

Votre téléphone peut-il remplacer votre psy?

# QUÉBEC SCIENCE

MARS 2018

## L'OR BRUN

Les excréments nous dégoûtent. Mais, pour les chercheurs, ce sont des trésors. Plongez avec eux au fond de la cuvette!



**LA VOITURE À  
HYDROGÈNE,  
FUTURE REINE  
DES ROUTES?**

• • •

**COMMENT  
DÉBATTRE AVEC  
UN PARTISAN  
DE LA TERRE  
PLATE**



**LE PHARMACHIEN  
CONTRE-ATTAQUE!**

“ Pour la première fois de ma vie, je crains l'impact de la pseudoscience sur l'avenir de notre société. ”

MARS 2018 0 3  
PP 065387  
7 8 3 1 3 0 4 7 9 7 4  
MESSAGERIES DYNAMIQUES 10682  
\$6.95

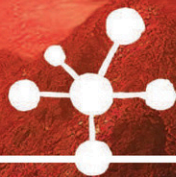
DÔME  
360°

# EXO

SOMMES-NOUS



SEULS?



PLANÉTARIUM RIO TINTO ALCAN



Billets en ligne : [espacepourlavie.ca](http://espacepourlavie.ca)

vive  375



espace  
pour la  
vie montréal

# SOMMAIRE

PHOTO DE LA PAGE COUVERTURE : EMOJI ARTIST : MATTHEW LAPENTA / PHOTO : JANA CRUDER



Caca, étrons, excréments, matière brune, déjections, selles, or brun, fertilisant naturel: dans ce dossier, l'équipe de rédaction n'a pas manqué d'images ni de synonymes pour vous faire découvrir l'envers de nos crottes!

EN COUVERTURE

## 17 DOSSIER CACA

Les excréments nous dégoûtent, nous gênent, nous inspirent parfois quelques blagues douteuses. Mais, pour les scientifiques, ce sont de véritables trésors. Sources de médicaments et d'énergie, ils ouvrent aussi une fenêtre inédite sur notre microbiote et le comportement animal.

Plongez avec les chercheurs au fond de la cuvette!

## REPORTAGES

### 36 Rouler à l'hydrogène

Dans le monde de l'automobile, on annonce depuis longtemps la révolution hydrogène. Et on l'attend toujours. Mais une alliance entre Toyota et le Québec pourrait enfin donner le coup d'envoi.

### 40 Un psy au bout des doigts

Que vous soyez stressé, dépressif ou dépendant, il suffirait désormais d'activer votre téléphone intelligent pour atténuer ces tourments. Trop beau pour être vrai?



CHERCHEUR EN VEDETTE

### 44 LE SYSTÈME IMMUNITAIRE, CE LIVRE OUVERT

Luis Barreiro s'intéresse à cette relation de longue date entre les pathogènes et l'humain.



## SUR LE VIF

### 6 VOYAGE AU CŒUR D'UN ESTOMAC ARTIFICIEL

### 8 NARGUÉS PAR LA LUNE

Le Google Lunar XPrize prend fin sans gagnant. Pourquoi?

### 10 COMBIEN PÈSE UN KILO?

Les scientifiques ont enfin la réponse à cette vieille question.

### 11 DU CINÉMA MOLÉCULAIRE

La source de rayons X la plus puissante sur Terre filme le mouvement des molécules.

### 14 LE PHARMACIEN PERSISTE ET SIGNE

Olivier Bernard est de retour pour s'attaquer à la racine des faits alternatifs : les arguments bidon.



4 **Éditorial** Par Marie Lambert-Chan | 5 **Mots croisés** | 9 **Polémique** Par Jean-François Cliche

11 **Technopop** Par Catherine Mathys | 12 **Je doute donc je suis** Par Normand Baillargeon

46 **Culture** Par Émilie Folie-Boivin | 49 **Notes de terrain** Par Serge Bouchard | 50 **Rétroviseur** Par Saturnome



MARIE LAMBERT-CHAN  @MLambertChan

## Éditorial

# La revanche des « ès arts »

## Les appels se multiplient pour revaloriser les sciences humaines. Seront-ils entendus ?

« **B**ienvenue dans le programme de sciences humaines, qu'on appelle aussi sciences « molles », car on les pense moins rigoureuses que les sciences dites « dures », comme les maths et la physique. Si vous poursuivez dans cette branche, sachez que, dans vos parties de famille, on vous questionnera sans arrêt sur l'utilité de votre formation et vos perspectives d'emploi. » C'est dans ces termes cyniques qu'un professeur de sociologie nous avait accueillis jadis, mes collègues de classe et moi-même, lors de notre premier cours de cégep. En moins d'une minute, il venait de résumer les préjugés qui minent les sciences humaines depuis des décennies. Alors que j'avais choisi ce cheminement sans autre but que celui d'apprendre, sans égard à un choix de carrière, une telle entrée en matière avait de quoi me déprimer.

Tous les diplômés « ès arts » ont déjà entendu une version de ce discours qui s'est durci au cours des dernières années. Dans un monde qui

Les sciences « molles » et les sciences « dures » ne sont pas mutuellement exclusives; elles sont interdépendantes.

carbure aux données, aux algorithmes et aux lignes de code, l'étude de la condition humaine peut paraître futile. Pourtant, « ce qui compte ne peut pas toujours être compté, et ce qui peut être compté ne compte pas forcément ». Attribué à Einstein, ce bel aphorisme est en quelque sorte le cœur d'une flopée d'essais publiés récemment par des auteurs provenant de la Silicon Valley, de Wall Street et d'universités américaines qui, chacun à leur manière, tentent de redorer le blason des sciences humaines.

Selon eux, les sociétés ont commis une erreur en priorisant les STIM (sciences, technologies, ingénierie et mathématiques), perçues comme des vecteurs naturels d'innovation et

de retombées économiques, au détriment des sciences humaines, dont on a oublié la valeur intrinsèque. Pour Scott Hartley, auteur du livre *The Fuzzy and the Techie* (Houghton Mifflin Harcourt, 2017), l'étude des humanités est une aventure intellectuelle au cours de laquelle les étudiants développent une curiosité ainsi que des habiletés qui leur serviront toute leur vie. « Ces compétences fondamentales – pensée critique, compréhension de lecture, analyse logique, argumentation, communication claire et persuasive – préparent également très bien les étudiants à la vie professionnelle », écrit-il. Ce conseiller en capital de risque note au passage que plusieurs leaders des technos ont étudié les « humanités » : Susan Wojciki (YouTube) a une formation en histoire et en littérature; Brian Chesky (Airbnb) a étudié les beaux-arts; Stewart Butterfield (Slack) est diplômé en philosophie; Jack Ma (Alibaba) possède une licence d'anglais.

C'est ce qui laisse dire à Joseph Aoun, président de la Northeastern University, à Boston, et auteur du livre *Robot-Proof* (The MIT Press, 2017), que seules les sciences humaines procureront un avantage compétitif aux futurs travailleurs qui seront confrontés aux affres de la robotisation et aux dérapages potentiels de l'intelligence artificielle. Il propose même de créer une nouvelle formation, les « humanics », qui marierait les humanités et les STIM.

Ces auteurs ont raison : les sciences « molles » et les sciences « dures » ne sont pas mutuellement exclusives; elles sont interdépendantes. Il est temps de mettre fin à cette fausse dichotomie qui freine la recherche de solutions dans notre monde de plus en plus complexe et polarisé.

Mais cet appel sera-t-il entendu ? Tous les espoirs sont permis, car même le patron d'Apple, Tim Cook, l'a compris, lui qui déclarait ceci aux nouveaux diplômés du MIT en 2017 : « Si la science est une recherche à tâtons dans le noir, alors les sciences humaines sont une bougie qui révèle nos traces et les dangers qui nous attendent. » 

MARS 2018  
VOLUME 56, NUMÉRO 6

**Rédactrice en chef**

Marie Lambert-Chan

**Reporters**

Marine Corniou, Annie Labrecque

**Collaborateurs**

Normand Baillargeon, Maxime Bilodeau, Serge Bouchard, Jean-François Cliche, Émilie Folie-Boivin, Marianne Desautels-Marissal, Joël Leblanc, Jean-Luc Lorry, Alice Mariette, Catherine Mathys, Alexis Riopel, Guillaume Roy, Saturnome

**Correcteur-réviseur** Luc Asselin

**Directeur artistique** François Émond

**Photographes/illustrateurs** Pascal

Blanchet, Jean-François Hamelin, Erik Jacobs, Nicole-Aline Legault, Cornelia Li, Donald Robitaille, Sébastien Thibault, Vigg

**Éditrice** Suzanne Lareau

**Coordonnatrice des opérations**

Michèle Daoust

**Comptabilité** Mimi Bensaid

**Chargée de projets, communications**

marketing Maryvonne Charpentier

**Attachée de presse**

Stéphanie Couillard

**Vice-présidente marketing et service à la clientèle** Josée Monette

**Publicité**

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

**Impression** Transcontinental Interweb

**Distribution** Messageries Dynamiques  
Parution: 15 février 2018 (544<sup>e</sup> numéro)

Québec Science est publié par

Vélo Québec Editions.

Dépôt légal: Bibliothèque nationale du Québec, Bibliothèque nationale du Canada: ISSN-0021-6127

Envoi Poste-Publications Convention no 40065387.

© Copyright 2018 - La Revue Québec Science. Tous droits de reproduction, de traduction et d'adaptation réservés.

Indexé dans **repère**

Québec Science reçoit l'aide financière du ministère de l'Économie, de la Science et de l'Innovation du Québec. Nous reconnaissons l'appui financier du gouvernement du Canada.



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



Économie, Science et Innovation



# Mots croisés

LES **10**  
DÉCOUVERTES  
DE L'ANNÉE

**Vous avez été plus de 3 200 à voter pour votre découverte préférée de l'année 2017. L'équipe gagnante sera dévoilée dans notre prochain numéro, en kiosque le 29 mars.**

**1** Des chercheuses ont fait reculer de 10 000 ans la date de colonisation de l'Amérique par les premiers humains.

Ce travail minutieux, inlassable et intergénérationnel pour mieux comprendre l'histoire de l'humanité est impressionnant. — Anik Labonté, Québec

**2** Un outil de la taille d'un crayon repère et élimine en temps réel des cellules cancéreuses pendant une intervention chirurgicale.

Cancer... Un mot qui bouleverse. Une maladie à laquelle on a tous et toutes été confrontés, de près ou de loin. Cette découverte majeure constitue une percée incroyable et un véritable espoir pour la qualité des soins en oncologie. Bravo! — Caroline Denis, Longueuil

**3** Une étude démontre qu'un statut social précaire peut altérer le système immunitaire. Cette recherche vient prouver ce qui est dit depuis des centaines d'années et elle aide à mieux comprendre les effets pervers des disparités sur la santé. Un pas de plus pour tendre vers un univers plus égalitaire. — Jean-Pierre Roy, Québec

**4** Des scientifiques démontrent que le microbiote des feuilles est très important

dans l'écosystème forestier.

Accroître la productivité des pépinières et, pourquoi pas, des parterres forestiers par l'ensemencement de « bonnes bactéries » laisse entrevoir des débouchés intéressants pour toute l'industrie forestière. — Papillon Fabris, Elliot Lake

**5** Deux chercheurs ont découvert que le décrochage scolaire est lié, bien souvent, à un événement personnel stressant vécu par le jeune.

La recherche en sciences sociales est peu « populaire » et souvent moins spectaculaire, mais pourtant aussi importante, que la recherche en sciences médicales. Cette découverte permettra davantage de prévention auprès des jeunes. — Chantal Pothier, Baie-Saint-Paul

**6** Des ingénieurs ont mis au point un « marteau-piqueur » médical capable de déboucher les artères.

Cette invention permettra aux personnes ayant un problème d'artères de retrouver leur qualité de vie, tout en réduisant le temps d'hospitalisation et les coûts pour le système de santé. — Judith Côté, Sherbrooke

**7** Une expérience a démontré que plusieurs copies d'un gène ne protégeaient pas forcément les organismes.

Je suis chercheur en génomique et c'est un des articles qui m'a marqué, cette année. Cette découverte est à la fois contre-intuitive et logique. — Frédéric Raymond, Québec

**8** Une nouvelle méthode d'imagerie permettrait de diagnostiquer la maladie d'Alzheimer et de mieux suivre son évolution.

Cette maladie a une prévalence croissante dans notre société. En tant que médecin, on perd du temps à observer pendant plusieurs mois la réponse clinique, ou non, d'un traitement. Cela permettrait un réel ralentissement de la progression de la maladie. — Anne-Louise Boucher, Champlain

**9** Des chercheurs ont créé une lumière qui poursuit sa route derrière les obstacles sans diffuser. Un véritable exploit. Les manipulations de la lumière, en particulier en lien avec les circuits photoniques et l'informatique, ont un potentiel énorme pour la miniaturisation et l'optimisation de nos ordinateurs et réseaux de communication. — Emile Jetzer, Longueuil

**10** Des chercheurs ont trouvé un moyen de contrecarrer les biofilms.

Il était temps de trouver autre chose que l'amélioration des antibiotiques, qui semble vouée à l'échec, puisque les bactéries s'adaptent sans cesse. Cette fois-ci, on aura peut-être trouvé une façon élégante d'éliminer ces bestioles. — Alain Cléroux, Laval

**Erratum**

Dans l'article « Coup de vieux » (janvier-février 2018), nous mentionnons le Musée canadien de la nature alors qu'il s'agit en fait du Musée canadien de l'histoire.

**Écrivez-nous**  
courrier@quebecscience.qc.ca  
1251, Rachel Est, Montréal (Qc) H2J 2J9

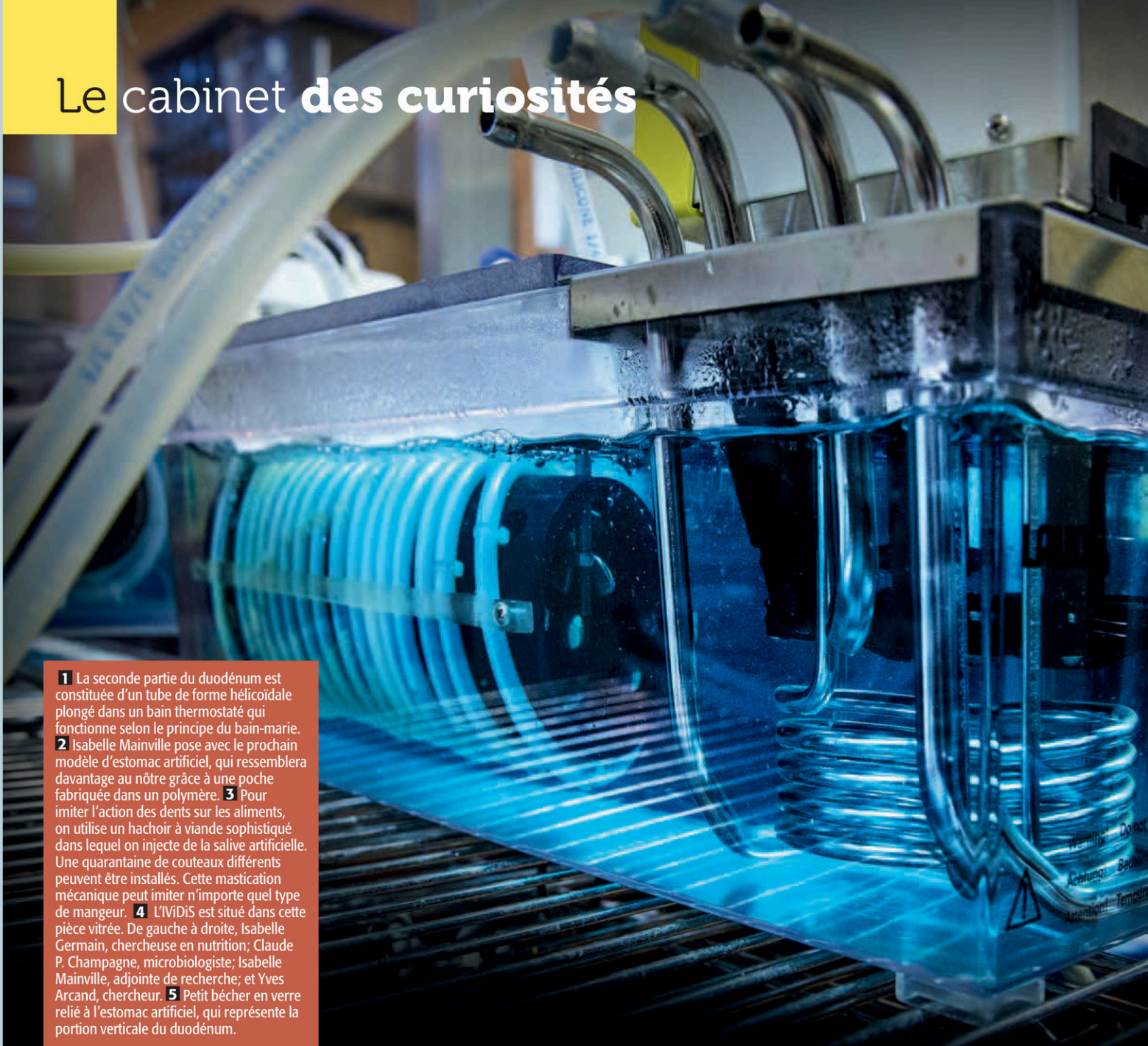
**Suivez-nous**  
www.quebecscience.qc.ca



**Abonnez-vous**  
www.quebecscience.qc.ca/abonnez-vous

514-521-8356 poste 504  
1-800-567-8356 poste 504  
Un changement d'adresse: changementqs@velo.qc.ca

# Le cabinet des curiosités



**1** La seconde partie du duodénum est constituée d'un tube de forme hélicoïdale plongé dans un bain thermostaté qui fonctionne selon le principe du bain-marie. **2** Isabelle Mainville pose avec le prochain modèle d'estomac artificiel, qui ressemblera davantage au nôtre grâce à une poche fabriquée dans un polymère. **3** Pour imiter l'action des dents sur les aliments, on utilise un hachoir à viande sophistiqué dans lequel on injecte de la salive artificielle. Une quarantaine de couteaux différents peuvent être installés. Cette mastication mécanique peut imiter n'importe quel type de mangeur. **4** L'IViDiS est situé dans cette pièce vitrée. De gauche à droite, Isabelle Germain, chercheuse en nutrition; Claude P. Champagne, microbiologiste; Isabelle Mainville, adjointe de recherche; et Yves Arcand, chercheur. **5** Petit béccher en verre relié à l'estomac artificiel, qui représente la portion verticale du duodénum.



PHOTOS : DONALD ROBITAILLE

2



3



# VOYAGE AU CŒUR D'UN ESTOMAC ARTIFICIEL

Par Jean-Luc Lorry

**Q**ue se passe-t-il dans votre estomac lorsque vous engloutissez une pointe de pizza ou un biscuit au chocolat ? Pour faire la lumière sur ce qu'il advient des aliments et mieux comprendre notre système digestif, un estomac artificiel baptisé IViDiS (In Vitro Digestion System) est utilisé depuis 2007 par les scientifiques du Centre de recherche et de développement d'Agriculture et Agroalimentaire Canada, à Saint-Hyacinthe.

« On regarde notamment les effets de la mastication, la digestibilité des protéines ou le manque de bile chez un individu, explique le chercheur Yves Arcand. L'IViDiS imite la digestion de plusieurs types d'individus, jeunes ou âgés, petits ou grands mangeurs. On examine aussi l'ordre dans lequel les aliments sont avalés. L'hypothèse est que les différents mécanismes associés à la digestion (la production de chaque enzyme, le brassage, le temps de transit et plusieurs autres facteurs) différeront si on commence par manger une crème glacée et qu'on termine son repas par une soupe aux carottes. »


Alors que notre estomac, d'une longueur moyenne de 25 cm, dispose d'une grande souplesse grâce à ses muscles, le modèle artificiel est plus simple et plus rigide. Lorsqu'on teste un aliment, il est préalablement « mâché » par une sorte de hachoir qui fait office de bouche. Le mélange ainsi obtenu est ensuite introduit dans l'IViDiS, lequel est installé dans une petite pièce vitrée. Le système de digestion in vitro est composé d'un béccher à double paroi muni d'un couvercle; il est alimenté par plusieurs pompes. Celles-ci injectent des doses calculées de salive synthétique, d'enzymes, de sucs gastriques, etc.

Développé il y a plus de 10 ans, l'estomac artificiel est souvent utilisé pour réaliser des tests destinés à l'industrie agroalimentaire. Par exemple, en évaluant le potentiel antioxydant d'un aliment ou en améliorant

l'efficacité des bactéries probiotiques du yogourt sur le système digestif. D'ailleurs, dans des travaux publiés en 2015 par l'*International Dairy Journal*, le chercheur Claude P. Champagne a démontré que des bactéries microencapsulées dans une bille de chocolat mélangée à de la crème glacée peuvent survivre à la congélation et à l'entreposage. De plus, cette protection se poursuit jusque dans l'intestin. « Appliquée à la crème glacée, cette technique peut améliorer la livraison de bactéries vivantes dans l'intestin par un facteur de 400 000 », précise M. Champagne.

Tous les tests ne sont pas destinés à être transposés chez l'humain. « Nous mesurons la survie de micro-organismes pathogènes ou de substances toxiques. Par exemple, nous connaissons la dose à laquelle la bactérie *E. coli* O157 contenue dans une salade romaine peut devenir dangereuse », illustre Yves Arcand.

Les chercheurs de Saint-Hyacinthe ne sont pas les seuls à disposer d'un estomac artificiel. Des instruments similaires se trouvent également au Manitoba, au Royaume-Uni et aux Pays-Bas. Toutefois, pour Yves Arcand, l'IViDiS reste unique au monde, car il « peut analyser des millions de combinaisons alimentaires ».

Pour le moment, la machine imite de manière imparfaite le segment situé entre l'estomac et l'intestin grêle. Une lacune que l'équipe scientifique entend combler prochainement si elle obtient le financement nécessaire de la part du gouvernement fédéral pour terminer la conception d'un second estomac qui ressemblerait davantage à celui de l'humain avec une poche souple fabriquée en polyvinylacétate-cryogel. Un système de brassage de l'estomac plus réaliste serait également intégré. « Actuellement, nous pouvons contrôler la concentration de la salive, mais nous ne pouvons pas varier sa composition au cours de la digestion. Le nouvel estomac pourra faire les deux à la fois », décrit Yves Arcand. 



