientifique internationale doit les aider.



GRACIEUSETÉ : INSTITUT AFRICAIN DES SCIENCES MATHÉMATIQUES (AIMS)

Les prochaines grandes percées scientifiques se feront en terre africaine, d'après Thierry Zomahoun, président-directeur général de l'Institut africain des sciences mathématiques (AIMS). Présent dans six pays, cet établissement a été rebaptisé par ses étudiants « l'Institut africain pour le manque de sommeil », un clin d'œil à son programme phare, une maîtrise intensive d'une durée de 10 mois. Les différents programmes de l'Institut ont tous pour but de propulser les jeunes vers les plus hauts sommets, afin qu'ils trouvent des solutions aux maux de l'Afrique. « Et du reste du monde aussi ! » dit M. Zomahoun. *Québec Science* l'a rencontré à Washington, au cours de l'édition 2016 du congrès de l'Association américaine pour l'avancement des sciences, où il appelait à la mobilisation des scientifiques.

Propos recueillis par Mélissa Guillemette

Pourquoi croyez-vous que le prochain Einstein sera africain ?

L'Afrique est le plus jeune continent et le restera pendant tout le XXIe siècle. En 2050, plus de 4 enfants sur 10 dans le monde seront africains, selon les Nations unies.

En même temps, la jeunesse africaine a soif de connaissances scientifiques et techniques. Même avec très peu de ressources, les jeunes font déjà des découvertes phénoménales dont on n'entend pas parler, parce que ce qui intéresse les médias, ce sont les actualités brûlantes : la corruption, Boko Haram, etc. Il ne reste plus de temps pour montrer le génie africain.

Couplez le boom démographique à la soif des jeunes d'embrasser les sciences et, mathématiquement, la probabilité est très forte pour que le prochain Einstein vienne d'Afrique !

L'enseignement des sciences dans les écoles et universités africaines est-il de bonne qualité ?

Si vous m'aviez posé la même question il y a 10 ans, la réponse aurait été non. L'Afrique a hérité de très faibles infrastructures scientifiques et techniques de l'époque coloniale. C'était une stratégie délibérée des puissances européennes, afin de ne pas permettre l'accès à la science. Le seul domaine dans lequel on formait les Africains, c'était en administration, pour servir le maître de l'époque. Pas étonnant que nos sociétés soient très bureaucratiques, aujourd'hui.

Dans les années 1960, beaucoup de pays africains ont accédé à l'indépendance. Malheureusement, les leaders ont fait ce qu'ils pouvaient avec le peu de ressources qu'ils avaient, et n'ont pas effectué une rupture avec cette tradition.

Ensuite, la Banque mondiale, par le biais de ses politiques d'ajustements structurels des années 1980 et 1990, a demandé aux États africains de rétablir les équilibres macro-économiques. Pour y arriver, les gouvernements ont sabré les budgets dans les secteurs de l'éducation et de la santé. Ils ont aussi été incités à investir dans l'éducation de base, et pas dans l'enseignement supérieur qui coûte plus cher.

Qu'en est-il aujourd'hui ?

On change de paradigme depuis une dizaine d'années. Tout le monde réalise qu'on ne peut pas faire d'un pays une grande nation avec seulement 10 ans de scolarité. Il faut de la recherche scientifique, du progrès technique. La Banque mondiale finance désormais des projets menés aux études supérieures. Autre élément encourageant : les États réinvestissent dans la formation des enseignants au primaire et au secondaire. Toutefois, le retard accumulé pendant 40 ans ne peut pas être rattrapé en une décennie.

Quelles sont les conséquences de ce retard ?

Des milliards de dollars sont versés chaque année en salaire à des expatriés installés en Afrique. On aura toujours besoin d'expatriés, tout comme le Canada aussi aura toujours besoin de compétences scientifiques venues d'ailleurs. Mais à cette échelle, c'est trop. Si la moitié de ces

milliards allaient aux jeunes Africains, ce serait déjà mieux.

Malheureusement, on ne bénéficie pas encore d'une masse critique de professionnels en science, génie et mathématiques. Et la plupart de ces travailleurs qualifiés vivent ailleurs qu'en Afrique. Il y a plus d'ingénieurs africains aux États-Unis que dans tout le continent africain. Il y a plus de médecins béninois à Paris que dans tout le Bénin.

Y a-t-il un phénomène d'exode des cerveaux chez les chercheurs aussi ?

Oui, mais comment leur en vouloir ? Les jeunes scientifiques qui partent le font parce qu'ils ont besoin de laboratoires bien équipés et d'un cadre de travail épanouissant. Ils souhaitent que leurs recherches soient de calibre international.

Si, tout en étant au Bénin, au Sénégal ou au Ghana, ils avaient la possibilité de participer à de grands forums scientifiques à l'étranger, avaient accès aux ressources qui existent dans les pays développés et pouvaient forger des partenariats avec d'autres scientifiques dans le monde, ils n'éprouveraient aucune envie de déménager à Berlin ou à Paris.

Ce qui est frustrant, c'est que les jeunes scientifiques, souvent, sont déjà en contact avec leurs collègues étrangers sur les réseaux sociaux. Ce sont les problèmes dans l'attribution des visas qui les empêchent de sortir.

Des institutions comme l'AIMS sont en train de créer un cadre pour permettre à ces jeunes d'étudier, de s'épanouir, de faire valoir leur talent, tout en travaillant avec des personnes du monde entier. Nous tentons aussi de favoriser les passerelles entre le milieu scientifique et le monde de l'entreprise.

Les diplômés de l'Institut restent-ils en Afrique ?

Environ 70 % des étudiants que nous avons formés sont encore en Afrique et y travaillent. Les 30 % restants complètent leur doctorat ailleurs dans le monde. Nous pensons que plusieurs d'entre eux rentreront au bercail. Nous y veillons : afin de faciliter leur retour, nous avons créé un programme pour qu'ils deviennent titulaires d'une chaire de recherche pendant cinq ans.

Vos établissements, soutenus par des donateurs à l'international, ne font-ils pas concurrence aux universités déjà existantes ?

Nous sommes complémentaires. D'ailleurs, nous avons des partenariats avec des universités africaines qui nous envoient des chercheurs et des étudiants. Mais nous créons aussi un grand réseau international. Nous avons des partenariats avec des universités de partout dans le monde, dont des canadiennes : l'université de la Colombie-Britannique et l'université d'Ottawa. On aimerait en avoir au Québec aussi.

C'est grâce à ce genre de mobilisation que le continent pourra réaliser son rêve de devenir un acteur respecté à l'échelle mondiale. À l'AIMS, nos étudiants à la maîtrise rencontrent plus de 50 professeurs en 10 mois, issus d'Afrique et d'ailleurs : ils ont donc des mentors et des contacts partout.

Nous apportons également une autre manière de faire la science : plus interactive, plus dynamique, plus participative. Cela rompt avec l'approche pédagogique traditionnelle de l'enseignant qui connaît tout et inculque son savoir à un apprenant qui ne connaît rien.

Ce type d'enseignement est-il un autre héritage de l'époque coloniale ?

C'est à la fois un héritage colonial, mais aussi un trait qui nous est propre. Dans beaucoup de nos cultures, la hiérarchie est importante. Regarder un aîné dans les yeux est un manque de respect. À l'AIMS, ça nous prend une semaine – maximum – pour renverser cette tradition. Rapidement, nos étudiants débattent avec leurs professeurs. J'en ai même vu tenir tête à des récipiendaires de prix Nobel !



PHOTOS : MÉLISSA GUILLEMETTE

La cour

Les écoles de l'Institut africain des sciences mathématiques visent à faire de leurs étudiants les leaders dont l'Afrique a besoin. Incursion au centre du Cap, en Afrique du Sud.

Par Mélissa Guillemette

C'est l'heure de la pause au centre de l'Institut africain des sciences mathématiques (AIMS) du Cap, un ancien hôtel converti en école et en résidence étudiante. J'accoste Barry Green, le directeur grisonnant, facile à repérer parmi la meute de jeunes passionnés de physique, d'informatique ou de mathématiques pures qui sirotent un café dans le lobby. « Notre budget est mince, mais l'impact est immense, surtout que nos jeunes sont ambitieux », affirme-t-il.

Ambitieux, dites-vous ? David Sena Attipoe en est l'incarnation même. Il est




De gauche à droite : une classe de physique de l'AIMS au Cap; Salma Omer, étudiante à la maîtrise; David Sena Attipoe, diplômé de l'AIMS.

des grands

occupé à suivre les derniers soubresauts de la bourse de Johannesburg dans une salle de conférence, à côté. « Je suis le futur président du Ghana, se présente-t-il. Et lui, c'est le futur président de la Banque mondiale ! » ajoute-t-il en pointant un ami qui passe dans le couloir.

David Sena Attipoe est un diplômé du programme principal de l'AIMS, une maîtrise intensive de 10 mois où les professeurs – et les matières – se succèdent toutes les 3 semaines. Ce féru de mathématiques financières a complété un baccalauréat à l'université du Ghana avant d'atterrir au centre sénégalais de l'AIMS. Il a eu un choc : « J'étudiais les maths depuis quatre ans, sans trop savoir ce que je faisais et à quoi ça servait. En arrivant, j'ai compris l'essence de ce que j'avais fait pendant ces quatre années : tout est devenu concret. L'AIMS m'a réveillé et m'a fait comprendre où les maths pouvaient me mener. En politique, par exemple, pour avoir des analyses plus réalistes que celles des politiciens actuels ! » Aujourd'hui, il poursuit un doctorat à l'université du Cap, tout en travaillant pour l'AIMS à temps partiel. En attendant de diriger son pays d'origine, bien sûr.

Les candidats à la maîtrise intensive sont sélectionnés sur la base de leur dossier académique et de leur engagement social. Chaque centre de l'AIMS (Tanzanie, Ghana, Sénégal, Afrique du Sud, Cameroun, Rwanda) ne prend pas plus de six jeunes d'un même pays étranger, en plus de ses propres ressortissants, explique le directeur. « Quand on reçoit 250 candidatures du Nigeria, par exemple, ce n'est pas facile d'en choisir 6… Ça démontre qu'il y a une grande demande des jeunes pour ce genre de programme qui leur donne accès aux meilleurs spécialistes dans le monde. » Au total, 3 125 étudiants ont déposé une demande d'admission pour l'année scolaire 2016-2017 et 306 ont été retenus.

Le programme est totalement gratuit, et les jeunes sont logés ainsi que nourris. Même le billet d'avion leur est fourni. Le pays hôte assure le financement des opérations de l'école et le reste des fonds provient de l'étranger. Le Canada, par exemple, a accordé 20 millions de dollars à l'Institut en 2010, puis encore 22,6 millions sur cinq ans en 2016.

L'heure terminée, le cortège d'étudiants retourne dans sa classe de physique. La cinquantaine de paires d'yeux suit un professeur en short qui crayonne des A, des B et des C au tableau; il est question d'algèbre. Il pose une question; deux filles à l'avant et un gars derrière y répondent. « Trois fois la même réponse, elle est donc confirmée ! Vous êtes des professionnels ! »

Les professeurs qui, comme lui, viennent donner 30 heures de cours en 3 semaines ont carte blanche pour ce qui est du choix de la matière à dispenser, souligne Barry Green. « Ils nous disent qu'ils prodiguent ici leur meilleure formation ! Non seulement ils ont la liberté d'enseigner ce qui les passionne sans suivre un curriculum imposé, mais en plus, contrairement à leur université, ils n'ont aucune tâche administrative à faire. » Ils sont donc 100 % disponibles pour les jeunes.

C'est au contact d'un de ces profs que Salma Omer, originaire du Soudan, a trouvé sa voie, dernièrement : l'apprentissage automatique, une spécialité en intelligence artificielle. Mais il n'y a pas que sa passion des maths qui l'a convaincue de poser sa candidature pour entrer à l'Institut. « Je savais qu'en étudiant ici, j'améliorerais ma connaissance de l'Afrique, dit-elle. Et je me suis fait des amis qui viennent de partout sur le continent. »

Étudier et dormir à la même adresse pendant 10 mois, ça crée des liens ! « Ça détruit aussi tous les préjugés que les étudiants peuvent entretenir au sujet des habitants des autres pays », souligne Barry Green.

OÙ SE CACHE LE VIRUS EBOLA?

Chauve-souris, chien, cochon : une enquête internationale explore le rôle des animaux dans le maintien du virus au sein de la forêt africaine, entre les phases d'épidémie.

Par Brïte Pauchet

Plus de 11 000 morts, des centaines de villes et de villages décimés : le virus Ebola a semé la désolation pendant 2 ans en Afrique de l'Ouest, touchant la Guinée, le Liberia et la Sierra Leone.

Alors que plusieurs essais vaccinaux prometteurs sont en cours, on en connaît encore très peu sur l'épidémiologie du virus Ebola. « Il est très difficile à étudier sur le terrain, témoigne Gary Kobinger, directeur du Centre de recherche en infectiologie de l'Université Laval. Lors des épidémies, il faut agir, les gens meurent. Ce n'est pas le moment de mener une enquête. »

Il est pourtant crucial de débusquer l'animal (peut-être même *les* animaux) qui permet au virus de persister dans l'écosystème. Jusqu'à maintenant, le suspect numéro un était la chauve-souris. En 2005, des chercheurs ont démontré que le sang de plusieurs espèces de chauves-souris frugivores contenait des anticorps contre le virus. Depuis, plusieurs études ont confirmé la présence du virus chez les chiroptères, suggérant que les chasseurs seraient contaminés en consommant leur viande ou en manipulant leurs carcasses infectées. Mais plusieurs scientifiques mettent aujourd'hui en doute le fait qu'elle soit le « réservoir » principal de la maladie. Elle ne serait peut-être qu'un maillon de la chaîne. Singes, cochons sauvages, antilopes, et autres mammifères succombent aussi à cette terrible maladie. Et si, parmi les habitants de la forêt, il en était un qui permettait au virus de se multiplier ? Et si, parmi les animaux des villages, certains hébergeaient le virus sans que personne ne le sache ?

C'est pour répondre à ces questions qu'une grande enquête est en cours, financée par l'Agence américaine pour le développement international (USAID). Elle se concentre sur 14 pays africains dans lesquels se prépare une « photographie instantanée » de la présence du virus. Des chercheurs et des techniciens, locaux comme internationaux, vont effectuer des prises de sang dans la forêt et dans les villages sur des milliers d'animaux, domestiques ou sauvages, et sur des humains. « On va échantillonner les moutons, les chèvres et les bovins, mais nos deux priorités, pour Ebola, ce sont le cochon et le chien. On ignore complètement leur rôle dans la transmission du virus », signale Guillaume Belot, vétérinaire épidémiologiste pour la FAO, l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture, qui coordonne tout le volet « animaux domestiques » du projet.

Chiens et cochons s'avèrent en effet de parfaits intermédiaires. Ils vagabondent entre la forêt et leur village, et mangent tout ce qui leur tombe sous le museau, y compris des animaux morts. Pour le cochon, en outre, depuis 2008, d'autres indices existent. Bien loin des forêts africaines, aux Philippines, on a découvert par hasard une souche d'Ebola dans le sang de porcs malades. Ebola Reston est la seule des cinq souches d'Ebola à ne pas causer de maladie chez l'humain. En fouillant



PATRICK WALLET/LOOK AT SCIENCES/SPL

Plusieurs études ont confirmé la présence du virus Ebola chez les chauves-souris.

un peu plus, les chercheurs ont découvert que certaines personnes, qui s'occupaient des cochons malades, avaient produit des anticorps contre Ebola Reston. La preuve que la transmission d'Ebola entre le porc et l'humain est possible.

QUI INFECTE QUI ?

La découverte a inquiété la communauté scientifique. Si Ebola Reston saute du cochon à l'homme, qu'en est-il des souches virulentes ? « À la suite de l'épisode des Philippines, nous avons réalisé une infection expérimentale chez le porc avec la souche la plus virulente, Ebola Zaïre », relate M. Kobinger qui travaillait à ce moment à l'Agence de santé publique du Canada. Loin de provoquer les symptômes hémorragiques fatals auxquels on s'attendait, le virus n'a causé chez les porcelets qu'une maladie respiratoire. Et vu leur comportement grégaire, ils se sont vite infectés entre eux.

Ces travaux ont aussi confirmé qu'Ebola saute la barrière des espèces : les porcs ont transmis le virus à des macaques installés dans des cages à proximité. « Ce n'est pas surprenant, explique M. Kobinger. Les conditions d'hébergement des animaux dans de hautes conditions de sécurité (nettoyage quotidien des cages, aération particulièrement soutenue, etc.) favorisent la formation de gouttelettes de matériel infectieux. Les singes ont probablement été contaminés par contact direct avec ces gouttelettes. »

Malgré tout, rien ne prouve pour l'instant que les porcs sont impliqués dans l'épidémie africaine. « À ma connaissance, sur le terrain, on n'a jamais trouvé de cochon porteur du virus ou même séropositif [NDLR : c'est-à-dire possédant des anticorps contre Ebola] », explique M. Belot. Certains se demandent même si c'est bien le porc qui infecte l'humain… ou si ce n'est pas plutôt l'inverse. Car, on l'oublie souvent, l'homme est un mammifère comme les autres. Il partage virus, bactéries et autres parasites avec de nombreuses espèces. Dans le monde, près de 75 % des maladies émergentes proviendraient des échanges continus entre l'humain et les animaux. Pour la fièvre Ebola, c'est la même chose.

COURSE CONTRE LA MONTRE

Les collaborateurs de la FAO ne sont pas les seuls à profiter de l'accalmie entre l'épidémie de 2014 et celle qui va inévitablement suivre pour aller à la pêche aux informations. Parallèlement, des scientifiques travaillent sur la génétique du virus. Deux équipes internationales ont ainsi passé au peigne fin les génomes de plus de 1 000 virus prélevés chez des malades à plusieurs moments de l'épidémie. Les résultats, publiés dans *Cell* en novembre dernier, démontrent que certains variants ont rapidement acquis des mutations (trois mois après l'éclosion des premiers cas) leur permettant d'entrer plus facilement dans les cellules humaines, et donc de s'y multiplier plus efficacement. De quoi expliquer, en partie du moins, l'ampleur de la flambée épidémique.

Quel que soit son réservoir animal, la zoonose semble désormais parfaitement adaptée à l'humain.







Science et beauté

Pour de nombreux chercheurs, la beauté d'une théorie est un indice de sa vérité.

« Beauty is truth, truth beauty, that is all
Ye know on earth, and all ye need to know. »
(La beauté est vérité, la vérité, beauté, voilà tout
Ce que vous savez sur Terre, et tout ce qu'il vous faut savoir.)

On doit à John Keats (1795-1821) ces vers devenus célèbres. Cette assimilation de la vérité à la beauté est une idée très ancienne en Occident, où on a aussi, bien souvent, assimilé moralité (le bien) et vérité, formant ainsi le trio des grandes idées dites transcendantes : le beau, le vrai, le bien.

L'idée que le beau et le vrai convergent – ou coïncident, de quelque manière – reste aujourd'hui encore présente en science, où elle est prisée par de très nombreux chercheurs – et non des moindres – pour lesquels la beauté d'une théorie est un indice de sa vérité. Qu'on en juge par ces exemples.

Rosalind Franklin, qui a joué un si grand rôle dans la découverte de la structure de l'ADN, considérait cette dernière comme trop belle pour ne pas être vraie.

Roger Penrose, célèbre mathématicien et philosophe britannique, a écrit que ce qui est beau a plus de chance d'être vrai que ce qui est laid.

De son côté, le physicien et mathématicien britannique Paul Dirac soutenait que, si on met de la beauté dans ses équations et si notre intuition est juste, on peut être certain de faire des progrès.

Quant au physicien américain Steven Weinberg, il a écrit que la beauté de nos théories est le meilleur indice que nous nous approchons de la découverte des principales lois de la nature.

Cette idée que la vérité est parente de la beauté a sa part de… vérité. Mais je voudrais suggérer qu'elle ne se trouve peut-être pas là où on la situe d'ordinaire.

Distinguons deux cas qui doivent l'être : les sciences formelles, d'abord; puis les sciences empiriques et/ou expérimentales.

En logique et en mathématiques, il est courant d'invoquer des critères esthétiques en faveur d'un théorème ou d'une équation.



ILLUSTRATION : FREFON/PHOTO : JULIE DUROCHER

On apprécie alors des qualités comme la simplicité, la symétrie ou la concision, et on parle volontiers, pour ces raisons, de la beauté d'une démonstration. On dira aussi, bien souvent, comme le logicien Bertrand Russell, que cette beauté est « froide et austère » et on ajoutera que seules la logique et les mathématiques nous la donnent à contempler.

Quiconque a ressenti une vibrante émotion devant, disons, la démonstration par Euclide de l'infinité des nombres premiers, sait bien de quoi on parle ici.

Tout cela est exact, mais il faut aussitôt ajouter que de fort belles démonstrations ont pu s'avérer invalides et que, au contraire, des démonstrations ni simples ni particulièrement élégantes se sont révélées justes.

Par exemple, le théorème des quatre couleurs demande de prouver qu'on peut colorier avec elles seules n'importe quelle carte définissant autant de régions qu'on voudra, mais en s'assurant que deux régions adjacentes aient toujours deux couleurs distinctes. Sa démonstration est si longue et complexe qu'elle nécessite de nombreuses heures de calcul par ordinateur. Pas « joli », mais efficace !

Pour les sciences empiriques et/ou expérimentales aussi – on l'a vu avec les auteurs cités –, on invoque parfois la beauté comme indice de la vérité.

Il faut dire qu'il est difficile de confronter une théorie ou une hypothèse avec une expérience. Bien souvent, il n'y a pas d'expérience cruciale qui permettrait de départager clairement deux théories. C'est tout un réseau d'hypothèses que l'on teste quand on met à l'épreuve une théorie; et encore, il est parfois possible de renforcer celle que les faits menacent en invoquant des hypothèses *ad hoc*.

Dès lors, divers critères non empiriques pourront intervenir pour accepter ou refuser une théorie : la simplicité, la concordance avec d'autres théories admises et, bien entendu, la beauté des idées ou l'élégance de la mathématisation.

Mais malgré le prestige des noms cités plus haut, il y a de bonnes raisons d'hésiter à attribuer trop de mérite à la beauté

comme indice de la vérité. L'une de ces raisons est que les critères de beauté peuvent varier selon les cultures, les époques et même les personnes, et ainsi nous faire errer.

