



**EXTRATERRESTRES**  
**SUR QUELLE**  
**PLANÈTE VIVENT-ILS?**



**DESTINATIONS GOURMANDES**  
**LE BOOM DU**  
**MYCOTOURISME**

# QUÉBEC SCIENCE

Juin-Juillet 2016



## Vacances!

**POURQUOI VOTRE CERVEAU**  
**DOIT LÂCHER PRISE**

**LES EXPLICATIONS**  
**DES NEUROLOGUES**

**AGRICULTURE**  
**LE VRAI**  
**POUVOIR DES**  
**MOUCHES**

**POLITIQUE**  
**OTTAWA MISE**  
**(ENFIN!) SUR**  
**LA SCIENCE**

6,45\$

06

JUIN-JUILLET 2016

7 8313 03815 6

PP 40065387

MESSAGERIE DYNAMIQUE 10682



PARCS QUÉBEC

CET ÉTÉ, VOYAGEZ JUSQU' AUX ORIGINES!



L'UNIVERS

LA VIE

NOS ANCÊTRES

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

 **Parc national  
de Miguasha**  
*Conserver. Protéger. Découvrir.*

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



## ASTRONOMIE

### 32 Sommes-nous seuls dans le cosmos?

Grâce aux percées technologiques, ainsi qu'à la volonté de chercheurs et de philanthropes enthousiastes, la quête de la vie extraterrestre est plus que jamais à l'ordre du jour.

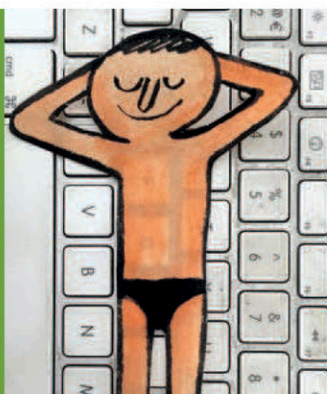
Par Mélissa Guillemette

En couverture

### 16 Le cerveau aussi a besoin de vacances

Les neurologues et les psychologues s'entendent: les vacances sont bonnes pour la santé des méninges. Mais afin d'en retirer tous les bénéfices, encore faut-il savoir décrocher.

Par Marie Lambert-Chan



PAGE COUVERTURE : JEAN-JULLIEN



## BIOLOGIE

### Planète champignon

Les champignons sont à la base de la vie sur Terre et les sciences biologiques sous-estiment leur rôle depuis trop longtemps.

Un dossier spécial de Joël Leblanc et Guillaume Roy

#### 22 Passionné de spores

Une entrevue avec J. André Fortin

#### 25 Le mystère de la morille de feu

#### 26 Le boom du mycotourisme

## ENVIRONNEMENT

### L'enjeu agricole

2016 a été proclamée Année internationale des légumineuses par les Nations unies. Une occasion pour prendre conscience de l'importance des enjeux agricoles. En voici quatre, glanés aux quatre coins de la Terre.

Un dossier de Mélissa Guillemette, Joël Leblanc, Nicolas Mesly et Bouchra Ouatik

#### 38 Inde: Le dérapage de la révolution verte

#### 40 Québec: Apatite, bactéries, mycorhizes et eaux usées

#### 42 Nigeria/Bénin/Manitoba: Le potager n'est pas plus vert chez le voisin

#### 44 Kenya: De la viande qui fait « bizz »



## RUBRIQUES

4 BILLET En finir avec l'égotourisme Par Raymond Lemieux 5 AU PIED DE LA LETTRE 48 À LIRE

## CHRONIQUES



9  
**Normand Baillargeon**  
Le paradoxe de Fermi



14  
**Jean-Pierre Rogel**  
Ce béluga a un nom



49  
**Jean-François Cliche**  
Un « spaghetti » de variables



50  
**Serge Bouchard**  
Une terre sans moustique ni pou

## ACTUALITÉS

## POLITIQUE

### 6 MISER SUR LA LA SCIENCE

La nouvelle ministre des Sciences, Kirsty Duncan parviendra-t-elle à réparer les pots cassés par ses prédécesseurs conservateurs?

Propos recueillis par Marc-André Sabourin



## GÉOLOGIE

### 11 BIENVENUE EN ANTHROPOCÈNE

La Terre a une histoire, même sans nous. Et les géologues vont décider cet été si nous sommes ou non à l'aube d'un nouvel âge.

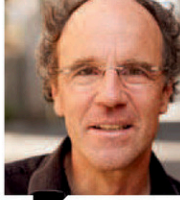
Par Raymond Lemieux

## MÉDECINE

### 12 LES PLUS PATIENTS DES PROFS

Les médecins apprennent beaucoup de choses à leurs patients. Mais l'inverse est aussi vrai. L'Université de Montréal l'a compris et a orchestré une innovation pédagogique sans précédent.

Par Martine Letarte



**Billet**

Par Raymond Lemieux

# En finir avec l'égotourisme

*Les vacances font du bien à notre moral, mais elles peuvent aussi nuire à l'environnement. Pourrait-on développer un tourisme durable?*

**L**e cri du loup rend la forêt bien mystérieuse. Dans les années 1990, des activités dites écotouristiques étaient organisées la nuit dans le parc national de la Jacques-Cartier, au nord de Québec, afin que des vacanciers puissent frémir en entendant les loups.

Cette initiative permettait aux gens d'aller à la rencontre du légendaire canidé, mais cela n'a pas été sans avoir un impact sur les meutes. Si *Canis lupus* hurle, c'est, entre autres bonnes raisons, pour avertir ses semblables de la présence d'intrus dans leur voisinage. Or, le touriste y était un intrus. Ainsi, dans un rapport remis à la Direction du développement de la faune, les biologistes Michel Hénault et Hélène Jolicœur, de la Société de la faune et des parcs du Québec, ont fait remarquer : « Des changements significatifs ont été observés dans le patron organisationnel de la meute. Le temps consacré à la surveillance des louveteaux a ainsi doublé après les sessions d'appels nocturnes [...]. On en déduit que le temps supplémentaire accordé par la meute à la surveillance des jeunes a été pris aux dépens du temps normalement accordé à la recherche de nourriture. » On comprend pourquoi « par principe de précaution » ces activités ont été ensuite abandonnées.

C'était pourtant de l'écotourisme ! « Tout le monde a l'idée d'un tourisme vert, mais il faut savoir que, même si cela n'est pas un tourisme de masse, il peut être dommageable », a tenu à rappeler Alain-Adrien Grenier, professeur au département d'études urbaines et touristiques à l'Université du Québec à Montréal (UQAM), lors d'un débat sur l'écotourisme qui se tenait au printemps dernier au Cœur des sciences, à Montréal. « Pour chacun, l'expérience de contact avec la nature est important, dit-il. Mais il faut se demander si on ne va pas trop loin. »

Trop loin? Les exemples pleuvent. De

décembre 2015 à février 2016, ce ne sont pas moins de 50 000 personnes qui ont débarqué en Antarctique, pour s'offrir une balade dans ce supposé dernier continent sauvage.

Au Burundi, on propose aujourd'hui d'aller à la rencontre des derniers gorilles de montagne. Coût: 800 \$ pour une heure. Oh! pardon, King Kong, pour le dérangement!

Près de 100 000 personnes visitent chaque année les fragiles îles des Galápagos, un archipel que l'UNESCO a inscrit sur la liste des sites en péril. En versant quelques milliers de dollars, les visiteurs peuvent nager avec les otaries et taquiner les iguanes. Au secours, Darwin!

Tout ça pour la photo. Pour la *selfie*. Pour pouvoir se pavaner dans un monde exotique. Se donner l'impression de vivre une aventure. Se jouer en vrai le documentaire animal. « Au prix que j'ai payé, j'ai le droit de marcher où je veux », a déjà entendu Alain-Adrien Grenier. Écotourisme? Égotourisme!

Ce n'est pas parce qu'on est en vacances qu'on a le droit d'être un mal élevé ou un délinquant écologique.

Un autre intervenant lors de la discussion du Cœur des sciences, Richard Remy, guide à Karavaniers, une agence de voyages d'aventure basée à Montréal, n'a pas de mal à admettre que le passage de touristes peut avoir de l'impact. C'est pourquoi il brandit une charte éthique. Mais il fait aussi valoir que l'accessibilité permet de créer un lien affectif avec la nature et les communautés rencontrées. C'est le bon côté de la médaille.

Que l'on se comprenne bien : prendre des vacances est bénéfique, prendre contact avec la nature également. Le reportage que nous vous proposons dans ce numéro vous le démontrera bien. Mais on n'est pas obligé de se trimballer sur toutes les rivières d'Amérique pour autant. Ni d'aller déranger les loups, les gorilles ou les manchots.