1



5

4



# Nargués par la Lune

Le Google Lunar XPrize, un concours où des équipes financées par le privé tentaient de se rendre sur la Lune, prend fin sans gagnant.

Par Alexis Riopel

**P**oser un robot sur la Lune, lui faire parcourir 500 m, puis transmettre des images en haute définition vers la Terre, tel était le défi que devaient relever les équipes aspirant à remporter le Google Lunar XPrize (GLXP), une compétition lancée en 2007 pour donner un souffle nouveau à l'exploration lunaire. Malgré l'engouement qu'il a suscité, avec la participation d'une trentaine d'équipes issues de 14 pays, le défi s'est révélé impossible à relever avant son échéance officielle, fixée au 31 mars 2018. Aucun groupe ne touchera donc la cagnotte de 20 millions de dollars américains, selon un communiqué publié fin janvier.

Pourquoi un tel fiasco ? Bien que les problèmes techniques pour atteindre la Lune soient considérables, c'est plutôt l'aspect financier qui a eu raison des finalistes. En effet, le lancement à lui seul coûte plusieurs dizaines de millions de dollars, et ce, malgré les progrès technologiques majeurs faits depuis Apollo 11. « Certaines choses ne changent pas. On prend une fusée, on la remplit de quelque chose qui brûle, et puis on se rend sur la Lune ! » indique Richard Léveillé, professeur au département des sciences de la Terre et des planètes à l'Université McGill.

« Le concours était difficile, comme l'ont révélé les multiples reports de sa date limite », remarque Éric Dupuis, directeur du développement de l'exploration spatiale à l'Agence spatiale canadienne. D'abord fixée à 2012, l'échéance du GLXP a ensuite été repoussée quatre fois.

Néanmoins, les concurrents ont rivalisé d'ingéniosité pour concevoir leurs bolides. Pesant de 750 g à 600 kg, les cinq robots finalistes sont de tailles et de formes variables. Trois sont conçus pour rouler,

Moon Express



Team Indus



SpaceIL



Synergy Moon



Hakuto



mais les deux autres se déplacent en bondissant grâce à des propulseurs et des amortisseurs.

Tout indique que ces « astromobiles » étaient prêtes pour conquérir la Lune, à commencer par l'étape délicate de l'alunissage. « Puisque cet astre n'a pas d'atmosphère, il est impossible de s'y poser avec un parachute, commente Éric Dupuis. Il faut le faire à la verticale en faisant usage de rétrofusées pour ralentir la descente ». Une fois au sol, les rovers auraient dû affronter l'écart de température extrême entre le jour et la nuit sur la Lune (plus de 350 °C). Pour y arriver, ils peuvent réguler leur propre température, ou encore se dépêcher d'accomplir leur mission avant la tombée de la première nuit, au cas où ils n'y survivraient pas. Ils auraient aussi dû composer avec le sable lunaire, beaucoup plus abrasif que celui sur Terre en raison de l'absence d'érosion sur la Lune. « Si du sable s'infiltré dans un mécanisme, il peut faire beaucoup de dommages », avertit Éric Dupuis.

La mission était donc ardue, mais pas insurmontable, selon Richard Léveillé. Sauf sur le plan financier.

## LE NERF DE LA GUERRE

L'exploration spatiale coûte cher, et la fondation privée américaine XPrize le sait bien. Elle organisait le GLXP pour « repousser les limites de ce qui est possible afin d'améliorer le monde ». Toutefois, elle poursuivait aussi d'autres objectifs moins romantiques, comme « réparer une défaillance du marché » et « attirer l'investissement dans un nouveau secteur ». La fondation exigeait qu'au moins 90 % du financement des équipes participantes provienne d'investisseurs privés. Les concurrents devaient donc convaincre des gens d'affaires de les aider, car même

la bourse allouée au gagnant n'aurait pu suffire à couvrir leurs frais.

Pour amasser de l'argent, les équipes ont fait miroiter à des investisseurs les occasions d'affaires, là-haut. La Lune regorge d'hélium-3, un gaz très rare sur Terre qui servirait de combustible pour produire de l'énergie nucléaire sans déchet radioactif. Il y a aussi de l'eau, un précieux ingrédient dans la fabrication de carburant destiné à des opérations spatiales partant de la Lune. De nombreuses équipes ont fait valoir qu'elles resteront dans l'industrie après le concours afin d'exploiter ces ressources.

Toutefois, peu d'investisseurs y ont trouvé leur compte. Au fil des années, plusieurs abandons et fusions ont ponctué la compétition. La débâcle était si importante que, en 2015, les organisateurs ont lancé un ultimatum aux concurrents pour s'assurer de leur sérieux : au moins une équipe devait signer un contrat de lancement avant la fin de l'année. SpaceIL, une équipe israélienne, y est finalement parvenue.

Mais, en 2016, la majorité des concurrents ont échoué à se conformer à l'exigence, alors étendue à tous les participants, de réserver une place sur une fusée. Parmi eux se trouvait une équipe canadienne nommée Plan B, menée par un duo père-fils de Vancouver. L'élagage réalisé par les organisateurs laissait alors cinq finalistes sur les rangs : Team Indus (Inde), Hakuto (Japon), Moon Express (É.-U.), Synergy Moon (collaboration internationale) et SpaceIL (Israël).

Néanmoins, le manque d'argent pesait lourd sur les concurrents. En décembre dernier, SpaceIL a lancé un appel aux investisseurs pour 20 millions de dollars supplémentaires; cela est resté sans réponse. Début janvier 2018, il a été annoncé que la fusée qui devait emmener le robot de Team Indus dans l'espace ne décollerait pas, faute de fonds. L'équipe japonaise, qui expédiait son rover à bord du même appareil, a dû elle aussi faire une croix sur sa participation.

Au bout du compte, le concours estime tout de même avoir rempli son objectif. Les cinq équipes finalistes continuent leurs activités. Le robot de Hakuto est fin prêt pour la Lune. Moon Express désire ramener des échantillons du sol lunaire d'ici 2020. SpaceIL réitère même son intention d'aller sur la Lune plus tard en 2018. Avec ou sans concours, la reconquête de l'astre nocturne est bel et bien lancée. 05

JEAN-FRANÇOIS CLICHE @clifj

Polémique



## Les maux de l'acupuncture

Que faire quand une étude de bonne qualité vient en contredire d'autres (et même des méta-analyses) tout aussi bonnes? En décembre 2017, la diffusion de résultats préliminaires sur l'acupuncture a pris une tournure particulièrement « épineuse », c'est le cas de le dire.

Oncologue à l'université Columbia, Dawn Hershman a alors présenté les résultats d'un des plus vastes essais cliniques sur l'acupuncture au Symposium sur le cancer du sein de San Antonio.

En tout, 226 femmes atteintes d'un cancer du sein de stade précoce ont participé à l'étude, recevant soit des traitements d'acupuncture, soit des séances de « fausse acupuncture » (aiguilles insérées aléatoirement et moins profondément dans la peau), soit rien du tout.

Le but : vérifier si cette médecine traditionnelle chinoise réduit la douleur chez les femmes ayant un cancer du sein, traitées par des médicaments hormonaux, les inhibiteurs de l'aromatase. Bien qu'efficaces, ces médicaments causent très souvent des douleurs articulaires que Mme Hershman cherche à atténuer autrement que par les antidouleurs. Ceux-ci peuvent s'avérer toxiques et entraîner une dépendance. Dans son essai clinique, la chercheuse a trouvé que

l'acupuncture réduisait la « pire douleur » de 1 point en moyenne sur une échelle de 10 par rapport à la fausse acupuncture et à l'absence de traitement. En outre, la « vraie » acupuncture doublait le nombre de patientes (58% par rapport à 30% dans les autres groupes) dont la douleur s'atténuait par deux points, ce qui est considéré comme le

seuil minimal pour qu'un traitement soit jugé « pertinent pour la recherche clinique ».

Voilà qui est fort intéressant. Le hic? Cela contredit la plupart des études les plus sérieuses sur l'acupuncture, qui ne lui trouvent pratiquement aucun effet.

Certes, quiconque faisant une recherche sur cette « médecine alternative » trouvera sur le Web de nombreux articles (en apparence) savants qui concluent à son efficacité, mais ils sont en général de piètre qualité, surtout lorsqu'ils proviennent de pays où l'acupuncture est une tradition. Imaginez un peu : une analyse récente a démontré que seulement 8,7% des essais cliniques menés en médecine traditionnelle chinoise et enregistrés auprès des Instituts nationaux de la santé aux E.-U. (ce qui est obligatoire chez l'oncle Sam) ont rendu leurs résultats publics. Cela suggère qu'un très grand nombre de résultats négatifs sont tus...

Voilà pourquoi les revues de littérature et les méta-analyses attestant l'efficacité de l'acupuncture sont légion. Mais quand on se concentre sur les revues qui ne tiennent compte que des essais cliniques les plus rigoureux, pratiquement tous les bénéfices disparaissent. Par exemple, dans une méta-analyse publiée en 2009 dans le *British Medical Journal*, la réputée Collaboration Cochrane a conclu, au sujet de l'acupuncture en tant que traitement antidouleur, qu'« un petit effet analgésique a été trouvé, mais il semble cliniquement insignifiant et ne peut pas être clairement distingué d'un biais ».

Alors, qu'est-ce qu'on fait avec l'étude de Dawn Hershman? Premièrement, on attend qu'elle soit publiée dans une revue médicale, mais cela semble une formalité. D'autres chercheurs ont affirmé sur le site de *Nature*, notamment, que son groupe de recherche jouit d'une bonne réputation et que la méthodologie employée était solide.

Et une fois que ce sera fait, on n'aura pas d'autre choix que d'en tenir compte puisque cette étude ne souffre pas des faiblesses classiques qui minent tant de travaux sur l'acupuncture. Mais il faudra cependant la placer dans la « balance des preuves », à côté des méta-analyses dont je viens de parler. Et elle ne suffira pas à elle seule à renverser la preuve – du moins, pas pour l'instant. 05



# Combien pèse un kilo?

La question tracasse la communauté scientifique depuis plusieurs décennies. Mais tout cela est sur le point de changer. Par Guillaume Roy

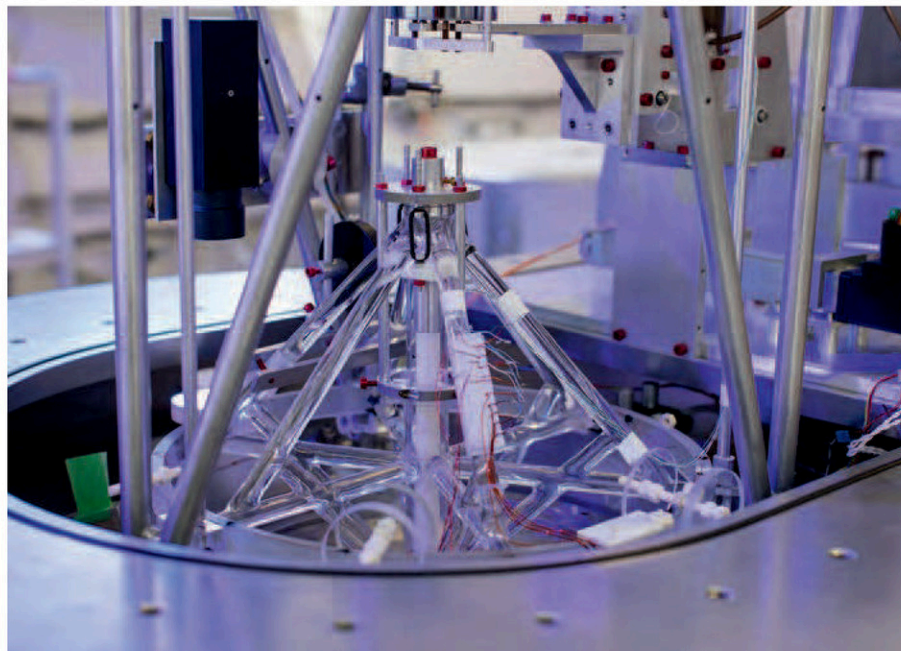
**L**e poids du kilo sera bientôt fixé. Il était temps : le kilogramme est la seule unité de base du Système international d'unités à être définie par un objet qui date de 1889 !

« Ça fait longtemps qu'on aurait dû trouver une constante pour établir le poids de 1 kg avec précision, mais ce n'était pas possible jusqu'à tout récemment », indique Michael Stock, directeur du département de la métrologie en physique du Bureau international des poids et mesures, en France (BIPM).

Ainsi, toutes les unités sont déterminées d'après une constante physique fondamentale, par définition invariable, sauf le kilogramme. Par exemple, une seconde est établie comme étant la durée de près de 9,2 milliards de périodes de radiation de l'atome de césium 133. Le mètre, lui, correspond à « la longueur du trajet parcouru par la lumière dans le vide pendant une durée de 1/299 792 458 seconde », selon le BIPM.

Faute de dispositif expérimental permettant de calculer de manière précise la valeur du kilogramme, les scientifiques se fient toujours au poids d'un lingot de métal, constitué de 90% de platine et de 10% d'iridium, gardé sous une triple cloche de verre dans un coffre-fort au BIPM, en banlieue de Paris. Malgré toutes les précautions prises pour préserver son intégrité, ce prototype international du kilogramme (PIK) perd des plumes ! Quand on le compare aux six autres copies qui ont servi, plus ou moins directement, à étalonner toutes les balances du monde, son poids diffère aujourd'hui de 50 microgrammes, soit l'équivalent du poids d'un grain de sable.

Il a donc été décidé en 2014, lors de la Conférence générale des poids et mesures, que la définition du kilo serait revue. Le but : la rendre indépendante de tout objet matériel.



DANIEL GAMACHE/CNRC

La balance de Kibble du Conseil national de recherches Canada.


C'est la constante de Planck, issue de la théorie quantique, qui a été choisie pour servir de fondement à la nouvelle définition. Restait à obtenir une mesure universelle de cette constante dite  $h$ . Pour y parvenir, des scientifiques français, américains et canadiens ont utilisé la balance de Kibble (ou balance du watt) qui permet de comparer la force gravitationnelle d'une masse à une force électromagnétique, explique Ralph Paroli, directeur général de la Science des mesures et étalons, au Conseil national de recherches Canada (CNRC).

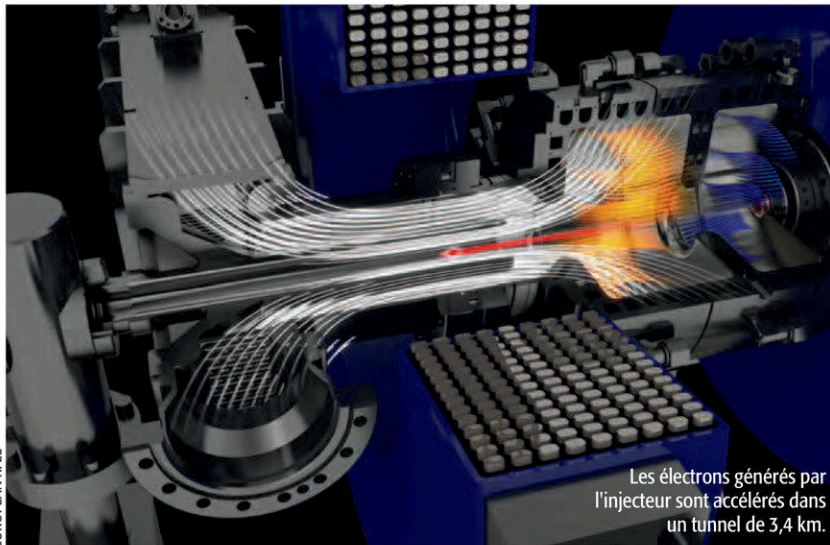
« C'est une balance très complexe parce qu'il faut mesurer la masse, la position, le temps, la vitesse, la gravité, la tension et la résistance en même temps dans un environnement contrôlé, sous vide et sans vibrations », remarque Ralph Paroli. Et comme la balance est ultrasensible, les chercheurs ont dû tenir compte des changements gravitationnels causés par le mouvement de la Lune et de la quantité

d'eau dans le sol produite par la fonte des neiges !

Au printemps dernier, l'équipe de scientifiques du CNRC, qui compte 150 experts des mesures, a finalement défini la constante de Planck avec une précision inégalée de 9,1 parties par milliards, soit l'équivalent de 9 ¢ sur une somme de 10 millions de dollars. Pour ceux qui se poseraient la question, elle vaut  $6,626\,070\,41 \times 10^{-34}$  joules-seconde.

Définir précisément le kilogramme est d'autant plus important que cette unité influence une vingtaine d'autres unités, comme l'ampère, la mole et le joule. « Le kilogramme sera fixé dans le temps et l'espace, ce qui permettra de tout mesurer avec une plus grande précision », ajoute Ralph Paroli.

C'est en novembre 2018 que les scientifiques de la planète statueront sur la nouvelle définition du kilogramme, qui devrait prendre effet le 20 mai 2019. 



EUROPEAN XFEL

Les électrons générés par l'injecteur sont accélérés dans un tunnel de 3,4 km.


## Du cinéma moléculaire

**D**epuis septembre 2017, des chercheurs se font cinéastes et braquent leur laser sur des virus à l'attaque, des protéines qui se tordent ou des électrons dans une cellule photovoltaïque. Ils emploient le European XFEL, un laser à électrons libres et à rayons X situé en Allemagne. La machine longue de 3,4 km est la quatrième installation du genre, mais la première à véritablement offrir une image en mouvement grâce aux 27 000 flashes de rayons X qu'elle produit chaque seconde sur les échantillons, comparativement à son plus proche concurrent, le laser américain LCLS et ses 120 flashes par seconde.

Les impulsions extrêmement brèves du XFEL – un cent milliardième de seconde – percutent de microscopiques cristaux de molécules où la réaction chimique étudiée est en cours. Les chercheurs obtiennent ainsi une multitude d'images et peuvent reconstruire les différents stades de la réaction comme s'il s'agissait d'un film. « Avant, on pouvait prendre des images statiques grâce aux rayons X. Maintenant, on peut obtenir des images dynamiques ! explique Sjoerd Roorda, professeur de physique à l'Université de Montréal. C'est la grande puissance du rayonnement qui permet de prendre des images de bonne qualité, malgré la courte durée de la mesure. »

En effet, l'appareil, enfoui quelques

mètres sous terre à Schenefeld près de Hambourg, constitue actuellement la source de rayons X la plus puissante sur Terre. Pour générer ce rayonnement, le European XFEL accélère des électrons jusqu'à une vitesse qui frôle celle de la lumière, avant de les faire slalomer entre des aimants disposés en série. À chaque inflexion, les électrons perdent de l'énergie qu'ils émettent sous forme de rayonnement. Au bout du tunnel, l'appareil se débarrasse des électrons, devenus inutiles, mais émet un puissant faisceau de rayons X.

Toutefois, ce rayonnement est si intense que les échantillons sont pulvérisés immédiatement après chaque lecture. Pour y remédier, des scientifiques développent des jets de gouttelettes qui transportent chaque seconde des milliers de nouveaux échantillons devant le faisceau à mesure qu'ils sont détruits. Pierre Aller, un physicien dépêché par le Royaume-Uni, était chargé de cette tâche. Il avoue que la plateforme a rencontré de nombreux « problèmes de jeunesse » depuis son inauguration, mais conserve son optimisme. Il a accompagné une équipe de l'université d'Oxford, qui espère mieux comprendre la dynamique de la bêta-lactamase, une enzyme liée à la tuberculose, afin de combattre sa résistance aux antibiotiques. Ils n'ont pas encore réussi, mais : « On y retourne en juin ! » s'exclame Pierre Aller. 

Par Alexis Riopel

CATHERINE MATHYS  @Mathysc  
**Technopop**




## Courriel, je t'aime, je te hais

**C**essons de nous leurrer. Vider la boîte de réception entièrement est une utopie. Certains téméraires y parviennent parfois, mais ce n'est qu'une question d'heures avant que le compteur affiche à nouveau des dizaines de courriels non lus.

Il s'échangera, cette année, plus de 280 milliards de courriels dans le monde. Cela équivaut à environ 121 par jour pour un travailleur moyen, qui seront lus, pour la plupart, sur un appareil mobile. Le courriel est devenu, au fil du temps, indétrônable.

Depuis ses débuts en 1971, il a subi les assauts de la messagerie instantanée, des réseaux sociaux, et des Slack de ce monde, sans jamais vaciller. Nous serons 3,8 milliards d'utilisateurs en 2018, dépassant de loin le nombre d'abonnés à Facebook. C'est aussi plus que le nombre total d'utilisateurs du Web. C'est notre technologie de communication préférée, celle qui rassemble. La majorité des gens ont déjà envoyé un courriel au moins une fois dans leur vie. Même tante Marguerite.

C'est qu'il est gratuit et facile à utiliser. Chaque période de nos vies trouve son adresse courriel. Et on les accumule. On s'attache à ces bonnes vieilles adresses Hotmail qu'on refuse d'éliminer. Elles sont là depuis longtemps, comme des témoins fidèles de certains de nos plus grands secrets. Le courriel fait partie de notre identité; il complète nos coordonnées.

En fait, il serait parfait si ce n'était de son infrastructure désuète et de ses problèmes de pourriels. Plus de la moitié des messages reçus tombent dans cette dernière catégorie. Mais on dirait qu'on lui pardonne ses fautes. Parce que, en fin de compte, ce sont nos attentes qui constituent le pire écueil : les nôtres, mais aussi celles de nos proches, de nos collègues, de nos patrons. Envoyer un courriel, c'est exiger une réponse. Le plus vite possible. C'est devenu tellement ingérable que la France a décidé d'encadrer la pratique du courriel. Avec sa loi sur le droit à la déconnexion, les salariés d'entreprises de plus de 50 employés ne sont plus tenus de répondre à leurs messages en dehors des heures de travail. Intéressant. Bon, je vous laisse. Pendant la rédaction de cette chronique, 23 courriels sont apparus! 