Aussi est-ce en raison de la beauté et de la perfection alléguées du cercle que les astronomes ont longtemps considéré que les planètes devaient se mouvoir de manière circulaire, alors que leur trajectoire est plutôt elliptique. C'est encore ainsi que la théorie des cordes est jugée fort belle par ses partisans… mais hideuse par ses adversaires.

En bout de piste, c'est le monde réel qui devra trancher et la beauté d'une théorie – ou ce que nous pensons être sa beauté – ne sera pas un facteur décisif.

ÉMERVEILLEMENT ET ENSEIGNEMENT

En quel sens parler de beauté en science et dans les théories scientifiques, alors ?

C'est le regretté Richard Feynman, physicien de talent, qui donne la bonne réponse à cette question. Selon lui, c'est par ce qu'elle ajoute à notre appréhension de la beauté du monde que la science lie la beauté à la vérité et pas tellement parce qu'elle détermine ce qui est vrai.

Ce que nous apprend la science, dit Feynman, loin de retrancher quoi que ce soit à notre appréhension préalable de la beauté du monde, enrichit cette dernière.

Voyez, disait-il, cette magnifique fleur que chacun peut admirer. Le chercheur n'apprécie pas moins la beauté que les personnes non initiées à la science. Au contraire, le premier y voit d'autres raisons de s'émerveiller : la biologie de la fleur; son appartenance à toute une niche écologique; le secret compris de ses couleurs; la capacité pour les insectes de les percevoir. Et bien d'autres choses encore.

Voyez cette table, faite d'atomes.

Voyez cet arc-en-ciel et ses couleurs.

Et ainsi de suite.

La quête de la beauté peut fort bien animer les scientifiques, voire leur être parfois utile pour déceler la vérité. Mais, avant tout, la science ajoute à notre compréhension de la beauté du monde.

Et je suggère que ce sens de l'émerveillement que procure la science est une des choses que devrait transmettre et nourrir leur enseignement.

Il nous rappellerait aussi, ce faisant, combien cette beauté est fragile.

Fragile. Et plus que jamais menacée.

LE DEVOIR MOBILE,
MAINTENANT DANS VOS PANTALONS.



Téléchargez gratuitement la nouvelle application du Devoir et profitez d'un accès illimité jusqu'au 1er mars.

Télécharger dans l'App Store

DISPONIBLE SUR Google Play

PILULE ANTI-ALCOOL : MIRACLE OU MIRAGE ?

Le baclofène, un relaxant musculaire, est utilisé en France depuis quelques années pour traiter l'alcoolisme. De nouveaux essais cliniques confirment son efficacité. Est-ce pour autant un traitement miracle ?

Par Marine Corniou

Une longue descente aux enfers. C'est souvent par ces mots que les anciens alcooliques décrivent leur maladie. Si certains trouvent leur salut entre autres chez les Alcooliques anonymes (AA), d'autres se tournent désormais vers le baclofène, un médicament encore peu connu au Canada, mais qui compte de plus en plus d'adeptes. Lucie Codère en fait partie. « Le baclofène a totalement changé ma vie. Depuis que j'en prends, les bouteilles de vin à l'épicerie ne me tentent même plus », raconte cette journaliste qui a souffert d'alcoolisme pendant 15 ans.

C'est en surfant sur Internet qu'elle a découvert le « baclo », ainsi que le nom de celui qui allait accepter de lui en prescrire : le docteur Abdeltif Benhaddad, à Montréal. Il est l'un des rares, sinon le seul médecin québécois, à affirmer haut et fort l'intérêt de ce médicament pour le traitement de la dépendance à l'alcool. « Mon médecin de famille avait refusé de m'en donner, et même de se renseigner », déplore Lucie Codère.

Car le baclofène n'est pas, officiellement, une pilule anti-alcool. Il s'agit d'un décontractant musculaire, utilisé depuis plus de 50 ans pour traiter les spasmes des personnes paraplégiques ou atteintes de sclérose en plaques.

Alors, quel lien avec l'alcoolisme ? Tout débute en 2000, lorsque le *New York Times* rapporte le cas d'un cocaïnomane traité au baclofène pour des contractures douloureuses et chez qui le *craving*, ce désir intense de consommer, disparaît subitement. L'histoire reste en suspens jusqu'à ce qu'un cardiologue français, Olivier Ameisen, teste le remède sur sa propre dépendance – non pas à la cocaïne, mais à l'alcool. Dans un livre témoignage, *Le dernier verre*, paru en 2008, il raconte comment le baclofène à hautes doses l'a guéri de son mal.



LA BONNE NOUVELLE CIRCULE

Très vite, en France, c'est l'emballement : des milliers d'alcooliques parviennent à s'en faire prescrire, sous le manteau, par des médecins compatissants. L'Association baclofène voit le jour et fait pression sur le gouvernement. En 2014, l'Agence nationale de sécurité du médicament et des produits de santé accorde à cette molécule une « recommandation temporaire d'utilisation » contre l'alcoolisme, une première. En parallèle, deux essais cliniques sont lancés. Au Canada, cependant, le sujet passe sous le radar.

Mais il y a du nouveau. Les résultats

préliminaires des essais français, très attendus, ont été présentés en septembre 2016 au congrès européen de recherche biomédicale sur l'alcoolisme. Et ils semblent confirmer ce que le docteur Benhaddad constate dans sa pratique : « Dans plus de la moitié des cas, ça marche ! »

Ainsi, l'essai Bacloville, qui portait sur environ 300 patients alcooliques, a démontré que, au bout de 1 an, 56,8 % de ceux traités par le baclofène consommaient de façon normale ou avaient arrêté de boire, contre 36,5 % des personnes sous placébo.

« On s'attendait à ce taux d'efficacité, affirme Philippe Jaury, professeur de médecine générale à Paris et responsable de l'étude. Le but n'était pas d'arrêter de boire, mais de diminuer la consommation. C'est tout l'intérêt du baclofène : les gens deviennent indifférents à l'alcool, arrêtent d'y penser. »

Cette indifférence, Lucie Codère l'a ressentie au bout de quatre ou cinq mois de traitement. « On nous répète qu'on peut venir à bout de l'alcoolisme si on a la volonté. C'est faux ! L'envie est trop forte et le baclofène supprime justement ce *craving* », souligne-t-elle.

Même constat pour Bud, un Québécois qui a créé un blogue en anglais sur le baclofène (baclofenblog.com), mais qui souhaite rester anonyme. « Je bois un verre de vin rouge au souper le samedi, et c'est tout. Ça ne dérape jamais », assure-t-il.

Comment le baclofène accomplit-il ce tour de force ? Dans le cerveau, il cible les neurones qui libèrent la sérotonine et la dopamine, deux substances impliquées dans le circuit de la récompense. Plus précisément, il s'accroche aux récepteurs du GABA, un neurotransmetteur dont le rôle est de diminuer l'activité de ces neurones. Ce faisant, il les « endort » et coupe court au plaisir induit par la prise de drogues ou d'alcool. Du moins chez certaines personnes.

Le second essai clinique français, Alpadir, est moins concluant. Mené sur 320 personnes, il n'a révélé aucune différence dans le maintien de l'abstinence au bout de 20 semaines, entre le groupe baclofène et le groupe témoin. En revanche, chez les très gros buveurs (plus de 12 verres par jour), le traitement a permis de faire baisser la consommation à 3 verres, contre 5 avec le placébo.

« Pour participer à cet essai, les patients devaient être abstinents depuis quelques semaines et les critères de sélection étaient très stricts, loin de la réalité clinique, s'agace Philippe Jaury. Les doses étaient plus faibles, aussi. Si le baclofène permet aux personnes de reprendre une vie normale, de renouer avec leur famille ou de conserver leur travail dans 50 % des cas, pourquoi s'en priver ? »

POUR OU CONTRE

Il faut dire que, dans le monde de l'alcoologie, deux clans s'affrontent depuis huit ans : les « pro-baclo » et les sceptiques. Ce qui dérange ? L'effet de mode et l'empressement à prescrire une molécule n'ayant pas été testée selon les règles de l'art, à des doses parfois 10 fois supérieures à l'indication neurologique initiale.

À raison de 20 ou 30 comprimés par jour, les patients doivent jongler avec des troubles du sommeil, des vertiges, des acouphènes et parfois des épisodes maniaques. Autant d'effets qui tendent toutefois à s'estomper avec le temps.

« Il n'y a pas de consensus sur la dose. En France, ils vont jusqu'à 300 mg/jour, ce que la plupart des médecins nord-américains trouvent excessif, affirme Ronald Fraser, chef du service de désintoxication en établissement au Centre de santé universitaire McGill. L'engouement autour du baclofène est davantage basé sur la foi que sur de la science rigoureuse. »

D'autant qu'il existe d'autres solutions de prise en charge, comme le rappelle le docteur Didier Jutras-Aswad, directeur de l'Unité de psychiatrie des toxicomanies du CHUM, qui qualifie ce qui s'est passé en France de « gros dérapage ». « Il y a les cures de désintoxication, l'approche psychosociale calquée sur les 12 étapes des AA et des approches pharmacologiques, dont la naltrexone et l'acamprosate qui aident à prévenir les rechutes. »

Du côté des défenseurs du baclofène, on dénonce l'hypocrisie : trop souvent, ces méthodes de sevrage échouent l'une après l'autre. Elles permettent d'augmenter le temps d'abstinence, mais les rechutes, dues aux *cravings*, restent nombreuses.

Quant au taux de succès des AA, il est difficile à calculer, puisque l'organisation ne tient pas de registres clairs. Officiellement, il tourne autour de 25 %, mais

Au Canada, 880 000 personnes seraient dépendantes à l'alcool (3,2 % des plus de 15 ans).

LE DIFFICILE ACCÈS AUX SOINS AU QUÉBEC

Les alcooliques le savent bien : la guérison passe aussi par la résolution des troubles qui sont à l'origine de leur maladie. « Le baclofène est une béquille : il ne dispense pas du soutien psychologique », prévient le docteur Abdeltif Benhaddad, un médecin de famille basé à Montréal.

Il faut donc, avant tout, aller chercher de l'aide… et en obtenir. Pour le docteur Didier Jutras-Aswad, directeur de l'Unité de psychiatrie des toxicomanies du CHUM, c'est l'accès au traitement, plus que le manque d'outils thérapeutiques, qui pose problème. « Au Québec, comme ailleurs, les médecins de première ligne n'ont pas beaucoup de temps et ne sont pas encore bien formés pour prendre en charge les dépendances. Les interventions ne sont pas miraculeuses, mais on ne les met même pas en place correctement », déplore-t-il. Moins de 15 % des personnes buvant de façon excessive seraient prises en charge au Canada.

« Beaucoup de médecins refusent tout simplement d'aider leurs patients alcooliques. Si chacun en traitait quatre ou cinq, on ferait une différence. Ne pas le faire, c'est de la non-assistance à personnes en danger », dénonce le docteur Benhaddad.

selon plusieurs estimations, dont celle d'un ancien psychiatre de Harvard, Lance Dodes, il ne serait que de 5 % à 10 %. « Selon nos résultats, le baclofène est en moyenne 2 fois plus efficace que les autres solutions », soutient Philippe Jaury, qui soigne environ 400 alcoolo-dépendants.

« Le médicament est prometteur, reconnaît Didier Jutras-Aswad. Mais il reste plusieurs questions : quels sont les effets à long terme ? Y a-t-il un risque d'abus ? Les gens vont-ils remplacer l'alcool par le baclofène ? »

Bien qu'il soit possible de diminuer les doses et même de cesser le baclofène, plusieurs patients replongent quand ils arrêtent la médication. C'est ce qui est arrivé à Lucie Codère. « J'ai baissé la dose jusqu'à 30 mg/jour, mais j'ai entrepris une thérapie en même temps, ce qui a fait ressurgir des souvenirs de traumatismes et j'ai recommencé à boire pendant quelques mois », dit-elle.

Bien qu'il soit possible de diminuer les doses et même de cesser le baclofène, plusieurs patients replongent quand ils arrêtent la médication.

UN RISQUE À PRENDRE ?

Les patients du docteur Benhaddad sont bien au fait des complications associées au baclofène. Ils signent d'ailleurs un formulaire de consentement avant d'entreprendre le traitement. « C'est sûr qu'il y a des risques, mais l'alcool est bien pire ! » soutient le médecin.

Bud le sait mieux que personne : son frère, alcoolique lui aussi, s'est suicidé l'an dernier. « Ça n'a pas de bon sens que les addictologues refusent de prescrire un traitement qui marche ! » s'insurge-t-il.

Il faut dire que les autorités n'ont pas pris clairement position. Le Collège des médecins dit « ne pas être une société savante et ne pas avoir émis d'avis sur la question ». Même son de cloche du côté de Santé Canada : « le baclofène est commercialisé au pays, mais aucun essai clinique n'est en cours pour étudier son utilisation pour la dépendance à l'alcool ». L'organisme laisse le soin aux médecins de prescrire certains médicaments hors de leur indication officielle.

Ce qui se passe en France changera-t-il la donne ? Philippe Jaury est confiant : il pense que l'indication anti-alcool pourrait être accordée officiellement cette année au baclofène, peut-être même avant les résultats définitifs d'une étude d'innocuité, menée actuellement sur 800 patients, dont la fin est prévue en 2019.

Quels que soient les résultats, Lucie Codère n'aura pas de regrets. « La fierté d'avoir réussi à m'en sortir est plus grande que tous les risques et les effets secondaires », confie-t-elle.

ON TOUCHE À TOUT
ET ÇA NOUS RÉUSSIT
PLUTÔT BIEN

Trois de nos découvertes se sont classées parmi les 10 découvertes de l'année. L'Université de Montréal félicite ses chercheurs qui, jour après jour, repoussent les frontières de la connaissance dans tous les domaines.

Université de Montréal


PLANÉTARIUM
RIO TINTO
ALCAN
DE NATURE À ÉMERVEILLER
VIAU
Billets en ligne :
espacepourlavie.ca
Montréal
espace
pour la
vie montréal

À VOUS GLACER LE SANG...



Que se passe-t-il quand le corps humain entre en hypothermie? Notre journaliste ne le sait que trop bien...

Par Guillaume Roy

L'hiver semble s'installer à demeure dans le Parc national de la Gaspésie. On est à la mi-avril et il est encore tombé 30 cm de neige. Une dernière occasion cette année, peut-être, de profiter de la poudreuse dans le massif des Chic-Chocs.

Au terme d'une ascension d'une heure, mon copain Mathieu et moi atteignons le sommet du mont Hog's Back. Je m'élance en premier sur ma planche à neige et je m'arrête à mi-parcours pour suivre la descente de mon ami avec la caméra.

Après quelques virages dignes d'un film de ski, une plaque de neige de près de 50 m de largeur cède, emportant Mathieu avec elle. Je l'aperçois d'abord à la surface mais, après quelques secondes, il disparaît.

Dès que l'avalanche s'arrête, j'accours. Je cherche une tuque, un gant, un ski – n'importe quoi ! –, mais je ne vois rien. Je crie son nom. Pas de réponse.

Après une vingtaine de minutes, je prends la décision la plus difficile de toute ma vie. Je laisse mon ami, pour aller chercher de l'aide.

37 °C MATHIEU EST SONNÉ par l'impact; il est probablement inconscient pendant plusieurs minutes. Son corps, humide après avoir gravi la montagne, se refroidit rapidement. Dès qu'il plonge sous les 37 °C, la température normale, des récepteurs de chaleur envoient un message sous la forme d'influx nerveux jusqu'à l'hypothalamus, le centre de contrôle de la thermorégulation situé dans le cerveau. Dès lors, toute une série de mécanismes physiologiques stimulent la production d'hormones (comme l'adrénaline et le cortisol) qui influenceront les systèmes nerveux, endocrinien, cardiaque et respiratoire afin de maintenir la chaleur du corps.

Je descends la pente rapidement pour atteindre la route au bas de la montagne. Une voiture me mène jusqu'au Gîte du Mont-Albert. La réceptionniste prend alors contact avec les secouristes et l'équipe de sauvetage s'organise. J'imagine le pire.

35 °C MATHIEU VIENT D'ATTEINDRE le stade d'hypothermie légère. À la surface de son corps, les vaisseaux sanguins se contractent pour limiter la perte de chaleur. Puis, les artères se resserrent pour diminuer l'afflux de sang vers les extrémités et ainsi concentrer la chaleur près des organes vitaux. C'est le phénomène de vasoconstriction cutanée, initié par le système nerveux sympathique dont le rôle est de sonner l'alarme quand le danger nous guette. Les mains et les pieds de Mathieu se refroidissent alors rapidement, ce qui réduirait leur flexibilités'il tentait de les bouger.



Notre journaliste Guillaume Roy, à droite et son ami Mathieu, en balade dans les Chic-Chocs, quelques jours avant l'avalanche.

GUILLAUME ROY

Avec plus de sang concentré près des organes vitaux, sa pression et son pouls augmentent, car son cœur doit travailler plus fort pour envoyer du sang dans tout l'organisme. Son rythme respiratoire s'accélère également.

Même s'il est inconscient, Mathieu se met à frissonner car, en réponse au froid, le cerveau commande aux cellules de produire plus d'énergie. Résultat, les muscles se contractent et se relâchent à toute vitesse pour générer de la chaleur.

Ce sont les travaux de Gordon Giesbrecht, professeur à la faculté de kinésiologie de l'université du Manitoba, qui ont démontré l'importance du frissonnement pour la production de chaleur dans les années 1980.

Surnommé « Docteur Popsicle », il est devenu son propre cobaye en testant les effets de l'hypothermie sur son corps. Sa contribution a permis de repousser de deux degrés les limites des recherches effectuées sur des humains (de 33 °C à 31 °C). « Le frissonnement produit jusqu'à 500 watts d'énergie, alors que l'on produit environ 100 watts au repos, m'expliquera-t-il plus tard. C'est beaucoup plus que ce que l'on pensait. »

L'équipe de secours se réunit au pied du mont Albert. En plus du guide d'Avalanche Québec, six autres personnes ayant une formation de sécurité en montagne se sont portées volontaires. Tout se passe rapidement, mais les minutes filent. Ça fait déjà plus d'une heure que Mathieu est enseveli sous la neige.

32 °C QUAND MATHIEU ouvre les yeux, il parvient à dégager la neige sur son visage avec son bras droit demeuré libre, mais impossible d'en faire plus. Il entend des camions circuler sur la route au bas de la montagne et se demande si quelqu'un viendra le secourir. Ses côtes et son dos le font souffrir, mais il ne ressent pas le froid. Il vient d'atteindre le stade d'hypothermie modérée.

À 32 °C, le corps cesse de frissonner, car il n'arrive plus à produire assez d'énergie et s'épuise. Il passe alors en mode ralenti, freinant le métabolisme et donc sa consommation d'énergie, pour préserver ses fonctions.

Le cerveau marche alors lui aussi au ralenti. Mathieu devient confus et légèrement somnolent. Il a de la difficulté à parler. « Pour chaque degré corporel en moins, le cerveau consomme environ 10 % moins d'oxygène », m'expliquera plus tard Charles Saint-Arnaud, intensiviste au Centre hospitalier universitaire de Sherbrooke et professeur adjoint à la faculté de médecine et des sciences de la santé.

Le rythme cardiaque ralentit, la tension chute, le cœur pompe moins de sang. Au même moment, les vaisseaux, qui maintenaient le sang près des organes, se relâchent, créant l'impression qu'une vague de chaleur parcourt le corps. Cette réaction mène parfois au « déshabillage paradoxal » alors que des gens en état d'hypothermie enlèvent leurs vêtements… avant de s'évanouir.

Cela fait près de deux heures que Mathieu est enfoui sous la neige. L'équipe de secours entame ses recherches. Au pied de la pente, tout le monde active son détecteur de victime d'avalanche – un outil électronique qui permet de localiser un individu enseveli. Après quelques minutes, quelqu'un aperçoit un ski dans la forêt.

29 °C MATHIEU EST À LA LIMITE de l'hypothermie sévère, qui commence à 28 °C. Lorsqu'une personne atteint ce seuil, elle entre dans un état qui rappelle l'hibernation de certains animaux. Le froid ralentit tellement le métabolisme qu'il est possible de survivre avec une quantité minime d'oxygène. Cependant, les secours doivent agir rapidement car, à moins de 30 °C, les arythmies cardiaques sont fréquentes.

Mon ami entend justement les secouristes qui approchent et, tandis qu'il en est encore capable, tente un cri de désespoir. « Je suis ici ! » L'équipe le retrouve alors dans la forêt, plutôt qu'au milieu de la piste. L'avalanche était si puissante qu'elle a fait plier les arbres et a entraîné Mathieu à cet endroit

Les secouristes le sortent enfin de son piège de neige, l'enroulent dans une couverture pour le réchauffer, puis le couchent sur un traîneau. Après quoi, il s'évanouit.



DES CAS EXTRÊMES

En 1999, Anna Bågenholm, une radiologiste suédoise âgée de 28 ans, est restée dans l'eau glaciale pendant 80 minutes lors d'un accident de ski en Norvège. Coincée entre des roches et la glace, elle a pu survivre en respirant dans une petite poche d'air. Après 40 minutes, quand les secours l'ont sortie de la glace, son cœur avait cessé de battre et elle ne respirait plus.

Dans le transport d'urgence par hélicoptère, les secours ont tenté la réanimation cardio-respiratoire et le défibrillateur, sans succès. Une fois à l'hôpital, les médecins ont constaté que sa température corporelle avait chuté à 13,7 °C. Ils l'ont connectée à une machine de circulation extra-corporelle par membrane qui réchauffe et oxygène le sang. Puis, après trois heures d'arrêt cardiaque, son cœur s'est remis à battre normalement.

Anna Bågenholm s'est réveillée au terme d'un coma de 10 jours. Il lui a fallu plus de deux mois pour retrouver l'usage presque complet de ses membres; elle n'a conservé que quelques symptômes mineurs causés par des nerfs altérés dans ses mains et ses pieds. Aucun dommage cérébral permanent n'a été constaté.

Parmi les cas qui font légende, on compte aussi celui d'une jeune Suédoise de sept ans qui a survécu après avoir atteint 13 °C. Elle avait été retrouvée dans les eaux glaciales de l'océan Atlantique. Quant à Karlee Kosolofski, une fillette de deux ans de la Saskatchewan, elle a été ramenée à la vie en 1994 après s'être aventurée dehors, la nuit, en plein hiver. Elle portait des bottes et un manteau par-dessus son pyjama, mais ce n'était pas suffisant pour la tenir au chaud. Quand sa mère l'a trouvée le lendemain, son petit corps raidi était à 14,2 °C.