# QUÉBEC SCIENCE

JUIN-JUILLET 2016 VOLUME 54, NUMÉRO 8

**Rédacteur en chef** Raymond Lemieux  
r.lemieux@quebecscience.qc.ca

**Reporters** Marine Corniou, Mélissa Guillemette  
**Collaborateurs** Normand Baillargeon, Serge Bouchard, Jean-François Cliche, Marie Lambert-Chan, Joël Leblanc, Martine Letarte, Nicolas Mesly, Bouchra Ouatik, Jean-Pierre Rogel, Guillaume Roy et Marc-André Sabourin

**Édition** Hélène Matteau  
**Correcteur-réviseur** Luc Asselin

**Directeur artistique** François Émond  
**Photographes/illustrateurs** Louise Bilodeau, Frefon, Jean Jullien, Philippe Landreville, Nicolas Mesly, Sarah Mongeau-Birkett, Sonia Roy

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

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

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

**Impression** Transcontinental Interweb  
**Distribution** Messageries Dynamiques

## SERVICE AUX ABONNÉS

Pour vous abonner, vous réabonner ou offrir un abonnement-cadeau. [www.quebecscience.qc.ca](http://www.quebecscience.qc.ca)  
Pour notifier un changement d'adresse.  
Pour nous aviser d'un problème de livraison.  
[changementqs@velo.qc.ca](mailto:changementqs@velo.qc.ca)

1251, rue Rachel Est  
Montréal (Qc) H2J 2J9  
Tél.: 514 521-8356 poste 504  
ou 1 800 567-8356 poste 504

**Tarifs d'abonnements**  
Canada : 1 an = 35 \$ + taxes,  
États-Unis : 64 \$, Outre-mer : 95 \$

Parution : Mai 2016 (530<sup>e</sup> numéro)

Québec Science est publié par Vélo Québec Éditions  
Dépôt légal : Bibliothèque nationale du Québec,  
Bibliothèque nationale du Canada : ISSN-0021-6127  
Envoi Poste-Publications Convention n° 40065387.  
© Copyright 2016 – La Revue Québec Science. Tous droits de reproduction, de traduction et d'adaptation réservés.

Le magazine sert avant tout un public qui recherche une information libre et de qualité en matière de sciences et de technologies. La direction laisse aux auteurs l'entière responsabilité de leurs textes. Les manuscrits soumis à Québec Science ne sont pas retournés.

Indexé dans **repère**

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



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



**La Revue Québec Science**  
514 521-8356

[courrier@quebecscience.qc.ca](mailto:courrier@quebecscience.qc.ca)

[www.quebecscience.qc.ca](http://www.quebecscience.qc.ca)





**L'amour... éternel débat**

Notre dossier sur l'amour « Sommes-nous faits pour vivre en couple? » (avril 2016) a suscité d'intéressantes interventions, particulièrement autour de l'amour-passion. Ainsi, Jocelyn Beau-

dry fait une distinction : « Pour appeler un chat, un chat et par conséquent être vigilant, je préférerais dire que c'est l'amour-obsession qui serait problématique et non l'amour-passion. »

Quant à Benoit Otis, il prend le point de vue un brin cynique d'« un observateur hors circuit, c'est-à-dire non branché au réseau de transmission du virus de l'amour-passion », aux yeux duquel « ce grand amour peut apparaître comme une forme de désir maladif de possession poussant deux passionnés à s'appartenir l'un l'autre », et pose une question qui peut faire sourire... ou réfléchir : « Peut-on vraiment éviter de contracter cette maladie? Si l'amour-passion est synonyme de souffrance, se pourrait-il que la plupart des gens soient un peu masochistes? » Notre lecteur conclut en esquissant une double explication de la vie en couple : « Il peut s'agir d'un manque d'autonomie affective. On a toujours besoin de l'autre. On recherche une épaule sur laquelle appuyer son incapacité chronique de fonctionner par soi-même. [...] Inversement, les personnes qui se suffisent à elles-mêmes voient l'autre comme un supplément, plutôt qu'un complément. Le temps d'une relation, ces gens autonomes peuvent librement profiter du plaisir d'être ensemble, et partager un bonheur grandissant à mesure qu'ils se découvrent en tant que couple. »

**Économie de kilomètres**

Après la lecture de notre article qui traitait des efforts de l'industrie aérospatiale pour réduire ses émissions polluantes d'ici 2050, « Voler vers le futur » (avril-mai 2016), France Duchesne ouvre

la réflexion sur le présent : « Je ne peux m'empêcher de penser que, d'ici à ce que nous puissions profiter de ces nouvelles technologies, les transporteurs pourraient faire leur (grande) part en ce qui concerne la consommation de

carburant. Ils haussent rapidement leurs prix lorsque celui du pétrole augmente, mais ne sont pas très rapides pour modifier leurs trajets afin de réduire le nombre de kilomètres parcourus. Si on va directement à une destination, le billet coûte plus cher. Et comme la majorité des clients recherchent des billets au meilleur prix, les vols qu'on leur offre multiplient les correspondances... et les kilomètres. Il y a tout un système à repenser ici. »

**Parce que du sucre, c'est du sucre...**

« Votre article sur le sirop d'érable (« De la cabane au labo », mars 2016) est très intéressant, rappelle Michèle LaPalme,

mais attention! Pour les diabétiques, le sirop d'érable, ainsi que le miel d'ailleurs, est aussi nocif que les autres sucres. Du sucre, c'est du sucre, naturel ou non. »

**Précision**

À la page IV de notre section « La recherche dans le réseau de l'Université du Québec » (avril-mai 2016), nous avons inversé le nom des coauteurs de *Histoire de la médecine au Québec, 1800-2000*, publié chez Septentrion. C'est l'historien Denis Goulet qui est l'auteur principal de ce livre, une référence en matière d'histoire du système de santé québécois. Le professeur est à préparer *Boursiers d'Europe 1920-1959 en arts, médecine et sciences*, une histoire qui devrait nous éclairer entre autres sur la création d'une élite médicale et scientifique québécoise. Rappelons que M. Goulet est directeur du Groupe de recherche en histoire de la médecine et des institutions (GREHMI) et qu'il enseigne à la faculté de médecine de l'Université de Montréal et au département d'histoire de l'Université du Québec à Montréal.



**Prix du public – Découverte 2015**



En avril dernier, la chercheuse Salma Taktek, ingénieure en biotechnologie, recevait le prix des lecteurs « Découverte de l'année 2015 » des mains de Raymond Lemieux, rédacteur en chef, Québec Science. L'équipe de Mme Taktek, regroupant des scientifiques de l'Université Laval, de l'entreprise Premier Tech et de l'Université de Montréal, a découvert qu'une triple association entre les racines des plantes, les mycorhizes et des bactéries capables de solubiliser le phosphate pourrait remplacer les engrais chimiques agricoles. Photo de droite : de gauche à droite, première rangée : Hani Antoun, chercheur, Université Laval; Salma Taktek, la lauréate; André J. Fortin, chercheur, Université Laval.



Deuxième rangée : Jean-Claude Dufour, doyen, faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation, Université Laval; Marc St-Arnaud, chercheur, Université de Montréal; Yves Piché, chercheur, Université Laval; Martin Trépanier, Premier Tech; Robert Beaugard, doyen, faculté de foresterie, de géographie et de géomatique, Université Laval; Edwin Bourget, vice-recteur à la recherche et à la création, Université Laval.

Retrouvez les entrevues vidéo des 10 finalistes sur notre site [quebecscience.qc.ca/decouverte2015](http://quebecscience.qc.ca/decouverte2015).

# MISER SUR LA SCIENCE

*La nouvelle ministre des Sciences, Kirsty Duncan, est une... scientifique, ce qui n'est pas habituel en politique. Saura-t-elle réparer les pots cassés par ses prédécesseurs conservateurs?*

Après un créationniste, un avocat et un vendeur d'assurances à la tête du ministère canadien des Sciences, la nouvelle titulaire, Kirsty Duncan, a de quoi surprendre. Un doctorat en géographie! De l'expérience en recherche! Des amis scientifiques!

La femme de 49 ans veut ramener la science dans la prise de décision à Ottawa, redonner la parole aux chercheurs fédéraux et lutter contre les changements climatiques. Un virage à 180 degrés qui s'amorce à peine, comme en témoigne l'état de ses bureaux sens dessus dessous, où les visiteurs partagent la salle d'attente avec de vieux écrans d'ordinateur.

Québec Science s'y est rendu pour parler avec elle de son parcours étonnant – cette géographe a flirté avec la danse traditionnelle écossaise et fait des recherches en virologie – et, surtout, pour savoir comment elle compte atteindre ses objectifs ambitieux.