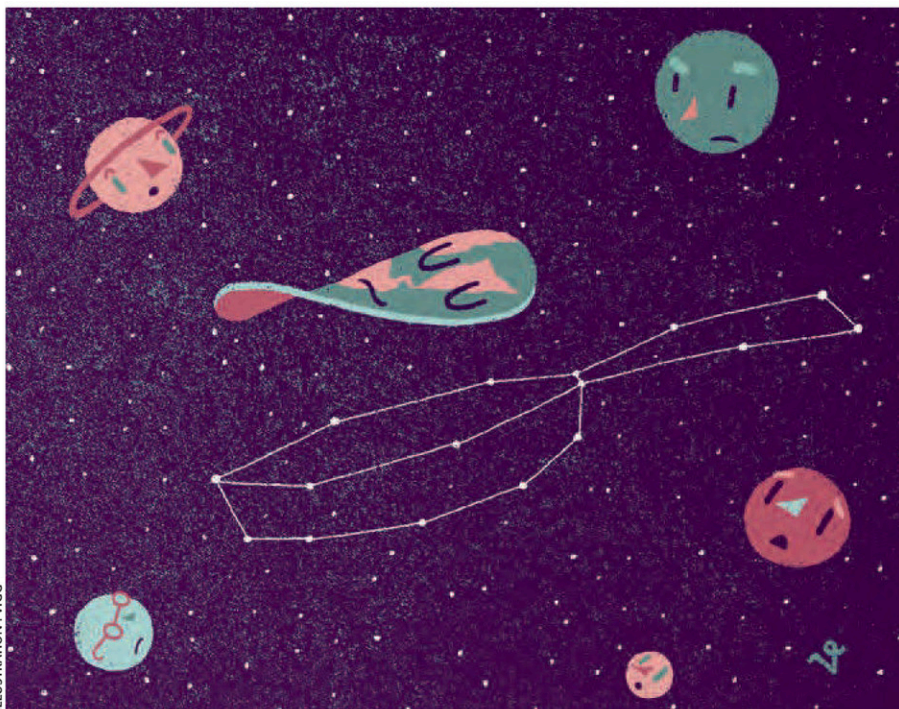


NORMAND BAILLARGEON @nb58

**Je doute donc je suis**

# Et si la Terre était plate?

La question a beau être réglée depuis des siècles, elle ressurgit dans les cercles conspirationnistes qui ne savent plus par quel côté attaquer la science... Et le débat promet d'être ardu.



**V**ous le savez: la Terre est une sphère aplatie aux pôles. D'abord, on vous l'a dit à l'école, ce qui n'est pas en soi une preuve, vous en conviendrez. Ensuite, heureusement, il existe depuis l'Antiquité de solides arguments pour étayer la chose.

Aristote invoquait notamment l'ombre que projette la Terre sur son satellite durant une éclipse lunaire. On peut aussi penser à ces navires qui s'éloignent et dont seuls les mâts restent visibles à l'horizon; au fait que les phares sont toujours construits en hauteur; au pendule

de Foucault; à la circumnavigation, etc.

Mais laissez-moi vous présenter les partisans contemporains de la Terre plate, les «platistes». Ne riez pas; l'idée, semble-t-il, fait un retour. Il existe même un regroupement officiel: la Flat Earth Society.

Pour les platistes, c'est une évidence: la Terre est un disque plat, au centre duquel se trouve le pôle Nord. En périphérie se dresse un immense mur de glace.

Aucune donnée n'est à l'épreuve de leur argumentation... Le fait que l'on puisse aller en ligne droite de Pékin à Montréal et, en poursuivant, retourner à Pékin? Ce n'est pas une preuve que la Terre est

ronde! Voyager ainsi, c'est simplement suivre le trajet dessiné par un cercle sur une surface plane. Et ainsi de suite pour les saisons, l'alternance du jour et de la nuit, les constellations et tout le reste. Quant à ces photographies de la planète bleue prises par la NASA, elles sont évidemment truquées!

Se confronter à de tels personnages est risqué. D'autant que le fondement de leur passionnelle croyance est très souvent religieux et que, pour la préserver, ils évoqueront sans gêne des conspirations qui sont bien difficiles à réfuter.

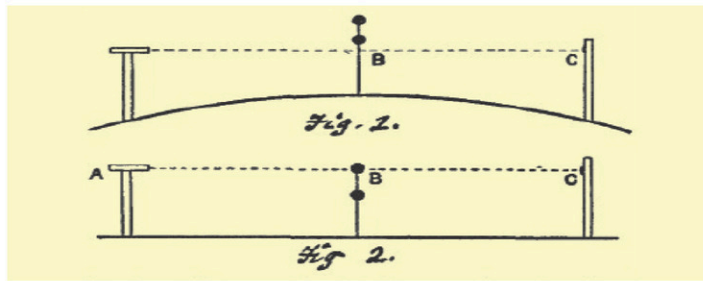
Alfred Russel Wallace, célèbre naturaliste anglais codécouvreur de la théorie de l'évolution, l'a appris à ses dépens en 1870, au cours d'un épisode tristement célèbre de l'histoire du platisme.

Cette année-là, John Hampden, riche héritier protestant, fervent platiste, lance un défi dans l'hebdomadaire *Scientific Opinion*: il remettra jusqu'à 500 livres sterling (une très grosse somme pour l'époque!) à quiconque pourra prouver que la Terre est sphérique – mais cette personne lui devra ce même montant en cas d'échec.

La communauté scientifique ne croit pas opportun de relever ce défi. Sauf Wallace qui a grandement besoin d'argent. Il voit là une manière de faire d'une pierre deux coups: pédagogique, en établissant publiquement une banale vérité scientifique; financier, en renflouant ses coffres.

L'expérience qu'il propose aura lieu sur le Old Bedford Canal, là où le plan d'eau rectiligne peut être observé sur une dizaine de kilomètres.

Un bâton sera planté au kilomètre 0, avec un disque placé à une certaine hauteur au-dessus de l'eau. Un autre, de même, 5 km plus loin; et un dernier, toujours au même niveau au-dessus de l'eau, au kilomètre 10. Un télescope situé au premier point permettra d'observer les hauteurs



relatives des trois marqueurs. Si la Terre est courbe, ceux-ci ne seront pas alignés.

Dans ses mémoires, Wallace dessine ainsi ce qui, selon lui (figure 1), et selon Hampden (figure 2), devrait être observé si on regarde dans le télescope.

Le test a lieu le 5 mars 1870. Wallace est accompagné de son témoin (un astronome) et Hampden, du sien (un platiste).

Le témoin de Wallace regarde dans le télescope et est formel: l'expérience donne raison à ce dernier. Le témoin de Hampden fait de même et... saute de joie: la Terre est plate! Selon lui, le désalignement des marqueurs n'est qu'un effet de perspective.

Après maintes péripéties, Wallace

sera déclaré vainqueur. Mais des années durant, il sera harcelé par Hampden qui, refusant d'admettre le résultat, sera même emprisonné pour ses gestes. Encore aujourd'hui, l'affaire est invoquée par des platistes comme démontrant que la Terre est plate.


### LES CONSEILS D'UN EXPERT

La question reste d'actualité: jusqu'où aller pour débattre avec pareils complotistes adhérant à des doctrines aussi délirantes? Je vous laisse y réfléchir, mais je sou mets à votre attention un amusant conseil que donnait à ce sujet le mathématicien et philosophe Bertrand Russell (1872-1970).

Celui-ci a souvent croisé ce qu'il appelait des *cranks*, des excentriques: un tel croit avoir réalisé la quadrature du cercle; un autre prédit la fin du monde; un troisième se pense la réincarnation de Jules César...

Il en est venu à la conclusion que le mieux est de se

dire d'accord avec leur thèse, mais en y apportant une nuance dont on pourra ensuite longuement discuter, sourire en coin. Russell écrit: «Je réponds aux dévots de la grande pyramide de Gizeh en parlant d'adoration du sphinx; aux dévots des noix, j'explique que les noisettes et les noix de Grenoble sont aussi dommageables que les autres aliments, et que les vrais adeptes ne devraient manger que des noix du Brésil.»

La Terre est plate, c'est entendu: mais autour, le mur est fait de diamant et pas de glace, ce qui change tout... La Terre n'est pas exactement un disque: elle est ovale, ce qui change tout... Et ainsi de suite, en gardant le sourire. 

# EXPO SCIENCES

Hydro-Québec





« De mars à mai, rencontrez la relève scientifique québécoise en visitant les Expo-sciences Hydro-Québec ! »

- Luc Langevin, porte-parole national -



<b>EST-DU-QUÉBEC</b> 16 au 18 mars Cégep de Matane	<b>MONTÉRÉGIE</b> 22 au 24 mars École secondaire du Mont-Bruno, Saint-Bruno-de-Montarville	<b>QUÉBEC ET CHAUDIÈRE-APPALACHES</b> 22 au 24 mars Collège Saint-Charles-Garnier, Québec	<b>MONTREAL REGIONAL SCIENCE &amp; TECHNOLOGY FAIR</b> 25 au 27 mars Université Concordia, EV building, Montréal	<b>40<sup>e</sup> FINALE QUÉBÉCOISE</b> 19 au 22 avril Espace Shawinigan
<b>MONTRÉAL</b> 15 au 17 mars Collège Reine-Marie, Montréal	<b>SAGUENAY-LAC-SAINT-JEAN</b> 22 et 23 mars Séminaire Marie-Reine-du-Clergé, Métabetchouan-Lac-à-la-Croix	<b>MAURICIE, CENTRE-DU-QUÉBEC</b> 23 et 24 mars École secondaire Chavigny, Trois-Rivières	<b>RIVE-NORD</b> 5 au 7 avril Collège de l'Assomption	
<b>CÔTE-NORD</b> 23 au 25 mars École secondaire Serge-Bouchard, Baie-Comeau	<b>OUTAOUAIS</b> 23 au 25 mars Collège Saint-Alexandre de la Gatineau, Gatineau	<b>ESTRIE</b> 23 au 25 mars Centre culturel de l'Université de Sherbrooke	<b>ABITIBI-TÉMISCAMINGUE</b> 6 et 7 avril Cégep de l'Abitibi-Témiscamingue, Rouyn-Noranda	

Entrée gratuite - Heures d'ouverture au public disponibles au

**EXPOSCIENCES.QC.CA**

Un programme du



Ensemble pour la relève scientifique

Grand partenaire



Partenaire présentateur





# Le Pharmacien persiste et signe

Avertissement aux marchands de doute: Olivier Bernard, alias le Pharmacien, est de retour avec un troisième livre. Et, cette fois-ci, il s'attaque à la racine des faits alternatifs: les arguments bidon.

Propos recueillis par Marie Lambert-Chan

**D**epuis la mode sans gluten jusqu'à la diète alcaline, en passant par les cures à base de jus, les médecines douces et les OGM, le pharmacien

Olivier Bernard ne recule devant aucun sujet, si controversé soit-il. Depuis 2012, celui qu'on connaît mieux comme le « Pharmacien » vulgarise la science véritable et déboulonne la pseudoscience avec humour et insolence sur son blogue, dans ses livres et à la télé. Pour ses fans, il est le pourfendeur des fausses croyances et des mythes sur la santé. Aux yeux de ses détracteurs, il est un « danger public majeur » qui carbure aux polémiques et aux déclarations fracassantes. Les attaques au vitriol, il connaît. Surtout depuis son passage remarqué à l'émission *Tout le monde en parle*, en novembre 2016. Un épisode difficile qui, entre autres, l'a poussé à écrire son dernier livre, *Le Pharmacien 3: La bible des arguments qui n'ont pas d'allure* (Les éditions les Malins). Comme le titre l'indique, Olivier Bernard s'est donné pour mission d'identifier les raisonnements fallacieux qui empoisonnent actuellement le débat public, afin d'aiguiser l'esprit critique de ses lecteurs. Et, ainsi, devenir un pro de la riposte devant ceux qui disent n'importe quoi.

= = =

**Québec Science: Comment est née l'idée de ce troisième tome qui relève davantage du guide d'autodéfense intellectuelle que de l'ouvrage pratico-pratique, comme le sont les deux premiers livres?**

**Olivier Bernard:** Je suis le Pharmacien depuis 2012. J'estime avoir accompli de belles choses mais, au bout du compte, j'ai le sentiment que mon travail de vulgarisation est toujours à recommencer. Prenez les cures à base de jus. Même si j'ai déjà expliqué tant et plus que les jus ne sont pas un moyen de « détoxifier » le corps, il suffit qu'une nouvelle tendance émerge pour qu'on me demande encore de démythifier le concept. Voilà pourquoi j'ai senti le besoin d'écrire un livre qui améliorerait les réflexes critiques des gens afin qu'ils puissent eux-mêmes voir les failles dans les faux arguments des tenants de la pseudoscience.

**QS Votre livre tombe à point en cette ère post-factuelle.**

**OB** Je le souhaite. Le problème de la désinformation et du « déniisme » scientifique dépasse le domaine de la santé auquel je me suis consacré jusqu'à présent. Ce n'est pas un hasard si, dans cet ouvrage, j'aborde aussi la religion, la politique et les changements climatiques. Pour la première fois de ma

vie, je crains l'impact de la pseudoscience sur l'avenir de notre société. Certains mouvements idéologiques, comme les groupes anti-vaccins ou climatosceptiques, sont beaucoup mieux organisés qu'ils ne l'étaient et véhiculent des informations en apparence très solides sur le plan scientifique.

Par ailleurs, je remarque que de plus en plus de chercheurs disent n'importe quoi. Ils confondent leur point de vue avec l'état actuel de la science. Et ça, ça me fait peur parce que des individus leur font confiance en raison de leur réputation. Ces gens succombent ainsi à l'argument d'autorité: une chose est présumée vraie parce qu'elle est affirmée par une personne connue. Or, il ne faut jamais se fier à une seule personne. Même pas à moi!

**QS Dans votre livre, vous expliquez plusieurs arguments douteux. Lesquels trouvez-vous particulièrement retors?**

**OB** L'un de mes « préférés » est l'appel à la tradition: si c'est utilisé depuis longtemps, c'est forcément bon. Cela implique toutefois deux erreurs de raisonnement. On présume que c'était vraiment bon à l'époque et que c'est toujours pertinent de nos jours.

La technique dite de l'« homme de paille » est chère à mon cœur, parce que je la connaissais bien sans avoir de mots pour la décrire. En France, c'est un concept fréquemment utilisé, mais pas ici. C'est le

fait de réfuter les arguments de quelqu'un sur la base de choses qu'il n'a même pas dites. Par exemple: le Pharmacien est contre tout ce qui est naturel.

Je trouve les biais cognitifs très intéressants, à tel point que je songe à écrire un livre entier sur le sujet. Ils surviennent lorsqu'on réfléchit de façon non rationnelle, ce qui nous amène à créer notre propre réalité. Les biais de confirmation en sont un exemple: on retient seulement ce qui soutient notre opinion et on rejette ce qui la contredit.

Enfin, l'argument d'autorité me touche particulièrement parce que je le vis moi-même au quotidien. J'entends ou je lis des phrases comme: «C'est le Pharmacien qui l'a dit, donc ce doit être vrai.» C'est encore plus marqué depuis mon passage à *Tout le monde en parle*. Et je n'aime pas ça.

connaissance scientifique; que je voulais seulement vendre des médicaments; que j'avais une attitude misogyne parce que je remettais en question la médecine traditionnelle, fondée sur les connaissances essentiellement féminines, car pratiquée autrefois par les femmes... Au début, j'ai tenté de répondre à tous ces gens. Puis, j'ai arrêté. J'ai quitté le Web pendant deux mois. Après coup, j'ai compris que j'ai choqué la minorité bruyante des réseaux sociaux. La plupart des commentaires reçus m'ont plutôt démontré que beaucoup ont compris mon message.

**QS Ne craignez-vous pas de prêcher aux convertis?**

**OB** J'ai beaucoup réfléchi à cette question et, sincèrement, je ne crois pas que ce soit le cas. Je m'adresse aux individus qui

ça extraordinaire. Je pouvais avoir un véritable dialogue avec mes patients. Il y a cinq ans, toutefois, un glissement s'est produit: les clients arrivaient avec de plus en plus de fausses informations. Désormais, la communication avec les patients est plus compliquée qu'avant; ils n'ont plus confiance dans le système de santé. Mais je suis persuadé qu'on peut atteindre un équilibre. C'est pourquoi je donne une formation aux professionnels de la santé pour mieux discuter avec un patient qui arrive avec de fausses croyances.

**QS Quelle est votre méthode?**

**OB** En résumé, il faut d'abord écouter le patient et lui demander de préciser ses inquiétudes. Ensuite, il faut accueillir ses craintes avec empathie. Puis, on reconnaît qu'il a raison – en partie. Ce point est très important, car c'est ainsi qu'on amorce le dialogue. En outre, il y a toujours un fond de vérité aux doutes du patient. Par exemple, devant ceux qui accusent Big Pharma de nous empoisonner, il faut reconnaître que l'industrie pharmaceutique a commis des abus et a manqué de transparence. En même temps – et c'est la dernière étape –, on doit leur apporter de la perspective et leur rappeler que les compagnies pharmaceutiques ont commercialisé des antibiotiques et des médicaments, qui ont sauvé des millions de personnes.

Les professionnels de la santé n'ont plus le choix d'adapter ainsi leur discours. Un médecin ne peut plus dire à son patient: «Je suis le boss, tu vas m'écouter.» Ça ne marche plus.

**QS Vous travaillez toujours comme pharmacien à temps partiel. Derrière le comptoir, comment conciliez-vous votre personnage public du Pharmacien avec votre rôle professionnel?**

**OB** Le Pharmacien n'est pas un personnage: c'est moi. Au contraire, à la pharmacie, je suis plus inhibé. Là-bas, je suis obligé de me priver d'une forme de communication qui, à mon avis, est plus efficace. J'aurais envie de tutoyer mes patients, de leur poser des questions sur leur vie, de prendre 15 minutes avec eux dans le bureau de consultation. Mais je ne peux pas, car je n'ai pas le temps. Le modèle des pharmacies s'américanise. On doit voir beaucoup de monde, alors que les ressources se réduisent. J'aime travailler en pharmacie, mais peut-être que, un jour, je me vouerai exclusivement à la communication et à la formation. 📞

«Désormais, la communication avec les patients est plus compliquée qu'avant; ils n'ont plus confiance dans le système de santé.»

**QS On se rappelle que, au cours de cette entrevue, vous aviez affirmé, entre autres, que «l'homéopathie est une insulte à l'intelligence humaine» et que «un bon jus d'orange pressé maison, c'est identique à boire un coke». Vos propos ont suscité de vives réactions. Que s'est-il passé dans les semaines suivant la diffusion de l'émission?**

**OB** Je ne pensais pas que mes propos feraient autant réagir, car c'était le reflet exact du contenu de mes bandes dessinées et de ma première série télé (NDLR: *Les aventures du Pharmacien* sur les ondes d'ICI Explora). Mais je sous-estimais l'effet *Tout le monde en parle*. Les deux semaines qui ont suivi ont été un tsunami. Sur les réseaux sociaux, j'ai reçu quantité de commentaires injurieux. Mais, à la rigueur, je suis capable d'en rire. J'ai toutefois été profondément découragé par le niveau de déformation de mes propos – et c'est d'ailleurs ce qui m'a poussé à écrire mon dernier livre. J'en ai entendu de toutes sortes. «Le Pharmacien a dit que le sucre n'est pas bon, donc je n'en consommerai plus.» «Le Pharmacien a dit qu'on peut faire boire du Coca-Cola aux bébés.» On a dit de moi des choses très malhonnêtes: que je n'avais aucune

ont des doutes et des questionnements. Je n'ai aucune intention de faire changer d'idée les «anti», les «contre», les purs et durs. C'est impossible de le faire, tant ils sont convaincus d'avoir raison. Avec eux, on ne peut même pas s'entendre sur les faits de base. De toute façon, il s'agit d'une infime proportion de la population.

**QS Pendant longtemps, les scientifiques ont été perçus comme ceux qui sauveraient le monde. Aujourd'hui, il est plutôt de bon ton de remettre en question leur travail, voire de nier leurs résultats de recherche, ce que vous rappelez dans votre livre. Cela vous décourage-t-il?**

**OB** Les gens ont accès comme jamais à l'information. Ils n'ont plus besoin des experts comme avant. Je le vois dans ma pratique. Au début de ma carrière, en 2004, les clients de la pharmacie étaient complètement dépendants de nous. Ils ne nous contredisaient jamais. Nous étions entièrement responsables de leurs connaissances, ce qui était assez lourd. Puis sont arrivés Facebook et le phénomène «Dr Google» [NDLR: l'utilisation du populaire moteur de recherche pour s'«autodiagnostiquer»]. Pendant un temps, j'ai trouvé

Les excréments nous dégoûtent, nous gênent, nous inspirent parfois quelques blagues douteuses. Mais, pour les scientifiques, ce sont de véritables trésors. Sources de médicaments et d'énergie, ils ouvrent aussi une fenêtre inédite sur notre microbiote et le comportement animal. Plongez avec les chercheurs au fond de la cuvette!



# TOUT SUR LE CACACA

- 18** Nos selles, nouveaux médicaments
- 24** Cinquante nuances de brun
- 27** Toilettes pour tous
- 28** Fèces à conviction
- 30** Madame Caca
- 32** La deuxième vie de nos excréments





# Nos selles, nouve

DEPUIS CINQ ANS, LA GREFFE DE MATIÈRES FÉCALES FAIT DES MIRACLES DANS LES HÔPITAUX CONTRE L'INFECTION À LA BACTÉRIE *CLOSTRIDIUM DIFFICILE*. À TEL POINT QUE LES CHERCHEURS ENVISAGENT DE L'UTILISER CONTRE D'AUTRES TROUBLES, COMME L'AUTISME, L'ALZHEIMER OU MÊME L'OBÉSITÉ. DE QUOI REDORER LE BLASON DE NOS DÉJECTIONS ?

Par Marine Corniou

# O

n daigne à peine les regarder, encore moins les sentir. Nos excréments sont sans conteste l'un des plus grands tabous de notre société aseptisée. Pourtant, malgré le dégoût qu'ils inspirent, ils sont précieux. Leur valeur? Quarante dollars pièce, précisément. Du moins dans le Massachusetts, aux États-Unis, où OpenBiome achète cet or brun depuis 2012 auprès de donneurs triés sur le volet. Cet organisme à but non lucratif est la plus grande banque de selles au monde. Sa mission: sauver des vies avec des matières fécales.

Car celles-ci recèlent une richesse insoupçonnée, une armée de « bonnes » bactéries qui ont le potentiel de rééquilibrer les flores intestinales mal en point. En 2017, OpenBiome a ainsi expédié des fioles de selles filtrées dans près de 1 000 centres médicaux aux 4 coins des États-Unis, où ont été prodigués plus de 10 000 traitements. Les destinataires? Des personnes atteintes d'une infection récidivante au *Clostridium difficile*, cette bactérie qui se contracte le plus souvent à l'hôpital et



Chaque « don » est broyé, filtré, dilué et préparé pour constituer des capsules orales ou des fioles à administrer par colonoscopie.