Une ambulance l'attend au bas de la piste pour l'emmener à l'hôpital le plus proche. Il a sept côtes cassées, un poumon perforé et 1,5 L de sang dans les poumons. Mais il est maintenant en sécurité et au chaud. Il restera en observation pour quelques jours et, heureusement, ne conservera aucune séquelle liée à l'hypothermie.

C'était en 2005, mais cette histoire me hante toujours. Que serait-il arrivé s'il avait fallu quelques minutes de plus pour trouver Mathieu ? Jusqu'où la température corporelle peut-elle descendre, avant de provoquer la mort ? Difficile à dire, indique Gordon Giesbrecht : « On pensait jadis qu'il était impossible de survivre si la température du corps descendait sous 20 °C. Puis, on a ajusté la limite à 15 °C, mais avec l'expérience, nous avons appris qu'il vaut toujours la peine d'essayer de sauver une victime d'hypothermie, quelle que soit sa température. »

Par chance, Mathieu, lui, n'a pas eu à tester la limite du corps humain. QS

POUR L'AMOUR DU FROID

Provoquer l'hypothermie ? C'est parfois utile afin de traiter des patients, et protéger leur cerveau.

Par Guillaume Roy



PHOTO : FÉLIX RENAUD / ASSISTANT: MARC-ANDRÉ RENAUD / COMÉDIEN : STEVE PILAREZIK / MAQUILLAGE: VIRGINIE BACHAND

L'hypothermie légère, entre 33 °C et 36 °C, est un outil thérapeutique utilisé quotidiennement aux soins intensifs, surtout pour traiter les victimes d'arrêt cardiaque, qui peuvent manquer d'oxygène au cerveau lorsque leur cœur s'arrête.

« En diminuant la température du corps, on ralentit le métabolisme des cellules qui consomment alors moins d'oxygène », explique Charles St-Arnaud, intensiviste au Centre hospitalier universitaire de Sherbrooke et professeur adjoint à la faculté de médecine et des sciences de la santé.

À leur arrivée à l'hôpital, la majorité des victimes d'un arrêt cardiaque sont refroidies avec de la glace, des couver-

tures froides, ou même à l'aide d'un liquide glacé injecté dans les veines ou dans l'estomac. Les patients reçoivent aussi un médicament paralysant pour empêcher le frissonnement et, donc, la production de chaleur. Le but est d'abaisser la température corporelle à 35 °C ou 36 °C, pour protéger le cerveau pendant 24 à 48 heures.

De plus, le froid permet de réduire l'activité des cellules immunitaires qui cherchent à réparer immédiatement les cellules endommagées du cerveau. Or l'inflammation qui en résulte peut causer des dommages à ce stade-ci, ajoute le cardiologue Mark Liszkowski, de l'Institut de cardiologie de Montréal.

Les spécialistes peuvent choisir de ne refroidir que le cerveau pour le protéger pendant une opération cardiaque. « Lorsque nous devons remplacer l'aorte [NDLR : artère qui porte le sang au cerveau], nous n'avons pas le choix d'arrêter la circulation sanguine au cerveau, indique le docteur Liszkowski. C'est pourquoi nous abaissons la température corporelle à 16 °C pendant quelques heures pour réduire l'activité cérébrale presque à zéro. »

LA MÉDECINE DU FROID À TRAVERS LES ÂGES

L'utilisation de l'hypothermie en médecine ne date pas d'hier. Elle est décrite sur un papyrus rédigé il y a près de 5 000 ans ! Hippocrate, qui a vécu entre 460 et 370 avant notre ère, a aussi rapporté comment la glace et la neige pouvaient ralentir l'hémorragie dans les plaies. Dans les années 1800, le chirurgien en chef de l'armée de Napoléon, Dominique-Jean Larrey, notait également que les soldats souffrant d'hypothermie survivaient plus longtemps après un trauma s'ils n'étaient pas réchauffés.

Afin de diminuer la température des patients, le cardiologue et son équipe utilisent une machine de circulation extra-corporelle par membrane, comme celle qui a sauvé Anna Bågenholm (voir l'encadré à la page 22). Cette machine permet de remplacer les fonctions du cœur et des poumons, car elle pompe le sang, en extrait le CO_2 et les caillots, y ajoute de l'oxygène et contrôle sa température, avant de le réintroduire dans l'organisme.

Ce type d'opération extrême ne dure que trois ou quatre heures pour éviter les effets néfastes d'une hypothermie prolongée, comme une baisse de pression, des problèmes de digestion ou de coagulation sanguine, ou même d'arythmie. Après l'opération, la machine fait rapidement grimper la température corporelle à 34 °C, puis le patient est débranché, avant de regagner les derniers degrés par lui-même.

Le froid pourrait-il être utilisé davantage pour traiter les traumatismes crâniens sévères, les blessures à la moelle épinière, les insuffisances hépatiques, les neurochirurgies, les paralysies et les accidents vasculaires cérébraux ? C'est ce que des chercheurs tentent de vérifier avec différents travaux qui laissent croire que le froid n'est pas encore utilisé à son plein potentiel. QS





L'équipe canadienne de water-polo profite des vertus d'un bain froid.

FRANÇOIS BIEUZEN

À QUOI SERVENT LES BAINS DE GLACE ?

Bien qu'elle soit populaire chez les athlètes, la pratique n'a pas de pouvoir anti-inflammatoire sur les muscles. **Par Guillaume Roy**

Un an après avoir démontré que le bain de glace était déconseillé pour gagner de la puissance ou de la masse musculaire, une équipe de chercheurs australiens vient de découvrir que le froid n'a pas de pouvoir anti-inflammatoire sur les muscles. Son étude a été publiée dans le *Journal of Physiology* en octobre 2016.

« Pendant longtemps, on s'est plongé dans l'eau froide pour limiter les dommages causés par des microlésions musculaires après un entraînement. En observant des symptômes extérieurs, comme le gonflement des muscles par exemple, on pensait que le froid atténuait la réponse inflammatoire, mais cette recherche démontre que ce n'est pas le cas », commente François Bieuzen, physiologiste et expert en récupération à l'Institut national du sport du Québec.

L'étude australienne signale en effet que le froid peut réduire certains signes cliniques de l'inflammation, comme l'enflure d'un membre, sans réduire l'inflammation elle-même.

Le froid pourrait même être contre-productif dans une phase de développement musculaire, ajoute François Bieuzen. « Lors d'un entraînement, on veut stresser un muscle pour le forcer à s'adapter afin qu'il gagne en efficacité, en volume, en masse et en force. Si on bloque le stress avec le froid, le muscle s'adapte plus lentement », explique le physiologiste.

Il reste cependant que le bain froid diminue la douleur. Il demeure donc un outil de prédilection pour les athlètes, souligne l'expert. Le froid permet aussi de mieux dormir. « Utilisé en fin de journée, il favorise le sommeil en diminuant la température centrale », observe François Bieuzen. Pour maximiser les bénéfices, il recommande aux sportifs de haut niveau de prendre un bain froid une heure avant d'aller au lit.

Le froid aurait aussi un effet bénéfique pour les athlètes d'endurance, car il stimule la production d'une molécule, la PGC1, qui favorise le développement des mitochondries. Ces dernières sont les « centrales énergétiques » des cellules.

Tant qu'à y être, ça vous dirait de passer trois minutes dans une chambre réfrigérée à -110 °C ? C'est ce que font un nombre grandissant d'athlètes pour mieux récupérer. Cette technique censée soulager les douleurs est née dans les années 1970, au Japon. Elle a fait une percée majeure en Amérique du Nord et dans le domaine sportif au cours des dernières années. Si ses adeptes sont convaincus des bienfaits, les données disponibles proviennent plutôt d'observations cliniques que d'études scientifiques, souligne François Bieuzen. Par exemple, on a remarqué que deux séances par jour pendant deux semaines amélioreraient le confort et réduiraient la prise de médicaments de plusieurs personnes atteintes de pathologies rhumatismales.

Mais est-ce vraiment efficace ? « Les études scientifiques médicales et sportives signalent des effets cliniques très importants, mais, pour le moment, on n'est pas capable de les expliquer », ajoute François Bieuzen.

Selon l'expert, les bienfaits du froid existent bel et bien, mais il n'est pas nécessaire de payer 69 $ pour grelotter trois minutes dans une chambre réfrigérée comme l'offrent certaines entreprises. Si l'idée est de profiter des effets antalgiques du froid ou de limiter les sensations de fatigue, il suffit de plonger dans un bain de glace (entre 8 °C et 15 °C) pendant une dizaine de minutes pour déclencher par exemple la sécrétion d'adrénaline et de noradrénaline.

ORGANES SUR LA

Disposer de réserves illimitées d'organes pour sauver des vies, c'est le rêve de nombreux chercheurs qui s'inspirent de la nature pour tenter de congeler cœurs, foies et poumons.

Par Marine Corniou



Rana sylvatica ne paie pas de mine, mais elle a des pouvoirs dignes des plus grands héros de science-fiction. L'hiver, cette grenouille brune, qui vit tapie dans les forêts nord-américaines, cesse de respirer. Son cœur et ses fonctions vitales s'arrêtent. Son corps gèle presque entièrement, pour se réveiller au printemps, comme si de rien n'était.

Sa capacité à survivre à la congélation fascine Kenneth Storey, dont le laboratoire de l'université Carleton, à Ottawa, est l'un des leaders mondiaux en « cryobiologie ». Pour comprendre les mécanismes de résistance au froid, son équipe étudie *Rana sylvatica* sous toutes ses coutures depuis plus de 30 ans. Les congélateurs du labo regorgent de ces « frog-sicles », comme les surnomme le chercheur. Son but ? S'inspirer de l'amphibien pour, un jour, réussir à congeler des organes humains.

Pas d'histoire de Frankenstein en vue, mais plutôt une triste réalité : la médecine fait face à une pénurie constante d'organes. Cœurs, reins, poumons, foies peuvent être greffés pour sauver de nombreuses vies, mais encore faut-il en avoir sous la main. Une fois prélevés sur les donneurs décédés, ces organes vitaux ne peuvent être conservés que quelques heures dans une solution à 4 °C. Cela laisse peu de temps pour trouver un receveur compatible et proscrit quasiment tout transport.

Résultat, seuls 10 % des besoins mondiaux en transplantation sont actuellement comblés, selon l'Organisation mondiale de la santé. Au Canada, on s'en sort un peu mieux, mais la liste d'attente peut atteindre plusieurs années, selon l'organe recherché et la province. Chaque année, au pays, pour environ 2 000 greffes réalisées, plus de 4 000 personnes demeurent en attente et environ 250 meurent, faute d'avoir été appelées à temps. Autant de décès qu'on pourrait éviter si les chirurgiens avaient la possibilité de puiser dans des banques d'organes congelés au gré des besoins.

PAS SI SIMPLE

Une idée qui intéresse sérieusement les autorités. En 2015, le département de la Défense américain a justement investi dans une vingtaine de *startups* qui tentent par plusieurs moyens d'allonger la durée de conservation des organes.

La piste la plus prometteuse est la « cryopréservation », c'est-à-dire la conservation à très basse température (-196 °C en général, dans de l'azote liquide). Elle est déjà largement employée pour conserver du sperme, des embryons, des cellules souches ou encore des globules rouges. Des spermatozoïdes congelés peuvent ainsi se « réveiller » tout frétillants après 20 ans dans l'azote liquide, et on a déjà vu un embryon

GLACE



conservé pendant 14 ans donner un beau bébé tout frais !

Mais les choses se compliquent lorsqu'on veut congeler les organes entiers. Leur structure est plus complexe que celle des cellules isolées, et aussi plus vulnérable.

Le problème est physique : si des cristaux de glace se forment à l'intérieur des cellules, ils détruisent les membranes comme autant de petits poignards. Tout le monde en a fait l'expérience, en congelant des fraises, par exemple : lorsqu'on les réchauffe, leur texture est plus proche de celle de la compote que du fruit frais. Ce n'est guère mieux si de la glace se forme à l'extérieur des cellules. Celle-ci peut déchirer les vaisseaux sanguins, mais aussi être fatale pour les cellules. En effet, une fois l'eau solidifiée, la concentration en ions et en sels minéraux du liquide extracellulaire augmente (il est moins dilué). Pour rétablir l'équilibre, l'eau contenue dans les cellules en sort brutalement; celles-ci se ratatinent alors, parfois jusqu'à ce que leur membrane se rompe.

« Lorsqu'on congèle du sperme ou des cellules souches, on peut se permettre d'en perdre une petite partie. Mais si on perd 10 % à 20 % des cellules d'un organe, comme un rein par exemple, il meurt et la transplantation est impossible », souligne le docteur Steven Paraskevas, chirurgien de transplantation multiorganes au Centre universitaire de santé McGill.

La grenouille *Rana sylvatica*, dont certains spécimens d'Alaska peuvent passer sept mois sous forme de glaçon, a trouvé la parade. Elle tient en un mot : glucose. Lorsque le gel s'installe, son foie libère des quantités astronomiques de ce sucre qui pénètre dans toutes les cellules (la concentration dans ses organes est alors 10 fois supérieure à celle qu'on observe chez les diabétiques). À l'intérieur des cellules, ce « sirop » reste visqueux, alors que, à l'extérieur, environ 65 % de l'eau gèle.

Une stratégie similaire a déjà fait ses preuves sur des cellules humaines. En effet, les cliniques de fécondation in vitro utilisent de plus en plus la « vitrification » pour conserver les embryons ou les ovules qui contiennent beaucoup d'eau. Le principe consiste à ajouter des produits dits cryoprotecteurs (comme le glucose), puis à plonger les cellules dans de l'azote liquide. En se fixant sur les molécules d'eau, les cryoprotecteurs les empêchent de se rassembler pour former des cristaux de glace coupants. Elles se figent donc sur place dans un état désordonné, se « vitrifiant » comme du verre.

Mais pour les organes entiers, cette méthode est loin d'être la panacée. D'abord, les différents types de cellules n'ont pas la même perméabilité aux cryoprotecteurs. Ensuite, ces produits (dont le glycol, qu'on trouve dans le lave-glace) sont toxiques à haute concentration. Si on peut facilement « laver » les cellules en suspension dès leur dégel, ce n'est pas le cas pour les organes. Pour l'instant, les quelques tentatives, réalisées sur des animaux, ont laissé les chercheurs sur leur faim.

En 2002, le cryobiologiste Greg Fahy, de l'entreprise californienne 21st Century Medicine, avait réussi à vitrifier un rein de lapin à -130 °C pendant 20 minutes puis à le greffer avec succès, mais son équipe n'a jamais pu répéter l'exploit. (Cela dit, Greg Fahy a annoncé en 2016 avoir réussi à vitrifier un cerveau de lapin et à le décongeler sans dommage apparent.)



KENNETH STOREY

La grenouille des bois peut passer des mois sous forme de glaçon. Son secret ? Le glucose.

DES PROTÉINES ANTIGEL

« Reste qu'il y a de nombreuses difficultés à surmonter. La décongélation est presque plus dangereuse que la congélation, souligne Ido Braslavsky, biochimiste à l'université hébraïque de Jérusalem et actuellement chercheur invité à l'université Stanford. Quand on met un glaçon dans l'eau, il craque de partout en se réchauffant. Cela arrive aussi avec les organes. De plus, certaines cellules se "sentent mal" au moment du refroidissement, et elles activent des circuits génétiques qui entraînent leur autodestruction. »

En collaboration avec Peter Davies, à l'université Queens, en Ontario, ce chercheur s'inspire lui aussi de la nature pour tenter de relever le défi de la cryopréservation. Cette fois, en essayant d'éviter complètement toute forme de gel. « De nombreux poissons et insectes survivent à des températures inférieures à 0 °C. Pour ne pas geler, ils produisent des protéines antigel qui empêchent la formation de glace dans les cellules », précise M. Braslavsky.



En 2015, le biochimiste a percé le secret de ces protéines. « Elles contiennent des acides aminés organisés selon le même schéma que les molécules d'eau lorsqu'elles s'agencent pour former des cristaux de glace. Dès qu'un cristal commence à se former, la protéine antigel s'y fixe de façon irréversible. Cela empêche d'autres molécules d'eau de venir s'accrocher et de faire grossir le cristal », détaille-t-il.

D'ailleurs, en 2015, une équipe de l'université Yale a poussé des souris transgéniques à produire une protéine antigel et a trempé leur queue dans une solution glaciale. Bilan : 60 % d'entre elles n'ont eu aucune engelure, contre seulement 11 % de leurs congénères « normales ».

Pour l'instant, hélas, l'ajout de protéines antigel ne suffit pas à lui seul à protéger les organes. « Nous sommes au début des recherches, mais la bonne nouvelle, c'est que ces protéines sont de moins en moins chères, car l'industrie alimentaire commence à les ajouter aux crèmes glacées pour éviter la formation de cristaux. Cela va aider les chercheurs ! » se réjouit M. Braslavsky.

FORCER L'HIBERNATION

Du côté des grenouilles, la compréhension des mécanismes progresse elle aussi. L'équipe de Kenneth Storey a découvert que ces animaux doivent leur survie à l'action de toutes petites molécules, appelées microARN, qui contrôlent de façon rapide l'expression des gènes. Elles leur permettent de ralentir tout leur métabolisme en un clin d'œil.

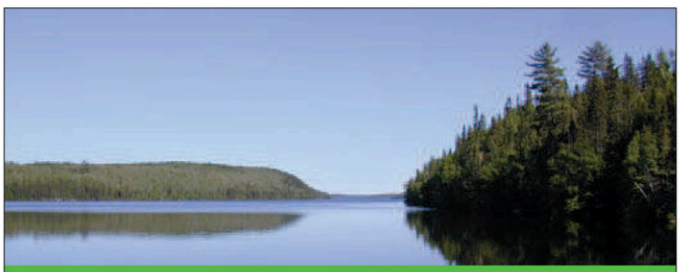
« Ces molécules sont synthétisées très rapidement, elles peuvent voyager dans le sang, d'une cellule à l'autre. Elles agissent comme des interrupteurs et permettent à la grenouille d'éteindre tout ce qui n'est pas essentiel, mais aussi d'allumer les gènes nécessaires à sa survie quand elle manque d'oxygène », explique Hanane Hadj-Moussa, étudiante au laboratoire de Kenneth Storey. Or ces microARN sont présentes chez la plupart des espèces : « On retrouve les mêmes chez des souris ou dans des cellules humaines, dit-elle. En les activant de la même façon que chez la grenouille, on pourrait ralentir le métabolisme du cœur ou du rein, ou même "éteindre" certains organes. » Une sorte d'hibernation forcée, en somme.

Pour le docteur Paraskevas, les congélateurs remplis d'organes sont toutefois un rêve trop lointain. Il espère que l'on pourra, à plus court terme, prolonger la survie des organes à température du corps, dans des conditions les plus naturelles possible. « Plusieurs machines sont en phase de test sur des greffons hépatiques, notamment pour assurer à la fois l'apport en oxygène et en glucose, et le maintien du pH du sang. Mais elles sont encore énormes et requièrent une surveillance constante », précise-t-il.

En attendant, le chirurgien insiste sur l'importance du don d'organes. « Au Québec, il y a environ 21 donneurs décédés par million d'habitants. En Espagne, ce taux est de 35, et il n'y a presque plus de listes d'attente », indique-t-il. Pour le coup, la générosité supplante la technologie.

LA VIE ÉTERNELLE

Écartons tout de suite le mythe de la cryogénie qui consiste à congeler des humains fortunés après leur mort dans de l'azote liquide, avec l'espoir de les voir revivre un jour. Si plusieurs entreprises privées offrent ce « service » dans le monde, la science est encore loin de pouvoir les ressusciter. « Pour l'instant, c'est une escroquerie : la science y parviendra peut-être un jour mais, en attendant, mieux vaudrait investir l'argent dans la recherche crédible sur le sujet », estime Ido Braslavsky. Le biochimiste convient toutefois que l'idée n'est pas totalement stupide et dit comprendre pourquoi les humains y aspirent. Encore tout récemment, en novembre dernier, une adolescente britannique de 14 ans, atteinte d'un cancer en phase terminale, a obtenu juste avant sa mort le droit d'être cryogénisée. Elle avait saisi la Haute Cour de Londres qui a octroyé à sa mère le droit de prendre les dispositions relatives à sa dépouille. Celle-ci a été transférée aux États-Unis auprès d'une firme qui l'a plongée dans l'azote liquide pour la modique somme de 37 000 livres (environ 61 000 $).



Développer une vision multidisciplinaire de l'environnement

Baccalauréat en sciences naturelles appliquées à l'environnement

- Spécialisation offerte dans les domaines de l'eau, de l'énergie, de l'environnement terrestre ou du climat
- Formation axée sur la pratique par des cours sur le terrain, des ateliers, des excursions et des laboratoires
- Programme interdisciplinaire impliquant 4 départements : biologie, chimie, géographie et sciences de la terre et de l'atmosphère
- Enseignement par équipes de professeurs et approches dynamiques d'apprentissage

Possibilité de poursuivre aux cycles supérieurs

baccenv@uqam.ca
sciences.uqam.ca/bac-environnement

UQÀM

MAIGRIR DE FROID

Des chercheurs considèrent le froid comme une arme supplémentaire dans la lutte contre l'obésité.

Par Nathalie Kinnard

Avant de vous coucher, baissez donc le thermostat de votre chambre à 19 °C. Dormir dans la fraîcheur pendant un mois suffit à faire augmenter de 30 % à 40 % la quantité de graisse brune produite par le corps, alors qu'un environnement surchauffé à plus de 22 °C la réduit. Étonnamment, cela pourrait vous aider à garder la ligne !

La graisse brune, c'est celle qu'on ne veut pas perdre. On retrouve ce tissu adipeux dans le cou, au-dessus des clavicules, près de la colonne vertébrale et du cœur. Il tire sa couleur d'une forte concentration en mitochondries, des structures qui, comme des usines, génèrent l'énergie dans les cellules. « Dans la graisse brune, ces mitochondries ont aussi la capacité de produire directement de la chaleur en réponse à un environnement froid », précise Denis Richard, directeur du Centre de recherche de l'Institut universitaire de cardiologie et de pneumologie de Québec (IUCPQ) et chercheur à l'Université Laval. « On la retrouve d'ailleurs en abondance chez les petits mammifères acclimatés au froid ou encore parmi ceux qui hibernent. » Quant aux humains, la graisse brune est relativement abondante chez les nouveau-nés, sans doute pour les garder au chaud lors des premiers mois de vie. Ensuite, elle diminue énormément.