**Propos recueillis par Marc-André Sabourin**

**V**ous pratiquez la cornemuse et la danse traditionnelle écossaise, vous êtes géographe et politicienne. Pourriez-vous classer ces activités en ordre de préférence?

À une époque, l'art et la danse étaient tout ce qui comptait à mes yeux. Ça n'a pas fonctionné, alors j'ai opté pour la géographie, un sujet qui me passionnait. J'ai adoré ma carrière de scientifique, mes recherches, mes étudiants. Sauf que, aujourd'hui, ma vie, c'est la politique et elle me permet d'encourager la science.

**En 1992, vous avez lu un livre sur la grippe espagnole, une pandémie à laquelle vous avez ensuite consacré 10 ans de votre vie. Vous avez mis sur pied une expédition multidisciplinaire visant à exhumer les corps de six mineurs enterrés dans le pergélisol de Norvège en 1918, dans l'espoir de prélever des spécimens du virus. Étiez-vous géographe ou virologue?**

En une seule année, la grippe espagnole a fait plus de morts que la peste noire au Moyen-Âge; et plus de morts que tous les combats de la Première Guerre mondiale. Je ne suis pas virologue, ce n'est pas mon domaine d'expertise, mais quand j'ai appris ça, j'ai passé une année dans les entrailles de la bibliothèque de l'université de Toronto à lire tout ce que je trouvais sur le sujet. Ça m'obsédait! Je savais que les pandémies vont et viennent, et je voulais que nous soyons mieux préparés pour la prochaine. Avec un spécimen du virus, nous aurions pu tester des médicaments, créer un vaccin. Mais aucun n'avait été préservé depuis 1918. Alors j'ai tenté d'en récupérer un.

**Enfin, les six corps étaient en état de décomposition avancée et aucun spécimen de virus n'a été retrouvé. Vos détracteurs qualifient l'expédition d'échec. Est-ce le cas?**

Je suis très fière de cette expédition. J'y ai cru assez pour y investir 85 000 \$ de ma poche. À l'époque, c'était très difficile d'obtenir de l'argent pour la recherche multidisciplinaire; aujourd'hui encore, à bien y penser. Nous avons reçu un prix de l'American Biological Safety Association pour nos protocoles de sécurité. Tout s'est déroulé avec l'accord de la communauté de la région et dans le respect des conditions imposées par le gouvernement norvégien.

**Vous en avez tiré un livre, *Hunting the 1918 Flu: One Scientist's Search for a Killer Virus*, où vous écrivez qu'être une femme était un désavantage en science. Est-ce encore le cas?**

Je n'ai pas écrit que c'était un désavantage, mais un défi. Les femmes doivent affronter des difficultés dans chaque discipline où les hommes sont majoritaires, et la science ne fait pas exception. J'ai passé les 25 dernières années de ma vie à œuvrer pour que les jeunes femmes ne rencontrent pas les mêmes problèmes que moi en science, mais ça reste toujours difficile.

**Le sexisme et les politocalleries en science vous ont profondément affectée. Pourtant, en 2008, vous êtes entrée au Parlement, où le sexisme et les querelles politiques sont omniprésents. Pourquoi?**

Dans mes cours, j'enseignais les faits. La science, évidemment, mais je mettais continuellement mes étudiants au défi de changer le monde. Comment allez-vous améliorer votre



la recherche fondamentale jusqu'à la commercialisation des idées. Ce n'est pas l'une ou l'autre. Il faut donc s'assurer que les chaînons soient bien attachés, du début à la fin. Mon travail consiste essentiellement à soutenir la recherche, tandis que le ministre Bain travaille surtout du côté de l'innovation.

**Vous devez aussi soutenir vos collègues: l'une des tâches que vous a confiées le premier ministre Justin Trudeau est de réinsérer les considérations scientifiques au cœur du processus décisionnel.**

C'est un objectif louable, mais comment y parvenir? Peu de ministres ont des connaissances scientifiques. C'est un grand défi. Prenez les changements climatiques. Dès 1995, le Groupe d'experts international sur l'évolution du climat, le GIEC, a dit que le comportement des humains avait un impact sur le climat. Et ce n'est qu'en 2011 ou 2012 que le ministre de l'Environnement a reconnu que, oui, les changements climatiques constituent un problème! Nous avons des chercheurs fantastiques au gouvernement; j'ai travaillé avec plusieurs d'entre eux à Environnement Canada. Alors pourquoi ces données ont-elles été balayées du revers de la main? Il faut s'assurer que les preuves scientifiques se rendent jusqu'au cabinet des ministres.

**Certes, mais comment?**

La première annonce de ce gouvernement a été de réinstaurer le formulaire long du recensement, afin que nos politiques puissent se fonder sur des faits. Justin Trudeau m'a également demandé – et

**La ministre fédérale des Sciences, Kirsty Duncan: «La science est un continuum, depuis la recherche fondamentale jusqu'à la commercialisation des idées. Ce n'est pas l'une ou l'autre. Il faut donc s'assurer que les chaînons soient bien attachés, du début à la fin.»**

communauté? Votre environnement? Je me souviens d'un cours où je parlais des changements climatiques; où j'expliquais que les humains avaient une influence réelle sur le climat. Et j'ai compris que je ne pouvais plus rester les bras croisés.

**Quand vous étiez dans l'opposition, vous avez vivement défendu l'approche controversée du chirurgien italien Paolo Zamboni pour traiter la sclérose en plaques. Quelle est votre position aujourd'hui?**

PHILIPPE LANDREVILLE

Écoutez, toute ma vie, je me suis battue

pour que les décisions soient fondées sur des preuves scientifiques, et c'est ce que je vais continuer de faire. En ce moment, il y a des essais cliniques en cours. Attendons les résultats.

**Le premier ministre a déclaré que le «gouvernement croit en la science». Est-ce pour cela qu'il a nommé non pas un, mais deux ministres des Sciences – le ministre de l'Innovation, des Sciences et du Développement économique, Navdeep Bain, et vous?**

La science est un continuum, depuis

c'est l'une de mes priorités – de créer le poste de conseiller scientifique en chef, dont le rôle sera notamment de s'assurer que la science est accessible au public et qu'elle est considérée au gouvernement lors des prises de décision.

**Où en êtes-vous rendue, concernant ce dossier?**

J'ai discuté avec les conseillers scientifiques du Royaume-Uni, d'Israël, des États-Unis, de Nouvelle-Zélande et d'Australie pour connaître les meilleures pratiques. Au

Québec, j'ai rencontré le scientifique en chef Rémi Quirion à plusieurs reprises à ce sujet. Nous avons aussi consulté des chercheurs du gouvernement et j'ai contacté tous les députés et tous les sénateurs pour avoir leurs idées. Je peux vous dire que, depuis que je suis au Parlement, personne n'a jamais fait ça. Les consultations sont maintenant terminées; nous en sommes à l'analyse, et je n'utilise pas ce mot à la légère. C'est de la science administrative, et nous analysons les résultats.



**Et quand publierez-vous vos conclusions?**  
J'espère que nous pourrons ouvrir le poste d'ici quelques mois.

**Vous avez «démuselé» les scientifiques fédéraux. Mais reprendre la parole après 10 ans n'est pas facile. Comment allez-vous changer pour de bon la culture du silence?**  
C'est difficile. Nous comptons sur le futur

conseiller scientifique en chef pour s'assurer que les chercheurs du gouvernement puissent parler librement de leurs travaux.

**Qui le conseiller scientifique en chef servira-t-il, exactement? Le public, le gouvernement ou les chercheurs?**  
Ce sera clarifié lorsque nous aurons les résultats des analyses.

**Le dernier budget fédéral consacre 2 milliards de dollars sur trois ans au développement des infrastructures des universités et des collèges, mais seulement 95 millions de dollars par année pour les agences fédérales de financement de la recherche. De nouveaux labos, c'est bien, mais il faut de l'argent pour les utiliser...**

J'ai été très claire à ce sujet: nous ne répéterons pas ce qui s'est produit avec le programme d'infrastructures de 2008, où il y a eu des immeubles, mais pas d'argent pour la science. Au cours des dernières années, les agences de financement ont été affamées. Ces 95 millions, c'est le plus gros investissement qu'elles ont reçu en une décennie. Est-ce qu'il faudra en faire

plus? Oui. Mais je suis fière de ce début.

**Qui établira les priorités pour les recherches à financer: le gouvernement ou les agences de financement?**

Le gouvernement précédent a essayé d'usurper l'agenda scientifique. Laissez-moi vous donner un exemple. En 2006, 9% des fonds alloués par le Conseil de recherches en sciences humaines du Canada étaient conditionnels à la participation d'un partenaire privé. Aujourd'hui, c'est 37%! Cette hausse doit s'arrêter. Et il faut trouver un meilleur équilibre.