# aux médicaments

qui cause des diarrhées chroniques parfois mortelles (environ 30 000 morts par an aux États-Unis; 250 l'an passé, au Québec).

Pour les guérir, rien ne vaut la « greffe de caca », ou transplantation de microbiote fécal (TMF). Le concept est d'une simplicité désarmante: il suffit d'administrer les selles d'un donneur sain dans le tube digestif du malade, par sonde nasale, par coloscopie ou par lavement le plus souvent (voir l'encadré à la page 22), pour éradiquer l'infection à tous les coups, ou presque.

Si la pratique semble ancestrale, c'est qu'elle ne date pas d'hier. Déjà, au IV<sup>e</sup> siècle, le savant chinois Ge Hong recommandait dans ses traités de médecine l'administration orale d'un bouillon de selles en cas de diarrhée sévère. En 1958, un premier article scientifique décrit l'efficacité de la greffe fécale chez quatre Américains atteints de colite à *C. difficile*. Plusieurs équipes expérimentent ensuite la chose dans le monde, sans trop s'en vanter. Au Québec aussi, on tente le coup. « Ici, la

première transplantation a été faite en 1992. En 2002, une revue des six premiers cas est publiée », se rappelle Louis Valiquette, microbiologiste et infectiologue au CHU de Sherbrooke. Inquiétant et peu ragoûtant, le traitement reste dans l'ombre jusqu'en 2013.

Cette année-là, une première étude randomisée, publiée dans le *New England Journal of Medicine*, démontre de façon éclatante l'efficacité de la TMF. En cas d'infection récidivante à *C. difficile*,



“ C’est plus facile d’être admis à Harvard que de donner son caca! ”  
– Zain Kassam d’OpenBiome

le taux de guérison après greffe fécale atteint 80% à 90% (contre environ 30% avec le traitement antibiotique). « C’est quasiment magique. Les résultats sont vraiment extraordinaires et immédiats », témoigne Harry Sokol, gastroentérologue à l’hôpital Saint-Antoine, à Paris, et président du Groupe français de transplantation fécale qu’il a mis sur pied fin 2014.

Dans la foulée de cette reconnaissance officielle, les selles obtiennent le statut de « médicament » dans plusieurs pays d’Europe, aux États-Unis et au Canada. Au Québec, les grands hôpitaux pratiquent aujourd’hui la TMF de façon routinière, même si le nombre total de personnes en

ayant bénéficié est inconnu, faute de suivi provincial ou fédéral. Les selles sont ainsi devenues le remède de choix en cas de rechutes multiples à cause de *C. difficile*, l’infection étant de plus en plus résistante aux antibiotiques avec un taux de rechute qui peut atteindre 65%.

C’est d’ailleurs après avoir vu l’un de leurs amis lutter contre la bactérie pendant 18 mois (malgré 7 cures d’antibiotiques!) que James Burgess et Mark Smith, ex-étudiants au Massachusetts Institute of Technology, ont fondé OpenBiome, la seule banque publique de selles en Amérique du Nord. Leur souhait : rendre la TMF plus accessible et plus sécuritaire.

Pour cela, l’équipe a « professionnalisé » le don, faisant notamment passer une batterie de tests microbiologiques aux donneurs. « Au terme de notre processus très rigoureux, seuls 3% des candidats sont retenus. C’est plus facile d’être admis à Harvard que de donner son caca! » s’amuse Zain Kassam, chef du service médical d’OpenBiome. Ainsi, il faut être en forme, avoir moins de 50 ans, ne souffrir d’aucune maladie infectieuse et être sacrément dévoué : les donneurs, qui habitent tous dans la région de Boston où est située la banque, doivent venir 3 fois par semaine pendant au moins 60 jours, pour rentabiliser le processus. À chaque visite, ces bons samaritains se soulagent

sur les toilettes d'OpenBiome, qui sont équipées d'un « tupperware » récupérateur, et apportent la boîte – fermée – au technicien. Une fois broyées et filtrées, les selles sont stockées à -80 °C jusqu'à leur utilisation. Un don de 150 g peut fournir le matériel pour cinq traitements. « Nous avons un réseau incroyable de donateurs, qui sont de véritables champions de la santé publique, affirme le docteur Kassam. Certains d'entre eux sont avec nous depuis des années, mais on cherche toujours de nouveaux candidats. »

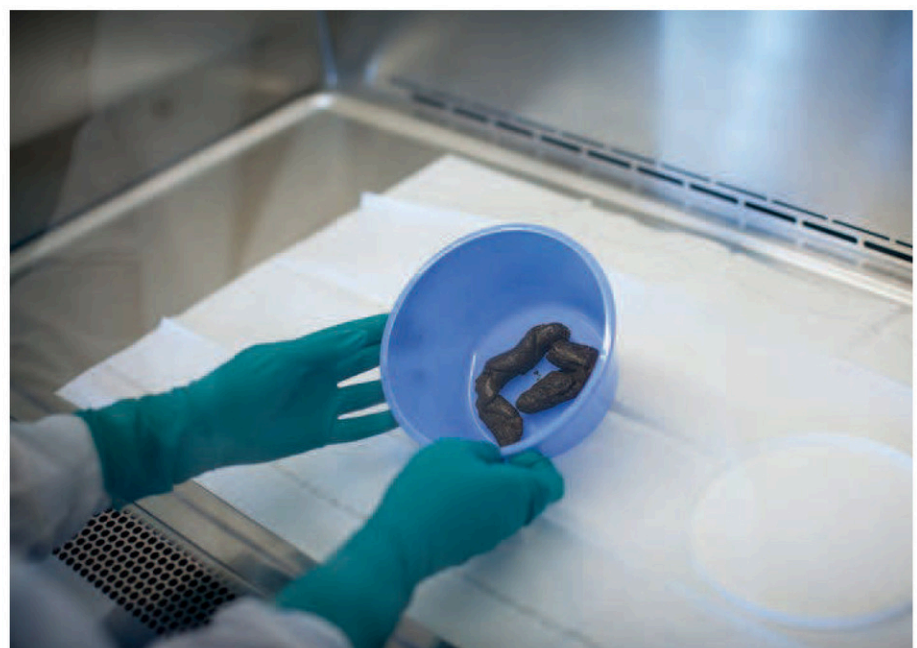
Car la demande est exponentielle. En 3 ans, OpenBiome a ajouté 800 cliniques à sa liste de partenaires, multiplié par 5 le nombre de traitements expédiés (dans les 50 États américains et 7 autres pays) et lancé pas moins de 25 études cliniques. Un engouement qui reflète l'intérêt croissant des médecins et chercheurs pour le microbiote intestinal. Ces milliers de milliards de micro-organismes logés dans nos entrailles semblent impliqués dans toutes nos fonctions vitales. Et on sait désormais qu'une kyrielle de pathologies s'accompagnent d'anomalies du microbiote : cancers, maladies cardiovasculaires, neurodégénératives, inflammatoires, etc.

Cela signifie-t-il que les matières fécales de donateurs sains, en rétablissant un microbiote « normal », pourraient faire des miracles contre l'alzheimer, le diabète, l'autisme ou le syndrome de l'intestin irritable ? C'est ce que cherchent à savoir les scientifiques qui mènent actuellement plus de 200 essais cliniques sur la TMF de par le monde, enthousiasmés par son succès contre *C. difficile*.

Hélas, il semble ardu de reproduire ces résultats spectaculaires. « Pour l'instant, les maladies pour lesquelles on a le plus de données sont la rectocolite hémorragique [NDLR : colite ulcéreuse] et la maladie de Crohn, des affections inflammatoires de l'intestin », explique Harry Sokol. Les résultats sont plutôt positifs, sans être merveilleux. « Mais les essais menés jusqu'ici ont tous été faits pour induire la rémission avec des administrations répétées. Or, l'idée de calmer une inflammation avec des selles est discutable. Nous venons de lancer un essai pour maintenir la rémission avec la TMF chez des patients déjà stables, et les résultats sont très encourageants. »

Du côté canadien, l'équipe de Nikhil Pai et Jelena Popov, de l'hôpital pour enfants McMaster, s'apprête à tester la greffe fécale chez 50 enfants atteints de colite ulcéreuse.

Trois fois par semaine pendant au moins 60 jours, de bons samaritains se soulagent sur les toilettes d'OpenBiome, qui sont équipées d'un « tupperware » récupérateur. Un don de 150 g peut fournir le matériel pour cinq traitements.



« Les options de traitement actuelles sont des médicaments à prendre toute la vie, qui peuvent entre autres causer des atteintes rénales, hépatiques, pulmonaires, en plus d'augmenter le risque d'infection et de perturber la croissance. La TMF pourrait offrir une solution de rechange, rapide, simple et sans douleur pour les enfants, même très jeunes. Son potentiel est exceptionnel », estime Nikhil Pai.

### S'AFFRANCHIR DES SELLES

Le traitement a beau être prometteur, il n'en inquiète pas moins les autorités de santé publique et les chercheurs eux-mêmes. Car transplanter du caca, même s'il est donné avec amour, est un geste hautement risqué. Ces dernières années, on a vu fleurir sur Internet des tutoriels et vidéos montrant la marche à suivre pour se concocter une greffe fécale maison, comme remède à toutes sortes de maux. « C'est une très mauvaise idée, indique Mickael Bouin, gastroentérologue au CHU de Montréal. Les médias ont contribué à mettre cela sur un piédestal. J'ai des patients qui me demandent des greffes, quel que soit le mal dont ils souffrent... Mais il ne faut pas oublier que les selles sont pour l'instant davantage une source de maladies que de guérison ! » Et de rappeler que très peu de patients répondent aux critères officiels pour recevoir une telle transplantation.

« Le hic, c'est qu'on ne sait pas ce qu'on fait. C'est l'inconnu ! En cas de maladie chronique, comme l'autisme notamment, c'est inimaginable de pratiquer des greffes fécales régulières pendant 20 ans alors qu'on ne sait pas ce qu'on transfère », avertit Harry Sokol. Sans compter que les effets varient selon le donneur, et qu'il est impossible de « standardiser » des excréments. « Il y a aussi des composantes du microbiote qui sont importantes pour certaines affections seulement, ou pour un patient donné, mais pas pour un autre, dit-il. Les essais cliniques actuels sont importants pour comprendre le rôle du microbiote, mais n'ont pas pour but d'aboutir à des traitements de routine pour les maladies autres que *C. difficile*. Il faut les voir comme des outils de découverte. »

En effet, la greffe fécale n'est pas une fin en soi. « Le but, à terme, c'est d'isoler les bactéries efficaces et de ne plus utili-

## Le flou canadien

Au Canada, il n'existe pas de banque de selles. « On y a déjà expédié un traitement en urgence, mais la réglementation ne le permet plus », explique Zain Kassam d'OpenBiome. En effet, Santé Canada considère que la « bactériothérapie » est encore expérimentale, et impose que le donneur soit connu du patient ou du médecin. Une fois les selles obtenues (souvent du conjoint ou de la conjointe), les médecins s'assurent qu'elles sont exemptes de virus, bactéries et parasites. Elles sont ensuite administrées par lavement, « par colonoscopie dans le gros intestin, ou par voie haute, avec une sonde nasale allant jusque dans l'intestin grêle », explique Mickael Bouin, du CHUM. Au CHU de Québec, où une trentaine de personnes ont été traitées depuis l'été 2016, on opte pour des capsules contenant les filtrats concentrés de matières fécales. « Les patients ingèrent 60 capsules en 2 jours, ce qui est moins invasif qu'une colonoscopie. Je m'attendais à plus de dédain, mais ils acceptent le traitement sans problème », explique la microbiologiste-infectiologue Nathalie Turgeon.

Dans une étude publiée fin 2017, l'Albertain Thomas Louie, l'un des spécialistes canadiens de la TMF, a d'ailleurs prouvé que les capsules orales étaient aussi efficaces que la colonoscopie pour l'éradication de *C. difficile* chez 116 patients. « La pilule simplifie la procédure, diminue les coûts et pourrait améliorer l'accès au traitement », estime-t-il.

Santé Canada a beau encadrer la pratique dans les grandes lignes depuis 2015, chaque hôpital se débrouille dans son coin pour mettre en place son propre protocole. Les experts contactés ne savent d'ailleurs pas précisément combien de personnes ont reçu une greffe fécale dans leurs hôpitaux respectifs. Il n'y a ni groupe de travail ni suivi, comme le confirme le ministère de la Santé et des Services sociaux du Québec qui « ne dispose pas de données précises », mais qui indique que le Comité de biovigilance « estime qu'il serait souhaitable que la pratique soit standardisée pour la sélection des donneurs, le dépistage et la préparation des greffons ».



L'administration de microbiote fécal par capsules est aussi efficace.



Les employés d'OpenBiome ont déjà préparé plus de 30 000 traitements à base de selles.

ser les selles », souligne Cécile Tremblay, microbiologiste responsable des TMF au CHU de Montréal.


Mais trouver les bactéries ayant un potentiel thérapeutique est plus difficile que de trouver une aiguille dans une botte de foin: environ 2kg de ces micro-organismes grouillent en nous, et on en a déjà recensé environ 1 000 espèces. « Et on ne parle même pas des virus qui sont 100 fois plus nombreux! ajoute Patrice Cani, chercheur en microbiologie de l'université catholique de Louvain, en Belgique. Cela dit, on sait qu'une seule espèce peut avoir des effets importants. Par exemple, les lactobacilles ou les bifidobactéries sont cruciaux dans la petite enfance pour protéger contre les diarrhées et éduquer le système immunitaire. » Chez les adultes aussi, certains microbes ont plus d'influence que d'autres. C'est le cas d'*Akkermansia muciniphila*, qui représente 1% à 5% de nos bactéries intestinales, sur laquelle ce chercheur travaille depuis plus de 10 ans. « Dans l'intestin des personnes atteintes de diabète de type 2 ou d'obésité, cette bactérie est systématiquement moins abondante. On sait qu'elle dialogue avec le système immunitaire et réduit l'inflammation », dit-il.

Dans des travaux qui ont suscité beaucoup d'espoir, son équipe a démontré qu'*A. muciniphila* avait même un effet protecteur contre l'obésité. Ainsi, il suffit d'administrer une dose quotidienne d'*A. muciniphila* à des souris soumises à un régime riche en graisses pour qu'elles grossissent deux fois moins que leurs voisines. L'effet sera-t-il le même chez l'humain? « On est en train de tester l'innocuité de la bactérie chez 50 personnes en surpoids ou obèses, et tout semble correct. Elles en prennent deux doses tous les jours, par voie orale. Les premiers résultats seront connus au printemps. » Patrice Cani espère voir une amélioration de certains marqueurs associés à l'obésité, comme le taux de cholestérol et la résistance à l'insuline.

Isoler les meilleures bactéries, c'est aussi ce que cherche à faire Harry Sokol. Sa protégée à lui s'appelle *Faecalibacterium prausnitzii*. « Elle est absente chez les personnes atteintes de la maladie de Crohn. On va essayer de l'administrer comme un probiotique chez ces malades », indique-t-il.

Mais tous les experts l'admettent: malgré les progrès de la génomique, la recherche avance à tâtons, faute de comprendre les mécanismes en jeu. Et

l'incroyable complexité des interactions entre le microbiote et l'hôte risque de donner du fil à retordre aux scientifiques pendant longtemps. « On ne sait même pas comment nos propres cellules fonctionnent avec précision... Alors on est loin de comprendre comment nos bactéries dialoguent avec nos cellules, et vice versa, reprend Patrice Cani. Est-ce la bactérie elle-même ou les métabolites qu'elle produit qui ont un effet sur l'immunité, par exemple? Est-ce qu'une espèce travaille seule ou de concert avec d'autres? On peut faire le parallèle avec les plantes médicinales: parfois, la bouillie marche, mais on ne sait pas isoler la molécule active. »

Des détails qui importent peu aux personnes aux prises avec *C. difficile*, prêtes à tout pour retrouver la santé. « Chaque don a le potentiel de transformer une vie », affirme Zain Kassam d'OpenBiome. Au moment d'écrire ces lignes, la banque s'apprête à envoyer son 30 000<sup>e</sup> traitement et vient de lancer une étude pour voir si la TMF permet de rétablir une flore saine chez les personnes souffrant de malnutrition sévère. À la manière des dons d'organe, nos excréments restent donc, pour certains, un cadeau providentiel. 

# 50 NUANCES

À QUEL POINT L'ASPECT DE NOS SELLES REFLÈTE-T-IL

Par Marianne Desautels-Marissal



# DE BRUN

## NOTRE ÉTAT DE SANTÉ? PETIT TOUR DE CUVETTE.

**T**ous les jours depuis presque 18 ans, Marc\* prend ses selles en mains, littéralement. Il doit vider le sac qui les contient, lequel est normalement fixé à son abdomen. Pour lui, c'est maintenant un geste routinier, aussi banal que se peigner ou se brosser les dents. Il en est ainsi depuis une opération qui lui a sauvé la vie: une tumeur maligne s'était installée dans son côlon, près de l'anus, qu'on a dû lui retirer en même temps qu'une partie de son gros intestin. «Le fait de les voir d'un peu plus près, ça n'a pas vraiment modifié ma perception... Parfois, elles changent de consistance, selon mon alimentation, c'est tout!» raconte-t-il avec désinvolture.

Pour la plupart d'entre nous, l'observation des selles est facultative. Certains préfèrent même les faire disparaître subito presto, sous un couvercle baissé. Mais, depuis quelques années, la santé par l'intestin a la cote et une attention particulière est accordée aux bactéries qui peuplent notre côlon. Les découvertes montrent qu'elles jouent un rôle important au sein de notre organisme, qui va bien au-delà de la digestion. Des affections comme l'obésité ou le diabète, voire certains troubles neurologiques, ont, entre autres, été liées à nos petites passagères.

Elles sont aussi les stars de nos fèces, dont la matière solide est surtout constituée de bactéries, mortes et vivantes, en plus de quelques milliards de virus et de champignons microscopiques. Cette faune

est engoncée dans une matrice de fibres végétales non digérées, gonflées d'eau, qui renferme également d'autres sous-produits de la digestion et une petite quantité de cellules intestinales.

Mais au-delà de cette description générale, les crottes ont mille et un visages! Leur apparence varie au fil des jours et des individus. Prenons seulement leur couleur brunâtre si caractéristique. Elle est le résultat de la dégradation de l'hémoglobine des quelque 200 milliards de globules rouges qui sont mis au rancart chaque jour

par notre organisme. Leur hémoglobine est convertie en bilirubine dans le foie, puis cette molécule jaunâtre est en partie relâchée avec la bile vers l'intestin. Ce sont les bactéries qui la convertiront en pigments bruns au fil du parcours. Ainsi, la couleur des selles peut être un indice de la vitesse du transit: des selles plutôt pâles n'ont peut-être pas passé assez de temps dans l'intestin pour que la bilirubine soit tout à fait dégradée. Inversement, des selles d'un brun de type «chocolat à 70%» auront tardé à se montrer au grand jour.

Si les teintes peuvent varier grandement, il faut toutefois surveiller les cas extrêmes. Des crottes noir charbon peuvent témoigner d'une hémorragie haute située dans l'estomac ou l'intestin grêle. Des selles beiges ou jaunâtres peuvent quant à elles indiquer une maladie du foie ou une obstruction biliaire. Et, bien entendu, les selles rouges, à moins de s'être gavé de betteraves, peuvent être colorées par un saignement dans le côlon, auquel cas on ne doit pas tarder à aller consulter.

Sur cette mer de possibilités, on retrouve aussi parfois des îles flottantes! Une trop forte teneur en graisse peut expliquer la flottaison des selles, tout comme leur aptitude à marquer la cuvette. Si un repas particulièrement riche a été savouré la veille, il n'y a rien à signaler ici. En revanche, si le phénomène perdure, cela peut indiquer un mauvais fonctionnement du pancréas ou une mauvaise absorption des gras. Tous ces cas méritent d'être signalés à un professionnel de la santé, surtout s'ils sont persistants et s'ils s'accompagnent d'autres irrégularités, comme un changement dans la forme des selles.

### L'échelle de Bristol



**Type 1** Boulettes séparées et dures, comme des noix (évacuation difficile)



**2** En forme de saucisse, mais grumeleuse



**3** En forme de saucisse, craquelée en surface



**4** Comme une saucisse, ou un serpent, lisse et molle



**5** Forme irrégulière aux contours définis (évacuation facile)



**6** Morceaux moelleux aux bords défaits, des selles en bouillie



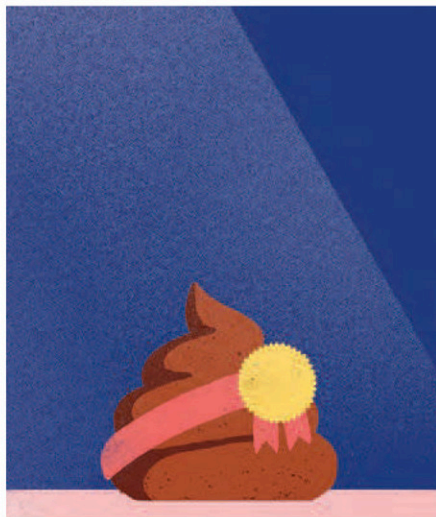
**7** Aqueuses, aucun morceau ferme, complètement liquides

\*Traduction libre de l'échelle originale: Lewis, S.J.; Heaton, K.W. (Septembre 1997). "Stool form scale as a useful guide to intestinal transit time". *Scand J Gastroenterol.* 32(9): 920-4.