Grâce aux techniques d'imagerie des dernières années, les chercheurs ont toutefois constaté que les jeunes adultes minces en ont plus que toute autre personne, alors que les obèses en ont très peu.

Y a-t-il un lien entre la graisse brune et le poids ? C'est ce que laissent penser les travaux de Denis Richard et ses collègues, qui ont habillé un groupe d'hommes d'une combinaison à tubulures dans lesquelles circulait de l'eau refroidie à 18 °C. Les scientifiques ont remarqué qu'en abaissant la température cutanée de 3,8 °C – sans provoquer de frissons – pendant trois heures, la dépense énergétique de l'organisme augmente de 250 kilocalories ! L'équivalent de ce qu'on ingère avec une barre Kit Kat, grosso modo. « On est ainsi capable d'activer la graisse brune qui brûle les sucres et les lipides du corps », précise Denis Richard. De quoi, à terme, perdre du poids.



Mais il y a mieux. Plusieurs chercheurs ont constaté que la graisse blanche – celle qu'on veut souvent perdre – peut se transformer en graisse brune. Cette conversion se produit sous l'effet de l'irisine, une hormone produite par les muscles lorsque vous faites de l'exercice physique, mais aussi lorsque vous frissonnez, explique Paul Lee, un endocrinologue australien qui a codirigé l'étude montrant un lien entre la température de la chambre à coucher la nuit et la graisse brune.

Il n'en fallait pas plus pour entrevoir le froid comme un allié potentiel dans la lutte contre l'obésité. Mais à ceux qui envisagent le bain de glace pour maigrir, le docteur Richard répond que le froid n'est pas un remède miracle. La perte énergétique ne serait pas substantielle et le corps pourrait se rebeller en stimulant l'appétit. Plusieurs équipes planchent donc sur l'idée d'un « médicament » contre l'obésité qui permettrait d'activer et d'accroître de façon chronique et salutaire la graisse brune, sans avoir à subir l'inconfort du froid.

En attendant, pour perdre quelques calories supplémentaires, chauffez moins votre maison !

LA MÉMOIRE DES

Sous ses airs figés, la glace est volubile; elle a toute une histoire à raconter !



ELAINE HOOD/USAP

GLACES

Par Mélissa Guillemette



Saviez-vous que le gouvernement canadien collectionne les glaçons ? « Collectionnait », en fait, car ses carottes de glace sont transférées ce mois-ci d'Ottawa à l'université de l'Alberta, à Edmonton, dans un bâtiment tout neuf.

Depuis la fin des années 1960, des chercheurs fédéraux ont bravé le froid arctique pour rapporter des échantillons verticaux de différents glaciers, depuis la surface jusqu'au lit rocheux, soit des cylindres pouvant atteindre une centaine de mètres. Ils les ont récoltés principalement dans la Terre de Baffin, sur l'île Devon et l'île d'Ellesmere, au Nunavut, ainsi qu'au mont Logan, au Yukon. Les carottes font 10 cm de diamètre et ont été coupées en morceaux de 1 m environ pour faciliter leur rangement dans des congélateurs de la Commission géologique du Canada (un organisme de Ressources naturelles Canada) qui gérait jusqu'ici la collection. Cette dernière comprend plus de 1,3 km de carottes !

Dans quel but conserver ainsi ce « patrimoine » glacé ? Pour étudier l'histoire du climat, des contaminants et des microbes. « Tout ce qui est dans l'air aboutit dans la neige et est stocké dans les carottes, dit Christophe Kinnard, glaciologue et professeur à l'Université du Québec à Trois-Rivières (UQTR), qui a fait son doctorat auprès de l'équipe de la Commission géologique du Canada. Comme autant de fragments d'atmosphère ancienne emprisonnée dans la glace. » Ou, comme le dit l'équipe de la collection américaine stockée au Colorado, des « capsules de temps congelées » (voir l'encadré à la page 32) !

Grâce à ces carottes, M. Kinnard a retracé l'évolution de la couverture de glace de mer dans l'Arctique au cours des derniers 1 450 ans, ce qui lui a permis de découvrir que la réduction des glaces depuis 30 ans est la plus prononcée de cette période.

Autre exemple, en regardant la composition de la glace, des scientifiques ont confirmé que le retrait du plomb





Au printemps 2005, sur l'île d'Ellesmere, la Commission géologique du Canada a procédé à son dernier forage glaciologique. Le scientifique Christophe Kinnard (ci-dessus) était de l'expédition.

de l'essence avait réduit la quantité de particules de cet élément chimique dans l'atmosphère. « Ils ont vu un changement rapide », dit Martin Sharp, professeur à l'université de l'Alberta et responsable du projet de récupération des archives de glace canadiennes (voir l'encadré à la page 33).

CREUSER DANS L'HISTOIRE

C'est que les glaciers se forment par accumulation de neige année après année. Cette dernière se tasse jusqu'à devenir de la glace, de plus en plus condensée à mesure que les couches supérieures s'accumulent. Chaque couche emprisonne avec elle de l'air, des poussières, des pollens, des bactéries, du sel de mer, des métaux et des contaminants de son époque. Une année peut correspondre à 20 cm de carotte dans un glacier autant qu'à 2 m dans un autre, selon la quantité de neige qui tombe sur le site, annuellement.

Plus le carottier descend dans la glace, plus il recule dans le temps. Au fond se trouvent les plus anciens vestiges, qui peuvent dater de 200 ans comme de 800 000 ans, selon les précipitations annuelles moyennes et le relief du glacier. « La plupart des carottes de la collection contiennent de la glace formée pendant la dernière glaciation, donc il y a plus de 20 000 ans, explique Martin Sharp. Certaines contiennent peut-être même de la glace aussi vieille que 90 000 ans, mais dater le fond d'un glacier est difficile. »

Sur une bonne partie de la colonne de glace, les couches annuelles sont distinctes; on peut facilement les compter, comme les cernes de croissance des arbres. Puis, près du lit rocheux, les couches ne sont plus clairement visibles. Elles sont bien sûr très amincies, du fait d'avoir été compressées pendant des années, et leur lecture peut être brouillée par la dynamique du glacier.

Car un glacier n'est pas fixe; la surface tend à glisser vers le bas de la pente plus rapidement que le fond. Comme un carré dont le côté supérieur glisserait vers l'avant, le transformant ainsi en parallélogramme. Avec les années, cette couche du dessus finit quasiment par toucher celle du fond.

« Pour établir l'âge de la glace près du lit rocheux, on doit s'en remettre aux modèles qui tentent de reconstituer l'histoire de la densification et de la déformation du glacier, indique Martin Sharp. Puisqu'on ne connaît pas l'historique exact des chutes de neige annuelles et de l'écoulement de la glace, ces modèles comprennent une part considérable d'incertitude. Et plus on est proche du lit, plus l'incertitude grandit. » Il compte néanmoins réévaluer l'âge des carottes de fond quand elles arriveront à Edmonton, car les modèles et techniques se sont raffinés depuis qu'elles ont été analysées par les chercheurs fédéraux.

DES TONNES D'INFORMATION

Ce qui est motivant pour les glaciologues, c'est que leur boîte à outils s'améliore sans cesse. « L'évolution des techniques analytiques est exponentielle, assure Patrick Ginot, glaciologue à l'Institut de recherche pour le développement, en France. Il y a 20 ans, on savait analyser les isotopes de l'eau et quelques ions; on comptait les particules; on faisait des choses basiques sur la densité. Aujourd'hui, avec seulement quelques millilitres d'eau, on mesure la totalité de la composition chimique de la glace : les grosses particules organiques, les métaux, et quasiment tout le reste du tableau périodique. »

Ainsi, des carottes récupérées il y a 30 ans ont de nouveaux secrets à révéler sur l'histoire de leur région. Il en sera certainement de même encore dans 30 ans, d'où l'intérêt de conserver les carottes à long terme plutôt que de toujours en récolter de nouvelles.

Surtout – on s'en doute –, qu'une mission de carottage est coûteuse. « La dernière fois qu'on a accompli une mission, c'était au cours de la décennie 2000, sur l'île d'Ellesmere, au Nunavut, dit Martin Sharp. Ça a pris trois semaines pour obtenir deux carottes de 130 m. Un projet de 400 000 $. Le vol commercial pour transporter la glace entre Resolute Bay et Ottawa coûte à lui seul plusieurs dizaines de milliers de dollars. »

Le professeur Sharp ne sait d'ailleurs pas si son équipe parviendra à agrandir



PETER REJCEK/SPICE

COLLECTION MONSTRE

Le plus gros dépôt de carottes de glace au monde se situe à Denver, au Colorado. Il s'agit du National Ice Core Laboratory des États-Unis. On y trouve 17 km de carottes, provenant surtout de l'Antarctique et du Groenland. La plus longue, tirée de la calotte polaire de l'Antarctique occidental, fait plus de 3 km !

CHRISTOPHE KINNARD





HEIDI ROOP/NSF

la collection canadienne. « C'est certain qu'on aimerait ça. Mais avec le système de financement canadien, ce sera difficile… »

Les scientifiques doivent pourtant se dépêcher, car le réchauffement climatique fragilise déjà plusieurs sites. « Un peu de fonte, ce n'est pas grave, et cela nous permet même de compter plus facilement les couches de glace, explique Christophe Kinnard. Mais dès qu'il y a trop de fonte, ça oblitère les signaux chimiques et il n'y a plus grand-chose à tirer comme information. »

UN COFFRE-FORT

C'est pourquoi un projet un peu fou est né en Europe : créer une banque en Antarctique où seront archivées des carottes provenant de glaciers menacés par le réchauffement climatique. Le projet « Protecting Ice Memory », lancé par des glaciologues français et italiens, semble insensé, mais est tout de même déjà en route : les premiers carottages ont eu lieu en août 2016 sur le mont Blanc, dans les Alpes.

Trois carottes reposent pour l'instant à Grenoble et trois autres arriveront au cours de l'année 2017 du sommet de l'Illimani, en Bolivie, où Patrick Ginot est présentement basé. Quatre de ces carottes partiront en 2020 vers l'Antarctique, quand la cave d'archivage sera prête.

Pour la construire, 24 conteneurs seront enfouis dans le sol de la station de recherche franco-italienne Concordia, un espace qui pourra contenir les carottes de 15 à 20 glaciers différents. Avec une température annuelle moyenne de -50 °C, impossible de trouver un congélateur plus fiable pour cette bibliothèque qui ne fera pas de prêts avant un sacré bout de temps. C'est la principale différence par rapport à une banque classique comme celle qui se met en place cet hiver en Alberta. « Les chercheurs de ma génération ne devraient pas avoir à toucher les échantillons, dit Patrick Ginot. Ces derniers seront utilisés quand les sites seront perdus et lorsque de nouvelles techniques d'analyse apparaîtront. » Un comité devra être instauré pour gérer les demandes des scientifiques.

La cave d'archivage de « Protecting Ice Memory » inclura-t-elle des carottes de glace canadiennes ? « On essaie de motiver nos collègues des autres pays à prendre part au projet, répond Patrick Ginot. Ce projet est fédéré au sein de l'International Partnerships in Ice Core Sciences qui regroupe une vingtaine de pays. Cette année, le comité a incité chaque partenaire qui a des glaciers menacés à trouver du financement et à organiser sa propre opération. Le meilleur site au Canada serait probablement le mont Logan [le plus haut sommet du pays, au Yukon], où il y a déjà eu plusieurs carottages par des équipes canadiennes. »

Jusqu'à présent le financement vient essentiellement de dons d'entreprises privées et de grands philanthropes, par l'intermédiaire de la Fondation de l'Université Grenoble Alpes, puisque les organismes nationaux de financement de la recherche n'ont pas de programme pour soutenir des projets qui auront des retombées seulement à très long terme. « Notre premier forage au mont Blanc a été soutenu par la Fondation Prince Albert II de Monaco et par des industriels qui fabriquent des produits congelés ou du matériel d'alpinisme, en plus de dons de particuliers, énumère Patrick Ginot. Des mécènes, il y en a dans le monde entier. Et beaucoup sont très attentifs à ce genre de projet. »

Ils ont compris que la glace est un outil précieux pour les chercheurs, et doit le demeurer.

UN NOUVEAU FOYER POUR « NOS » CAROTTES

Les chercheurs d'ici et d'ailleurs auront bientôt accès à la collection de carottes de glace canadiennes, qui sera transférée cet hiver d'Ottawa à l'université de l'Alberta. D'ailleurs, une quarantaine d'entre eux ont déjà signalé leur intérêt.

Les congélateurs des installations toutes neuves fonctionnent à vide depuis trois mois pour s'assurer de leur fiabilité.

Un laboratoire attenant aux salles réfrigérées permettra aux chercheurs de faire certaines analyses sur place. L'université travaillera aussi en collaboration avec une demi-douzaine de laboratoires du monde entier équipés de différents instruments pour compléter ses propres analyses. Des morceaux de la collection seront donc amenés à voyager.

Le défi sera de répondre aux demandes des chercheurs tout en préservant le plus possible la collection. « Il faudra fournir la quantité de glace dont chacun a besoin, tout en la conservant le plus possible pour de futures analyses », dit Martin Sharp, glaciologue et directeur du projet.

L'équipe veut également concevoir et rendre publique une banque de données sur sa collection.

IL FALLAIT Y PENSER !

PENSER AUX DÉFIS DE LA SOCIÉTÉ. PENSER AU MONDE DE DEMAIN.

C'EST CE QUE FONT LES CHERCHEURS DE POLYTECHNIQUE LORSQU'ILS CRÉENT DES SOLUTIONS TECHNOLOGIQUES POUR AIDER LES ENTREPRISES, LES ORGANISATIONS ET LES COLLECTIVITÉS À FAIRE DE MEILLEURS CHOIX POUR LE PROGRÈS ET LE BIEN-ÊTRE DE TOUS.



ENVOYER DES NANOROBOTS COMBATTRE LES CELLULES CANCÉREUSES DANS LE CORPS HUMAIN

L'équipe du Pr Sylvain Martel parvient à faire circuler à grande vitesse dans le corps humain des nanorobots chargés de substances médicamenteuses. Les robots livrent ces médicaments au sein même des cellules tumorales, dans les zones inatteignables par les traitements classiques. Ainsi, les cellules saines ne sont pas exposées aux effets toxiques des médicaments.

Bravo au Pr Sylvain Martel et à son équipe pour ces travaux désignés par Québec Science comme une des dix découvertes de l'année !



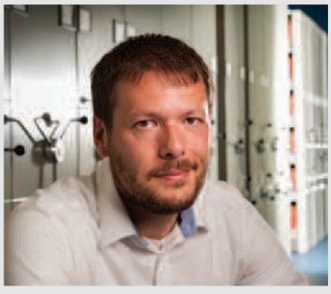
TRAITER THERMIQUEMENT DES DÉCHETS POUR PRODUIRE DES ÉNERGIES PROPRES

Avec son équipe du Centre de recherche en ingénierie de procédés - Bioraffinage, l'équipe du Pr Jamal Chaouki développe des procédés de traitements thermiques (combustion, pyrolyse ou gazéification) de divers déchets industriels, municipaux, et même ménagers. Ces déchets sont transformés en produits à haute valeur ajoutée, entre autres en bio-huiles, en gaz de synthèse, voire en biocarburant.



RÉCUPÉRER L'ÉNERGIE AMBIANTE POUR ALIMENTER LES APPAREILS SANS FIL

Le Pr Ke Wu et son équipe sont des pionniers en matière de développement de solutions pour récupérer l'énergie ambiante, en particulier l'énergie électromagnétique de faible puissance, afin d'alimenter des dispositifs sans fil. Ces technologies novatrices et durables de microalimentation des appareils sans fil, dont les téléphones mobiles, répondent aux besoins émergents de l'industrie et des usagers.



FAIRE TRAVAILLER DIFFÉRENTS TYPES DE ROBOTS EN ÉQUIPE

Voitures autonomes, drones, … les robots sont de plus en plus présents dans nos vies et cela ne fait que commencer. Comment faire travailler ensemble ces systèmes hétérogènes? En concevant des écosystèmes logiciels spécifiques comme s'y emploie l'équipe du Pr Giovanni Beltrame. Les applications de ces solutions permettront par exemple de rendre plus efficaces encore les interventions de robots dans les opérations de sauvetage, l'inspection des bâtiments et navires, la coordination de voitures ou encore en médecine.

POUR DÉCOUVRIR LES SOLUTIONS PENSÉES ET DÉVELOPPÉES PAR NOS CHERCHEURS :
POLYMTL.CA/INNOVATIO

POLYTECHNIQUE MONTRÉAL

LE GÉNIE EN PREMIÈRE CLASSE



LES 10 DÉCOUVERTES DE L'ANNÉE

Pour une 24e édition, *Québec Science* dévoile les découvertes québécoises les plus impressionnantes de la dernière année. Certaines résolvent de grands mystères. D'autres étonnent par leur originalité. D'autres encore constituent une immense avancée pour leur discipline. Toutes nous permettent de comprendre un peu mieux notre monde.

Quels sont nos critères? Chaque découverte doit avoir fait l'objet d'un article dans une publication savante reconnue, elle doit avoir été annoncée entre le 1er octobre 2015 et le 31 octobre 2016 et, évidemment, elle doit épater la galerie!

Votez pour la découverte qui vous surprend, vous impressionne ou vous inspire le plus.

Détails en page 42

Notre jury, cette année

Robert Lamontagne, Université de Montréal; Mathieu Picard, Université de Sherbrooke; Benoît St-Jacques, Institut de recherche en immunologie et en cancérologie; Pierre Sormany, ancien éditeur de *Québec Science*; Chantal Srivastava, *Les Années Lumière*, ICI Radio-Canada Première; Normand Voyer, Université Laval; et l'équipe de *Québec Science*, Joël Leblanc, Marine Corniou, Mélissa Guillemette et Marie Lambert-Chan.

Un dossier coordonné par Joël Leblanc

MANTEAU CACHOT

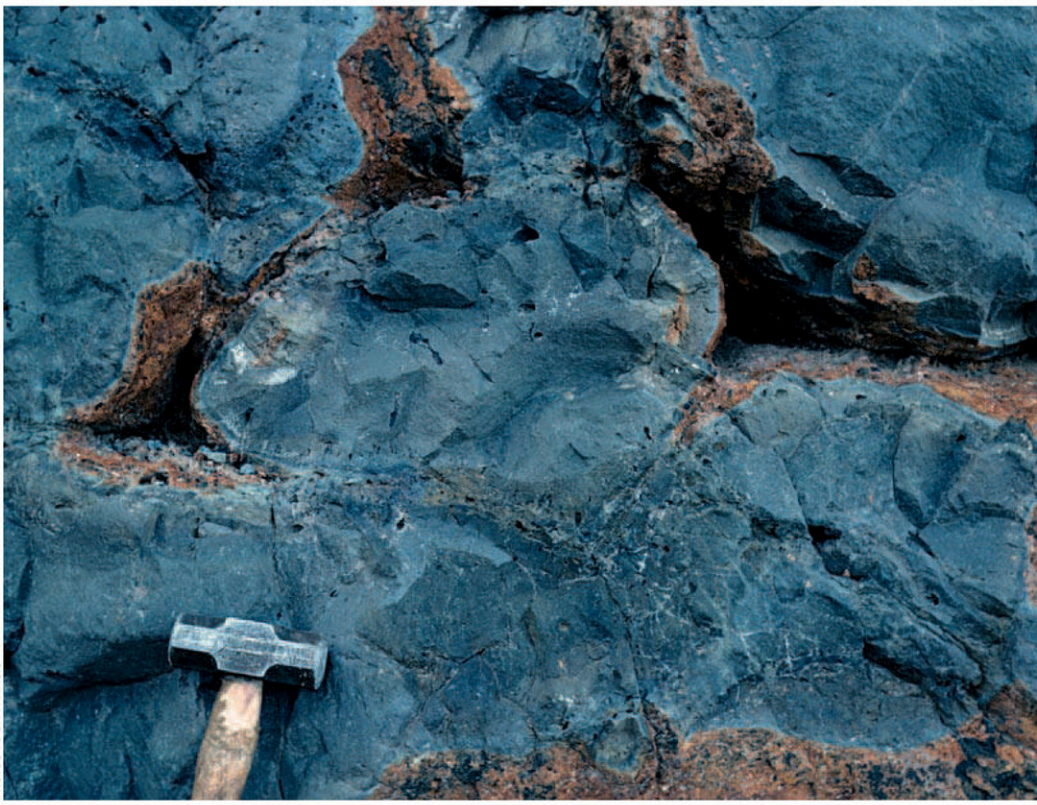
En étudiant de jeunes roches provenant du Nunavut, une chercheuse est remontée dans le passé… jusqu'à la tendre enfance de notre planète.

Par Mélissa Guillemette

Le petit cube de roche que Hanika Rizo garde dans un sac de plastique sur son bureau donne dans le gris, l'ocre et même l'olive. Un joli morceau, mais qui lui en a fait travailler un coup. Ce caillou ne contient rien de moins que des indices géochimiques qui bousculent les théories admises sur la formation de la Terre !

Fascinée par l'histoire ancienne de notre planète, la jeune chercheuse d'origine mexicaine, professeure au département des sciences de la Terre et de l'atmosphère de l'Université du Québec à Montréal (UQAM), a l'habitude d'étudier de très vieilles roches, datant de plus de 3 milliards d'années. « Moins que ça, je me disais que ça ne valait pas la peine ! » Mais le jeune caillou trouvé sur l'île Padloping, au Nunavut, lui réservait des surprises. On le dit jeune, car il est issu d'une immense éruption volcanique qui a eu lieu il y a 60 millions d'années.

Selon les géologues, la Terre s'est formée il y a un peu plus de 4,5 milliards d'années, en même temps que le reste du Système solaire. Résultat de l'accrétion de poussières, de cailloux et d'autres petits planétoïdes, elle était très chaude au début; une véritable boule de lave en fusion. Dans ce liquide, les éléments les plus lourds, comme le fer et le nickel, sont descendus vers le centre pour constituer le noyau. À l'opposé, les éléments plus légers, comme la silice, sont restés près de la surface et ont formé le manteau. Cette ségrégation s'est produite au cours des 60 premiers millions d'années du Système solaire.