**Alors que l'échec peut faire partie de la démarche scientifique...**  
Absolument!

**... avez-vous le droit à l'échec en politique?**  
La seule façon de réussir, c'est de collaborer avec les chercheurs, de faire les choses ensemble. Mon rôle est d'écouter. Écouter et rassembler les gens, construire des partenariats. Ma promesse, c'est de travailler de toutes mes forces pour la communauté scientifique. **QS**



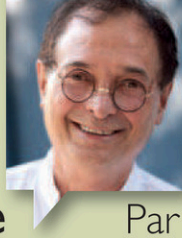
## LE DEVOIR VOTRE QUOTIDIEN COMME VOUS NE L'AVEZ JAMAIS LU.

À découvrir dans la nouvelle version de l'application :

- Une interface revisitée
- Une lecture intuitive dans un environnement épuré
- L'actualité bonifiée : des photoreportages saisissants

Téléchargez l'application, abonnez-vous et profitez du premier mois gratuit.





# LE PARADOXE DE FERMI

*Des êtres venus d'ailleurs auraient-ils pu voyager jusqu'à nous ?*

L'automne dernier, l'astronome Tabetha Boyajian et ses collègues, travaillant avec le fameux télescope Kepler utilisé pour rechercher des exoplanètes, ont observé, sur une étoile appelée KIC 8462852, des phénomènes lumineux qui leur semblaient ne pas avoir d'explication naturelle connue.

Diverses hypothèses ont aussitôt été émises pour expliquer ces extraordinaires manifestations. L'une d'elles, proposée par des chercheurs de l'université d'État de Pennsylvanie, laisse rêveur.

Ce qu'on a observé, suggèrent-ils, résulterait de l'ombre projetée par une mégastucture construite par une civilisation très en avance sur la nôtre dans le but de combler ses immenses besoins énergétiques. Une telle structure hypothétique est appelée « sphère de Dyson », du nom de Freeman Dyson, l'éminent physicien qui en a avancé l'idée dans les années 1960.

L'audacieuse conjecture a bien entendu fait abondamment parler et intensément vibrer le monde du programme de recherche d'intelligence extraterrestre Search for Extra-Terrestrial Intelligence (SETI), aux États-Unis. Ce programme a eu, et a toujours, de très sérieux et convaincants défenseurs, à commencer par un de ceux qui l'ont mis en place, le regretté astronome Carl Sagan.

Mais d'autres scientifiques ont présenté, contre l'idée de l'existence de civilisations extraterrestres pouvant communiquer avec nous, divers arguments dont l'un, peut-être le plus fameux, est connu sous le nom de paradoxe de Fermi.

Enrico Fermi, à qui on doit le mot « neutrino », est l'un des grands physiciens du XX<sup>e</sup> siècle. Le paradoxe qui porte son nom lui est venu durant une conversation informelle avec des collègues du Projet Manhattan, à l'heure du lunch, sur

la possibilité d'une vie intelligente extraterrestre. Des êtres venus d'ailleurs auraient-ils pu voyager jusqu'à nous ? On pourra être intuitivement tenté de répondre par l'affirmative à cette question, en se rappelant qu'il y a tant de galaxies, contenant tant de planètes, qu'il doit très certainement s'en trouver une, et même plusieurs, où ont pu se développer la vie, puis la vie intelligente et enfin les moyens de voyager jusqu'à nous.

Cette intuition a été précisée en 1961 par Frank Drake, un autre des fondateurs du SETI, et l'équation qui porte son nom est probablement, avec le paradoxe de Fermi, la proposition de recherche la plus connue concernant la vie extraterrestre.

Le nombre auquel aboutit cette équation désigne celui des civilisations, dans notre galaxie, avec lesquelles la communication serait possible. En termes simples, les facteurs qui le déterminent comprennent le taux de formation des étoiles; la probabilité qu'elles ont des planètes où la vie est susceptible d'être apparue; celle que des êtres intelligents s'y trouvent et qu'une civilisation disposant de

technologies de communication avec d'autres mondes s'y est développée; ainsi que des estimations de la durée de vie d'une telle civilisation.

Comme on l'imagine, le nombre (N) varie évidemment et même grandement selon les valeurs qu'on attribue aux facteurs considérés. Mais avec des estimations jugées assez raisonnables de 10% pour chacun de ces facteurs, on arriverait à un nombre immense (un million ?) de planètes dont les habitants seraient capables de communication radio !

C'est à un argumentaire de ce genre que réagit Fermi en posant la question, sur d'hypothétiques extraterrestres dotés de technologies avancées, qui constitue son fameux paradoxe :



# Autodéfense intellectuelle

« Mais alors, où sont-ils ? » Autrement dit, s'ils sont si nombreux, s'ils ont eu tant de temps pour développer leurs technologies, s'ils sont venus jusqu'à nous, comment expliquer qu'on ne les voit nulle part, alors qu'ils devraient être si répandus ? (La remarque est fine. Le paradoxe admet les prémisses d'une position et arrive ensuite à une conclusion précisément contraire à celle que ses partisans voulaient en tirer !)


Naturellement, pour certaines personnes, le paradoxe est facilement résolu : les extraterrestres sont déjà parmi nous ! D'ailleurs, toute une industrie vit de cette croyance qui alimente notamment l'idée que les gouvernements cachent des informations. L'affaire de Roswell (en 1947, un ovni se serait écrasé au Nouveau-Mexique) est souvent citée à ce propos. On y trouve toutes les failles argumentatives et méthodologiques des pseudosciences : méconnaissance des faits; interprétation sélective et même fabrication de données; construction, sur cette fragile base, de spéculations gratifiées du nom de « théories »; accusation de collaboration avec les pouvoirs, etc.

**Nous pourrions avoir disparu avant même d'entrer en contact avec une autre intelligence, laquelle se serait probablement déjà autodétruite.**

D'autres solutions existent et un ouvrage récemment réédité du physicien britannique Stephen Webb (*If the Universe Is Teeming With Aliens... Where Is Everybody?*) en énumère... 75 ! Certaines sont plausibles; d'autres, déprimantes. Considérez celle-ci : si un seul des facteurs de l'équation de Drake a pour valeur 0, alors nous sommes seuls dans l'Univers.

Durant un débat avec Carl Sagan sur le programme SETI, Ernst Mayr, l'un des plus importants biologistes du XX<sup>e</sup> siècle et qui était critique

de ce projet, rappelait que nous ne disposons que d'un seul exemple d'une intelligence d'un niveau supérieur : le nôtre. Nous devrions donc, en réfléchissant au paradoxe de Fermi, tenir compte de ce que nous apprend cet exemple. Or, constate Mayr, il nous suggère que cette intelligence est tout à fait capable de s'autodétruire, voire que cela est probable. De sorte que nous serons disparus avant d'entrer en contact avec une autre intelligence supérieure, laquelle se sera de toute façon probablement déjà autodétruite.

On souhaite pouvoir lui donner tort. 


## VOUS ENSEIGNEZ LES SCIENCES EN 4<sup>e</sup> SECONDAIRE ? Utilisez les outils pédagogiques de **Québec Science** !



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

Cliquez sur [www.quebecscience.qc.ca/pedago](http://www.quebecscience.qc.ca/pedago)

Économie, Science  
et Innovation

Québec 

**QUÉBEC SCIENCE**

# BIENVENUE EN ANTHROPOCÈNE

*La Terre a une histoire, même sans nous. Et les géologues vont décider cet été si nous sommes ou non à l'aube d'un nouvel âge.*

Par Raymond Lemieux

Note : Cet article a été rédigé au début de l'Anthropocène à la fin du Quaternaire dans l'ère Cénozoïque de l'éon du Phanérozoïque, en avril 2016 du calendrier chrétien.

La planète est ni plus ni moins en train de basculer dans un nouvel âge géologique. Ce serait la faute à *Homo sapiens* qui serait ainsi considéré comme une « force géologique ». Le début d'un temps nouveau ?

C'est l'Union internationale des sciences géologiques (UISG) et sa Commission internationale de stratigraphie qui devraient décréter, au mois d'août prochain, l'établissement de ce nouvel échelon dans le tableau du temps; une idée qu'avait déjà évoquée, en 1995, le prix Nobel de chimie Paul Crutzen.