“ Autant sur le plan de la couleur, que de l’odeur, de la forme ou de la fréquence, il n’existe pas de cas de figure dit « normal » ou « idéal ». ”

## UN NUMÉRO 2 ? NON, UN 4 !

Il existe d’ailleurs une méthode très sérieuse pour caractériser la forme des crottes humaines : l’échelle de Bristol, développée en 1997 par deux chercheurs de la ville éponyme du Royaume-Uni, grâce à laquelle on peut classer les selles en sept catégories. « C’est un vieil outil qui a été momentanément délaissé, mais nous l’utilisons de plus en plus en clinique, car il a été validé scientifiquement, et il peut nous indiquer certains troubles intestinaux », souligne Sacha Sidani, gastroentérologue qui œuvre en recherche et en clinique au Centre hospitalier de l’Université de Montréal. La forme des selles, tout comme leur couleur, est fonction de l’activité intestinale. Plus le transit est rapide, moins l’eau est absorbée et plus les fèces seront liquides. Les types 1 et 2 sont donc caractéristiques de la constipation, tandis que les types 6 et 7 indiquent une diarrhée. « Certaines conditions sont liées à la récurrence des types extrêmes. Il en est ainsi du syndrome du côlon irritable ou des affections inflammatoires de l’intestin telles la maladie de Crohn ou la colite ulcéreuse, par exemple, poursuit le docteur Sidani. Mais dans l’intervalle de 3 à 5, l’analyse de l’aspect des selles ne nous indique pas grand-chose. » Car il faut rappeler qu’il existe une immense variabilité entre les individus. Autant sur le plan de la couleur, que de l’odeur, de la forme ou de la fréquence, il n’existe pas de cas de figure dit « normal » ou « idéal ». Certaines personnes iront à la selle tous les deux jours, d’autres deux fois par jour. Tant qu’il n’y a pas d’inconfort ni d’autres symptômes, inutile de s’inquiéter ! Mais cela ne veut pas dire qu’on ne doit pas être attentif à l’aspect de son caca. Seulement, plus que d’en tirer des informations sur notre état de santé du moment, c’est sur le long terme que la surveillance des selles prend toute son importance.



Parlez-en à Marc qui est allé consulter son médecin dès qu’il a aperçu du sang dans la cuvette. Ne pas détecter à temps ce qui était dans son cas un symptôme d’un cancer du côlon aurait pu lui être fatal. « Un changement dans l’aspect de nos selles peut être révélateur. Si quelqu’un a des selles régulières et plutôt identiques dans le temps, mais que leur apparence change soudainement, cela peut être un indice d’un problème de santé, dont le cancer du côlon », explique Sacha Sidani.

## UNE CROTTE SOUS LE MICROSCOPE

Avant de devenir un symptôme perceptible à l’œil nu, une irrégularité naît avant tout à l’échelle microscopique. C’est pourquoi le programme québécois de dépistage du cancer du côlon recommande aux médecins de famille de faire un dépistage de sang occulte dans les selles, c’est-à-dire une analyse qui détectera un éventuel saignement microscopique. Ce simple examen de routine proposé aux personnes de plus ou moins 50 ans, selon l’historique familial, peut sauver des vies : le dépistage précoce est un facteur clé dans la prévention de la mortalité liée

au deuxième cancer le plus meurtrier au Canada.

En plongeant encore davantage dans l’infiniment petit, nos crottes peuvent désormais révéler quantité d’informations. Depuis quelques années, certaines compagnies offrent un service de séquençage du microbiome, ce qui consiste à recenser l’ADN bactérien contenu dans les selles afin d’établir un portrait des micro-organismes qu’elles hébergent. Pour le moment, ni les médecins ni les scientifiques ne peuvent interpréter ce genre de données pour en tirer des conclusions – du moins, pas au niveau individuel.

La recherche se poursuit toutefois, particulièrement en ce qui concerne les maladies de l’intestin. En Europe, notamment, de nouveaux outils voient le jour, comme une échelle de « dysbiose », c’est-à-dire un système d’analyse qui donne une mesure du déséquilibre du microbiote de patients atteints du syndrome du côlon irritable. En quantifiant l’abondance de 300 espèces bactériennes clés, on peut traduire ces proportions en les rapportant sur une échelle de 0 à 5, qui pourra éventuellement être utilisée afin de suivre l’évolution d’un traitement, par exemple.

De ce côté-ci de l’Atlantique, l’équipe du chercheur Jeffrey Tabor, à l’université Rice au Texas, s’emploie déjà à modifier génétiquement des bactéries afin qu’elles réagissent à un biomarqueur, c’est-à-dire à une molécule qui indique une maladie. « Les personnes souffrant de colite ulcéreuse pourraient un jour consommer un yogourt contenant une bactérie conçue pour prendre une couleur bleue, à l’approche d’une crise, qui serait visible dans la cuvette », précise-t-il. Qui n’a jamais rêvé d’un outil de suivi médical basé sur des crottes colorées ? Pour l’instant, ces innovations restent généralement confinées aux laboratoires de recherche, mais elles trouveront peut-être un jour leur place dans nos salles de bain. 

\* Le nom a été changé.



# TOI LETTES POUR TOUS

En Occident, la toilette est une commodité comme une autre, mais, dans plusieurs pays, elle demeure un luxe. Dans ces contrées, on n'a d'autre choix que de déféquer à l'air libre, une pratique à laquelle les Nations unies veulent mettre un terme d'ici 2030.

< 50	Proportion (en %) de la population utilisant des toilettes ou latrines salubres
50-75	
76-90	
> 90	



Brésil



Inde



Hongrie



Kenya



Une sanisette, à Paris



Tunisie

SOURCES : ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTÉ ET UNICEF

**4,5** milliards de personnes dans le monde n'ont pas de toilettes à la maison.

**600** millions partagent une toilette ou une latrine avec d'autres ménages.

**2,3** milliards de personnes n'ont toujours pas accès à des installations sanitaires de base telles que des toilettes ou des latrines.

**892** millions déféquent encore à l'air libre, dans des caniveaux de rue, derrière des buissons ou dans des étendues d'eau ouvertes.

**1,8** milliard de personnes consommeraient une eau contaminée par des matières fécales.

# Fèces à conviction



Les biologistes ne reculent devant rien pour étudier les populations animales, quitte à se munir d'un pince-nez! Les crottins, guanos et déjections en tout genre sont de véritables trésors pour qui sait les faire parler. Des indices qui en disent long sur la faune et la santé des écosystèmes, et qui révèlent même certains détails sur l'évolution du climat.

Par Marianne Desautels-Marissal

## L'homme qui a vu la crotte de l'ours

Depuis la Gaspésie jusqu'au Nord-du-Québec, l'équipe de recherche en conservation de la faune de l'Université du Québec à Rimouski (UQAR) suit les oiseaux et les mammifères de la forêt boréale à la trace, littéralement! C'est en étudiant le contenu des fèces d'une vingtaine d'ours noirs, au nord de Saguenay pendant tout un été, que l'équipe du professeur Martin-Hugues St-Laurent a pu détailler les différentes stratégies alimentaires adoptées par ces omnivores. « Ce sont des techniques ancestrales qu'on enseigne encore, car l'utilisation des fèces nous apprend énormément de choses », précise-t-il.

À commencer par la diète! Les macro-restes – les fragments non digérés provenant principalement de végétaux, mais aussi de poils, de plumes ou d'os – ont indiqué dans ce cas-ci que les ourses flanquées de leur toute dernière portée priorisent les fruits du cornouiller du Canada (disponibles dans les clairières où elles passent le plus de temps). Les femelles accompagnées par des petits un peu plus âgés, elles, se régalaient de bleuets. Quant aux ours solitaires, ils semblent apprécier tout particulièrement les fourmis.

« L'étude des fèces comporte des forces et des faiblesses: cela ne donne des indications que sur le dernier repas, il faut donc veiller à récolter le plus d'échantillons possible », prévient Martin-Hugues St-Laurent. Entre autres écueils, comment déterminer à quel individu appartient le crottin trouvé? Pour le savoir, on doit moderniser la récolte des crottes. Grâce à un système de détection par GPS qui retrace le parcours des ours, auxquels on a posé des colliers, on peut lier les fèces à leurs propriétaires. Ce faisant, les scientifiques peuvent déceler des différences interindividuelles ou



Crotte d'ours prélevée par l'équipe de Martin-Hugues St-Laurent.

NICOLAS BRADETTE

caractériser l'utilisation d'un territoire par certains groupes au sein d'une population animale. En captivité, le suivi des crottes est beaucoup plus simple: au zoo du parc Assiniboine, à Winnipeg, les chercheurs du Centre pour la conservation des ours blancs ajoutent des paillettes colorées à la nourriture de leurs pensionnaires. Chaque ours a sa couleur, ce qui permet d'identifier les cacacs brillants!

Au-delà de l'étude des macro-restes, les crottes d'animaux livrent d'autres types d'information si on daigne les épulcher à l'échelle moléculaire. C'est ce qu'a fait Virginie Cristopherson en 2017, dans le cadre de sa maîtrise sous la direction de Martin-Hugues St-Laurent, afin de déterminer si les caribous et les orignaux se disputent les mêmes ressources dans le parc national de la Gaspésie. En effectuant ce qu'on appelle une analyse par code-barres d'ADN des fèces, on obtient un relevé génétique de tous les végétaux ingérés par ces herbivores. Les résultats préliminaires indiquent que, malgré leurs diètes similaires, les caribous et les orignaux consomment des espèces de plantes différentes et ne semblent donc pas en compétition dans leur garde-manger gaspésien.



## Selles de mer

La production de déchets organiques étant le propre (ou le moins propre) du vivant, les animaux marins produisent eux aussi un volume considérable de déjections. Les cargaisons larguées dans l'océan par les baleines noires de l'Atlantique Nord sont l'une des spécialités de Rosalind Rolland, chercheuse au Anderson Cabot Center for Ocean Life à l'aquarium de la Nouvelle-Angleterre, à Boston, une institution qui les étudie depuis près de deux décennies.

Grâce à une alimentation composée de zooplancton riche en lipides, leurs fèces liquides flottent à la surface de l'eau et sont d'un vif orangé. Malgré leur apparence, leur taille imposante et leur fumet distinctif, repérer ces cacas n'est pas une tâche facile. C'est pourquoi les équipes de biologistes ont recours à des truffes expertes : celles de chiens pisteurs ! Embarqués sur les bateaux de recherche, ils sont capables de flairer l'effluve d'une marée orange à plus de 1 km de distance !

Au fil de ses recherches, Rosalind Rolland a adapté une batterie de tests afin d'évaluer, à partir de leurs selles, la santé des membres de la fragile population de baleines noires, qui ne compte plus que 450 têtes environ. Sans les importuner, on peut ainsi effectuer plusieurs analyses : tests de grossesse, recherche de parasites,



ROSALIND ROLLAND

dosages de toxines et d'hormones liées au stress. En 15 ans, la chercheuse a accumulé une foule de données physiologiques inestimables, permettant notamment de connaître les niveaux moyens de stress des baleines en santé.

Ces analyses peuvent faciliter l'élucidation des causes de décès des baleines noires, dont 17 ont été retrouvées mortes en 2017 dans le golfe du Saint-Laurent et au large du Maine. La plupart sont décédées à la suite d'une collision avec un navire ou après s'être retrouvées empêtrées dans des équipements de

pêche au crabe des neiges.

Dans une étude publiée en novembre 2017 par la revue *Endangered Species Research*, Rosalind Rolland a démontré que les baleines qui se retrouvent emberlificotées par des câbles ou des équipements de pêche, qu'elles trimbalent parfois durant des mois voire des années sans pouvoir s'en libérer, présentent des niveaux élevés de stress. « Ces taux sont attribuables à des traumatismes physiques extrêmes, dénonce-t-elle. C'est un enjeu de bien-être animal. »



## Des « cacadeaux » tombés du ciel

Les fientes des volatiles sont aussi des outils précieux, notamment pour suivre la taille des populations de certains oiseaux. Par exemple, plusieurs espèces de manchots laissent des traces sur le couvert blanc de l'Antarctique. Quand vient le temps de la ponte, la tache foncée que laissent les déjections des colonies accélère la fonte de la neige, ce qui offre aux manchots un terrain de boue idéal pour couvrir leurs œufs. Ce phénomène est aussi très pratique pour les scientifiques, car ces couches de guano foncé sont si vastes qu'on peut les voir de l'espace ! À l'aide d'images satellites, on peut ainsi évaluer la taille d'une colonie... par le biais de ses déjections. C'est entre autres grâce à cette méthode que la biologiste Michelle Larue a publié, dans la revue de la Société américaine d'ornithologie en 2014, le premier recensement global de la population de manchots Adélie.

Parfois, le guano s'accumule plu-

tôt à la verticale. C'est le cas dans certaines grottes habitées par les chauves-souris, où les déjections peuvent s'entasser durant plusieurs centaines d'années, voire plus de un millénaire. En forant ces montagnes de guano afin d'effectuer une analyse chimique de « carottes de crottes », on peut remonter dans le temps. Ainsi, on obtient un registre qui permet, par exemple, de déduire l'évolution du climat sur une longue période. Dans les forêts, le cycle de l'azote varie annuellement en fonction des volumes de précipitations, ce qui a un impact sur la signature chimique de la nourriture consommée par les animaux. Un phénomène qu'une équipe de l'université de Floride du sud a récemment mis à profit pour reconstituer les régimes de précipitations hivernales du sud-est de l'Europe jusqu'en 1650, grâce aux offrandes de chauves-souris retrouvées dans une grotte, en Roumanie. 🐿

# Madame Caca

ELLE S'APPELLE CATHERINE GIRARD MAIS, POUR LES INUITS DE RESOLUTE, AU NUNAVUT, ELLE EST « MADAME CACA ». ILS LUI ONT DONNÉ CE SURNOM AFFECTUEUX APRÈS QU'ELLE EUT PATIEMMENT RECUEILLI LEURS SELLES POUR MIEUX ÉTUDIER LEUR MICROBIOTE INTESTINAL.

Propos recueillis par Annie Labrecque



PHOTOS : CATHERINE GIRARD

**O**n aurait pu croire que, avec du phoque et du poisson au menu, les bactéries du système digestif des Inuits seraient différentes de celles des Montréalais. Au contraire, elles partagent des similitudes étonnantes, révèle une étude menée par Catherine Girard, qui vient de terminer son doctorat en biologie environnementale à l'Université de Montréal. Elle est parvenue à cette conclusion en analysant des excréments fournis par des volontaires. Retour sur cette collecte pour le moins odorante.

**Dans le cadre de votre doctorat, vous avez recueilli des selles chez les habitants de Resolute, lors d'un séjour en 2014. Pourquoi?**

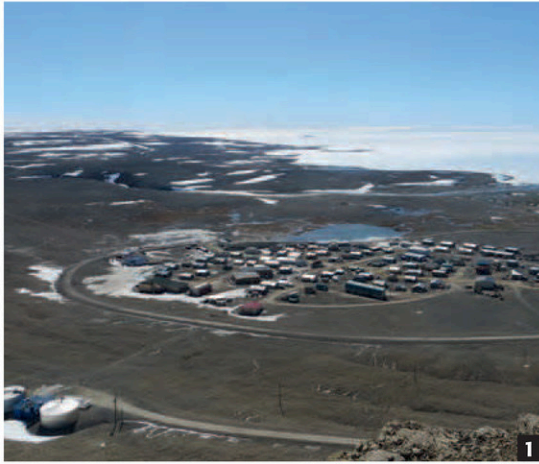
Je voulais voir de quelle façon la nourriture inuite traditionnelle, riche en protéines et en gras, influence le microbiote intestinal. Est-ce que les espèces dominantes de bactéries chez les Inuits sont différentes des nôtres, par exemple ?

Le microbiote intestinal joue un rôle important pour diverses raisons : il stimule notre système immunitaire, nous protège contre les bactéries dangereuses et nous aide à dégrader les aliments que notre organisme n'est pas en mesure de digérer seul. Il peut aussi interagir avec

les contaminants qu'on ingère, comme le mercure. Dans mes travaux de recherche, j'essaie aussi de voir ce qui arrive aux contaminants une fois dans le corps et de déterminer si les bactéries diminuent l'impact du mercure présent dans des aliments comme le poisson.

**Comment avez-vous convaincu les gens de la communauté de participer à votre projet?**

Je les visitais et expliquais mon projet en général. Je leur annonçais ensuite que j'avais besoin de leurs selles. La plupart des gens trouvaient cela très drôle. C'est bon pour briser la glace ! Ils se sentaient très à l'aise d'accepter ou non. Certains



1. Catherine Girard a mené son projet dans la communauté de Resolute Bay, sur l'île de Cornwallis. C'est le deuxième village le plus au nord du Canada.
2. Les Inuits combinent la nourriture traditionnelle avec celle du supermarché. Ils mangent du phoque, de la baleine ou du poisson pêché le jour même. Et, parfois, des œufs, collectés ici sur la toundra.
3. Échantillons entreposés à  $-80^{\circ}\text{C}$  dans un congélateur à l'Université de Montréal. Le froid empêche le développement des bactéries, et permet de préserver l'échantillon sur de longues périodes.

me disaient: «Je mange beaucoup de phoque, ça m'intéresse de savoir ce que ça va faire à mon microbiome.»

S'ils acceptaient de participer à l'étude, je leur laissais un pot de la taille d'une tasse à café, une paire de gants et un papier avec les instructions. Je revenais ensuite le lendemain en leur demandant s'ils avaient terminé. Certains me disaient: «I have shy anak» (*anak* signifie «caca» en inuktitut, donc: «J'ai le caca gêné»). Je repassais alors le surlendemain pour récupérer l'échantillon et je les questionnais sur leurs pratiques alimentaires. Que mangez-vous habituellement? À quelle fréquence consommez-vous de la nourriture traditionnelle? Achetez-vous souvent des céréales à l'épicerie? Je me dépêchais ensuite de transférer mon échantillon dans un des congélateurs à  $-80^{\circ}\text{C}$  d'une base de recherche du gouvernement fédéral, près de Resolute. Il faut être sûr que cela reste vraiment froid pour éviter que l'ADN se dégrade, car on effectue ensuite le séquençage à Montréal. Étonnamment, même gelé, ça sent encore mauvais! Au total, 45 personnes, dont 19 au Nunavut et 26 ici, à Montréal, ont donné un échantillon.

J'aurais certainement eu moins de succès si je n'avais pas pris le temps de connaître la communauté de Resolute – là où vivent 200 personnes – et de m'y intégrer. Cela fait plus de neuf ans que je travaille dans le Nord. Avant même de commencer mon projet sur le microbiote intestinal, j'échangeais avec la communauté pour savoir si cette recherche intéressait ses membres. On me surnomme depuis la *Poop Lady!* J'aime ce qualificatif, car c'est une marque de confiance.

J'ai vu des chercheurs se heurter à des portes closes parce qu'ils ne s'intégraient pas. Les communautés nordiques sont ultra sollicitées. Ces «chercheurs hélicoptères», nommés ainsi par les communautés autochtones, arrivent en réclamant de l'information, en exigeant des entrevues, en prélevant, par exemple, des carottes de sédiments des lacs et repartent ensuite sans donner de nouvelles. Les communautés autochtones deviennent ainsi méfiantes face aux chercheurs qui travaillent avec des données leur appartenant, tout compte fait. Pour moi, c'était important de ne pas faire la même chose.

### Qu'avez-vous découvert au terme de votre étude?


Les Inuits combinent la nourriture traditionnelle avec celle du supermarché. Ils mangent du phoque, de la baleine ou du poisson pêché le jour même. C'est un régime différent du nôtre et, pourtant, en analysant les types de bactéries présentes, on a trouvé une grande similarité avec les bactéries intestinales des Montréalais. Parmi les différences, on note que les Inuits ont beaucoup moins de bactéries associées aux produits laitiers et aux agrumes. Ils possèdent aussi moins de bactéries du genre *Prevotella*, qui aident à dégrader les fibres, comparativement aux Montréalais qui hébergent des bactéries *Prevotella* diversifiées et en grande quantité. Sinon, les microbiomes se ressemblent beaucoup.

### Est-ce que cela vous a surpris?

Oui! Puisqu'on avait prélevé les échantillons en été, on s'est demandé s'il y avait d'autres moments dans l'année où le microbiome pouvait changer. J'ai collaboré pendant deux ans avec Geneviève Dubois, une étudiante à la maîtrise, qui a récolté des échantillons de selles à Resolute une fois par mois pendant un an. Elle a observé que le microbiome des habitants est resté assez constant. Par contre, le microbiome inuit peut changer beaucoup lorsqu'il y a un apport de nourriture différent, tandis que celui des Montréalais sera toujours à peu près le même. Cela ne signifie pas que leur microbiome est meilleur ou moins bon. Il reflète seulement une diète distincte.

On constate qu'il y a une transition alimentaire qui se passe en ce moment dans le Nord. La diète s'occidentalise tout doucement. En épluchant nos questionnaires d'habitudes alimentaires, on a remarqué que la diète inuite est opportuniste: les gens mangent ce qui est disponible. S'il y a du phoque, ils mangeront du phoque, mais il n'y en a pas tout le temps. C'est une diète aléatoire tributaire des aléas de la chasse.

### Est-ce que vous avez fait part de vos résultats aux Inuits? Qu'en pensent-ils?

J'ai eu la chance d'obtenir du financement de l'Agence polaire canadienne pour effectuer un voyage à Resolute pour y diffuser et expliquer mes résultats scientifiques. Les gens étaient étonnés de savoir que, finalement, ils ressemblent plus aux Blancs qu'ils ne le pensaient! 

# La deuxième vie de

ON POURRAIT CROIRE QUE LES SELLES HUMAINES, DÈS QU'ELLES SONT ÉVACUÉES, N'ONT PLUS AUCUNE UTILITÉ. OR DES CHERCHEURS S'ÉVERTUENT À RÉUTILISER CETTE MATIÈRE BRUNE, LOIN D'ÊTRE SYNONYME DE DÉCHET.

Par Annie Labrecque



« **T**out l'engrais humain et animal que le monde perd, rendu à la terre au lieu d'être jeté à l'eau, suffirait à nourrir le monde », écrivait Victor Hugo en 1862, saisissant déjà tout le potentiel de nos déjections qui, 150 ans plus tard, pèsent lourd dans la balance environnementale. Selon certaines estimations, l'espèce humaine produit annuellement 300 à 800 millions de tonnes de fèces. De quoi

remplir au moins 120 stades olympiques! Traitée comme un rebut, toute cette matière fécale finit au mieux dans les égouts et les fosses septiques et, au pire, dans des lieux ouverts. En effet, selon les Nations unies, près de 1 milliard de personnes défèquent chaque jour en plein air, contribuant à la propagation de maladies mortelles.

Nos étrons, sous leurs airs nauséabonds et répugnants, constituent une ressource sous-exploitée. « On doit arrêter de voir les excréments comme un déchet. C'est une source d'énergie gratuite beaucoup plus

verte que le pétrole », indique d'emblée Catherine Bourgault, doctorante en génie des eaux à l'Université Laval, à Québec, qui se spécialise dans la biodégradation des matières fécales. « À condition de s'assurer de l'absence de pathogènes, c'est tout à fait logique de valoriser la matière fécale et de la récupérer, sinon on gaspille de l'énergie pour s'en départir », dit-elle.