PHOTOS : DON FRANCIS

Hanika Rizo s'intéresse aux isotopes, ces variantes d'un même élément chimique qui se cachent dans la roche. « Dans les premiers 50 à 500 millions d'années de l'histoire de la Terre, des isotopes instables présents en faible quantité se sont entièrement désintégrés. Mais ils ont laissé des traces qui sont aujourd'hui très utiles pour étudier des processus arrivés tôt dans l'histoire de la Terre », explique-t-elle.

Mais voilà que, après 4,5 milliards d'années de mouvements de convection et de tectonique des plaques, on considère que le manteau de la Terre a été tellement brassé qu'il est devenu totalement homogène et que les traces de son commencement ont disparu. C'était avant que ne soit analysée cette jeune roche du Nunavut.

Il a fallu un mois à la chercheuse pour analyser la composition d'un premier échantillon, avec une précision qui n'est possible que depuis quelques années. Elle a remarqué un rapport isotopique – le rapport entre deux isotopes – anormal pour ce qui est du tungstène-182 et 184.

TIER

L'île de Padloping, au Nunavut, a été créée par une éruption volcanique majeure, il y a de cela 60 millions d'années.





Hanika Rizo, professeure au département des sciences de la Terre et de l'atmosphère de l'UQAM

L'anomalie s'est confirmée dans toutes les roches extraites de l'île Padloping.

« Du hafnium-182 était là au début du Système solaire, indique Hanika Rizo. Il s'est désintégré très vite pour former du tungstène-182. » Une mutation qui s'est produite au cours des premiers 50 millions d'années. Ce tungstène s'est ensuite dispersé dans le manteau par brassage. Mais la roche du Nunavut en contient une quantité inhabituelle, ce qui indiquerait qu'elle provient d'un réservoir profond du manteau resté intact depuis la formation de la Terre. La chercheuse a repéré la même singularité dans des roches également produites par une volumineuse éruption il y a 120 millions d'années et trouvées au sein du plateau submergé d'Ontong Java, au nord des îles Salomon, dans l'océan Pacifique.

Le résultat, publié dans la revue *Science*, avec des collègues nord-américains qui ont fourni leur aide à cette recherche, nous apprend que le manteau de la Terre n'est pas homogène; des sections semblent être restées isolées depuis sa formation, malgré la convection et la tectonique des plaques. Cela va à l'encontre de tous les modèles concernant la dynamique du manteau terrestre !

C'est Don Francis, professeur émérite à l'Université McGill, et également auteur de l'article dans *Science*, qui a rapporté ces roches du Nord, il y a plusieurs années. Au départ, il s'y était rendu parce qu'il s'intéressait aux laves riches en magnésium, qui sont généralement moins altérées. Ses cailloux ont finalement beaucoup servi. « D'autres chercheurs ont relevé des compositions isotopiques témoignant de la vieillesse des laves sources de ces roches. Mais Hanika a repoussé davantage cet âge. » Repoussé à la tendre enfance de la Terre.

Ont aussi participé à la découverte : des chercheurs du Carnegie Institution for Science, de l'université de Californie à Davis et de l'université de Californie à Santa Barbara.

TRAQUER LE VIH POUR L'ÉRADIQUER

Le virus du sida est sournois: il se cache, inaccessible, au cœur des cellules. Pour le repérer, une technique ultra performante vient d'être mise au point. Le début de la fin du VIH?

Par Marine Corniou

Débusquer le VIH partout où il se cache. Le traquer dans chacune des cellules où il reste tapi, prêt à se multiplier à la moindre occasion, et l'éliminer. C'est le rêve des virologues qui y voient sans doute la meilleure façon de guérir définitivement cette infection, laquelle touche environ 75 000 personnes, au Canada, et 36 millions dans le monde.

Pour y parvenir, l'équipe de Daniel Kaufmann a mis au point une technique redoutable, 1 000 fois plus efficace que celles qui existaient jusqu'ici. « Si, sur un million de cellules, une seule contient le virus, on est capable de la détecter », explique le docteur Kaufmann, affilié au Centre de recherche du Centre hospitalier de l'Université de Montréal.

Petit rappel. Le virus de l'immunodéficience humaine (VIH) s'attaque préférentiellement aux globules blancs, ou lymphocytes, et en particulier à ceux de type CD4. En altérant les soldats du système immunitaire, le virus échappe ainsi aux défenses de l'organisme et rend son hôte vulnérable à toutes sortes d'autres maladies: pneumonie, cancers, tuberculose, etc.

Grâce aux médicaments antirétroviraux, il est toutefois possible de réduire considérablement le nombre de virus dans le sang – la charge virale –, jusqu'à les rendre indétectables.

Seulement voilà, dans certains globules CD4, le virus se cache, en s'intégrant à l'ADN, et se fait oublier, restant hors de portée des antirétroviraux. De véritables bombes à retardement qui empêchent d'éliminer complètement la maladie. « Le virus est dormant, mais il est prêt à se réveiller n'importe quand. On pense qu'une seule cellule atteinte peut suffire à réactiver l'infection », explique Amy Baxter, étudiante postdoctorale qui a mis au point la technique de traque ayant valu à l'équipe une parution dans la revue *Cell Host & Microbe* en septembre 2016.

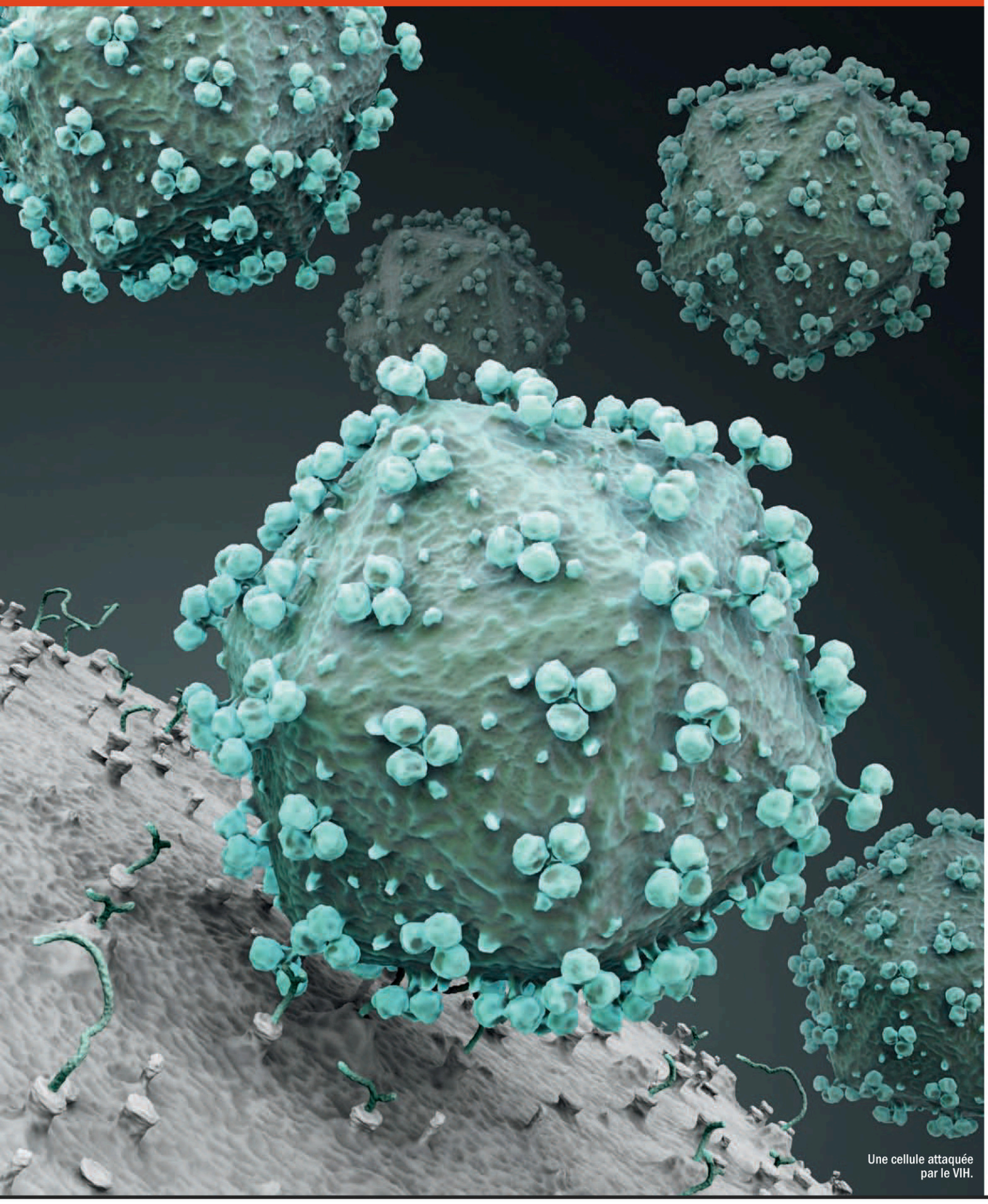
L'idée: en identifiant avec précision les « réservoirs » du virus, on pourrait à terme les cibler avec des médicaments. La stratégie d'Amy Baxter est de déceler à la fois le matériel génétique du virus (son ARN) et ses protéines. « Le fait de chercher ces deux indices permet de mettre le doigt sur les cellules contenant des virus dits compétents. Dans beaucoup de CD4, l'ARN viral est présent, mais il est défectueux. Or, si on détecte aussi des protéines, c'est le signe qu'il est bel et bien actif », poursuit Amy Baxter.

Pour cette partie de pêche, l'équipe a travaillé sur des échantillons de sang de personnes séropositives sous traitement. Elle a d'abord « réveillé » les virus dormants (notamment à l'aide de médicaments dits « antilatences »). Puis, elle a utilisé des anticorps, qui se fixent comme des aimants sur les protéines virales, et de petits morceaux d'ARN fluorescents – des « sondes » – qui s'attachent directement sur l'ARN des virus.

Pour retrouver les lymphocytes infectés, il suffit ensuite d'utiliser la cytométrie en flux, une technique qui permet de faire défiler les cellules une par une en file indienne et de les observer avec un laser. Les cellules fluorescentes trahissent la présence du virus.

« Cette technique nous permet d'en savoir plus sur les lymphocytes CD4 qui abritent le VIH dormant, reprend Daniel Kaufmann. Il en existe de nombreux types et on ne sait pas lesquels servent de cachette. » Il semble que ceux qui abritent l'intrus portent, à leur surface, certains marqueurs spécifiques, comme autant de petits drapeaux qui pourraient être reconnus pour mettre au point des traitements ciblés. La chasse est ouverte !

Ont aussi participé à la découverte : Julia Niessl, Rémi Fromentin, Jonathan Richard, Roxanne Charlebois, Marta Massanella, Nathalie Brassard, Nirmin Alsahafi, Gloria-Gabrielle Delgado (CRCHUM), Jean-Pierre Routy (CUSM) et des chercheurs du Ragon Institute.



Une cellule attaquée par le VIH.

LUMIÈRE SUR L'ORDI DU FUTUR

Nous serions plus près que jamais d'un ordinateur ultra puissant, grâce à une avancée en physique optique.

Par Joël Leblanc

La mise au point d'un ordinateur quantique est le graal de nombre de chercheurs dans le monde entier. Une équipe québécoise vient de faire un « pas de géant dans cette direction », comme le dit l'un des chercheurs concernés, Roberto Morandotti, de l'Institut national de la recherche scientifique.

Contrairement à l'informatique classique, qui repose sur des bits pouvant prendre la valeur de 0 ou de 1, la version quantique repose sur des qubits qui peuvent prendre les valeurs de 0 et de 1, *en même temps*. De plus, les qubits sont tous reliés entre eux par un phénomène appelé intrication quantique: un changement appliqué à l'un s'appliquera aussi à deux ou plusieurs autres. Le résultat de ces particularités ? Une puissance qui sera fracassante. Pour certaines tâches, ces ordinateurs du futur accompliront en deux minutes des calculs nécessitant des millions d'années de travail pour une machine classique !

Mais afin de produire ces fameux qubits, il faut réussir à dompter les lois de la physique quantique, celles qui régissent la matière à l'échelle des atomes et des particules. Une fois qu'on parvient à générer les qubits, il faut les maintenir en état quantique. Ce n'est guère facile, comme le constatent tous les chercheurs qui y travaillent depuis le milieu des années 1990.

Pour l'instant, les stratégies mises au point un peu partout dans le monde nécessitent des milieux hautement contrôlés, à l'abri des perturbations thermiques et électromagnétiques. Des machines grosses comme des cabines téléphoniques n'hébergent que quatre ou cinq qubits, alors qu'un ordinateur quantique digne de ce nom devra en compter des milliers.

La solution de Roberto Morandotti et ses collègues est tout autre. « Nous avons développé une puce optique qui fonctionne à n'importe quelle température et qui est plus petite qu'une pièce de 1 $, ce qui est inhabituel dans le domaine des machines quantiques. » Une découverte qui a fait grand bruit lors de sa parution dans la revue *Science* en mars 2016.

Leurs qubits sont en fait des photons quantiques. « Ils peuvent exister à la température ambiante et parcourir de longues distances en gardant assez longtemps leurs propriétés », explique Roberto Morandotti qui s'était aussi illustré dans notre palmarès l'an passé.

Malgré sa taille réduite, la puce du physicien d'origine italienne inclut toute une quincaillerie dans laquelle la lumière circule. Un petit laser émet d'abord une pulsation de lumière ultra brève – quelques femtosecondes – qui passe dans un dispositif appelé « interféromètre » servant à dédoubler la lumière. Les deux impulsions lumineuses traversent ensuite un petit anneau de verre qui sert à décomposer cette lumière en un spectre de plusieurs fréquences lumineuses; on passe ainsi d'une paire d'impulsions d'une même couleur à plusieurs paires de couleurs différentes. « C'est ce qu'on appelle un peigne de fréquence optique, continue le chercheur. Comme elles proviennent d'une même paire d'impulsions lumineuses de départ, ces fréquences lumineuses sont liées entre elles et si l'une est modifiée, les autres le sont aussi. » C'est bien le phénomène d'intrication recherché pour les qubits.

Finalement, un autre interféromètre vient recombiner les doubles impulsions et on se retrouve avec des photons avec un double état – voilà pour la superposition du 0 et du 1. Les deux caractéristiques des qubits sont réunies.

Jamais il n'a été aussi facile d'obtenir plusieurs qubits en même temps. La force de la méthode tient également au fait qu'elle fonctionne avec les systèmes d'ordinateurs classiques. « L'ordinateur du futur sera un hybride, prédit Roberto Morandotti. Une partie classique servira à faire ce qu'elle fait de mieux, et une partie quantique servira à accomplir des tâches particulières qu'elle seule peut faire rapidement. Notre découverte permettra cette hybridation, car elle est parfaitement compatible avec l'électronique actuelle. »

Qu'il soit hybride ou seulement quantique, l'ordinateur de demain s'annonce lumineux ! QS

Ont aussi participé à la découverte : Christian Reimer, Michael Kues, Piotr Roztocki, Benjamin Wetzel, Fabio Grazioso et Tudor Johnston (INRS), et des chercheurs de l'université de Sussex, de la Chinese Academy of Science, de la City University of Hong Kong, de l'université Yale, de l'Heriot-Watt University, du RMIT University, et de la University of Electronic Science and Technology of China.

PHOTO : DONALD ROBITAILLE



Roberto Morandotti, de l'Institut national de la recherche scientifique



Planétarium Rio Tinto Alcan

VOTEZ POUR « LE PRIX DU PUBLIC *QUÉBEC SCIENCE* DÉCOUVERTE DE L'ANNÉE 2016 »

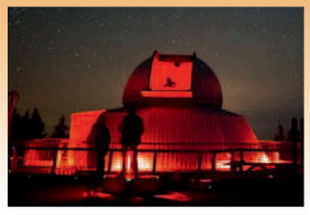
Notre jury a sélectionné 10 découvertes particulièrement épatantes issues des universités et des laboratoires du Québec. À votre tour de voter!

Votez sur : quebecscience.qc.ca/decouverte2016

À GAGNER

• 4 laissez-passer familiaux pour Espace pour la vie (accès au Biodôme, Jardin botanique et Insectarium, Planétarium Rio Tinto Alcan). Valeur de 410 $.

• 1 laissez-passer familial pour les activités d'astronomie de jour au Parc national du Mont-Mégantic et une nuitée en tente Huttopia. Valeur de 190 $.



espace pour la vie montréal

Parc national du Mont-Mégantic
Conserver. Protéger. Découvrir.

QUÉBEC SCIENCE

Pour participer et consulter le règlement du concours, rendez-vous au www.quebecscience.qc.ca/decouverte2016. Le vote prend fin le 9 février 2017.

LES HUIT DOIGTS DE LA MAIN

Dans nos gènes se cachent les archives de notre évolution. On a découvert comment le nombre de doigts de nos lointains ancêtres a été fixé à cinq par main.

Par Joël Leblanc

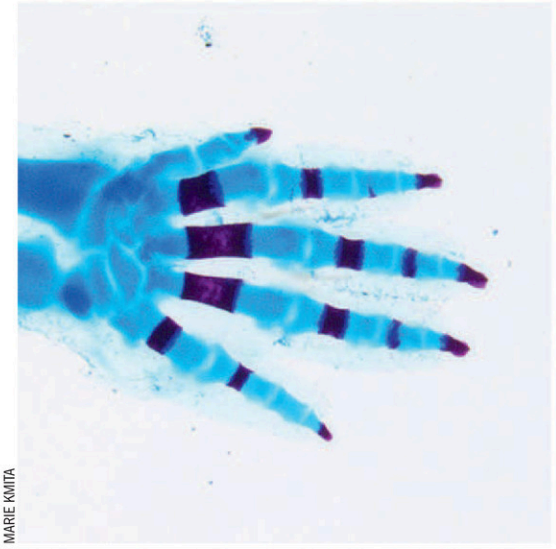


Il y a un an, lorsque Marie Kmita a donné naissance à sa fille, elle a compté les doigts et les orteils de la petite, comme le font tous les parents. Mais contrairement à tous les parents, elle sait que si son bébé est bien né avec cinq doigts par main, c'est parce qu'un gène baptisé « Hoxa11 » ne s'est pas exprimé à l'extrémité de ses menottes.

« Si ce gène était actif au bout des mains, nous aurions six, sept ou même huit doigts, précise la chercheuse de l'Institut de recherche clinique de Montréal (IRCM). C'est ce qui est arrivé à nos souris : on a réussi à faire s'exprimer ce gène jusqu'au bout de leurs membres. » Une expérience pas banale qui a permis à la biologiste et son équipe de comprendre un moment clé de l'évolution.

Il faut remonter au Dévonien, il y a quelque 380 millions d'années, quand il n'y avait encore aucun vertébré terrestre. Les seuls animaux pourvus d'un squelette étaient les poissons, parmi lesquels barbotaient les ancêtres des premiers vertébrés terrestres – les tétrapodes, dotés de quatre pattes –, qui sont apparus au cours des 10 à 15 millions d'années qui ont suivi. Les premières espèces connues, retrouvées sous forme fossile, ont des allures de grosses salamandres. Fait étonnant, leur nombre de doigts varie beaucoup. Chez l'*Ichthyostega* et l'*Acanthostega*, trouvés au Groenland, on compte respectivement sept et huit doigts par membre, et le *Tulerpeton*, de Russie, en avait six.

À partir du Carbonifère, la période suivante, les fossiles montrent uniquement des tétrapodes à cinq doigts. « C'est ce qu'on appelle la pentadactylie qu'on retrouve chez tous les tétrapodes modernes, confirme Marie Kmita, qui est aussi affiliée à l'Université McGill. Les seules exceptions sont des nombres inférieurs à cinq, comme chez les grenouilles qui ont quatre doigts ou les chevaux qui n'en ont qu'un. Mais on n'a plus revu d'animal à plus de cinq doigts. »



MARIE KMITA

Que s'est-il passé ? Pour le savoir, Marie Kmita s'est s'intéressée aux gènes « Hox ». Très importants dans le développement, ils déterminent quelles





structures se mettent en place à quel moment. Comme des chefs d'orchestre, ils contrôlent l'expression de plusieurs autres gènes. « Chez les mammifères, ils sont au nombre de 39, précise la spécialiste du développement. Certains mettent en place l'axe tête-queue, d'autres les segments de la colonne vertébrale, d'autres encore les membres. »

Chaque gène Hox est affublé d'une lettre et d'un chiffre : Hoxa1, Hoxb5, etc. « Nous savions que le gène Hoxa13 agit tout au bout des membres et qu'il est nécessaire à la formation des doigts. Nous avons découvert que le gène Hoxa11, qui s'exprime plus haut, dans l'avant-bras, s'éteint à l'extrémité du membre. Il possède un interrupteur qui est mis en position fermée dans cette région par le gène Hoxa13. Or, chez les poissons, cet interrupteur n'existe pas et les deux gènes sont actifs au bout du membre. »

Marie Kmita et son étudiant Yacine Kherdjemil ont tenté d'induire l'état « poisson » chez des souris. Après quelques années d'essais, ils ont réussi à désactiver l'interrupteur et à laisser le gène Hoxa11 s'exprimer dans les doigts, malgré la présence du Hoxa13. Avec le résultat qu'on connaît et qui leur a valu la couverture de la revue *Nature* en novembre dernier : des souris qui, comme leurs ancêtres du Dévonien, ont plus de cinq doigts par patte.

« Les tout premiers tétrapodes n'avaient pas cet interrupteur, continue la chercheuse. C'est pourquoi ils avaient autant de doigts. Mais l'évolution a favorisé les individus avec cinq doigts. »

Pourquoi ? L'histoire ne le dit pas. Mais en rembobinant le film de l'évolution, l'équipe de l'IRCM cherche surtout à comprendre la génétique du développement et l'origine des anomalies congénitales. Pour rassurer tous les parents qui comptent les doigts des nouveau-nés.

Ont aussi participé à la découverte : Rushikesh Sheth, Annie Dumouchel et Gemma de Martino (IRCM), Robert L. Lalonde et Marie-Andrée Akimenko (Université d'Ottawa) et des chercheurs de l'université du Michigan et du Shriners Hospital for Children de Portland.