Le géologue Michel Lamothe, directeur du département des sciences de la Terre et de l'atmosphère à l'Université du Québec à Montréal (UQAM), suit de près ce débat. « Le calendrier des temps géologiques est une construction complexe », dit ce spécialiste du Quaternaire. « La détermination des époques se fonde notamment sur des "coupures" importantes, telles que disparition ou apparition d'espèces »,


explique-t-il. Par exemple, la fin de l'Archéen (il y a 2,5 milliards d'années) correspond à l'émergence des bactéries; l'Orosirien (il y a 2 milliards d'années) a vu apparaître les premiers eucaryotes, des organismes plus complexes dotés d'un noyau cellulaire et porteurs de mitochondries; l'Homérien (il y a 430 millions d'années) a connu l'avènement des premières plantes terrestres; et la fin du Crétacé (il y a 65 millions d'années) correspond à l'extinction des dinosaures.

Aujourd'hui, nous sommes en pleine ère de l'Holocène, et ce, depuis la fin de la dernière glaciation, survenue il y a 11 700 ans. « Nous assistons à un changement majeur, de nature anthropogénique, constate Michel Lamothe. La pollution des lacs, des rivières et des eaux souterraines, ainsi que la hausse du niveau marin, l'augmentation des températures, de même que la pollution de l'atmosphère par les gaz à effet de serre en sont des signes. Pas de doute là-dessus. »

Mais à quand situons-nous le début de cette époque? Doit-on fixer le point

de bascule en l'an 1800, aux origines de la révolution industrielle ou au début du Néolithique, il y a 11 000 ans, lors de la sédentarisation des humains? Peut-être en 1945, à l'explosion de la première bombe atomique? C'est à cette question que les géologues devront répondre d'autant plus que ce sont tous des événements lisibles dans les couches terrestres et qu'ils sont tous des signes propres à l'activité humaine. Déjà, un chercheur français, Maurice Fontaine, avait proposé au début du siècle dernier de définir un âge du Molysmocène (*moly* pour « déchets »), puisque nous générons maintenant plus de déchets que de restes humains.

« Quoi qu'il en soit, on insérerait une deuxième époque dans l'interglaciaire actuel, dit Michel Lamothe. Mais ce ne sera pas facile de défendre cette idée, surtout que le milieu des stratigraphes est très conservateur. À mon avis, on devrait considérer, pour l'instant, l'Anthropocène comme une sous-époque de l'Holocène et l'utiliser de façon infor-

melle. En fait, la plus grande utilité de cette nouvelle appellation – et surtout du *buzz* que cette opération suscite – est de faire prendre conscience aux gens que la Terre est fragile et que c'est l'Homme qui est responsable des modifications qu'elle subit présentement. Cet apport est foncièrement positif. En tant que scientifiques inquiets de l'évolution des choses, ce débat nous aide. » 

## LES ÂGES DE LA TERRE

La nuit des temps sur Terre, c'est l'Hadéen. Le mot vient de Hadès, le nom du dieu de l'enfer chez les Grecs. Il désigne la première période géologique de la planète, soit celle de sa formation qui a commencé il y a 4,6 milliards d'années et qui s'est terminée il y a 4 milliards d'années.

Trois éons suivent ce grand moment. Les éons sont les très grandes périodes de la formation du monde, divisées en ères qui sont, à leur tour, subdivisées en époques, puis en périodes. L'éon de l'Archéen, témoin de l'apparition de la vie et de l'émergence des continents, s'étendait il y a 4 milliards jusqu'à 2,5 milliards d'années; le Protérozoïque, qui voit la complexification des organismes, durera ensuite jusqu'à 540 millions d'années avant nous. Puis l'éon du Phanérozoïque, qui a commencé avec le Cambrien, annonce l'extension de mers peu profondes. La température moyenne planétaire était alors de 5 °C plus élevée qu'aujourd'hui.

La vie complexe se développe à partir de l'éon Phanérozoïque qui comprend trois ères: le Paléozoïque, le Mésozoïque et le Cénozoïque. Jadis, elles étaient appelées ères primaire, secondaire et tertiaire. Ces grands pans de l'histoire s'échelonnent depuis il y a 540 millions d'années jusqu'à aujourd'hui et concernent les périodes du Cambrien, de l'Ordovicien, du Silurien, du Dévonien, du Carbonifère, du Permien, du Trias – qui a vu les premiers dinosaures –, du Jurassique – avec l'apparition des fleurs –, du Crétacé, du Paléogène, du Néogène et du Quaternaire. Les célèbres fossiles de Miguasha, en Gaspésie, datent du Dévonien (il y a 380 millions d'années).

L'Union internationale des sciences géologiques s'est permis de redéfinir le Quaternaire. Considéré d'abord comme une ère, il est maintenant catégorisé comme étant une période.

# LES PLUS PATIENTS

*Les médecins apprennent beaucoup de choses à leurs patients, aussi vrai. L'Université de Montréal l'a compris et a orchestré une*

Par Martine Letarte

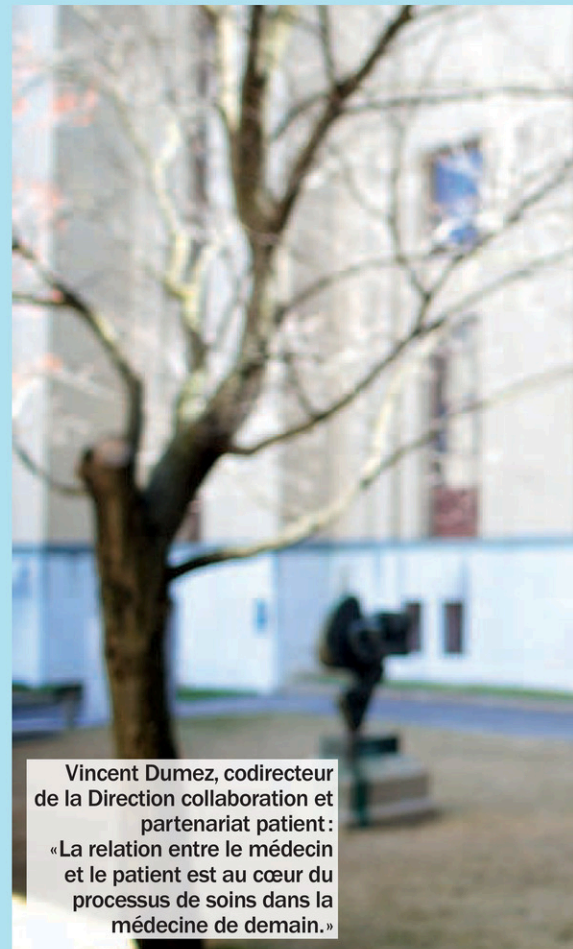
**S**i l'on en croit les chiffres de l'Organisation mondiale de la santé, médecins et patients ne se comprennent tout simplement pas. Plus de la moitié des malades chroniques ne suivent pas le traitement prescrit ou le suivent mal. Mais c'est souvent, nous dit l'Organisation, parce que le plan de traitement du médecin n'a pas été réalisé de concert avec le patient.

Pour remédier au problème à sa source, l'Université de Montréal (UdeM) intègre désormais des patients à son personnel enseignant. En effet, qui mieux qu'un malade peut déceler les failles «pratico-pratiques» dans le raisonnement d'un futur médecin?

Vincent Dumez est un pionnier de ce qu'on appelle désormais l'approche du patient partenaire. Le système de santé québécois, il le connaît sous toutes ses coutures. Hémophile, il savait déjà s'autotransfuser à six ans et pouvait reconnaître quand il était nécessaire de se rendre aux urgences. À 15 ans, dans le contexte du scandale du sang contaminé, il contracte le VIH et les hépatites A, B et C. Il estime, une fois tous ses séjours additionnés, avoir passé un total de quatre ans dans les hôpitaux.

Devenu consultant en management, il rencontre, lors d'un mandat professionnel, le docteur Jean Rouleau, alors doyen de la faculté de médecine de l'UdeM. C'était en 2010. «En discutant, raconte Vincent Dumez, nous avons réalisé que nous partagions la même vision de la médecine de demain; une vision où la relation entre le médecin et le patient est au cœur du processus de soins. En considérant le patient non pas comme quelqu'un qu'il faut prendre en charge, mais comme quelqu'un qui détient un savoir ayant de la valeur, on a beaucoup plus de chances de le mobiliser dans le processus de soins.» Avec, au bout du compte, de meilleurs résultats pour tout le monde.

Vincent Dumez quitte alors son travail de consultant et se consacre au développe-



Vincent Dumez, codirecteur de la Direction collaboration et partenariat patient: «La relation entre le médecin et le patient est au cœur du processus de soins dans la médecine de demain.»

ment de l'approche du patient partenaire à la faculté de médecine de l'UdeM, où il est aujourd'hui codirecteur de la Direction collaboration et partenariat patient.