Et cela commence dès le petit coin. Dans les pays industrialisés, où presque tout le monde a accès à des toilettes confortables, le gaspillage est double, puisqu'on

# nos excréments

utilise de l'eau potable pour transporter les matières fécales jusqu'aux stations de traitement. Selon Environnement et Changement climatique Canada, un Canadien consomme en moyenne 328 L d'eau par jour à la maison, dont 30% finissent dans le tuyau de toilette. Un non-sens, selon l'Américain Joseph Jenkins, auteur de l'ouvrage *Le petit livre du fumain*, dont la première édition est parue en 1995.

Adepte des toilettes sèches, il prône le compostage de la matière fécale. Depuis plus de 20 ans, il recueille ses excréments dans une chaudière et les recouvre de sciure de bois. « Il n'y a absolument aucune odeur qui s'en dégage. Lorsque le contenant est plein, je le déverse à l'extérieur dans un conteneur en y ajoutant du matériel organique comme de l'herbe, de la sciure de bois, des feuilles, etc. », explique Joseph Jenkins. Le processus de dégradation se fait ensuite naturellement, aidé par les bactéries qui digèrent la matière organique. La chaleur qui s'en dégage tue les pathogènes présents. Le compost appelé « fumain » (fumier humain), prêt au bout de deux années, fertilise la terre du jardin.

La toilette à compost, connue également sous les noms de toilette sèche ou cabinet à terreau, commence à susciter de l'intérêt au Québec. « Ici, les températures froides représentent un défi pour générer du compost à partir des excréments, car il faut contrôler et éliminer les pathogènes avec une chaleur suffisante, mais c'est possible de le produire », assure Catherine Bourgault. Sur le marché, il existe d'ailleurs des modèles sophistiqués avec drain, ventilation et électricité. La commercialisation de la toilette sèche est toutefois freinée par la réglementation provinciale qui autorise son utilisation dans les habitations isolées seulement lorsqu'elle est couplée avec

l'installation d'une fosse septique. Cette réglementation désole Lucie Mainguy, qui avait lancé le projet Caca d'or dans la région de Portneuf pour mettre en place un type de toilette sèche récupérant la chaleur générée par le fumain. « En l'absence d'un réseau d'égout, il faut payer à la fois pour acquérir une toilette sèche et un système de fosse septique », constate Lucie Mainguy. Sans compter que la toilette à compost doit être dûment certifiée selon la norme NSF/ANSI 41, à laquelle seules trois entreprises se conforment.

En revanche, ce type de toilette s'avère

et chimiques. Il ne reste alors que des déchets, envoyés au dépotoir, et, surtout, des boues usées appelées aussi « biosolides ». Les stations de la province en régurgitent 1 million de tonnes chaque année, selon un document gouvernemental rédigé en 2007.

Les municipalités s'emploient à leur dénicher mille et un débouchés. Ainsi, les boues sont épandues dans les champs ou vendues sous forme de compost après avoir été traitées pour ne comporter aucun risque sanitaire (on élimine les métaux lourds, les coliformes, les hydrocarbures, les virus, etc.). Selon le gouvernement du Québec,

« en 2015, on a épandu 0,3 million de tonnes de biosolides municipaux [...] pour fertiliser des cultures destinées à l'alimentation animale ».

Autrement, les boues d'épuration sont séchées en « galettes », puis incinérées. Les cendres qui en résultent sont ensuite enfouies, mais une partie est récupérée pour entrer dans la fabrication du ciment ou d'engrais agricoles.

Cependant, il existe une méthode plus écologique pour transformer les résidus municipaux. Par nature, les matières fécales sont riches en bactéries, en fibres, en polysaccharides et en protéines. Elles forment donc une biomasse idéale pour générer de l'engrais, comme on le faisait traditionnellement dans l'Antiquité, mais aussi pour produire de l'énergie. C'est le principe de la « biométhanisation », où la matière organique est fermentée dans un « biodigester ». À l'intérieur de ce gros estomac de béton, dans un milieu contrôlé et sans oxygène, des millions de milliards de bactéries s'activent pour décomposer la matière. Ce repas gargantuesque, en se dégradant, produit du biogaz, dont une quantité importante de méthane qui servira comme source d'énergie.

La biométhanisation est une façon de mieux exploiter les eaux usées, estime la



En plus d'enseigner la manière de composter le fumier humain, Joseph Jenkins montre la fabrication d'une toilette qui coûte moins de six dollars US en matériaux, comme ici, en Mongolie.

JOSEPH JENKINS

une option intéressante pour les pays en voie de développement. Joseph Jenkins prêche la bonne parole dans des communautés isolées du Nicaragua, d'Haïti et de Mongolie. « Pour la plupart des gens dans le monde, le recyclage de leurs excréments est un concept extraterrestre. Néanmoins, c'est ce qui est le plus écologique », soutient-il.

## LES MILLE ET UNE VIES DES BOUES

En attendant qu'une toilette sèche plus moderne entre dans les mœurs, les déjections humaines font leur chemin jusqu'aux quelque 800 stations d'épuration du Québec. Les eaux usées y sont assainies à l'aide d'une série de traitements mécaniques

“ Si la totalité des rejets humains était transformée, on fournirait de l'électricité à 138 millions d'habitations, tout en économisant 9,5 milliards de dollars américains. ”

doctorante Catherine Bourgault. « C'est pour cela que le gouvernement y investit de l'argent », note-t-elle. En effet, en 2009, le gouvernement du Québec a annoncé que 650 millions de dollars seraient alloués pour favoriser la construction d'installations de compostage et de biométhanisation dont certaines exploitent et valorisent les boues d'épuration. Neuf ans plus tard, six usines ont démarré leurs activités. En 2021, la ville de Québec aura sa propre usine de biométhanisation qui transformera annuellement 86 000 tonnes de résidus alimentaires ainsi que 96 000 tonnes de boues municipales en 6,6 millions de mètres cubes de biométhane.

Ici et ailleurs, l'intérêt pour le biogaz ne se dément pas. Il faut dire que son potentiel est énorme. Si la totalité des rejets humains était transformée, on fournirait de l'électricité à 138 millions d'habitations, tout en économisant 9,5 milliards de dollars américains, selon un rapport du United Nations University Institute for Water, Environment and Health, publié en 2015. Déjà, une quarantaine de véhicules municipaux de la ville de Grand Junction, au Colorado, et les autobus assurant la liaison entre Bristol et Bath, au Royaume-Uni, comptent sur le méthane produit à partir des boues usées pour rouler.

En Ontario, l'usine de biogaz ZooShare recyclera dès la fin de 2018 des déchets alimentaires ainsi que les fèces des animaux du zoo de Toronto. « Le personnel du zoo collectera environ trois fois par semaine les excréments des animaux et les transportera jusqu'à notre site », explique Daniel Bida, directeur exécutif de l'usine ZooShare. Il prévoit transformer en biogaz 17 000 tonnes de matériel organique, dont 2 000 tonnes de déjections animales, chaque année.

Les stations d'épuration sont aussi un terrain de jeu sans fin pour les chercheurs qui tentent de comprendre cet écosystème hors du commun et en tirer profit. C'est le cas de Satinder Kaur Brar, spécialisée dans la biovalorisation et contaminants émergents à l'Institut national de la recherche scientifique (INRS) à Québec.



Cet autobus roule grâce au biométhane et assure la liaison entre les villes de Bristol et Bath, au Royaume-Uni.



Catherine Bourgault, doctorante en génie des eaux, présente un prototype de toilette sèche lors de la foire Écosphère 2016, à Québec.

Avec son équipe, elle parcourt les installations aux quatre coins de la province pour y recueillir des micro-organismes et procéder à leur séquençage génétique afin de les identifier. Quel est l'intérêt ? « Puisque les antibiotiques se retrouvent dans les eaux usées, les micro-organismes croissent et s'adaptent à leur présence en développant une résistance. Éventuellement, cela nous permettra de produire de meilleurs antibiotiques. »

Satinder Kaur Brar trouve également dans les stations d'épuration des produits ayant un fort potentiel commercial. En stimulant la croissance de certains micro-organismes déjà présents dans les boues usées à l'intérieur d'un fermenteur, ceux-ci synthétiseront alors enzymes, biopesticides, bioplastiques, etc. Par exemple, pour produire du bioplastique (poly-3-hydroxybutyrate), les boues sont placées à l'intérieur du fermenteur dans des conditions contrôlées et spécifiques

MAXIME DAHOIS-FAFARD/CENTRE DE RECHERCHE CENTREAU UNIVERSITÉ LAVAL.



En 2014, un musée japonais présente une exposition inusitée mettant en valeur les toilettes et les excréments.

MIRAIKAN - THE NATIONAL MUSEUM OF EMERGING SCIENCE AND INNOVATION

favorisant la croissance de certaines bactéries, dont les espèces *Pseudomonas* et *Bacillus*, qui sécrètent le polymère convoité.

Par contre, pour des questions sanitaires, il y a encore du chemin à faire avant que ce type de « sous-produits » expérimentaux puissent être utilisés par les humains. « C'est un sujet débattu actuellement à cause de la possible présence de pathogènes. Par exemple, on n'utilise pas ces enzymes ou ces bioplastiques dans le domaine pharmaceutique ou agroalimentaire, car cela nécessiterait plusieurs étapes de purification, ce qui augmenterait considérablement les coûts de production », précise Satinder Kaur Brar.


Joseph Jenkins reconnaît qu'il reste un grand tabou associé à la transformation de la matière fécale. « Tant que nous verrons les excréments comme des déchets, c'est une barrière psychologique qui nous empêchera de les considérer comme une matière recyclable et réutilisable. »

## QUELLE GÊNE, CE CACA !

Si l'on tarde tant à exploiter toutes les vertus de nos selles, c'est parce qu'elles continuent de nous rebuter. Étonnamment, ce dégoût est plutôt récent. « Il y a une sorte d'interdit par rapport aux excréments qui s'est développé en Europe au cours du XVI<sup>e</sup> siècle. Tout ce qui était perçu comme quelque chose d'animal était vu comme antireligieux », constate Laurent Turcot, professeur en

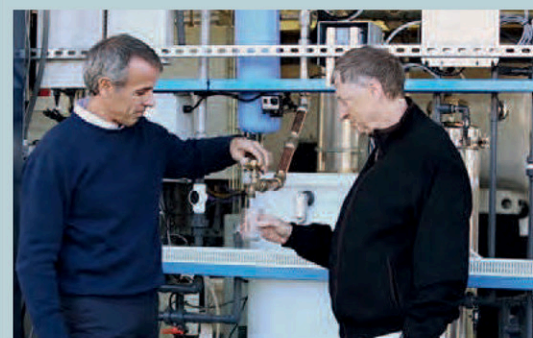
sciences humaines à la section histoire à l'Université du Québec à Trois-Rivières. Pourtant, auparavant, il était courant de déféquer en public. « On n'hésitait pas à en parler avidement ou à se représenter en dessin en train de déféquer pour en rire », raconte-t-il. Si bien que le caca était surnommé « la matière joyeuse ».

Aujourd'hui, on retrouve un peu de cet esprit chez les Japonais qui semblent beaucoup moins timides face à la matière brune en affichant leur humour scatologique : exposition muséale, pâtisseries en forme de crotte brune, livres pour enfants mettant en vedette le professeur Caca, etc. Cette fascination a pavé la voie à l'innovation. « Les Japonais ont vraiment changé la façon de voir l'assainissement des eaux usées. Ils ont créé des immeubles entièrement chauffés par un biodigesteur alimenté par la matière fécale », signale la doctorante Catherine Bourgault.

Comme le disait Victor Hugo : « La science, après avoir longtemps tâtonné, sait aujourd'hui que le plus fécondant et le plus efficace des engrais, c'est l'engrais humain. » Peu importe ce qu'on en fera, ce ne sont pas les idées qui manquent pour valoriser la matière fécale. « En ce moment, tout est basé sur ce qui est le plus propre; le moins de microbes et le plus *Spic and Span* possible. On est encore loin d'appliquer ces idées à grande échelle », constate l'historien Laurent Turcot. Mais l'avenir pourrait assurément être un peu plus brun ! 

## Bill Gates et l'eau usée

En 2015, le milliardaire Bill Gates a pris une gorgée d'eau... usée ! Pour être plus exact, il a bu une eau propre à la consommation, issue des égouts. Il s'agissait d'un coup de publicité pour attirer l'attention sur le programme Omni Processor, financé par la fondation Bill et Melinda Gates. Les ingénieurs qui y travaillent ont développé des technologies peu coûteuses pour traiter les boues usées. Ils ont entre autres réussi à produire de l'eau potable à partir de boues usées chauffées à haute température. Ils ont ainsi récupéré la vapeur d'eau, puis l'ont condensée et filtrée. La technologie a fait ses preuves au Sénégal, où on a transformé 700 tonnes de boues usées pendant la première année de fonction du système, en 2015. D'ici quelques mois, il sera implanté en Inde.



## Adieu les couches?

Au Canada, chaque jour, plus de 4 millions de couches usées s'accumulent dans les dépotoirs, où elles contaminent la nappe phréatique. Devant cet enjeu environnemental, des compagnies comme KnowWaste, au Royaume-Uni, ou Ecolomondo, à Montréal, se retroussent les manches. Leur mission : transformer les couches usées. Après les avoir stérilisées dans un four autoclave, elles les dégradent en fibres et en particules de plastique, qui seront réutilisées comme matière première dans la fabrication de nouveaux produits. Alors que la consommation de couches risque de monter en flèche avec le vieillissement de la population, il y a en effet urgence à rendre cette industrie plus verte.

TECHNOLOGIE

# Rouler à l'h



# Hydrogène

DANS LE MONDE DE L'AUTOMOBILE, ON ANNONCE DEPUIS LONGTEMPS LA RÉVOLUTION HYDROGÈNE. ET ON L'ATTEND TOUJOURS. MAIS UNE ALLIANCE ENTRE TOYOTA ET LE QUÉBEC POURRAIT ENFIN DONNER LE COUP D'ENVOI.

Par Joël Leblanc

**D**écembre 2017, première tempête de l'hiver. Dans les rafales de poudreuse, je prends le volant pour un essai routier de la Mirai, première voiture à hydrogène qui sera bientôt commercialisée au Québec. Parti du bureau de Toyota Canada, à Brossard, je conduis la voiture en essayant sans succès de déceler des particularités dans son comportement. Côté passager, Patrick Ryan, directeur des ventes, sourit: «C'est justement l'intention de Toyota: que la conduite ne se démarque pas de celle d'une voiture électrique. On ne veut pas brusquer les consommateurs avec un produit trop différent.»

En plus du silence du moteur, je ressens une certaine félicité à l'idée de ne produire pratiquement aucune émission polluante (voir l'encadré «Propre, l'hydrogène»?», à la page 38). Tout ce que la voiture laisse dans la tempête, c'est un peu de vapeur d'eau. Arrivés à destination, nous passons derrière

le véhicule qui largue quelques tasses d'eau fumante sur la chaussée enneigée.

Résultat de 25 années de recherche et développement par Toyota, la Mirai – qui signifie «futur» en japonais – est d'abord une voiture électrique. Toutefois, l'électricité qui alimente son moteur ne provient pas de batteries, mais d'une pile à combustible alimentée en hydrogène.

La combinaison de l'hydrogène avec de l'oxygène est une réaction qui fournit de l'eau, mais aussi beaucoup d'énergie – d'où sa réputation explosive (voir l'encadré «Un gaz explosif», à la page 39). Ainsi, la combustion de 1 kg d'hydrogène fournit près de 142 mégajoules d'énergie, soit 3 fois plus que l'essence (47 mégajoules par kilogramme).

Mais, dans une pile à hydrogène, il n'y a pas de combustion; on contrôle plutôt la rencontre de l'hydrogène avec l'oxygène de l'air afin d'en récupérer l'énergie – sans explosion. C'est possible en ache-

minant les deux gaz de part et d'autre d'une membrane sélective. On leur permet alors de s'associer en leur soutirant l'énergie sous forme électrique. Une pile complète est en fait constituée d'un empilement de dizaines de membranes; ainsi, elle produit assez de courant pour alimenter le moteur.

Cette façon d'obtenir de l'électricité est exploitée depuis longtemps par les constructeurs. Déjà, en 1966, General Motors expérimentait l'Electrovan, premier véhicule équipé d'une pile à hydrogène. Depuis, de nombreux fabricants ont annoncé l'arrivée de cette voiture sans que la magie opère.

Pourtant, au tournant du XXI<sup>e</sup> siècle, les experts en économie et en énergie présentaient l'hydrogène comme une source propre et infinie. Elle devait être un incontournable du portrait énergétique mondial. Depuis la voiture jusqu'à l'alimentation des bâtiments, les enthousiastes prédisaient que la révolution se réaliserait dans 5 ou 10 ans. Toutefois, en 2018, on ne compte qu'une poignée de pays où roulent des voitures à hydrogène. Environ 3000 exemplaires de la Mirai circulent sur les routes, principalement au Japon et aux États-Unis, mais aussi dans quelques pays européens. Sur notre continent, c'est en Californie qu'on trouve le plus de véhicules à hydrogène de toutes marques: environ 3000 pour 45 stations d'hydrogène. Le Québec verra arriver la Mirai dès cette année. Les 50 premiers

## TECHNOLOGIE

exemplaires sont réservés à des employés gouvernementaux et des partenaires de Toyota, mais les ventes devraient s'ouvrir au public dès 2019.

Le Japon est toutefois en train de prendre une bonne longueur d'avance. « Les Jeux olympiques de Tokyo en 2020 seront les jeux de l'hydrogène, explique Patrick Ryan. Taxis et autobus à hydrogène transporteront les visiteurs et les athlètes dans toute la ville, et les bâtiments olympiques seront aussi alimentés en électricité par des piles à hydrogène. » Un demi-milliard de dollars ont été investis par le gouvernement nippon pour accélérer la transition vers l'hydrogène.

### QUÉBEC, TERRE D'HYDROGÈNE ?

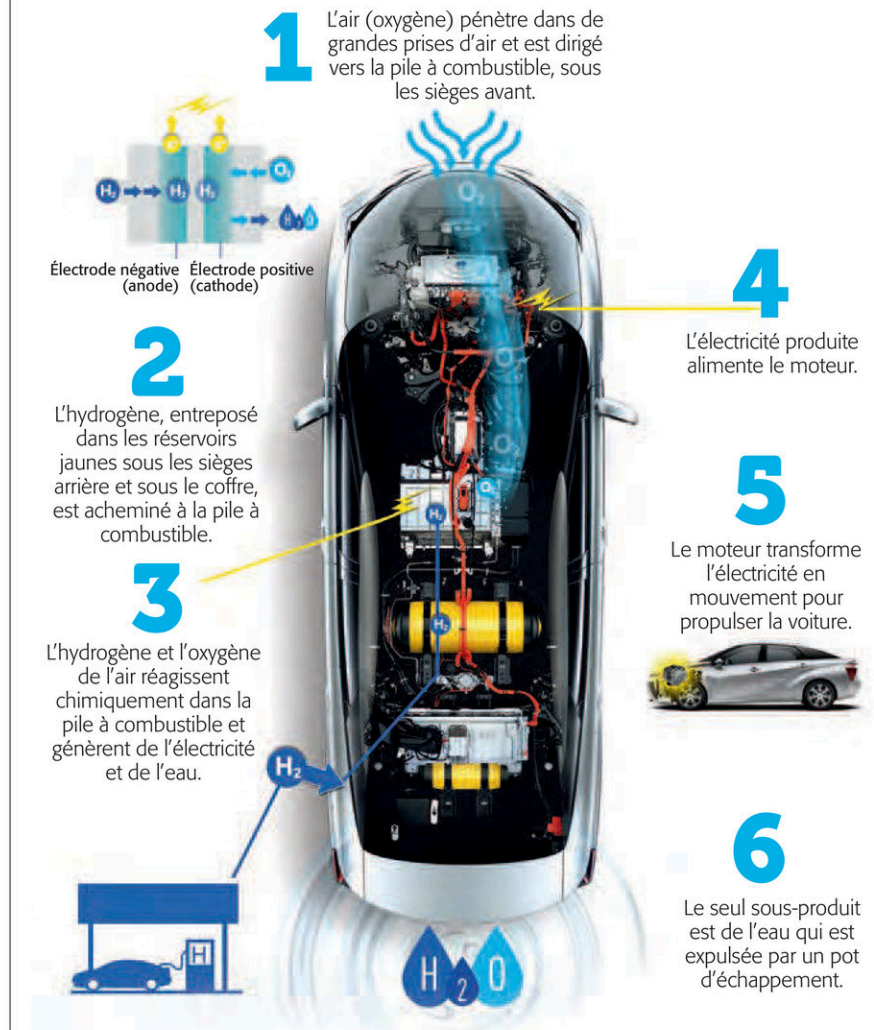
Le Québec, déjà engagé dans l'électrification de ses transports, a-t-il avantage à adopter aussi l'hydrogène ? « La voiture à hydrogène offre le meilleur des deux mondes. Comme la voiture électrique, il y a absence de pollution et, comme la voiture à essence, on peut faire le plein rapidement; son autonomie tourne autour de 500 km par plein », soutient Johanne Gélinas, présidente-directrice générale de Transition énergétique Québec (TEQ). L'organisme gouvernemental a été mis en place par le ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles (MERN) en 2017 pour assurer l'atteinte des cibles de la politique énergétique du Québec.

En septembre dernier, Johanne Gélinas a rencontré les dirigeants de Toyota Canada et visité les installations du fabricant au Japon. « Toyota souhaite travailler avec nous pour implanter des infrastructures de distribution de l'hydrogène sur notre territoire, en parallèle avec l'arrivée de la Mirai. La société voit le Québec comme un nouveau banc d'essai pour le déploiement de la filière hydrogène, après le Japon et la Californie. À moyen terme, il y aura des stations de remplissage d'hydrogène un peu partout le long de l'axe Québec-Montréal. » Les deux premières stations commerciales devraient être inaugurées en septembre 2018, une dans chaque ville.