FÉLICITATIONS!

Nous sommes fiers de ces deux chercheurs affiliés à McGill et de leurs équipes, dont les travaux figurent parmi les 10 découvertes de l'année de *Québec Science*.

PETER GRÜTTER (Photo du haut – Département de physique) a créé artificiellement de nouvelles connexions fonctionnelles entre des neurones.

Équipe : Christopher J. Barrett, Dominic Boudreau, Alyson E. Fournier, Alexis Gouylet-Hanssens, Yves de Koninck, Margaret Magdesian, Yoichi Miyahara, G. Montserratt Lopez-Ayon, Megumi Mori et Ricardo Sanz.*

SYLVAIN WILLIAMS (Institut universitaire en santé mentale Douglas) a élucidé le rôle du sommeil paradoxal dans la consolidation de la mémoire.

Équipe : Antoine Adamantidis, Richard Boyce et Stephen D. Glasgow.

Félicitations également aux étudiants et professeurs affiliés à McGill qui ont participé, avec des collègues d'autres institutions, à des travaux de recherche ayant mené à **quatre autres découvertes de l'année** de *Québec Science*.

**Chercheur de l'Université Laval*

NOUS SOMMES FIERS DE NOS CHERCHEURS QUI, PAR LEURS TRAVAUX, AMÉLIORENT NOTRE SANTÉ ET NOTRE QUALITÉ DE VIE.

McGill

DORMIR POUR SE

En faisant taire certains neurones, des chercheurs ont apporté la

Par Marine Corniou



ILLUSTRATION : CORNELIA LI

Richard Boyce y a sacrifié quelques nuits de sommeil, mais ses efforts ont payé. Le doctorant a réussi à prouver que le sommeil paradoxal est crucial pour la consolidation de la mémoire. « On s'en doutait, mais personne ne l'avait démontré. Notre étude met fin à 15 ans de débat », se réjouit son directeur de thèse Sylvain Williams, chercheur à l'Institut Douglas, à Montréal.

Il faut dire que le sommeil paradoxal, découvert il y a plus de 60 ans, est très difficile à étudier. Survenant plusieurs fois par nuit, il se caractérise par une activité intense du cerveau, qui contraste avec l'absence totale de tonus musculaire. Seuls les yeux, derrière les paupières, bougent constamment – d'où son autre nom de REM (pour *rapid eye movement*). Pendant le sommeil paradoxal, le cerveau produit des ondes rapides, appelées thêta. On les enregistre principalement dans l'hippocampe, une zone associée à la formation des souvenirs.

« Le problème, c'est que les phases de sommeil paradoxal ne durent que quelques minutes, voire quelques secondes chez la souris. Il est donc ardu de les isoler du sommeil profond pour comprendre leur rôle, explique le chercheur qui est aussi professeur à l'Université McGill. Jusqu'ici, la solution était de réveiller les sujets dès qu'ils entraient dans cette phase, mais cela perturbait l'ensemble de leur sommeil. »

Après six ans d'efforts et de « bricolage » délicat, l'équipe a réussi à empêcher les phases de sommeil paradoxal, sans déranger les souris endormies. Et elle a démontré que les animaux n'ayant pas bénéficié de ce sommeil avaient oublié une expérience vécue la veille. Aussi brèves soient-elles, ces phases, connues pour générer des rêves intenses et nombreux, sont donc essentielles pour mémoriser durablement certaines informations.

Pour réussir cette démonstration, Richard Boyce a utilisé l'optogénétique, une technique qui permet d'éteindre ou d'allumer certains neurones grâce à un faisceau lumineux. « Nous avons d'abord trouvé quels étaient les neurones qui produisaient le rythme thêta. Ils sont situés dans une région appelée septum qui a

SOUVENIR

preuve directe du lien entre mémorisation et sommeil paradoxal.



des ramifications dans l'hippocampe », explique Sylvain Williams.

Sur papier, c'est simple : en « éteignant » ces neurones, et eux seuls, on pourrait empêcher la production des ondes thêta et l'entrée en sommeil paradoxal. Bien sûr, il a fallu des années d'ajustement pour y parvenir !

« On a utilisé des souris génétiquement modifiées dont les neurones concernés sont capables de fabriquer une molécule sensible à la lumière. J'ai ensuite implanté des électrodes dans leur cerveau pour enregistrer les ondes cérébrales, ainsi qu'une fibre optique pour pouvoir envoyer un signal lumineux », résume Richard Boyce.

Il restait à veiller les souris : dès que le sommeil paradoxal se pointait, l'étudiant envoyait la lumière dans la fibre optique pour stopper net l'activité des neurones du septum. Les cobayes ne se rendaient compte de rien, mais n'entraient jamais en sommeil REM. « Cela permet un contrôle très précis et rapide, comme avec un interrupteur », précise-t-il.

Parallèlement, les souris étaient soumises à une expérience : on leur présentait deux objets identiques dans une cage. Le lendemain, l'un des objets avait changé de place. D'un naturel curieux, les souris ayant dormi normalement allaient spontanément explorer ce « nouvel » objet. « Les souris qui n'avaient pas eu de sommeil REM, elles, ne remarquaient pas que l'objet avait été bougé, preuve que leur mémoire spatiale était affectée », ajoute l'étudiant. L'ingénieuse démonstration a été l'objet d'un article dans la revue *Science*, en mai 2016.

Qu'en est-il chez les humains ? « Beaucoup d'études suggèrent que le sommeil paradoxal est altéré chez les personnes atteintes d'alzheimer, par exemple. Cela pourrait contribuer aux pertes de mémoire », répond Sylvain Williams qui a codirigé les travaux avec Antoine Adamantidis, expert du sommeil à l'Université de Berne, en Suisse. La prochaine étape ? Comprendre les mécanismes permettant aux neurones de stocker durablement les informations lors du sommeil paradoxal. Encore des nuits blanches en perspective !

A aussi participé à la découverte : Stephen Glasgow (Université McGill).

LA MORT SE VOIT SI

Des chercheurs ont observé, pour la première fois, un système planétaire en pleine décomposition.

Par Mélissa Guillemette



BIEN



NASA

Patrick Dufour et des collègues aux quatre coins du monde ont regardé la mort droit dans les yeux. À travers des télescopes, en fait. Ils ont néanmoins été les premiers à observer la destruction à petit feu d'un système planétaire qui, jadis, ressemblait peut-être au nôtre.

Tout a commencé avec des observations faites par des chercheurs américains grâce au télescope spatial *Kepler* et à d'autres instruments au sol : la luminosité de l'étoile WD 1145+017, dans la constellation de la Vierge, variait d'une étrange façon. Les astronomes ont pourtant l'habitude de voir des étoiles dont l'intensité lumineuse fluctue. Cela signifie normalement qu'une planète tourne autour, et qu'elle éclipse une partie de la lumière (moins de 1 %) chaque fois qu'elle passe devant. Mais dans ce cas-ci, la diminution de luminosité pouvait atteindre jusqu'à 40 % toutes les 4,5 heures !

Encore plus bizarre, ce pourcentage changeait d'un passage à l'autre et même au cours de chaque passage. De plus, si la lumière de l'étoile diminuait soudainement, elle revenait plus graduellement, comme si la planète traînait un voile derrière elle. Les astronomes ont déduit de ces observations que l'objet en orbite se désagrégeait et possédait une queue s'étirant sur des dizaines de milliers de kilomètres. Cela ressemblait drôlement à un cas de planète en train de se faire engloutir par son étoile en déclin, un phénomène encore jamais observé en direct.

Pourquoi la luminosité déclinait-elle de 40 % ? Peut-être parce que WD 1145+017 est une naine blanche, c'est-à-dire une étoile similaire à notre Soleil, qui est arrivée en fin de vie. Une naine blanche est très dense et donc petite. Par conséquent, il n'était pas impossible qu'un objet rocheux en orbite arrive à cacher 40 % de sa lumière. Restait à le prouver…

C'est là que les chercheurs ont contacté Patrick Dufour, expert dans la modélisation du spectre des naines blanches, c'est-à-dire de l'analyse de la composition chimique et de la température d'une étoile, et de son atmosphère, à partir de la lumière qu'elle émet.

Le professeur au département de physique de l'Université de Montréal a découvert que 11 éléments chimiques lourds « polluaient » l'atmosphère de l'étoile étudiée : magnésium, aluminium, fer, nickel, etc. Les mêmes ingrédients qui forment notre planète ! « La gravité est 100 000 fois plus forte sur cette naine blanche que sur Terre. Si on détecte des éléments plus lourds que l'hélium à sa surface, c'est qu'ils s'y sont déposés récemment et n'ont pas encore eu le temps de "couler" vers son cœur. Visiblement, cette étoile avait un système planétaire autour d'elle. » Et des morceaux de ce système contaminent l'étoile à mesure qu'ils se désagrègent. Car oui, le manège est toujours en cours !

Patrick Dufour a constaté que, tout comme sa luminosité, le spectre de WD 1145+017 est en constante évolution. Une preuve de plus que le ou les objet(s) en orbite (il n'est pas encore clair s'il s'agit d'une seule planète naine en décomposition ou de plusieurs) perdent des morceaux qui disparaissent dans son atmosphère.

Depuis la parution de l'article de l'équipe internationale dans la revue *Nature*, des télescopes de partout dans le monde se sont tournés vers la naine blanche afin de suivre son évolution. « Pour la première fois, on a la chance d'étudier un objet en train de se décomposer, dit Patrick Dufour. Ça va permettre d'éprouver nos modèles de destruction de ces objets et de mieux comprendre leur composition. »

Quel avenir attend WD 1145+017, lorsque ses compagnons en orbite seront totalement détruits dans 2 ans, 10 ans, 50 ans ? « Un disque de poussières gravitera autour de l'étoile pendant une période s'étendant de 500 000 ans à 1 million d'années, répond le chercheur. Le disque "pleuvra" sur l'étoile jusqu'à ce que toutes les poussières sombrent en son cœur et qu'on revienne à une surface pure en hélium. »

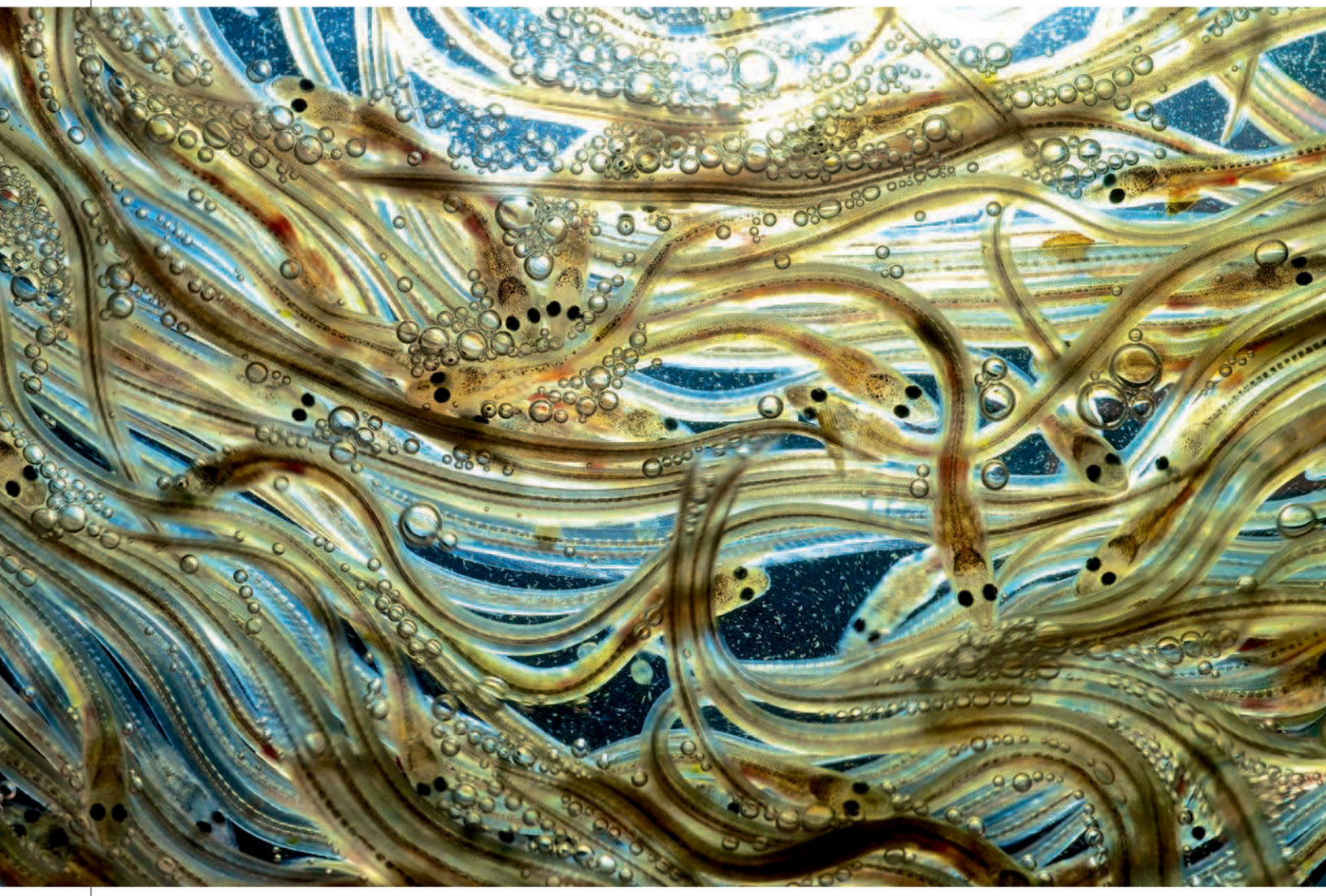
Un spectacle qui durera probablement quelques centaines de milliers d'années !

Ont aussi participé à la découverte : des chercheurs du Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics, du Massachusetts Institute of Technology, de l'université Columbia, du California Institute of Technology, de l'université d'Oxford, de l'université du Montana, de l'université de Nouvelle-Galles du Sud et de l'université d'État de la Pennsylvanie.

L'ANGUILLE DANS LA BOTTE DE FOIN

Grâce à l'anguille numéro 28, des biologistes ont élucidé un mystère de plus de 100 ans : la migration des anguilles jusqu'à la mer des Sargasses.

Par Maxime Bilodeau



Est-ce la fin ? Prise dans l'obscurité froide d'un caisson de métal, l'anguille numéro 28 ne donne pas cher de ses écailles. Capturée en pleine migration, en même temps que 38 autres anguilles d'Amérique à la hauteur de Rivière-Ouelle, dans le Bas-Saint-Laurent, elle fait une croix sur sa destination finale, la mer des Sargasses. Elle y était née 20 ans plus tôt; elle retournait s'y reproduire.

Puis, la lumière revient. À Blandford, en Nouvelle-Écosse, la numéro 28 est relâchée en mer, après avoir été transportée par camion pour éviter qu'elle soit attaquée par un prédateur. La voilà libre – ou presque : elle est maintenant affublée d'un émetteur satellite sophistiqué. Rien pour l'empêcher de rallier l'unique site reproducteur de son espèce, situé 2 400 km plus loin, au large des Bermudes.

Et elle y est parvenue, comme l'ont découvert le biologiste marin Julian Dodson et ses collaborateurs. Après avoir suivi une trajectoire rectiligne très précise, elle est finalement arrivée 45 jours plus tard à la limite du site de frai. L'émetteur installé sur elle s'est détaché à ce moment et est remonté à la surface, où les chercheurs de l'Université Laval ont pu le récupérer.

Cette filature maritime, qui a eu lieu en 2014, a mis fin à des spéculations qui circulaient depuis plus de 100 ans. Dès 1904, des larves d'anguilles avaient été observées dans la mer des Sargasses, ce qui laissait supposer que l'espèce s'y reproduisait. Or, personne n'avait jamais aperçu de spécimen adulte dans cette immense étendue d'eau, profonde de 3 000 m. « Pêcher une anguille dans cette mer aurait été l'équivalent de trouver une aiguille dans une botte de foin », convient le professeur de l'Université Laval.

Ces résultats, publiés en octobre 2015 dans la revue *Nature Communications*, fournissent aux chercheurs de précieuses indications sur le patron de migration de ce poisson longiligne. « Au départ, j'étais convaincu que les anguilles suivraient une trajectoire longeant le plateau continental avant de bifurquer, une fois rendues à la hauteur de la Floride. Pourtant, ce n'est pas ça : elles s'engagent en haute mer et foncent directement vers leur objectif », explique-t-il.

Au-delà de sa valeur scientifique, la découverte pourrait aider à freiner le déclin prononcé de cette espèce indigène. Depuis les années 1980, les stocks d'anguilles d'Amérique ont chuté considérablement, forçant le Comité sur la situation des espèces en péril au Canada à la désigner comme espèce menacée en 2012. En 2016, Pêches et Océans Canada a aussi mené des consultations pour déterminer s'il y a lieu de l'ajouter à la liste des espèces en péril.

« La trajectoire migratoire empruntée nous donne de l'information sur les conditions océaniques que le poisson rencontre, sur les territoires de pêche qu'il traverse, ainsi que sur les impacts des changements climatiques. C'est un point de départ pour agir et tenter de renverser la tendance », souligne Julian Dodson.

Ont aussi participé à la découverte : Mélanie Béguer-Pon, Martin Castonguay, José Benchetrit (Institut Maurice-Lamontagne) et Shiliang Shan (Université Dalhousie).





UNIVERSITÉ LAVAL

Préparation d'une anguille pour la pose d'un émetteur satellite; à droite, Julian Dodson

HEATHER PERRY/NATIONAL GEOGRAPHIC CREATIVE



NOS CERVEAUX SONT SUR LA BONNE VOIE

Félicitations à notre équipe de recherche dirigée par le professeur Julian Dodson du Département de biologie qui s'est démarquée par ses travaux innovants sur la migration des anguilles d'Amérique.

Au-delà de la preuve tangible de la migration de ces poissons dans la mer des Sargasses, cette découverte scientifique met fin à un mystère fascinant de plus d'un siècle et repousse encore plus loin les frontières du savoir.

Félicitations à tous !

#FiertéUL
ulaval.ca/cerveaux

UNIVERSITÉ LAVAL

Ville de Québec

À L'ASSAUT DES TUMEURS

Pour atteindre les tumeurs en plein cœur, des chercheurs ont déployé une légion de nanorobots naturels : des bactéries armées.

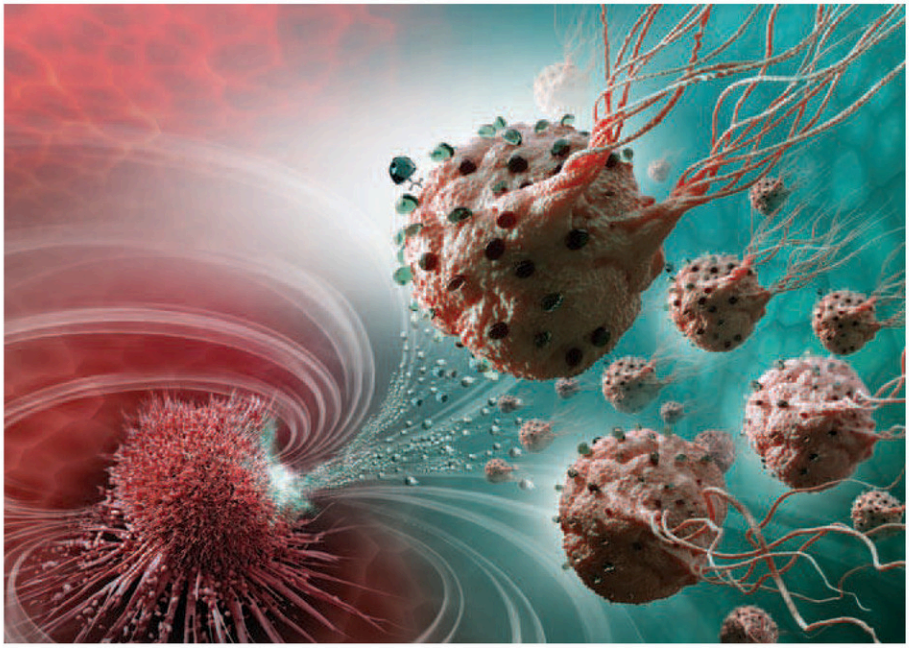
Par Marion Spée



POLYTECHNIQUE MONTRÉAL

Les chercheurs en nanomédecine s'expriment parfois comme des auteurs de science-fiction. « Si on voulait développer des nanorobots artificiels pour livrer des médicaments au cœur d'une tumeur, il nous faudrait des moteurs moléculaires capables de les propulser à très haute vitesse, une source d'énergie, un moyen de les guider… le tout en moins de 2 micromètres (µm) pour se faufiler dans les plus petits des capillaires », énumère le professeur Sylvain Martel. Pionnier dans le domaine de la nanorobotique médicale, il a trouvé mieux qu'un nanorobot : une bactérie qui remplit toutes les conditions. « On a gagné à la loterie, s'enthousiasme-t-il. C'est comme si la bactérie attendait qu'on la découvre et qu'on l'utilise pour sauver des vies humaines. »

Présentons la championne. *Magnetococcus marinus* est une bactérie de 1,5 µm dotée de flagelles – donc autopropulsée. Elle est magnétotactique, c'est-à-dire qu'elle fabrique des nanoaimants qui agissent comme une boussole pour lui





POLYTECHNIQUE MONTRÉAL

permettre de s'orienter et de se déplacer grâce au champ magnétique. Pour croître, elle préfère des zones pauvres en oxygène et, afin de les trouver, elle compte sur ses senseurs d'oxygène. Cerise sur le gâteau, la bactérie voyage à 200 µm par seconde. À l'échelle d'un chat, c'est comme s'il courait à plus de 200 km/h !

Par ses atouts naturels, elle est le véhicule tout indiqué pour transporter des agents anticancéreux. Quand une tumeur est active, elle consomme beaucoup d'oxygène, ce qui appauvrit son milieu immédiat et fait le bonheur de notre bactérie ! « Les cœurs des tumeurs sont les parties les plus actives et les plus difficiles à soigner par les traitements classiques », rapporte Sylvain Martel. Avec l'équipe qu'il dirige au Laboratoire de nanorobotique de Polytechnique Montréal, il a testé ce mode de livraison sur des souris présentant des tumeurs colorectales. Il a injecté 100 millions de bactéries, avec sur chacune d'elles environ 70 nanoliposomes – des sortes de petits sacs – chargés d'anticancéreux et les ont guidées à bon port. « À l'aide d'une station dite de magnétotaxisme, on a fait en sorte de créer un nord magnétique à l'endroit de la tumeur, pour que les bactéries s'y dirigent sans hésiter », explique le professeur. Une fois sur place, leurs senseurs d'oxygène ont pris le relais, pour qu'elles restent en son cœur et livrent la thérapie.