Depuis, l'université a recruté et formé des centaines de patients partenaires. En plus de participer aux cours magistraux, certains font aussi du mentorat auprès des futurs professionnels de la santé.

Le résultat est étonnant. Reprenons-nous à un matin de février dernier. Simultanément, les quelque 1 500 étudiants de tous les programmes de santé de l'UdeM travaillent en petits groupes interdisciplinaires, avec un professionnel de la santé et un patient partenaire. Un

# DES PROFS

*Mais l'inverse est innovation pédagogique sans précédent.*



SARAH MONGEAU-BIRKETT

cas fictif est présenté, celui d'un jeune Autochtone amené à l'hôpital à la suite d'un accident lui ayant causé des blessures mineures. Mais l'adolescent présente également de multiples problèmes de santé, dont une dépendance aux drogues et une lésion pré-maligne dans la bouche, en plus de souffrir du diabète de type 2. La clinicienne attirée à l'un des groupes, Céline Huot, pédiatre endocrinologue au CHU Sainte-Justine, demande donc aux étudiants qu'elle encadre lequel, parmi ces problèmes de santé, devrait être traité en priorité.

« Il faut demander au patient, lance une étudiante en travail social. C'est toujours

lui qui décide, sinon, on n'arrivera à rien. » Mais lorsque des étudiants suggèrent de discuter avec le jeune homme de son alimentation pour mieux contrôler son diabète, le patient partenaire du groupe intervient: « Enseigner à quelqu'un comment contrôler son diabète, c'est un très long processus. On ne peut pas dire à un jeune à peine sorti de l'adolescence de bien s'alimenter et s'attendre à des résultats instantanés. C'est extrêmement difficile de contrôler son diabète. Personnellement, en ce moment, je trouve ça pire à gérer que ma fibrose kystique. »

Non seulement l'approche du patient partenaire a maintenant gagné le secteur

de la recherche mais, dans plusieurs établissements de santé du Québec, des Centres d'hébergement et de soins de longue durée (CHSLD) entre autres, les patients ont part aux prises de décision, particulièrement dans des comités de consultation et en contrôle de qualité. Même le Collège des médecins a pris le virage. Il intègre depuis peu la participation des patients dans la mise en application des nouveaux actes accordés aux pharmaciens et aux infirmières. « La présence du patient vient changer toute la dynamique », affirme Jean-Bernard Trudeau, secrétaire adjoint du Collège des médecins du Québec.

Les universités à l'étranger s'intéressent de près à cette approche révolutionnaire, souvent surnommée « approche Montréal ». En France, par exemple, la faculté de médecine de l'Université Paris 13 travaille à déterminer dans quelle mesure la perspective du patient peut contribuer à la formation des futurs médecins.

Aux États-Unis, Barbara Brandt, directrice du National Center for Inter-professional Practice and Education, au Minnesota, regarde avec envie l'approche de l'UdeM. « C'est un programme unique dans le monde en raison de l'engagement majeur de cette université à intégrer les patients à la formation, à les rémunérer, à les traiter d'égal à égal avec les membres de la faculté », dit-elle. Déjà, à l'université Thomas Jefferson de Philadelphie et à l'université du Minnesota, des patients sont invités à témoigner en classe. C'est un début. Mme Brandt est consciente qu'il y a encore beaucoup de chemin à faire avant que, à l'échelle du pays, des patients partenaires soient intégrés aux cursus universitaires. « Montréal est une grande inspiration en matière de formation à l'échelle nationale, reconnaît-elle. Mais c'est très difficile pour nous d'en faire autant, parce que cela nécessite beaucoup de ressources, ainsi que de logistique. Et parce que l'approche vient transformer des mentalités. » **CS**



# CE BÉLUGA A UN NOM

*Cinquante nuances de blanc et des entailles subtiles. L'« album de famille » des bélugas du Saint-Laurent est devenu un précieux outil pour la science.*



PHOTOS : GREMM

**L**orsque Leone Pippard, photographe et journaliste indépendante de Toronto, a découvert l'estuaire du Saint-Laurent, au début des années 1970, elle s'est mise à photographier ces petites baleines que les pêcheurs locaux appelaient encore « marsouins ». Établie près de Pointe-Noire, à l'embouchure du Saguenay, elle s'est vite rendu compte de deux choses.

La première était que, s'il était difficile de distinguer entre elles ces baleines toutes blanches, qui ne sautaient pas commodément hors de l'eau et ne levaient pas la queue, on y parvenait tout de même. La seconde, c'est que, été après été, elle reconnaissait les individus, ce qui signifiait probablement que la population n'était pas très nombreuse. « Leone a tout de suite vu qu'il fallait protéger les bélugas et elle a été la première à lancer l'idée d'un parc marin, raconte le biologiste Robert Michaud, directeur du GREMM (Groupe de recherche et d'éducation sur les mam-

mifères marins). Elle a aussi démontré qu'on pouvait les identifier individuellement. En 1984, elle m'a confié tous ses négatifs et ses dessins. Avec mon patron de l'époque, Pierre Béland, nous avons commencé à monter ce que nous appelons l'album de famille. »

L'album de famille contient aujourd'hui plus de 800 descriptions de bélugas identifiés sur des photos par des signes distinctifs (une marque sur un flanc, un blanc très pur ou, au contraire, un peu jaunâtre, de petites encoches sur la crête dorsale, etc.). Ce catalogue, aujourd'hui informatisé, se double de celui des bélugas retrouvés morts, dont une bonne partie ont été autopsiés dans le cadre du suivi de santé des bélugas. En s'appuyant sur le catalogue



Flippo, un béluga adopté par le magazine *Québec Science*, en 1994.

des vivants, le GREMM a lancé une campagne de financement *Adoptons un béluga*. En 25 ans, moyennant chacun un don de 5 000 \$, plus de 140 petites baleines blanches ont ainsi été parrainées.



Dessins de Leone Pippard

Mais cette banque de données est aussi devenue, au fil du temps, un instrument de recherche. « En nous limitant aux cas pour lesquels nous possédons une identification fiable, nous avons autour de 350 individus bien répertoriés. Pour chacun, s'enthousiasme Robert Michaud, nous pouvons estimer son âge et son sexe; nous connaissons les secteurs qu'il fréquente et en quelle compagnie; nous pouvons les suivre au fil des années et constituer des lignées familiales. C'est une fenêtre extraordinaire sur le comportement de ces mammifères ! »

Alors, par exemple, qu'est devenu Flippo, un béluga fièrement adopté par le magazine *Québec Science*, en 1994? Reconnaissable aux deux profondes cicatrices de son pédoncule droit, cette femelle a été observée pour la première fois en 1977 par Leone Pippard et a été vue pendant quelques années, puis elle a disparu. Le catalogue rend compte précisément de cette dernière rencontre: « Le 18 juillet 1997, nous croisons une dizaine de bélugas au large de l'île Verte. Dans ce groupe constitué d'adultes, de jeunes et d'un veau de l'année, nous repérons Flippo. Le troupeau se scinde en plusieurs groupes dispersés de deux à trois individus. Le vent commence à se lever, nous décidons donc de nous diriger à la tête du troupeau pour recueillir le plus grand nombre de données avant de quitter le site. » Qu'est-il arrivé à Flippo depuis? L'hypothèse la plus vraisemblable est qu'elle est morte, puisque cela fait près de 20 ans qu'on ne l'a pas vue et qu'elle avait déjà une trentaine d'années quand on l'a repérée la dernière fois.

Chaque béluga répertorié possède un nom. Des municipalités, des entreprises et des écoles ont adopté des baleines, des collectifs se sont formés dans ce but comme pour adopter récemment Athéna, une femelle adulte « régulière » du Saguenay. Dans la liste, les prénoms sont nombreux, allant de Loulou à Delphine, Élisabeth, Albert, Pablo, Pénélope, Coco, et Charlotte (ce dernier étant en fait un mâle, comme Loulou: le sexe a été établi après l'adoption). Et puis il y a Céline, ainsi nommée par une riche touriste des États-Unis de passage, convaincue sur-le-champ de délier sa bourse pour parrainer un béluga. Vite, comment l'appeler? Céline, comme la célèbre chanteuse: voilà un nom authentiquement québécois!