Et pourquoi Toyota s'intéresse-t-elle au marché québécois pour implanter le tout-hydrogène ? Il faut d'abord savoir que l'hydrogène gazeux n'existe pas dans la nature. Il faut impérativement le générer en utilisant une source d'énergie. Une des méthodes pour produire l'hydrogène est l'électrolyse de l'eau grâce à laquelle on sépare les molécules de  $H_2O$  en hydrogène

## LES CARACTÉRISTIQUES DE LA MIRAI

**De taille comparable à la Camry, la voiture à hydrogène de Toyota offre une autonomie de 500 km avec un plein d'hydrogène réalisé en moins de 5 minutes, une puissance de pointe de 151 chevaux-vapeur et une accélération de 0 à 100 km/h en une dizaine de secondes.**



SCHEMA : TOYOTA

## PROPRE, L'HYDROGÈNE ?

En termes de gaz à effet de serre (GES), la production d'hydrogène n'est pas nécessairement blanche comme neige.

L'électrolyse de l'eau nécessite de l'électricité. Si celle-ci peut provenir de barrages hydro-électriques, d'éoliennes ou de panneaux solaires, elle peut aussi être générée par des centrales thermiques qui brûlent des combustibles fossiles, comme le gaz naturel ou le charbon. Pour la propreté de l'hydrogène, on repassera. Cela dit, ces usines devraient, un jour, capter et séquestrer leur  $CO_2$ , ce qui pourrait améliorer le bilan environnemental de l'hydrogène ainsi produit.

Mais, même propre, l'hydrogène d'origine électrique a un coût énergétique élevé en raison des nombreuses conversions qui entraînent

des pertes à chaque étape du processus.

Par exemple, depuis la centrale électrique jusqu'au moteur de la voiture, en passant par la production d'hydrogène, puis la régénération d'électricité dans une pile à combustible, les pertes sont de 75%. Il faut donc quatre kilowattheures d'énergie éolienne pour avoir un seul kilowattheure dans la voiture.

C'est pourquoi, pour le moment, il revient moins cher de produire de l'hydrogène par vaporemformage d'hydrocarbures. Cette méthode consiste, entre autres, à prendre du gaz naturel pour le faire réagir avec de la vapeur d'eau en présence de chaleur. On obtient alors le  $H_2$  désiré, mais aussi du  $CO_2$  ! À l'échelle mondiale, c'est actuellement la technique la plus courante pour générer de l'hydrogène.

(H<sub>2</sub>) et en oxygène (O<sub>2</sub>). Cet hydrogène est ensuite stocké et distribué.

Le hic, c'est que l'électrolyse de l'eau nécessite beaucoup d'électricité, de même que des métaux coûteux qui servent de catalyseurs. La méthode n'est intéressante que si on a une abondante source d'électricité bon marché – et de l'eau. Ce que l'on trouve au Québec, indique Stephen Beatty, vice-président et secrétaire général de Toyota Canada. « La province peut fournir beaucoup d'électricité propre pour produire de l'hydrogène par électrolyse de l'eau, estime-t-il. Le Québec est peut-être petit, mais c'est la province canadienne où le taux d'adoption des véhicules électriques est le plus élevé. »

## L'AUTO QUI N'A PAS FROID AUX YEUX

À l'Université du Québec à Trois-Rivières (UQTR), l'effervescence envers l'hydrogène se fait aussi sentir. C'est là qu'est installé l'Institut de recherche sur l'hydrogène (IRH) depuis le milieu des années 1990. « Toyota s'intéresse à nos travaux sur les piles à hydrogène et sur de nouveaux types de réservoirs », confirme Richard Chahine, directeur de l'Institut. Devant la fenêtre de son bureau, une éolienne de 10 kW tourne, juste à côté d'une station de remplissage d'hydrogène. « Elle sert pour nos recherches, précise le scientifique. C'est la seule station au Québec, pour le moment ! »

Ici aussi, on me propose un essai routier avec la version hydrogène du Tucson, véhicule utilitaire du fabricant coréen Hyundai. J'en profite pour jeter un œil sur la fameuse station de remplissage. Le pistolet de distribution ressemble à ceux des stations-services conventionnelles, à l'exception d'un mécanisme automatique de verrouillage pour assurer l'étanchéité lors du plein. « Pas besoin de formation spéciale, tout le monde pourra faire le plein de façon spontanée », m'explique Loïc Boulon, enseignant-chercheur en génie électrique et informatique à l'IRH.

Un plein ultra rapide, qui plus est : trois à cinq minutes pour remplir le réservoir, contrairement à quelques heures pour recharger les batteries d'un véhicule électrique.

Et contrairement à sa consœur à batteries, la voiture à hydrogène ne craint pas les basses températures. « Une voiture électrique est handicapée par le froid qui ralentit les réactions chimiques dans ses batteries, explique Loïc Boulon. Elles ne



## UN GAZ EXPLOSIF

Moins dense que l'air – et que l'hélium –, l'hydrogène a déjà été utilisé pour remplir l'enveloppe des grands dirigeables et les faire voler. Mais il a fallu l'écarter à cause de sa très grande inflammabilité, comme le rappelle la catastrophe du *Hindenburg*, en 1937. L'immense dirigeable allemand de 245 m s'était embrasé et entièrement consumé en moins de 40 secondes dans le ciel du New Jersey.

Voilà pourquoi l'hydrogène traîne une réputation « explosive » qui pourrait inquiéter les acheteurs de voitures. En cas d'accident, finira-t-on comme le *Hindenburg*? « Les gens avaient la même inquiétude lors de l'arrivée de la voiture à essence, rappelle en souriant Loïc Boulon, de l'Institut de recherche sur l'hydrogène. On travaille à concevoir des réservoirs en matériaux composites d'une extrême solidité qui résistent à la pression du gaz et qui gardent leur intégrité en cas d'accident. Le public peut être rassuré, ces réservoirs sont quasi indestructibles. »

peuvent ainsi livrer qu'une fraction de leur énergie pour rouler et chauffer l'habitacle. »

Chez Toyota, la Mirai a effectivement été conçue afin de pouvoir affronter le dur climat québécois. « Les piles à combustible doivent être humides pour produire de l'électricité, explique Jackie Birdsall, ingénieure sénior chez Toyota en Californie. Notre défi a donc été de les faire fonctionner sous le point de congélation. J'ai mené de nombreux tests à Yellowknife avec nos prototypes. Essentiellement, après chaque utilisation, la voiture purge sa pile à combustible de toute l'eau pour éviter le gel. C'est ce qui

lui permet de fonctionner au démarrage suivant. Même à -40 °C, la Mirai redémarre mieux que certaines voitures à essence. »

## LES DÉFIS

Avec autant d'avantages, pourquoi la voiture à hydrogène n'est-elle pas déjà présente sur les routes du Québec et du reste du monde? C'est avant tout un défi d'infrastructures. Une station de remplissage coûte au minimum 2 millions de dollars, car elle requiert un équipement spécialisé. C'est que l'hydrogène est capricieux. « Un seul kilogramme d'hydrogène occupe un volume si grand qu'il faudrait un réservoir de 90 L pour le contenir. Il faut donc le compresser, jusqu'à 700 fois la pression atmosphérique pour commencer à avoir une densité énergétique par volume comparable à celle de l'essence », explique Pierre Bénard, enseignant de physique à l'UQTR et chercheur à l'IRH.

Le prix à la pompe risque aussi d'en rebuter certains. En Californie, le coût en hydrogène pour franchir 100 km s'élève à 17,50 \$. En comparaison, la même distance coûte 13 \$ si on la parcourt avec une voiture à essence, et seulement 1,25 \$ avec un véhicule électrique à batterie.

Mais les efforts pour surmonter ce défi pourraient être payants à court terme pour le Québec. « L'intérêt de développer l'hydrogène chez nous se trouve surtout de l'autre côté de la frontière, avance Johanne Gélinas de TEQ. Déjà, le nord-est des États-Unis compte un certain nombre de voitures à hydrogène, qui devrait croître rapidement. Là-bas, l'hydrogène est surtout produit à partir de gaz naturel, ce qui entraîne l'émission de gaz à effet de serre. Avec notre potentiel hydro-électrique, nous pourrions devenir des producteurs d'hydrogène propre et le revendre pour alimenter les voitures américaines. Et pourquoi pas ailleurs dans le monde? »

Le Québec, la nouvelle Arabie de l'hydrogène? Si Toyota mène le bal dans le développement de la voiture à hydrogène, elle est talonnée de très près par Honda, BMW, Hyundai et Audi. Dès les premières stations de remplissage installées, les modèles de voiture à hydrogène pourraient bien se multiplier sur nos routes et celles du nord-est des États-Unis. La demande en hydrogène ira en augmentant et le Québec pourrait devenir un fournisseur incontournable. Encore des promesses de révolution...

Cette fois, est-ce la bonne? 🚗

SANTÉ MENTALE

# Un psy au bout



# QUE VOUS SOYEZ STRESSÉ, DÉPRESSIF OU DÉPENDANT, IL SUFFIRAIT DÉSORMAIS D'ACTIVER VOTRE TÉLÉPHONE INTELLIGENT POUR ATTÉNUER CES TOURMENTS. EN TOUT CAS, C'EST CE QUE PROMETTENT DES MILLIERS D'APPLICATIONS MOBILES. TROP BEAU POUR ÊTRE VRAI ?

Par Alice Mariette

## des doigts

**S**ouffrez-vous de dépression ? Il y a une application pour ça. Êtes-vous anxieux ? Stressé ? Il y a aussi une application pour ça. En fait, quel que soit votre problème, et même s'il est grave, il y a forcément une « appli » qui promet de le résoudre. Depuis le début des années 2010, les applications mobiles pour la santé mentale sont en plein essor, à tel point qu'il est impossible d'en faire un décompte précis dans les boutiques en ligne. Tout dépendant des sources, on estime qu'il existait entre 15 000 et 165 000 applications dans le domaine de la santé, en 2015. « Sur ce lot, environ 25% sont en lien avec la santé mentale. Il en existe donc plusieurs milliers et c'est le fouillis total », lance Stéphane Guay, directeur scientifique du Centre de recherche de l'Institut universitaire en santé mentale de Montréal.

Et l'offre répond à la demande. Déjà, en 2010, des chercheurs australiens révélaient que les trois quarts d'un groupe de 525 participants sondés en ligne étaient prêts à utiliser un téléphone intelligent pour l'évaluation et l'autogestion de leur santé mentale. Chez nous, près de 32% des Canadiens ont déclaré avoir « recours à une ou plusieurs applications mobiles

pour surveiller les aspects de leur santé », peut-on lire dans l'étude *Diffusion de la santé connectée au Canada* publiée en septembre 2017 par Inforoute Santé du Canada. Parmi les personnes interrogées, 14% ont utilisé ces outils pour « suivre leur humeur, leur état émotionnel, gérer leur stress », et 36% pour mesurer leur sommeil, entre autres.

A priori, rien de mal à cela. Sauf que la plupart de ces *mHealth Apps*, tel qu'on les désigne en anglais, ne sont pas testées scientifiquement et n'ont fait l'objet d'aucune validation empirique. L'arrivée massive de ces nouvelles technologies a donc de quoi faire frémir les professionnels de la santé. « Le nombre d'applis est phénoménal, surtout pour le stress. Elles vous apprennent à respirer, à écouter, à passer du temps avec votre chien ou que sais-je encore... Toutes sortes de choses sans aucun fondement scientifique », déplore Pierrich Plusquellec, professeur à l'École de psychoéducation de l'Université de Montréal (UdeM). Et au moment du téléchargement, personne n'est là pour guider le patient. « On trouve tout et n'importe quoi, confirme Stéphane Bouchard, titulaire de la Chaire de recherche du Canada en cyberpsychologie clinique à l'Université du Québec en Outaouais (UQO). Je peux inventer quelque chose sur les phases de la lune pour guérir la dépression, mettre cela sur l'App Store, le vendre 1 \$ et faire fortune. »

### AUTOPSIE D'UNE BONNE APPLI

Il faut dire que créer une appli digne de ce nom en santé mentale demande un travail titanesque, car la validation scientifique devrait, en théorie, se faire avec autant de rigueur que pour n'importe quel médicament. Un processus long et coûteux, bien connu des chercheurs, mais que des concepteurs n'hésitent pas à précipiter pour répondre à leurs objectifs financiers. Une étude menée par l'économiste de la santé et chercheur à l'université de Liverpool, Simon Leigh, révèle que seulement 15% des applications mobiles en santé mentale recommandées par le National Health Service britannique s'appuient sur des preuves empiriques. En outre, l'organisme américain Autism Speaks observe que, sur les quelque 700 applications offertes aux personnes ayant un trouble du spectre de l'autisme et leurs familles, seule une quarantaine ont recours de façon systématique à la recherche et la grande majorité n'est basée sur aucune étude. L'ennui, c'est qu'« une application mal conçue peut faire perdre du temps, car la personne ne va pas chercher l'aide dont elle a réellement besoin », explique Marc Lanovaz, professeur à l'École de psychoéducation de l'UdeM. Pis, des recommandations peu claires ou mal comprises peuvent renforcer l'intensité de certains comportements problématiques.

Cela étant dit, tous les concepteurs

## SANTÉ MENTALE

ne sont pas sans scrupules scientifiques. Prenez les trois jeunes fondateurs de la *start-up* montréalaise Mr. Young. Ils développent un robot conversationnel sur Facebook Messenger, qui dialoguerait avec les utilisateurs pour les aider à faire face au stress et qui favoriserait l'accès aux soins. « Nous n'avons aucune connaissance scientifique », admet d'emblée Arthur Degand, cofondateur, qui vient du monde de la finance. Qu'à cela ne tienne : leur outil ne sera pas lancé sans l'approbation du monde de la recherche. Voilà pourquoi les fondateurs se sont rapprochés de centres comme le laboratoire Santé mentale des jeunes et technologies situé au Centre de recherche du Centre hospitalier de l'UdeM. Ils ont dû aussi adapter leur discours : pas question de parler de « traitement » ou de « diagnostic », termes réservés aux professionnels, mais plutôt d'accompagnement et de support. « Cela prend du temps et de l'énergie », convient Édouard Ferron-Mallett, cofondateur. Malgré tout, ses collègues et lui n'en oublient pas les impératifs financiers. « C'est beau de faire de la recherche, mais sans un côté business, ton produit n'ira jamais très loin », lance Arthur Degand. En effet, concevoir une appli coûte cher, parfois plusieurs dizaines de milliers de dollars.

Et plus le temps passe, plus les dépenses grimpent. L'équipe derrière Mr. Young ne veut donc pas perdre une minute : si tout va bien, elle prévoit un lancement de son appli en avril 2018, à peine deux ans après le démarrage de ses activités. Une telle vitesse de croisière est impossible à atteindre pour les scientifiques ayant des aspirations similaires. « Nous, les chercheurs, ne sommes pas rapides comparativement à l'industrie », concède Stéphane Bouchard. À preuve, à l'UdeM, Pierrich Plusquellec et son équipe travaillent sur une application pour contrôler le stress chronique, nommée iSmart, depuis 2012 ! Et les derniers résultats ne sont pas encore publiés. Selon M. Plusquellec, peu de développeurs ont les moyens d'investir cinq ans de recherche pour une application mobile validée scientifiquement.

### COMBLER LE VIDE SANITAIRE

Pourtant, les applications mobiles, si elles sont bien conçues, pourraient jouer un rôle majeur dans le monde de la santé mentale. Facilement accessibles, les *mHealth Apps* seraient susceptibles de venir en aide aux personnes souffrant

d'un trouble mental, qui ne reçoivent pas le traitement dont elles ont besoin. Elles sont nombreuses : de 35 % à 55 % dans les pays à haut revenu et environ 85 % dans les pays à revenu faible ou intermédiaire, selon les estimations de l'Organisation mondiale de la santé qui, dans son plan d'action pour la santé mentale 2013-2020, préconise la « promotion de l'auto-prise en charge, par exemple grâce aux technologies électroniques et mobiles ».

Par ailleurs, les applications mobiles pourraient pallier les problèmes liés aux



« Nous n'avons pas le choix : le numérique est arrivé et nous devons tenter de l'intégrer en santé mentale. »

– Réal Labelle, professeur de psychologie à l'UQAM

délais de traitement. « Dans mon domaine, en trouble du spectre de l'autisme, les listes d'attente sont de plusieurs années », note le professeur Marc Lanovaz. C'est pour cette raison qu'il travaille actuellement sur l'application iSTIM, offrant des conseils aux parents. « Nous n'avons pas le choix : le numérique est arrivé et nous devons tenter de l'intégrer en santé mentale », affirme quant à lui Réal Labelle, professeur de psychologie à l'Université du Québec à Montréal (UQAM), à l'origine de l'application mobile PsyAssistance, un support aux professionnels et aux patients souffrant de dépression, qui se base sur les principes de la thérapie comportementale et cognitive. Du même

souffle, il rappelle que le gouvernement du Québec a annoncé, dans son dernier budget, un investissement de 5 millions de dollars dans une stratégie numérique pour la prévention du suicide. Il y a donc clairement une carte à jouer.

### SCEAU DE QUALITÉ

Est-ce que la création d'un label pour certifier les « bonnes » applications, à l'instar des aliments biologiques, peut être envisagée ? Aux États-Unis, l'Association des troubles anxieux dépressifs, l'ADAA, a mis sur pied un comité pour les évaluer. Mais, au Canada, aucune législation ni institution ne propose pour l'instant d'en baliser le développement. « Un label éthiquement responsable serait à valoriser, parce que les gens se retrouvent à utiliser n'importe quoi. Si on leur donne une étiquette fiable, ils vont choisir les bonnes applications », croit M. Plusquellec.

Encore faut-il savoir qui délivrerait cette certification. Santé Canada ? Un organisme privé et indépendant ? Stéphane Guay affirme que l'Institut universitaire en santé mentale de Montréal pourrait endosser ce rôle par l'entremise d'un futur Centre d'Intelligence Technologique en Santé mentale. Sous le nom d'AXEL, ce centre devrait voir le jour à Montréal au printemps 2018. Ses objectifs sont d'accélérer l'intégration des nouvelles technologies dans les soins en santé mentale et de guider la population. Cela en dehors de toute considération commerciale.

En attendant l'arrivée prochaine au Canada d'un sceau « Application mobile pour la santé testée et approuvée », il vaut mieux agir en consommateur responsable. L'appli téléchargée est-elle fondée sur au moins une étude ? Contient-elle des avertissements clairs, des contre-indications et des explications sur les effets secondaires ? Collecte-t-elle vos données ? Si oui, sont-elles cryptées (ce qui n'est pas toujours le cas) ?

Si l'application passe ce petit test, sachez qu'elle peut se révéler un « psy de poche » tout à fait acceptable. À preuve, des applications mobiles comme PsyAssistance peuvent d'ores et déjà agir comme complément à un traitement prescrit. Pourtant, à peine 1 % des cliniciens utilisent les nouvelles technologies dans leur pratique, selon Stéphane Guay. Alors le remplacement des professionnels par nos téléphones intelligents ? Ce n'est certainement pas pour tout de suite. 📱

# BOURSE FERNAND-SEGUIN 2018

Pour la relève en journalisme scientifique

**NOUVEAU** La valeur du 2<sup>e</sup> prix est doublée !

1<sup>er</sup> 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

2<sup>e</sup> PRIX :  
**8000\$**

+ 4 MOIS DE STAGE  
dans les médias  
participants

Date limite de participation  
**6 avril 2018**

Information  
et inscription  
[WWW.ACS.QC.CA](http://WWW.ACS.QC.CA)



# LE DEVOIR MOBILE, MAINTENANT DANS VOS PANTALONS.

D

Téléchargez l'application  
**Le Devoir Mobile**  
dès maintenant !



# Le système immunitaire, ce livre ouvert

Les agents infectieux ont façonné notre système immunitaire tout au long de son évolution. **Luis Barreiro** s'intéresse à cette relation de longue date entre les pathogènes et l'humain.

**L**uis Barreiro analyse l'histoire de l'humanité à travers un filtre singulier, celui du système immunitaire. « J'essaie de comprendre comment il s'est adapté au cours de l'évolution humaine. Nous pensons que les pathogènes ont été à l'origine d'une forte pression sélective », explique le professeur au département de pédiatrie de l'Université de Montréal et chercheur au Centre de recherche du CHU Sainte-Justine.

Et quelle pression ! Avant le développement des premiers vaccins à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle et l'avènement des antibiotiques au XX<sup>e</sup> siècle, l'espérance de vie était considérablement moins élevée qu'elle ne l'est aujourd'hui. Il y a à peine 100 ans, un homme pouvait espérer vivre jusqu'à 50 ans, en moyenne ! « À cette époque, il n'était pas rare de voir des gens mourir des suites de maladies infectieuses à 20 ou 25 ans. Dans la bataille qui oppose les pathogènes et leur hôte, les humains triomphaient moins souvent qu'aujourd'hui », illustre le lauréat de l'édition 2017 du Prix du jeune chercheur de la Société canadienne de pédiatrie pour ses travaux sur la génomique immunitaire et la génétique des populations.

## Lutte perpétuelle

Ce qui ne signifie pas que cette lutte soit terminée, bien au contraire. Encore de nos jours, les populations de par le monde sont exposées à une multitude d'agents infectieux qui « façonnent » leur système immunitaire. Par exemple, une personne qui contracte une grippe saisonnière est ensuite immunisée contre la souche qui l'a infectée.

Ces mécanismes d'adaptation laissent des traces lisibles dans les gènes. « À l'aide d'outils d'analyse génétique, nous regardons et identifions les régions du génome qui comportent ces signatures particulières. Cela nous permet de trouver, par exemple, un variant génétique très fréquent dans une population donnée et de le mettre en lien avec des spécificités en matière de réponse immunitaire », expose-t-il.

En 2016, avec des collègues d'universités américaines, il a d'ailleurs mis au jour les gènes responsables d'une telle différence entre les Américains d'origine africaine et ceux d'ascendance européenne. L'étude, publiée dans *Cell*, conclut que les premiers ont une réponse immunitaire aux infections beaucoup plus forte que les seconds. Pour expliquer ces contrastes, avancent



JEAN-FRANÇOIS HAMELIN

les chercheurs, il faut remonter à la préhistoire, il y a environ 60 000 ans, après que l'homme moderne eut quitté l'Afrique pour coloniser l'Europe, où les pathogènes étaient moins nombreux et de nature différente.


La forte réponse immunitaire des Afro-Américains a certainement joué un rôle clé dans leur survie. Aujourd'hui, elle n'est toutefois pas toujours avantageuse, puisqu'elle est souvent synonyme d'inflammation disproportionnée. « Plusieurs études épidémiologiques rapportent que les Afro-Américains sont plus susceptibles de développer des maladies inflammatoires et auto-immunes, comme la maladie de Crohn. C'est comme si leur système immunitaire était trop performant; qu'il réagissait excessivement », interprète Luis Barreiro.