L'expérience fut un succès et a été l'objet d'une parution dans la revue *Nature Nanotechnology*, en août 2016. Les bactéries ont rejoint toutes les tumeurs, preuve que le téléguidage fonctionne. Et 55 % d'entre elles ont atteint les zones hypoxiques pour la livraison finale. « C'est énorme si on compare aux 1 % à 2 % d'agents anticancéreux qui atteignent leur cible en chimiothérapie classique, où les molécules se perdent dans le réseau sanguin de près de 100 000 km, provoquant des effets secondaires au passage », note le professeur Martel. Car il faut le dire, mieux cibler les tumeurs, c'est réduire la dose de médicament requise et diminuer la toxicité pour l'organisme.

Dans le laboratoire de nanorobotique de Sylvain Martel, une salle donne un aperçu des hôpitaux de demain. Un lit robotisé peut circuler d'une plateforme à l'autre : de l'IRM pour repérer la tumeur, à la station de magnétotaxisme pour guider les bactéries vers elle, en passant par une station d'hyperthermie, capable d'ouvrir un instant la barrière hématoencéphalique qui mène au cerveau et permettre aux agents de passer si la tumeur y est localisée. Tout est prêt; il ne reste qu'à transposer ces procédés en applications cliniques. Science-fiction disions-nous ?

Ont aussi participé à la découverte : Ouajdi Felfoul, Mahmood Mohammadi, Samira Taherkhani, Dominic de Lanauze, Dumitru Loghin, Neila Kaou, Michael Atkin (Polytechnique Montréal), Maryam Tabrizian, Té Vuong, Gerald Batist et Nicole Beauchemin (Université McGill), Danuta Radzioch, Yong Zhong Xu, Sylwia Jancik, Daniel Houle (CUSM), Michel Lafleur et Louis Gaboury (Université de Montréal), Sherief Essa (Université McGill et Université de Montréal) et Samira Taherkhani (Université McGill et Polytechnique).

Il y a des

DÉCOUVERTES MAJEURES

Elles bouleversent les connaissances scientifiques et changent le monde.

L'Université de Sherbrooke y contribue grandement. En 2016, elle a obtenu la première place au Canada pour la croissance impressionnante de ses revenus de recherche des 15 dernières années, parmi les universités avec faculté de médecine.

L'UdeS est fière de compter dans sa communauté des personnes passionnées dont la contribution à l'avancement du savoir et au développement de la société est indéniable.



SIMON FAFARD, PROFESSEUR À LA FACULTÉ DE GÉNIE, A MIS AU POINT LA CELLULE PHOTOVOLTAÏQUE LA PLUS EFFICACE JAMAIS FABRIQUÉE. UNE AVANCÉE DIRECTE POUR UN ENJEU MONDIAL : L'ACCÈS À UNE SOURCE D'ÉNERGIE RENOUVELABLE ET À GRAND POTENTIEL.

SES TRAVAUX SONT RECONNUS PAR QUÉBEC SCIENCE COMME **L'UNE DES 10 DÉCOUVERTES DE L'ANNÉE**. ILS SONT SALUÉS PAR TOUTE LA COMMUNAUTÉ SHERBROOKOISE!

UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE

USherbrooke.ca | #rechercheUdeS

TRICOTER LES NEU

Oubliez les médicaments! Pour reconnecter un neurone, il suffit de l'attraper, puis de l'étirer.

Par Marc-André Sabourin



« Il en revient à la science du futur de changer, si possible, cette dure réalité. » Voilà le défi que Santiago Ramón y Cajal lançait en 1928 à la communauté scientifique. Père de la neuroscience, il venait de découvrir l'incapacité des neurones à se régénérer. Près de 90 ans plus tard, Margaret Magdesian et Peter Grütter, de l'Université McGill ont partiellement remporté ce vieux pari en trouvant une technique pour reconnecter des neurones de rats.

Obsédée par la réparation des nerfs, mais lassée par l'approche médicamenteuse – longue, coûteuse et rarement concluante –, la neuroscientifique Margaret Magdesian a cherché des outils pour manipuler directement la matière grise. « Les connexions neuronales sont à l'échelle nanométrique, observe-t-elle, alors je me suis tournée vers les nanotechnologies. » Son attention s'est arrêtée sur Peter Grütter, professeur de physique à l'Université McGill, et son microscope à force atomique.

Cet appareil permet d'observer, de mesurer et, surtout, de manipuler des objets nanométriques, qu'il s'agisse d'un électron ou d'un axone – ce prolongement du neurone qui transporte le signal électrique vers les autres neurones. « Pour les physiciens, un neurone, c'est juste un ballon avec un fil, rigole Peter



Margaret Magdesian, neuroscientifique à l'Université McGill

RONES





Dessins réalisés par Santiago Ramón y Cajal, père de la neuroscience.



CHRISTINNE MUSCHI

Grütter. Alors on a tiré sur le fil pour voir ce qui se passerait. »

Ce n'est pas qu'une image. À l'aide du microscope à force atomique, ils ont placé une bille de polymère de quelques micromètres de diamètre en contact avec un neurone de rat dans une boîte de Petri, puis attendu 30 minutes afin qu'une connexion se forme avec ce corps étranger. Ensuite, ils ont tiré sur la bille à raison de 20 micromètres par minute – environ 833 fois plus lentement qu'un escargot.

À la surprise de tous, le « fil » s'est étiré, étiré, étiré, « jusqu'à ce qu'il frappe la paroi de la boîte de Petri », raconte Margaret Magdesian. La distance maximale parcourue pour le moment est de 0,84 mm, un véritable pas de géant à l'échelle nanométrique. Et la limite ne vient pas du neurone, mais du microscope, soulignent les chercheurs.

Un long neurone relié à rien n'a toutefois pas grande utilité. L'équipe a donc tenté de connecter des cellules ensemble à l'aide de la même technique à de multiples reprises, en vain. Chaque fois, les liens se formaient sous le microscope mais, après un bref séjour en incubateur, les connexions disparaissaient.

C'est un technicien qui a trouvé l'origine du problème. Lorsque la boîte de Petri était déplacée, les billes de polymère bougeaient dans tous les sens et brisaient les liens entre les neurones. « Un vrai séisme ! » dit la neuroscientifique. La solution s'est avérée toute simple : être plus délicat lors du transport. La procédure complète est parue en janvier 2016 dans *The Journal of Neuroscience*.

À partir de ce moment, les connexions sont non seulement demeurées visibles après l'incubation, mais elles étaient aussi fonctionnelles. Des neurones coupés ont même été rebranchés, et leur capacité à transmettre de l'information est en cours d'étude.

« Les applications possibles sont énormes, s'enthousiasme Peter Grütter. Réparer les nerfs sectionnés, retarder le développement de la maladie d'Alzheimer, mieux comprendre l'autisme... » Le physicien rêve même d'un circuit composé de neurones pour le domaine de l'intelligence artificielle. « Mais on est à des années de tout ça », tempère Margaret Magdesian.

Ont aussi participé à la découverte : G. Monserratt Lopez-Ayon, Megumi Mori et Yoichi Miyahara (Université McGill), Dominic Boudreau, Christopher J. Barrett et Yves De Koninck (Université Laval), Alexis Goulet-Hanssens (Université de Montréal), Ricardo Sanz et Alyson E. Fournier (Institut neurologique de Montréal).

CONVERTIR LA LUM ÉLECTRICITÉ SANS

Une cellule photovoltaïque ultra efficace vient de voir le jour.

Par Anabel Cossette Civitella

Une puce à peine plus grosse que le chas d'une aiguille. Malgré sa petitesse, celle que le professeur Fafard tient entre ses doigts est la cellule photovoltaïque la plus efficace jamais fabriquée. Jusqu'à 70 % de la puissance lumineuse provenant d'un laser peut y être convertie en courant électrique ! Cela grâce à une microarchitecture nouveau genre.

Les cellules « ordinaires » convertissent l'énergie du Soleil en électricité. Le hic, c'est que, en moyenne, on ne leur attribue pas plus de 15 % à 20 % d'efficacité. La raison : faites de silicium, elles ne transforment qu'une partie de la large gamme de longueurs d'onde de la lumière solaire. Voilà pourquoi il fallait créer une puce qui dissiperait moins d'énergie – tâche à laquelle s'attellent Simon Fafard et ses collègues de l'Institut interdisciplinaire d'innovation technologique (3IT) de l'Université de Sherbrooke depuis 2013, avec l'appui de l'entreprise Azastra.

Avec leurs cellules de nouvelle génération, l'équipe diminue les pertes en utilisant un semi-conducteur composé de gallium et d'arsenic, nommé GaAs. Ce composé peut convertir une source lumineuse monochromatique, c'est-à-dire d'une seule couleur (dans ce cas-ci un laser infrarouge qui émet à 850 nanomètres de longueur d'onde) avec une très grande efficacité.

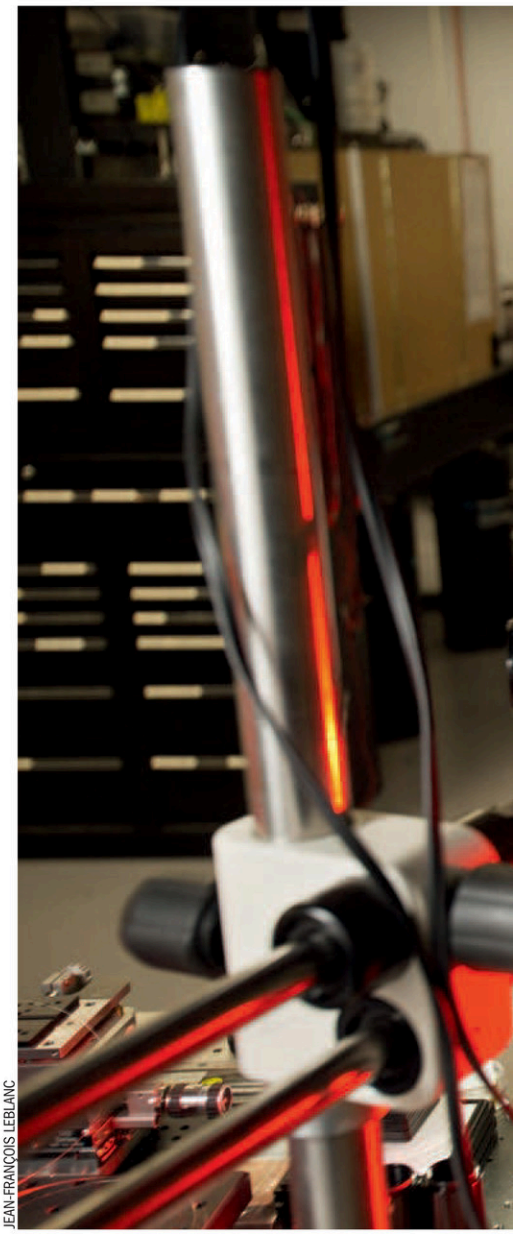
Le cœur de la découverte revient toutefois à la disposition précise du GaAs. Plutôt que de placer le semi-conducteur en une géométrie planaire ressemblant à des pointes de pizza – agencement habituel pour les cellules servant à convertir l'énergie lumineuse d'un laser – les chercheurs ont plutôt opté pour une construction monolithique verticale.

Les physiciens sont arrivés à leurs fins par épitaxie, un processus grâce auquel de fines couches de semi-conducteur croissent en cristaux sur un substrat. On arrive ainsi à faire s'empiler en une séquence prédéterminée des couches de GaAs épaisses de 44 nanomètres (2 500 fois plus fines qu'un cheveu). La séquence et le nombre de couches déterminent le voltage. Comme les couches ne sont pas empilées mécaniquement, mais plutôt créées de manière monolithique en un cristal quasi parfait, cela occasionne de moins grandes pertes d'énergie. Ils ont exposé leur réussite en février dernier dans la revue *Applied Physics Letters*.

Le nouveau procédé, hautement technologique, est en instance de brevet. Avec un voltage de sortie entre 5 V (nécessaire à une clé USB) et 12 V (suffisant pour l'automobile), le monde du photovoltaïque vient de faire un grand pas en avant, à en croire Simon Fafard.

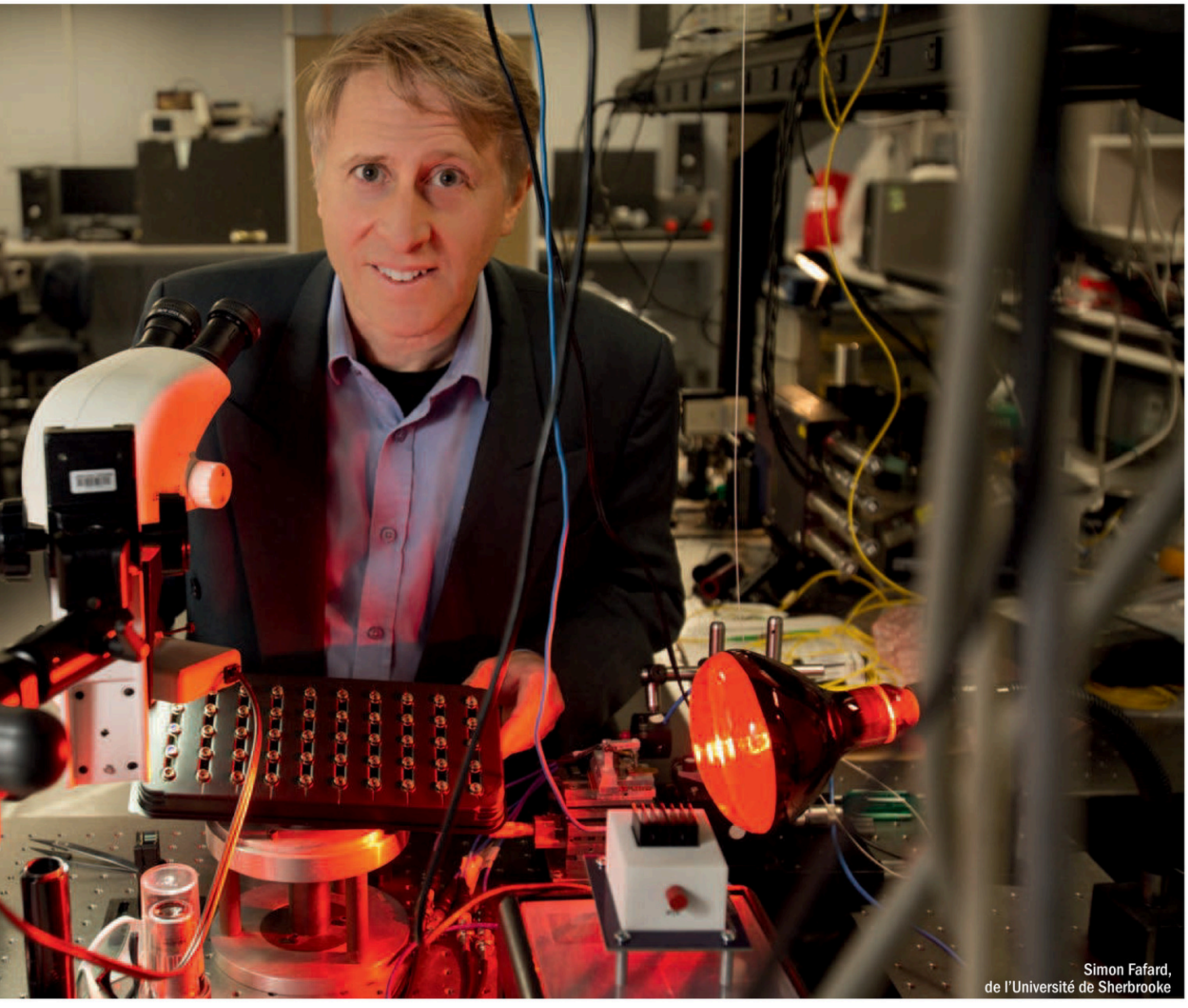
Les applications ? « Cette découverte mène à une source de puissance à l'épreuve des interférences électromagnétiques », explique le professeur. Ainsi, en imagerie par résonance magnétique, il faut extraire des signaux qui se trouvent dans un environnement où il y a de fortes perturbations. « Il est difficile d'avoir des fils électriques de métal pour transférer la puissance ou l'information dans ces situations. Un faisceau laser passant dans une fibre optique présente une bien meilleure solution. » La technologie pourrait aussi servir afin de recharger des drones en vol et pour tout autre besoin de transmission d'énergie sans fil. QS

Ont aussi participé à la découverte : Mark York, Francine Proulx, Richard Arès, Vincent Aimez (Université de Sherbrooke), Christopher Valdivia, Matthew Wilkins et Karin Hinzer (Université d'Ottawa) et Denis Masson (Azastra Opto Inc).



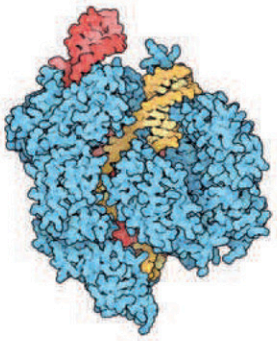
JEAN-FRANÇOIS LEBLANC

IÈRE EN (TROP) SE FATIGUER



Simon Fafard, de l'Université de Sherbrooke

ON SE SOUVIENDRA



Un premier essai clinique avec CRISPR

Avec CRISPR, les choses vont vite ! Moins de cinq ans après sa découverte, cette technique révolutionnaire, qui permet de modifier les gènes avec précision, fait l'objet d'un essai clinique lancé au mois de novembre en Chine. Le but ? Utiliser ces « ciseaux » génétiques pour modifier des cellules immunitaires de patients atteints de cancer du poumon. Les cellules, rendues plus agressives contre les tumeurs, seront ensuite réinjectées aux malades. Un essai similaire devrait débuter en 2017 aux États-Unis.

Une neuvième planète?

L'hypothèse a de quoi surprendre : il y aurait une neuvième planète aux confins du Système solaire. C'est ce que suggèrent des chercheurs du California Institute of Technology, dans une étude publiée en janvier 2016 et qui a fait les manchettes. Attention ! Cette planète Neuf, ou X, n'a jamais été observée. Mais son existence titille les astronomes depuis longtemps, en raison d'anomalies observées dans les orbites des corps célestes situés dans la ceinture de Kuiper, au-delà de l'orbite de Neptune. Les deux chercheurs américains ont repris tous les calculs à partir de six de ces objets dont les orbites sont situées sur un même plan et « pointent » dans la même direction. Selon eux, ces trajectoires bizarres sont dues à la présence d'une planète gazeuse géante (au moins 10 fois la masse de la Terre) et très lointaine (200 à 1 200 fois plus éloignée du Soleil que la Terre). D'autres explications ont toutefois été avancées par des critiques. À quand l'observation directe ?

CHAUD DEVANT

L'ANNÉE 2016 AURA VRAISEMBLABLEMENT ÉTÉ LA PLUS CHAUDE JAMAIS ENREGISTRÉE, SELON LA NASA. POUR LEUR PART, 2015 ET 2014 SUIVENT TOUT JUSTE DERRIÈRE. À MOINS D'UN REVIREMENT CLIMATIQUE SPECTACULAIRE, ON N'A PAS FINI DE BATTRE DES RECORDS.





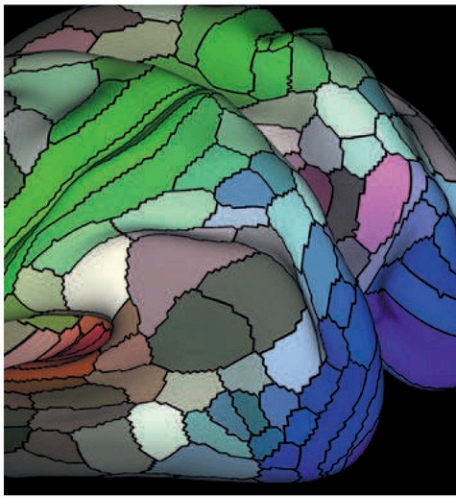
Zika gagne du terrain

Transmis par des moustiques (mais aussi par voie sexuelle), le virus Zika a fait parler de lui cette année, au point d'être qualifié d'urgence de santé publique par l'Organisation mondiale de la santé en février 2016. Ce statut a été retiré en novembre, mais la situation reste préoccupante : l'épidémie, qui avait débuté au Brésil en 2015, a touché 73 pays et 23 d'entre eux (dont les États-Unis et le Canada) ont rapporté des cas de microcéphalies et de syndrome de Guillain-Barré, potentiellement liés à l'infection.

De nombreuses incertitudes scientifiques subsistent : combien de personnes ont été infectées ? À quelle fréquence surviennent les complications ? Combien de temps le virus persiste-t-il dans le sang ou le sperme ? Les recherches se poursuivent, alors qu'un vaccin est en cours d'essai clinique, piloté entre autres par l'Université Laval, et qu'un premier test de diagnostic rapide devrait être disponible sous peu.

Le cerveau se dévoile

Dans ses plis et replis, le cerveau possède plus de 180 zones distinctes, selon une équipe de chercheurs. C'est 100 de plus que ce que l'on croyait auparavant ! Les scientifiques ont étudié le cortex cérébral de 210 personnes à l'aide de l'imagerie par résonnance magnétique. Un algorithme s'est chargé de faire des liens entre toutes ces données et a identifié les 180 zones corticales illustrées ci-dessous.



Le moment «panique»

La communauté scientifique des États-Unis imagine le pire depuis l'élection de Donald Trump. Plus de 2300 scie

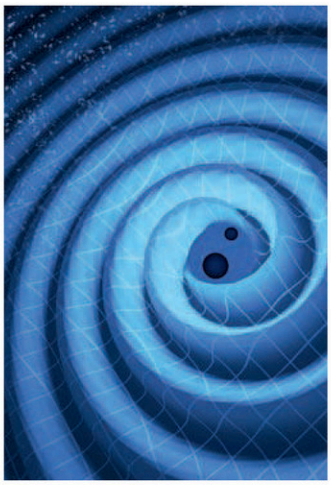
DE 2016 POUR...