L'album de famille a notamment permis de trancher une vieille polémique sur les bélugas. Leur longévité, qu'on estimait à 35 ans, avait été établie par l'analyse de la dentine prélevée sur les dents des animaux morts. Mais on croyait alors, sur la base de deux études, que les bélugas produisaient deux couches de dentine par an. Erreur! C'est seulement une couche, si bien qu'un animal auquel on donnait 30 ans en avait en fait le double. Le GREMM l'a démontré d'une autre manière, par le temps écoulé entre les premières et les dernières photos de certains bélugas. Par exemple, la femelle Slash, connue depuis 1980, était déjà blanche à cette époque, ce qui signifie qu'elle est née avant 1966. Lors de son décès en 2013, elle avait donc au moins 47 ans. On estime aujourd'hui que les

**On estime aujourd'hui que ces mammifères peuvent vivre jusqu'à 60 et même 80 ans. Un béluga auquel on donnait 30 ans peut en avoir le double.**

bélugas peuvent vivre jusqu'à 60 et même 80 ans.

Ces observations ont aussi permis d'étudier les réseaux sociaux formés par les bélugas. On savait déjà que, en été, les mâles vivent séparément des femelles, qui s'occupent des veaux de l'année et des jeunes, en petits troupeaux. « Mais

jusqu'à récemment, explique Robert Michaud, on ignorait que des femelles âgées semblent agir comme des chefs de clans matriarcaux, en s'occupant de jeunes qui ne sont pas les leurs. » Ainsi, Slash, qui a eu son dernier veau en 1992, a passé ses dernières années dans le rôle de « grand-tante bienveillante » s'occupant des bébés de femelles plus jeunes. Au passage, on a d'ailleurs repéré des grand-mères. Ainsi Pacalou, connue depuis 1997, a donné naissance à Miss Frontenac en 2004 qui a eu son premier bébé il y a deux ans. Des bélugas qui ont des noms et des histoires individuelles sont une mine d'or pour la science... et autant de raisons de mieux les apprécier et les protéger. ☞

Science on tour!

Volte FVCE

Finale nationale  
Félicitations aux gagnants!

Cégep de Granby  
Benjamin Savage,  
Renaud et Julien Bourassa

Un événement du  
CENTRE DE DÉMONSTRATION  
EN SCIENCES PHYSIQUES

Québec

canal SAVOIR

Hydro Québec

Fondation familiale  
Trottier  
Family Foundation

QUEBEC SCIENCE

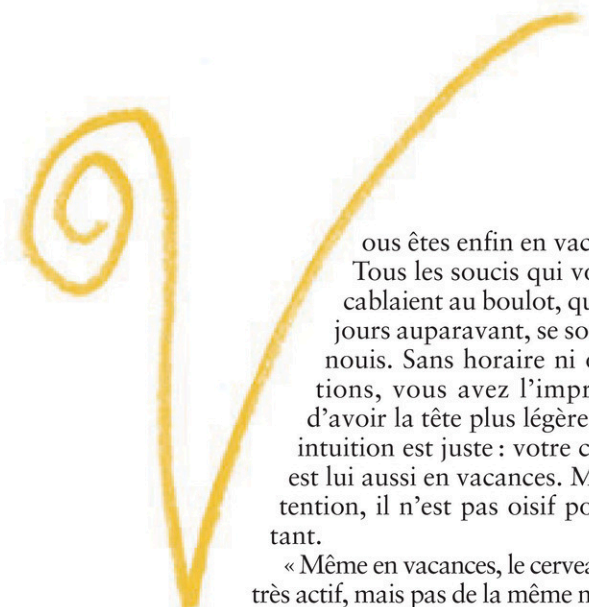
# Le a besoin



# Le cerveau aussi en vacances

*Les neurologues et les psychologues s'entendent: les vacances sont bonnes pour la santé des méninges. Mais afin d'en retirer tous les bénéfices, encore faut-il savoir décrocher.*

Par Marie Lambert-Chan



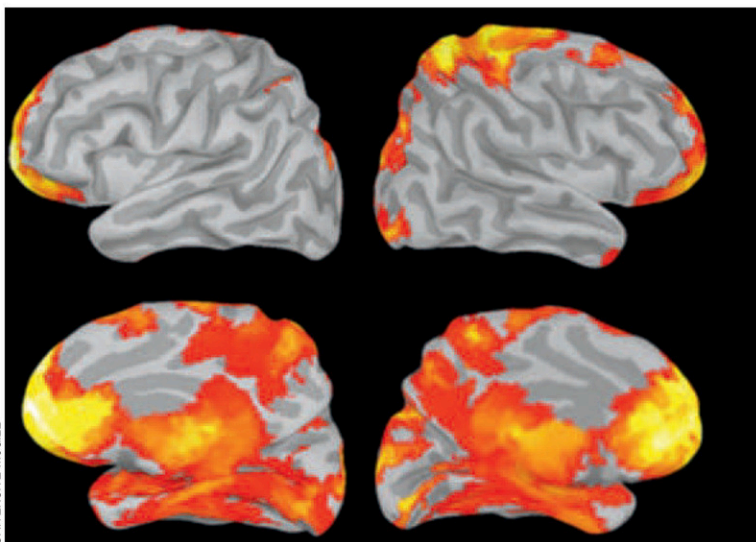
ous êtes enfin en vacances! Tous les soucis qui vous accablaient au boulot, quelques jours auparavant, se sont évaporés. Sans horaire ni obligations, vous avez l'impression d'avoir la tête plus légère. Votre intuition est juste: votre cerveau est lui aussi en vacances. Mais attention, il n'est pas oisif pour autant.

« Même en vacances, le cerveau reste très actif, mais pas de la même manière que pendant un travail répétitif ou requérant une grande concentration, ce qui lui est très bénéfique », affirme Sylvain Baillet, professeur en neurologie et neurochirurgie à l'Institut et hôpital neurologiques de Montréal.

En effet, bien que les neuroscientifiques n'aient jamais comparé les méninges de vacanciers à celles de travailleurs – une situation

plutôt difficile à reproduire en laboratoire –, ils accumulent depuis plus de 20 ans des indices qui suggèrent que le fonctionnement du cerveau se modifie lorsqu'on l'extirpe de la routine métroulot-dodo. Ce qui tombe un peu sous le sens, puisque barboter dans la piscine n'exige pas le même effort que rédiger un courriel destiné à des clients.

Au travail, on planifie, on mémorise, on organise, on prend des décisions et on « multi-tâche ». Le cortex préfrontal, responsable du maintien de l'attention et de la mémoire de travail, est chauffé à blanc. De son côté, en conjugaison avec l'amygdale et l'insula, le cortex cingulaire antérieur bosse très dur pour détecter nos erreurs, transformer nos intentions en actions, résoudre des problèmes et jongler en temps réel avec plusieurs occupations. En prenant la clé des champs, on permet à ces régions cérébrales de souffler un brin. Mais on ne les laisse pas totalement en jachère. On continue d'y faire appel, mais de façon plus



UNIVERSITÉ MCGILL



Les grandes régions actives du cerveau dit au repos. Ces réseaux actifs sont quasi-identiques à ceux en fonction lors des tâches de langage, d'attention, de mémoire et de mouvement. Ces images ont été obtenues en analysant des données électrophysiologiques recueillies à l'Institut et hôpital neurologiques de Montréal par l'équipe du professeur Sylvain Baillet (photo de droite).

*« Il est de plus en plus évident que cette pensée non dirigée est cruciale pour consolider son identité et donner du sens à sa vie. »*

légère, qu'il s'agisse de lister les objets à mettre dans sa valise ou de se rappeler du trajet menant au chalet.

Cela dit, les vacanciers ne passent pas leur temps à organiser et à planifier; ils aiment bien se livrer au farniente. Et c'est précisément là qu'entre en scène le réseau du mode par défaut (RMD). Curieuse expression qui désigne l'activité du cerveau au repos, c'est-à-dire ces instants où il n'est ni à la tâche ni endormi. « Pendant longtemps, on a entretenu des idées préconçues à propos de ce qui se tramait dans le cerveau quand on ne faisait rien, raconte Sylvain Baillet qui dirige également le Centre d'imagerie cérébrale McConnell, à Montréal. On croyait qu'on y observerait peu d'activité ou que cette activité serait confuse et varierait d'un individu à l'autre. Or, avec l'avènement de l'imagerie cérébrale, la communauté scientifique a découvert avec surprise que l'activité au repos du cerveau est aussi intense et énergivore que lorsque ce dernier est accaparé par une tâche. Elle est également très structurée,

couvrant plusieurs régions qui "s'allument" de façon synchronisée et spontanée, dès que le cerveau est inoccupé. Cela survient tous les jours, à tout moment, mais on peut penser que les vacances y sont plus propices. »

**E**t que fait-on exactement lorsqu'on flemmarde dans son hamac, absorbé dans son RMD? On rêve, on fantasme, on se projette dans le futur, on fait resurgir des souvenirs, on se rejoue des conversations, on passe en revue sa façon de traiter les autres, on replonge dans ses désirs et ses déceptions. On peut même avoir une illumination (que croyez-vous que faisait Archimède dans sa baignoire quand il a crié « Eurêka! »?). Loin d'être une perte de temps, cette forme d'introspection est en fait une habitude très saine. « Il est de plus en plus évident que cette pensée non dirigée est cruciale pour consolider son identité et donner du sens à sa vie, déclare Mary Helen Immordino-Yang, neuroscientifique et psychologue, qui enseigne au Brain and Creativity Institute de l'université de Californie du Sud. Malheureusement, dans le train-train quotidien, nous sommes souvent trop occupés à accomplir une tâche après l'autre, ce qui nous empêche de nous laisser aller à ce que j'appelle une réflexion interne constructive. »

Selon elle, la capacité du cerveau à enclencher et à interrompre le RMD, de même que la force de la connectivité entre les régions cérébrales impliquées dans ce réseau, serait associée à un bien-être accru, un quotient intellectuel plus élevé, une ouverture à la nouveauté, une plus grande créativité et de meilleures habiletés

## DE MOINS EN MOINS DE VACANCES AU QUÉBEC



Malgré les bienfaits que cela apporte, les travailleurs Québécois prennent de moins en moins la route des vacances. Plus de 1 personne sur 10 reste au travail en été.