Cela étant, dans cette étude, le bagage génétique n'expliquait que 30 % des différences observées. Les 70 % restants sont donc attribuables à d'autres facteurs.

## Le statut social, bon pour la santé ?

Toujours en 2016, le scientifique a justement mis le doigt sur l'un de ces facteurs, et pas le moindre : le statut social. Dans une étude publiée par *Science*, ses collaborateurs et lui ont prouvé que la hiérarchie sociale permet à elle seule de prévoir la nature des réponses immunitaires de macaques femelles, une espèce cousine de l'humain. Placées dans un même environnement, les femelles dominées ont démontré une réaction immunitaire bien plus exagérée que celle des dominantes. Mieux encore, les chercheurs ont manipulé le statut social de leurs cobayes afin de vérifier si leurs réponses s'ajusteraient à leur nouvelle position, ce qui a été le cas !

À terme, ces travaux pourraient notamment aider à mieux comprendre la réaction d'un individu donné à un vaccin. « Est-ce qu'un statut social plus bas nuit à la capacité de produire des mécanismes de défense immunitaire adéquats ? Peut-on ajuster les doses afin de maximiser leur efficacité ? Nous commençons à peine à étudier ces questions », indique-t-il. En parallèle, le chercheur tente aussi d'identifier d'autres mécanismes immunitaires qui diffèrent selon les groupes ethniques. « En ce moment, nous nous intéressons à l'une des rares populations de chasseurs-cueilleurs vivant toujours en Afrique. Nous voulons comparer leur réponse immunitaire à celle de populations qui ont fait la transition vers l'agriculture, un événement évolutif majeur », expose-t-il.

Cette effervescence intellectuelle a notamment valu à Luis Barreiro d'être reconnu comme l'un des 40 chercheurs de moins de 40 ans les plus prometteurs dans le monde en 2014 par la revue *Cell*. Surtout, elle lui attire de riches collaborations avec des chercheurs comme Jenny Tung, professeure au département d'anthropologie de l'université Duke et coauteure de plusieurs des publications de Barreiro. « En science, il y a des gens qui sont de grands penseurs, mais de petits faiseurs. D'autres, au contraire, adorent les détails, mais sont incapables de saisir le portrait général. Luis est à la fois capable de générer beaucoup d'idées et de les concrétiser », résume-t-elle. 

Par Maxime Bilodeau

# Les questions de Rémi Quirion

SCIENTIFIQUE EN CHEF DU QUÉBEC\*



CHRISTINNE MUSCHI

### R.Q. : Pourquoi avoir choisi ce champ de recherche ?

L.B. : Mon laboratoire étudie comment notre système immunitaire s'est adapté pour nous protéger contre les agents infectieux qui, tout au long de l'histoire, ont exercé une pression sélective massive, jusqu'à la mise au point de vaccins et d'antibiotiques. Cette question m'a toujours fasciné et, aujourd'hui avec mes collègues, je contribue à définir les bases génétiques et évolutives des réponses immunitaires qui varient entre les individus et les populations.

### R.Q. : Le lien entre hiérarchie sociale et réponse immunitaire soulève des questions éthiques. Comment envisagez-vous la poursuite de vos recherches à cet égard ?

L.B. : Nous savons depuis longtemps qu'il existe un lien entre l'adversité sociale, la santé et la mortalité. Les êtres humains ont inventé la forme de subordination la plus corrosive au monde : le statut socioéconomique. Aux États-Unis, on observe un écart d'une décennie ou plus dans l'espérance de vie des adultes se situant au sommet et au bas de l'échelle socioéconomique. Notre étude décrit des effets négatifs potentiellement importants associés à un faible statut socioéconomique : les changements dans le système immunitaire. Heureusement, ces changements sont réversibles si nous améliorons l'environnement et le statut social d'un individu.

### R.Q. : Que pensez-vous de la méfiance que nourrissent certains groupes envers la vaccination ?

L.B. : Il n'y a aucune raison d'avoir peur des vaccins. Chaque année, trois millions d'enfants sont sauvés par la vaccination; et deux millions meurent de maladies qu'un vaccin aurait pu éviter. Oui, il peut y avoir des effets secondaires, comme c'est le cas pour la plupart des médicaments que nous prenons. Mais ces effets sont bien connus et généralement bénins. Les vaccins et les antibiotiques figurent parmi nos plus grands progrès en santé publique. Les gens qui choisissent de ne pas vacciner leurs enfants mettent non seulement leur propre progéniture en danger, mais aussi celle des autres. La vérité est que les remèdes dits « naturels » ou « alternatifs » n'empêcheront pas les microbes d'infecter les gens. Le système immunitaire ne fonctionne pas ainsi.

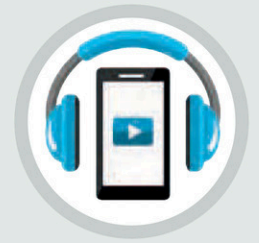
\* Le scientifique en chef du Québec conseille le gouvernement en matière de science et de recherche, et dirige les Fonds de recherche.

Québec   
Fonds de recherche – Nature et technologies  
Fonds de recherche – Santé  
Fonds de recherche – Société et culture

 scientifique-en-chef.gouv.qc.ca  
 facebook.com/RQuirion

# CULTURE

ÉMILIE FOLIE-BOIVIN  @efolieb



## ÉCOUTER

### Ça va, la vie ?

Dans son très intello balado *Waking Up*, le neuroscientifique, écrivain et philosophe Sam Harris se demande littéralement si la vie vaut la peine d'être vécue. Dans une longue conversation (près de deux heures!) avec le philosophe David Benatar, connu pour son intérêt envers l'anti-natalité, il aborde de front ce sujet assez controversé en explorant ce que signifie mener une « bonne vie », tout en évoquant l'impact de priver notre espèce d'une descendance. Troublant, cet épisode offre quantité de matière à réflexion pour soulever les débats lors d'un week-end au chalet entre amis.

**Waking Up, Sam Harris #107 – Is Life Actually Worth Living?**, 1 h 56, sur *iTunes, Soundcloud* et le site [samharris.org/podcast](http://samharris.org/podcast).

## VOIR



### Dans une galaxie assez loin de chez vous

Comment célébrer la vie, lorsque les humains sont les seuls êtres vivants à peupler l'Univers (du moins, jusqu'à preuve du contraire)? C'est le défi relevé par le Planétarium Rio Tinto Alcan dans sa toute récente production, *EXO*. Cette abréviation s'inspire des termes « exotisme » et, surtout, « exoplanètes », le terrain de jeu exploré au cours de cette projection d'une demi-heure. Le projet est né d'une tempête d'idées à laquelle ont participé des astrophysiciens, des astrobiologistes, des philosophes, des communicateurs scientifiques, des artistes visuels et même des musiciens.

À l'aide d'images créées de toutes pièces – mais appuyées par de véritables données – *EXO* souhaite montrer les endroits, en dehors de notre galaxie, où la vie pourrait exister. « L'Univers est assez hostile, mais quelques oasis sont potentiellement habitables. Le film illustre

comment on part à leur recherche et il utilise le public afin de l'aider à véritablement amorcer une réflexion à long terme sur le sujet après sa visite », explique Loïc Quesnel, communicateur scientifique au Planétarium Rio Tinto Alcan et scénariste d'*EXO*.

Ce spectacle immersif, narré par un animateur en chair et en os, lève le voile sur la démarche scientifique qui amène les chercheurs à estimer si l'une de ces innombrables planètes, en orbite autour d'une autre étoile que le Soleil, est plus susceptible d'accueillir la vie qu'une autre.

Les passionnés d'astronomie seront bien sûr en terrain connu, mais ils ne seront pas les seuls à sortir de la projection enchantés, si l'on se fie aux nombreuses exclamations émerveillées des ados dans la salle. (J'avoue que les miennes étaient tout aussi fréquentes et audibles!)

Comme quoi il est toujours fort agréable de recevoir une petite mise à jour sur les beautés insaisissables du cosmos. « C'est un sujet d'actualité, car notre génération, ou la prochaine, aura sûrement connaissance d'autres types de vie », note Loïc Quesnel.

En première partie de ce programme double, on présente *Demain l'espace* qui revient sur la conquête spatiale et présente les explorations futures. Bien que son image conçue pour un écran rectangulaire se trouve déformée par le dôme, on n'en reste pas moins abasourdi par l'ingéniosité investie dans ces projets à venir, qu'il s'agisse de remplacer l'actuelle Station spatiale internationale ou de construire des complexes hôteliers en orbite.

**EXO (30 minutes) et Demain l'espace (25 minutes)**, au Planétarium Rio Tinto Alcan, à Montréal, jusqu'au 15 avril. [www.spacepourlavie.ca](http://www.spacepourlavie.ca)





ICI EXPLORA

## Ni noir ni blanc

Peu de gens avouent d'emblée être racistes, mais le cerveau, lui, nous fait parfois poser des gestes qui trahissent nos préjugés inconscients. Présenté à l'occasion de la Journée internationale pour l'élimination de la discrimination raciale, le documentaire *Êtes-vous raciste?* montre comment la neuroscience révèle nos partis pris involontaires. On y voit un groupe soumis à une batterie de tests sous nos yeux... tout en testant simultanément nos propres impulsions racistes. Prise de conscience assurée.

**Êtes-vous raciste?**, le mercredi 21 mars, 21 h, ICI EXPLORA

## Traitement-choc

On ne se doute pas de l'impact de la vie moderne sur notre corps tant qu'on ne s'arrête pas pour décortiquer chacune de nos activités quotidiennes. On en saisit toute l'ampleur en visionnant le documentaire *24 heures dans le corps humain* qui nous plonge dans le quotidien de deux cobayes britanniques bardés d'électrodes. En prime, les commentaires des scientifiques suscitent une certaine introspection quand on comprend que même les changements les plus minimes (boire de l'eau plus souvent, modifier notre espace de travail, etc.) peuvent avoir des effets majeurs sur notre santé.

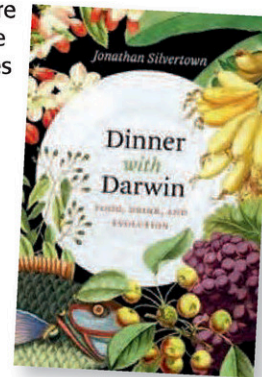
**Point doc : 24 heures dans le corps humain**, le lundi 26 février 2018, 20 h, à Télé-Québec

## LIRE

### Un autre genre de #foodporn

Ceux qui raffolent d'histoire naturelle seront servis avec *Dinner with Darwin: Food, Drink, and Evolution*, une invitation à observer comment notre relation avec la nourriture a influencé l'évolution des animaux et des végétaux que l'on met dans notre assiette. On y apprend entre autres comment la domestication des céréales a contribué à la survie de l'homme et pourquoi les fruits de mer ont joué un rôle important dans le peuplement de la planète. Le tout nous éclaire sur la manière dont la sélection artificielle peut changer le cours de l'évolution des espèces. L'auteur Jonathan Silvertown, professeur d'écologie évolutive à l'université d'Édimbourg, est un hôte attentionné et transforme ce menu roboratif en amuse-bouches tout à fait digestes... et dignes d'être partagés sur Instagram.

**Dinner with Darwin: Food, Drink, and Evolution**, par Jonathan Silvertown, University of Chicago Press, 232 p.

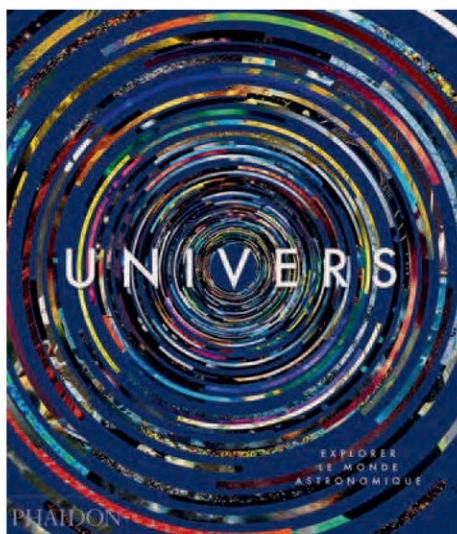
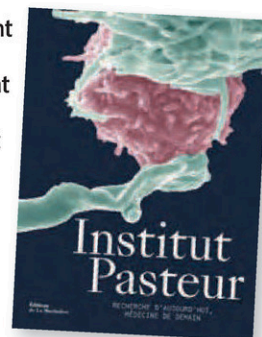


## LIRE

### À la santé de Pasteur!

Il y a un peu plus de 130 ans, Louis Pasteur marquait l'histoire de la microbiologie en mettant au point le vaccin contre la rage. Un succès qui conduira à l'ouverture de l'Institut Pasteur, en 1888. Le vénérable établissement célèbre en grand cet anniversaire en publiant un livre de référence illustré et extrêmement fouillé (bien qu'un brin chargé) rappelant l'importante contribution de Pasteur aux progrès de la santé publique. Le tout est si captivant que même ceux qui ont une peur bleue des vaccins ne pourront résister à l'envie d'y jeter un œil. Ce n'est pas rien.

**Institut Pasteur: Recherche d'aujourd'hui, médecine de demain**, collectif, éditions de La Martinière, 208 p.



## LIRE

### Un beau livre très spatial

Les fascinants mystères de l'infini n'en finissent plus de nourrir l'imaginaire collectif, comme on peut le constater en feuilletant *Univers*, véritable petit musée déguisé en beau livre. Ses quelque 300 illustrations permettent de saisir toute la beauté du cosmos, qu'il soit interprété par un artiste ou expliqué par un savant. Dans ce contexte, le manuscrit de la première femme ayant découvert une comète, le décor de *Star Trek*, une photo de météorites et les œuvres de Peter Doig et Olafur Eliasson sont rassemblés sous la même enseigne, et les courts textes explicatifs rendent cette singulière exploration spatiale encore plus notable.

**Univers: Explorer le monde astronomique**, avec une introduction de l'astronome Paul Murdin, Phaidon, 352 p.

# L'ACTUALITÉ SCIENTIFIQUE À LA PORTÉE DE TOUS



**ABONNEZ-VOUS À QUÉBEC SCIENCE!**  
[quebecscience.qc.ca/abonnez-vous](http://quebecscience.qc.ca/abonnez-vous)

**1 AN**  
**36 \$\***

**2 ANS**  
**58 \$\***

**3 ANS**  
**81 \$\***

Économisez jusqu'à 48 % sur le prix en kiosque



# L'énigmatique Louise Sigouin

**O**n me demande souvent quelles sont mes lectures, dans mes temps libres. Je n'ose jamais répondre, de peur de passer pour un illuminé. Récemment, je lisais *Lettres choisies du révérend père Pierre-Jean de Smet de la Compagnie de Jésus, missionnaire aux États-Unis d'Amérique, 1849-1857*, troisième édition, publié chez Mathieu Closson et Cie à Bruxelles et H. Repos et Cie à Paris en 1875. Cela ne se dit pas en public; cela tue la conversation. Mais, quand même, nous pouvons considérer ces lettres comme des *Relations des jésuites* d'une nouvelle génération, écrites 200 ans après les premières, à l'autre bout du continent. Ce sont 400 pages de commentaires sur les différentes nations indiennes de l'Ouest américain, depuis Saint-Louis jusqu'à Columbia dans le grand Oregon; des réflexions sur la religion et sur les mœurs des Indiens; des notes sur les Métis et les Canadiens (français). Le père de Smet était un Belge francophone et il a effectivement beaucoup œuvré parmi les Sioux Ogalalas, Yanktons, Santees et Brûlés. À l'ouest des Rocheuses, il a évangélisé aussi des nations amérindiennes qu'il trouvait plus « douces » que les Sioux : les Pend-d'Oreilles, les Nez-Percés, les Sans Poil, les Têtes Plates, les Cœurs d'Alène et les Cailloux (Cayuses). Cette robe noire voyageait de la rivière Roche-Jaune à la rivière Bouton de Rose en passant par la rivière à la Langue, les Dalles, la rivière Plate, les montagnes du Grand Loup, le Grand Désert, sans jamais s'étonner de l'existence de tous ces noms français en ces contrées peu explorées.

Mais que faisait là ce missionnaire ? Après avoir été chassés de l'Amérique par les Anglais lors de la Conquête, les jésuites y sont revenus en catimini au XIX<sup>e</sup> siècle. Pour éviter la colonie britannique du Canada, ils débarquèrent aux États-Unis, plus précisément à Baltimore. De là, ils rallièrent Saint-Louis avant d'essaimer dans les territoires des Plaines de l'ouest, dans les Rocheuses et jusqu'en Oregon. Les noms français de lieux, de

nations, de personnes qu'il note en cours de route, ce sont les Canadiens français, coureurs des bois et des plaines, trappeurs, guides et autres voyageurs qui les ont semés sur leur passage. Mais il y avait aussi des Iroquois francophones de Montréal et des Métis en provenance de la vallée de la rivière Rouge. Les guides du père de Smet sont généralement des francophones catholiques, mais ensauvagés, qui connaissent le pays et parlent les langues amérindiennes. Le père de Smet écrit : « Le Canadien ! Quel est l'endroit du désert, ou il n'ait pas pénétré ? [...] La peau du caribou et de l'orignal sont les matériaux, dont son palais




PASCAL BLANCHET

portatif est composé, et, pour me servir de ses propres expressions, il s'embarque à cheval avec sa femme et ses sept enfants et il débarque ou prend terre partout où il veut; il se trouve seul maître du pays (sic)... »

Au chapitre 29 de son recueil de lettres, il consacre 36 pages à la vie d'une certaine Louise Sigouin, morte en odeur de sainteté en 1852, au pays des Cœurs d'Alène, en Oregon. Louise Sigouin était la fille d'un chef de la nation Cœur d'Alène. Bien que décrivant avec moult détails sa vie de sainte, sa foi naïve et si intense, sa pauvreté, sa charité, son amour du prochain, ses dévotions, ses privations, sa mort édifiante, le père de Smet ne nous dit pas un mot sur son origine et son étonnant patronyme.

Être une Cœur d'Alène, fille d'un chef et s'appeler Louise Sigouin ? Je n'aurai pas assez de toute ma vie pour élucider ce mystère et je souhaite que de jeunes chercheurs se penchent sur la question : qui était ce Canadien français nommé Sigouin devenu chef parmi les Cœurs d'Alène vers 1840, dont la fille métisse deviendrait une sorte de Kateri Tekakwitha de l'Ouest ?

J'en saurai peut-être un peu plus quand j'aurai lu *Missions de l'Orégon et voyages aux montagnes Rocheuses aux sources de la Colombie, de l'Athabasca et du Sascatshawin, en 1845-46, par le Père P.J. de Smet de la Compagnie de Jésus, publié à Gand chez V. Vander Schelden en 1848*, dont le manuscrit se trouve à la bibliothèque de l'Université de Toronto qui l'a numérisé et mis en ligne.

Illuminé, vous disais-je ? 

# RÉTROVISEUR

L'HISTOIRE DES SCIENCES VUE PAR SATURNOME

L'eucalyptus est si présent en Californie qu'il est difficile de croire qu'il n'est sur le territoire que grâce à une petite poignée de gens. Voici une chronologie de son arrivée...



Au début, les eucalyptus se la coulaient douce en Tasmanie, une île au sud de l'Australie.



1865



Un fermier amateur de plantes exotiques, William Wolfskill, fut le premier à les importer, en Californie, il y a 150 ans.

1870

Plusieurs emboîtent le pas. Un certain Elwood Cooper en plante 80 hectares près de Santa Barbara. La forêt porte aujourd'hui le nom de Elwood Bluffs.

Ça pousse rapidement! On met en valeur les plaines désertes du sud de l'État et on vend le bois! C'est du génie!

1886



Cette plante peut tout soigner!!

Albert Kinney, nommé expert forestier de l'État, encourage vigoureusement la propagation de l'espèce, notamment grâce à un volumineux ouvrage sur le sujet.

1907

Et puis, il se développe une espèce de folie de l'eucalyptus. De nombreux investisseurs en plantent partout, s'imaginant un futur où tout est fabriqué avec son bois...



1913

Finalement, on se rend compte que ce bois, une fois séché, se tord et fend, ce qui le rend inutile.



1917



Mon «comb-over» est intact! Merci les eucalyptus!

Tout le monde est ruiné! Mais la plante demeure, les Californiens appréciant son esthétique, sa pousse rapide et sa capacité à protéger contre les vents.

2017

Cependant, 100 ans plus tard...



Les feux de l'été 2017 en Californie ont particulièrement fait parler d'eux, mais le phénomène est récurrent. Des incendies, en 1991, ont marqué les esprits.



Depuis, le pays est victime de graves feux de forêt. L'un d'eux fut particulièrement violent, l'été dernier.



La question est débattue en ce moment même, mais il est clair que l'introduction de l'espèce dans de nouveaux territoires en perturbe l'écosystème. Une histoire classique qui nous rappelle de penser avant de planter!





LES PRIX DU QUÉBEC  
culture • science

## APPEL DE CANDIDATURES JUSQU'AU 25 MARS 2018

Les organisations ainsi que les citoyens sont invités à proposer des candidatures au Prix du Québec, la plus haute distinction décernée par le gouvernement du Québec, en reconnaissance d'une carrière exceptionnelle en culture ou en science.

**8** PRIX  
CULTURELS

**6** PRIX  
SCIENTIFIQUES

### EN SCIENCE

LES CATÉGORIES SONT :

- **Prix Armand-Frappier**, en développement d'une institution de recherche ou en administration et promotion de la recherche;
- **Prix Léon-Gérin**, en sciences humaines et sociales;
- **Prix Lionel-Boulet**, en recherche industrielle;
- **Prix Marie-Andrée-Bertrand**, en innovation sociale;
- **Prix Marie-Victorin**, en sciences naturelles et génie;
- **Prix Wilder-Penfield**, en recherche biomédicale.

Par ailleurs, les chercheurs sont invités à poser leur candidature au **prix Relève scientifique**. Créé par le ministère de l'Économie, de la Science et de l'Innovation, ce prix est remis à une personnalité de 40 ans ou moins s'étant illustrée en sciences.

Pour plus de renseignements, visitez le [prixduquebec.gouv.qc.ca](http://prixduquebec.gouv.qc.ca).

## LA PROTECTION DU PUBLIC : NOTRE MISSION ET NOTRE ENGAGEMENT

L'Ordre assure la protection du public en agissant afin que les ingénieurs servent la société avec professionnalisme, conformité et intégrité dans l'intérêt du public.