ARNI SAEBERG

Changer le CO_2 en pierre

Prélever du gaz carbonique dans l'air et le séquestrer dans le sol : voilà sur quoi planchent de nombreux scientifiques pour freiner le réchauffement climatique. Jusqu'ici, les tentatives, menées dans des roches sédimentaires, ont été peu concluantes, en raison des coûts astronomiques et des fuites inévitables. Mais une découverte faite en juin dernier par des chercheurs islandais pourrait changer la donne. Alors qu'ils avaient injecté 220 tonnes de CO_2 dans du basalte (une roche volcanique) à plus de 400 m sous terre en 2012, ils ont constaté que près de 95 % du gaz avait réagi chimiquement pour former des minéraux et de la calcite. Autrement dit, il s'est emprisonné définitivement dans la roche. Une solution durable ?



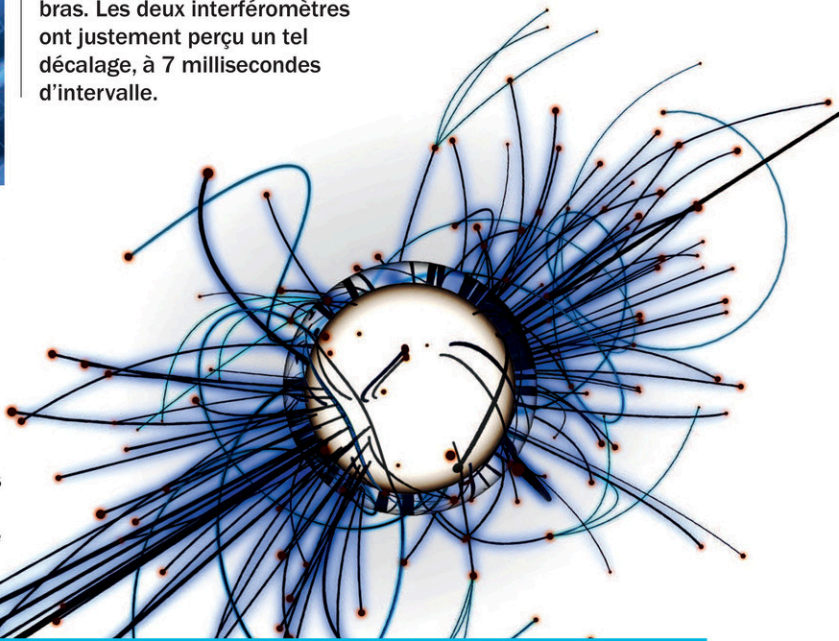
Il était temps!

Cent ans après qu'Einstein eut théorisé l'existence des ondes gravitationnelles, une équipe internationale de chercheurs a annoncé en février 2016 les avoir détectées pour la première fois. Ces ondulations dans l'espace-temps sont causées par des événements forts en énergie. Le premier cas observé par des chercheurs de l'expérience LIGO (pour Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory) résulte de la fusion de deux trous noirs, survenue il y a 1,3 milliard d'années. L'impact a été si violent que l'espace-temps autour a été déformé et la secousse continue de se propager dans l'Univers comme une vague. Elle vient de nous arriver.

Pour la détecter, l'équipe a utilisé deux interféromètres ultra précis positionnés à 3 000 km l'un de l'autre, aux États-Unis. Elle a fait circuler de la lumière dans ces appareils munis de deux tunnels perpendiculaires de 4 km de long. Si une onde gravitationnelle en traverse un, la lumière mettra plus ou moins de temps à parcourir l'un des bras. Les deux interféromètres ont justement perçu un tel décalage, à 7 millisecondes d'intervalle.

Le flop de l'année

« Une révolution », « le début d'une nouvelle physique », « la plus grande découverte depuis un siècle »… C'est ce à quoi s'attendaient les physiciens du CERN (Conseil européen pour la recherche nucléaire), début 2016, alors que les expériences menées au Grand collisionneur de hadrons laissaient entrevoir l'existence d'une nouvelle particule, non décrite par le modèle sur lequel repose toute la physique actuelle. L'enthousiasme a donné lieu à la publication de quelque 500 articles, spéculant sur les conséquences de la découverte de la « particule X ». Mais voilà : ce qui devait être confirmé en août grâce à de nouvelles données s'est avéré un flop total. Le boson n'était en fait qu'un mirage, une anomalie sans intérêt. Depuis, les physiciens dépriment.





ntifiques, dont 22 prix Nobel, l'ont appelé à respecter la science dans une lettre ouverte.

LES DÉCOUVERTES DE L'ANNÉE DANS LE RÉTROVISEUR

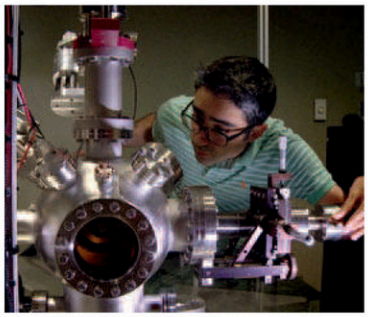
Une minisérie s'intéresse à l'évolution des découvertes qui ont figuré dans le palmarès annuel de Québec Science.

Par Marie Lambert-Chan

Un médicament prometteur pour lutter contre les tumeurs au cerveau. De nouvelles pistes thérapeutiques pour soigner la maladie d'Alzheimer. Un type inédit d'isolateur pour protéger nos réseaux électriques du givre. Voilà quelques retombées des recherches sacrées « découvertes de l'année » par *Québec Science* dans le passé. Entre le moment « eurêka » et l'application concrète, il s'est écoulé 10, 15, voire 25 ans. Un parcours du combattant auquel la chaîne Canal Savoir consacre une minisérie intitulée *Que sont devenues les découvertes de jadis ?* diffusée cet hiver.

Coproduite par les Fonds de recherche du Québec (FRQ) en collaboration avec *Québec Science*, l'émission se transforme en machine à remonter le temps et nous amène à la rencontre d'une douzaine de chercheurs s'étant illustrés dans les 10 premiers palmarès publiés entre 1993 et 2003. On y voit notamment Judes Poirier, chercheur à l'Institut Douglas, qui a établi un lien entre la forme sporadique de la maladie d'Alzheimer et le gène de l'apolipoprotéine E, connu pour son rôle dans le recyclage du cholestérol qui sert de matière première aux neurones. Des travaux lui ayant valu une reconnaissance internationale et qui, surtout, ont fait du chemin : en 2015, il a lancé un essai clinique avec le probucol, un médicament qui stimule justement la synthèse et la sécrétion de l'apolipoprotéine E et qui pourrait retarder l'apparition des symptômes de démence.

Le désormais bien connu Richard Béliveau fait aussi une apparition. En 2002, le biochimiste de l'UQAM et son équipe ont identifié des molécules capables de franchir la barrière hématoencéphalique et les ont détournées pour qu'elles puissent transporter des médicaments jusqu'au cerveau. De là est né un agent pharmacologique, l'ANG1005, qui, 15 ans plus tard, en est à la troisième phase d'essais cliniques. « Ce qui motive un chercheur, c'est la contribution qu'il peut faire à l'évolution de la connaissance et, dans le cas de la médecine, au soulagement de la souffrance humaine », raconte-t-il à la caméra.







PHOTOS : BENJAMIN TURQUET

CÉLÉBRER LA RECHERCHE FONDAMENTALE

Pourquoi une telle émission ? « Pour montrer qu'on a tendance à se concentrer sur les retombées de la recherche appliquée, en négligeant la recherche fondamentale qui, elle aussi, peut avoir des impacts à long terme dans notre quotidien », répond Sylvie Godbout, directrice générale de Canal Savoir.

« La majorité des Québécois et des Canadiens comprennent l'importance de la recherche fondamentale, estime Rémi Quirion, scientifique en chef du Québec, qui chapeaute les FRQ. Cela dit, il faut continuer d'expliquer celle-ci pour qu'ils l'apprécient toujours davantage et qu'ils comprennent que la science, ça prend du temps. Que c'est normal qu'une découverte serve seulement au bout de 50 ans. »

Ce retour dans le temps se veut aussi un rappel des dangers inhérents aux compressions fédérales et provinciales qui ont appauvri la science fondamentale au cours de la dernière décennie. « Il va de soi que la compréhension des mécanismes fondamentaux nous permet de développer des médicaments ciblés, dit Judes Poirier. Les Américains, les Européens et les Asiatiques l'ont déjà compris. Pendant ce temps, on pénalise la recherche canadienne sur le long terme. Résultat, plutôt que d'inventer des médicaments, on devra les importer et les payer plein prix. Ce sera un coût sociétal énorme pour ne pas avoir investi à temps. » Une leçon à méditer pour les élus ?

***

La minisérie *Que sont devenues les découvertes de jadis ?* sera diffusée sur les ondes de Canal Savoir les lundis 27 février, 6 et 13 mars, à 19 h 30. En rediffusion les mardis 28 février, 7 et 14 mars, à 8 h 30; les vendredis 3, 10 et 17 mars, à 20 h 30; et les dimanches 5, 12 et 19 mars, à 10 h 30.

CONCOURS

imaginez un projet innovant pour le Québec



Laissez vos enfants mettre leur imagination au service de l'innovation.

Proposez-leur de faire un dessin ou d'écrire un court texte en vue d'illustrer ou de décrire le projet qu'ils mettraient en place pour un futur Québec plus innovant.

En le soumettant par l'intermédiaire de la page Web economie.gouv.qc.ca/imagine, votre enfant court la chance de gagner un abonnement d'un an, ou le renouvellement de son abonnement annuel en cours, à l'une ou l'autre de ces trois revues : Les Débrouillards, Les Explorateurs ou Curium. En prime, les gagnants recevront un album de la bande dessinée historique Les Grands Débrouillards et le livre Les expériences des Débrouillards tome 2.



ENSEMBLE on fait avancer le Québec

Concours ouvert jusqu'au 7 février 2017 à l'ensemble des jeunes et des classes du Québec. Le règlement du concours est disponible à l'adresse suivante : economie.gouv.qc.ca/imagine.

Québec

VOUS ENSEIGNEZ LES SCIENCES EN 4e SECONDAIRE?

Utilisez les outils pédagogiques de *Québec Science* !



Dans chaque numéro, découvrez 3 Situations d'Apprentissage et d'Évaluation (SAÉ) en lien avec le contenu du magazine.

Cliquez sur
www.quebecscience.qc.ca/pedago

Économie, Science et Innovation Québec

QUÉBEC SCIENCE

PRÉSENTÉ PAR ACS Association des communicateurs scientifiques du Québec — Radio-Canada

BOURSE FERNAND-SEGUIN 2017

Pour la relève en journalisme scientifique

1er PRIX d'une valeur de :
17 000$
+ 8 MOIS DE STAGES prestigieux au Québec et en France
Découverte (ICI Radio-Canada Télé), La Presse, autres médias participants

2e PRIX :
4 000$
+ 2 MOIS DE STAGE dans les médias participants

NOUVEAU
Reportages en format audio, vidéo et multimédia acceptés!
Stage de 2 mois en France

Date limite de participation
31 mars 2017

Information et inscription
WWW.ACS.QC.CA

MERCK Vivre mieux — Consulat général de France à Québec — La Presse+ — Oiseaux — Québec Science — Agence Science-Presse — Nature — CURIUM — Découvreurs — creo



Vous avez la tête remplie de questions de nature scientifique, mais vous ne savez pas trop où chercher les réponses? Envoyez-les à l'adresse questionspourQS@gmail.com, et notre chroniqueur se fera un plaisir d'y répondre!

Le complot des traînées blanches démonté

« Le ciel est souvent rayé de tracés blancs laissés par des avions. Quel phénomène crée ces lignes ? Est-ce qu'on les utilise en prévisions météo ou ont-elles une autre utilité ? Est-ce que ce sont des avions de ligne ou des avions militaires ? » demande Marie Surprenant, de Montréal.

Voilà qui tombe bien, puisque Serge Blondin, de Blainville, se demande justement lui aussi : « Lorsqu'un avion à réaction laisse une traînée visible (de vapeur ?), est-ce dû à une opération contrôlée par l'équipe de pilotage ou est-ce que ce sont plutôt les conditions météo qui sont en cause ? »

Quiconque fait une petite recherche web sur ces traînées blanches – surnommées « chemtrails » – remarquera rapidement qu'une foule d'explications (parfois très loufoques) circulent à leur sujet. Certains sites affirment qu'il s'agit de « produits chimiques » servant à changer le climat. D'autres y voient une entreprise d'empoisonnement collectif; d'autres encore subodorent une forme de communication secrète de l'armée, version moderne des signaux de fumée. Il s'en trouve même pour croire qu'il s'agit d'une façon de stériliser des populations entières afin de limiter la croissance démographique.



La réalité est beaucoup plus prosaïque. Il s'agit de vapeur d'eau condensée, tout bonnement, tout simplement et tout platement.

Quand un avion brûle du kérosène, il rejette inévitablement des « déchets ». Les principaux sont, et de loin, l'azote, le dioxyde de carbone et la vapeur d'eau, qui forment près de 99 % des gaz d'échappement, mais les 1 % à 2 % restant recèlent une kyrielle d'autres composés. Une bonne partie est formée de dioxyde de soufre (SO_2) et d'acide sulfurique (H_2SO_4), puisque le kérosène contient souvent du soufre. Y figurent également des métaux, à cause des températures extrêmes (plus de 1 000 °C) atteintes dans les réacteurs, des oxydes d'azote et des sous-produits de combustion comme le benzène (cancérigène).

C'est là, certes, une liste de molécules bien peu recommandables. Mais comme outil de contrôle démographique, force est d'admettre que c'est un moyen spectaculairement inefficace, puisque ces rejets sont très semblables à ceux des voitures.

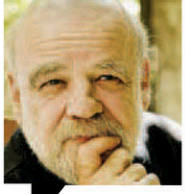
De toute cette liste, une seule molécule forme des traînées : l'eau. Les avions, qu'ils soient militaires ou civils, à réaction ou à hélices, volent souvent à plusieurs kilomètres du sol, soit à des altitudes où la température avoisine les -50 °C ou -60 °C. Presque tout de suite après sa sortie du moteur, la vapeur d'eau gèle et forme des cristaux de glace. Ces cristaux vont dévier la lumière du Soleil dans toutes les directions et ainsi apparaître blancs, exactement comme pour les nuages. Les autres « ingrédients » des gaz d'échappement peuvent aider à leur formation, mais ils demeurent invisibles.

Certains jours, ces traces persistent plus longtemps. Et il arrive que deux avions volant dans le même coin du ciel en même temps laissent des traînées de longueur très différentes. Les sites « conspirationnistes » y voient la preuve qu'il ne s'agit pas de vapeur d'eau, mais bien de « produits chimiques » qui seraient ajoutés au carburant de certains vols.

Or c'est simplement une question d'humidité. Quand l'air ambiant est très sec, les cristaux redeviennent rapidement de la vapeur d'eau et, quand l'air est humide, ils persistent plus longtemps. Comme l'atmosphère n'est pas un mélange de gaz uniformément distribués, il existe des secteurs plus humides que d'autres. En outre, les avions qui semblent voler dans la même zone peuvent, en fait, se trouver à des altitudes différentes de plusieurs kilomètres et, par conséquent, voler dans des conditions d'humidité variables.

Malgré ce lien avec l'humidité, ces traînées ne sont d'aucune utilité en météo. Il existe des instruments beaucoup plus précis pour mesurer la quantité d'eau dans l'air.

Cela dit, les traînées peuvent modifier la température. En bloquant les rayons du Soleil, elles refroidissent l'atmosphère. Mais elles peuvent aussi la réchauffer, car la vapeur d'eau est elle-même un gaz à effet de serre. L'effet net n'a pas encore été bien établi, les études à ce sujet n'arrivant pas toutes à la même conclusion. Mais il semble acquis qu'il est minime.



Mestokosho, Pietacho et Archambault

Vous vous êtes sans doute demandé pourquoi le chef des Sioux de Standing Rock s'appelle David Archambault, et la porte-parole du mouvement de protestation contre le passage d'un pipeline sur leurs terres, LaDonna Brave Bull Allard. Oui, comme dans « Allard ». Reculons un peu dans le temps, à l'époque des Nicolet, Perrot et Jolliet. Lorsque les coureurs des bois canadiens-français arrivèrent au Ouisconsin, dans la région de la baie Verte, jadis appelée la baie des Puants, ils virent leurs premiers Sioux. Ils se demandèrent bien à qui ils avaient affaire. C'était « la nation des Puants », celle que les Algonquins ojibwés, leurs voisins, appelaient les Ouinibagos. Écrit en anglais, cela donne Winnibago – oui, la marque de commerce –, le même mot que Winnipeg qui signifie « eaux odorantes » en référence à l'eau salée de la mer. Les Ouinibagos étaient des Sioux des forêts de feuillus, voisins des Sioux santees du Minnesota. Ceux-là, les Ojibwés les appelaient les Nottewaysioux, c'est-à-dire « les petits guerriers ennemis », par opposition aux « grands guerriers ennemis » qui étaient les Notteway, c'est-à-dire les Iroquois. Le mot « sioux » vient de là car, autrement, les Sioux s'appellent eux-mêmes les Lakotas.



Dès 1738, en passant plus au nord, par le lac La Pluie et le lac des Bois, pour arriver à la rivière Rouge, d'autres Canadiens français, les La Vérendrye et leurs compagnons de voyage, rencontrèrent les Assiniboines, des Sioux des plaines vivant aux frontières de la Saskatchewan, du Minnesota et des Dakota actuels. L'ethnonyme « Assiniboine » est un mot algonquien qui signifie « les gens de la roche », une nation que les Britanniques connaissent sous le nom de Stoneys. « Saskatchewan » et « Minnesota » sont également algonquiens. Le premier se traduit par « courant rapide »; et l'autre, par « beauté du brouillard matinal au-dessus de l'eau ». « Dakota » est le nom de plusieurs nations siouses, au même titre que « Lakota » et « Nakota ». Une fois traversé le pays des Assiniboines, ce qui n'était pas commode en ces années-là, La Vérendrye et ses fils, ainsi que leurs hommes, arrivèrent à la Grande Fourche, parmi d'autres Sioux, les Mandans et les Hidatsas. Le reste coule de source : plusieurs d'entre eux s'installèrent pour de bon en ces pays, prenant femme et engendrant de grandes lignées métisses franco-siouses. Les Canadiens français s'appelaient Ménard, Laflèche, Déglise, Archambault, Allard, Picotte, Carbonneau, Charbonneau, Amyot, Pelletier, etc. Cela explique pourquoi la première femme amérindienne à obtenir un doctorat en médecine, une Siouse omaha du Nebraska, se nommait Susan LaFlesche Picotte. Cela explique aussi le fait qu'un des meilleurs amis de Sitting Bull fut un Canadien français originaire de Saint-Michel-des-Saints, Jean-Louis Légaré. Après avoir été coureur des plaines au Dakota-du-Nord et au Montana, celui-ci vivait en Saskatchewan, à Talle des Saules (l'actuel Willow Bunch). Au lendemain des combats de Little Big Horn où le général Custer perdit la vie avec l'entièreté de ses « tuniques bleues », Légaré accueillit et hébergea pendant plusieurs années des milliers de réfugiés sioux dirigés par Sitting Bull. Et voilà qui élucide le mystère des patronymes francophones de tant de Sioux contemporains.

Encore aujourd'hui, nous nous retrouvons dans la même histoire. Pendant des mois, les Sioux du Dakota-du-Nord ont fait obstacle au passage d'un pipeline à travers le territoire de Standing Rock, et ils ont finalement gagné leur cause. Ce barrage sioux était devenu le plus grand rassemblement amérindien depuis leurs guerres contre la cavalerie américaine au XIX^{e} siècle. Il y a et il y aura de semblables oppositions sur la côte ouest, au nord de la Colombie-Britannique; il y en a aussi du côté est, dans le golfe du Saint-Laurent, pour la protection de l'île d'Anticosti, là où les Innus, les Micmacs et les Malécites-Ouolostoks se sont solidarisés contre les projets de forage. Les Autochtones ne sont pas seuls à exprimer leur position anti-pipeline. La majorité des Québécois s'opposent à un pipeline « transprovincial » qui risque fort un jour de provoquer une grande catastrophe environnementale dans la magnifique vallée du Saint-Laurent.

Standing Rock deviendra un symbole. Il arrive un moment où le prix du pétrole est beaucoup trop élevé. Nous avons donné tous les droits aux hydrocarbures, nous nous sommes prosternés devant les pétrodollars; parlez-en aux Denés de la région du lac Athabasca dans le nord de l'Alberta bitumineuse. Parlez-en aux Ojibwés de la région de Gogama dans le nord de l'Ontario, parlez-en aux Québécois de Lac-Mégantic. Contre tous les passe-droits, voilà que nous nous retrouvons sur les mêmes barricades. Quand je vois mon ami Jean-Charles Pietacho, chef d'Ekouanitshit (Mingan), mener son combat d'Anticosti à Standing Rock pour la nature et la pureté de l'eau; quand je vois la poétesse innue Rita Mestokosho devenir une Siouse *honoris causa*, je me dis que nous avons encore des choses à faire, ensemble.

Monsieur Pietacho et madame Mestokosho, madame Allard et monsieur Archambault, nous vous saluons bien bas.

GRACIEUSETÉ DE CANNUPA HANSKA LUGE

LES **10** ÉTABLISSEMENTS DE L'UNIVERSITÉ DU QUÉBEC

UNE FORCE EN RECHERCHE PARTOUT AU QUÉBEC

Ensemble, les **10** établissements du réseau se classent parmi les **50** premières universités de recherche au Canada, avec :

- plus de **200 M$** par année en subventions et contrats de recherche;
- plus de **470** groupes, laboratoires et chaires de recherche;
- près de **2 900** professeurs-chercheurs;
- **102 000** étudiants.


Mathieu Dupuis, UQAT



Université du Québec

www.uquebec.ca

- Université du Québec à Montréal
- Université du Québec à Trois-Rivières
- Université du Québec à Chicoutimi
- Université du Québec à Rimouski
- Université du Québec en Outaouais
- Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue
- Institut national de la recherche scientifique
- École nationale d'administration publique
- École de technologie supérieure
- Télé-université

UQÀM inspirée par la recherche



Changer le monde, une recherche à la fois.
C'est l'objectif que poursuivent nos professeurs, chercheurs et étudiants.
#uqam