CROP ET L'ORDRE DES CONSEILLERS EN RESSOURCES HUMAINES AGRÉÉS



NICOLAS MCCOMBER/ISTOCKPHOTO

de lecture. A contrario, un cerveau qui présente une activité au repos anormale pourrait révéler la présence d'une maladie neurodégénérative ou neuropsychiatrique, comme la maladie d'Alzheimer, la schizophrénie, un trouble du spectre de l'autisme, un déficit de l'attention ou la dépression. « À partir de là, s'interroge Sylvain Baillet, pourrait-on imaginer que, chez une personne en santé, il y aurait aussi des conséquences à ne jamais laisser libre cours à son RMD et à réprimer les régions cérébrales que ce dernier sollicite? Pour le moment, on ne le sait pas. »

En revanche, on sait que l'absence de vacances a des répercussions psychologiques et physiologiques nocives : stress, anxiété, problèmes cardiaques, insomnie, difficultés de concentration et de mémoire, fatigue et, au bout du compte, épuisement professionnel. « Toutes les études sur la récupération démontrent que le détachement psychologique par rapport au travail est important pour la santé mentale, note Jacques Forest, psychologue et professeur à l'Université du Québec à Montréal (UQAM). Tout comme la vie est faite de cycles d'éveil et de sommeil, il faut aussi une alternance entre les périodes de travail et les pauses, où l'on peut penser à autre chose. »

Le danger, c'est que les travailleurs ne sentent pas toujours l'usure s'installer. « Ils sont comme la grenouille qui reste dans la marmite, alors que l'eau devient de plus en plus chaude, jusqu'à ce qu'elle s'ébouillante, fait remarquer Julie Carignan, associée principale chez SPB Psychologie organisationnelle, à Longueuil. C'est un piège, même pour ceux qui fi-

## Besoin de vitamine N?

**U**n séjour dans la nature, si court soit-il, pourrait faire un bien fou à votre cerveau. « De plus en plus d'études démontrent en effet que le contact avec la nature stimule les sens et accroît l'acuité mentale, la créativité et l'habileté à discerner des motifs cohérents là où d'autres ne voient que le chaos », affirme le journaliste états-unien Richard Louv qui consacre sa carrière à ce qu'il a baptisé le *nature deficit disorder*, expression qu'on pourrait traduire librement par « trouble déficitaire lié à une carence en nature ». « Ce n'est pas un vrai diagnostic médical, mais plutôt un terme qui décrit les conséquences de notre aliénation par rapport à la nature. L'urbanisation de notre environnement, la peur de l'étranger, la circulation automobile et la technologie ne sont que quelques-uns des facteurs qui nous confinent à l'intérieur, particulièrement les enfants qui n'ont jamais aussi peu joué dehors », dit l'auteur qui a écrit trois livres à ce sujet, dont le dernier, *Vitamine N*, vient tout juste de sortir en librairie (Algonquin Books).

Aux quatre coins de la planète, des scientifiques s'intéressent au pouvoir de Dame Nature sur notre matière grise. En Corée du Sud – un pays qui a créé des forêts thérapeutiques pour aider autant les victimes de stress post-traumatique que les cancéreux –, des chercheurs ont observé que le visionnement de scènes

urbaines accélère le débit sanguin dans l'amygdale, une zone cérébrale qui exerce un contrôle sur la peur et l'anxiété. Les images évoquant la nature éveillent plutôt les cortex cingulaire antérieur et insulaire, associés à l'empathie et l'altruisme. Aux États-Unis, dans les années 1980, deux psychologues de l'université du Michigan ont élaboré la théorie de la restauration de l'attention. Selon eux, l'environnement naturel exerce sur nous une fascination douce et apaisante qui exige moins d'efforts cognitifs que le milieu urbain, où les distractions et les bruits en tout genre épuisent notre attention. Cela explique peut-être pourquoi d'autres chercheurs ont remarqué que les enfants aux prises avec un trouble déficitaire de l'attention ont plus de facilité à se concentrer quand ils sont entourés d'arbres et d'animaux. D'autres études ont démontré qu'une balade dans un secteur urbain achalandé peut conduire à la rumination et à la mauvaise humeur, en plus d'affaiblir l'attention et la mémoire de travail. Une promenade effectuée dans la nature a l'effet inverse.

En d'autres mots, une balade en forêt, une journée à la mer ou même un après-midi au parc suffisent à détendre le cerveau. « Un peu de temps passé dans la nature est mieux que rien, et plus on en passera, mieux on s'en portera », conclut, pragmatique, Richard Louv.

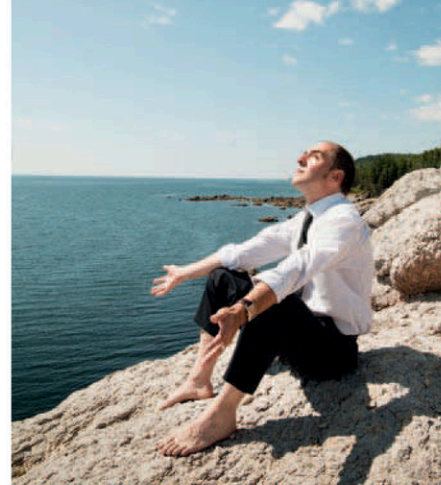
nissent par s'accorder des vacances. Ils sont si épuisés qu'ils tombent malades et que leurs vacances deviennent une convalescence. Ils se privent alors des bienfaits d'une vraie pause, par exemple prendre du recul, faire le plein d'énergie et avoir de nouvelles idées.»

**M**algré les preuves scientifiques, les travailleurs québécois prennent de moins en moins la route des vacances. Ou, s'ils le font, ils ne décrochent pas vraiment, car ils persistent à rester en lien avec leur emploi ou à apporter du boulot. C'est la tendance qui se dégage de l'édition 2015 du sondage annuel mené par la firme CROP et l'Ordre des conseillers en ressources humaines agréés. Il révèle que les Québécois prennent en moyenne 2 semaines de vacances alors que ce nombre était de 2,3 en 2013. Plus de 1 individu sur 10 reste au bureau tout l'été et 2 employés sur 5 sont incapables de couper les ponts avec leur organisa-

tion. Pourtant, la Loi sur les normes du travail stipule qu'un employé ayant un an ou plus d'ancienneté a droit à au moins deux semaines de vacances payées par année.

«C'est très triste, commente Jacques Forest. Il y a une idée largement répandue voulant que, en travaillant plus, on performe davantage. Or, il n'y a rien de plus faux.» Ce spécialiste de la psychologie de la performance donne en exemple les athlètes olympiques qui se font un devoir d'inclure le repos dans leur routine. «Prenez les skieurs acrobatiques, dit-il. Pour eux, une bonne journée de travail équivaut à trois ou quatre descentes. Pas 150! Que font-ils, le reste du temps? Massothérapie, étirement, réchauffement, alimentation, hydratation, sieste. Pourquoi en irait-il autrement pour Monsieur et Madame Tout-le-Monde?»

On en est peut-être rendu à un point où il faut réapprendre l'art de se reposer, souligne Sylvain Baillet. «Sans tomber dans le "mysticisme", je pense qu'on peut entraîner son cerveau à se décon-



MARTINE DOUCET/ISTOCKPHOTO

*«Pour devenir un pro du repos, il ne suffit pas de s'exercer une fois par année pendant la belle saison. Il faut décompresser tous les jours.»*

# LA RECHERCHE ÉTS NOTRE MOTEUR.

Consultez l'actualité scientifique de l'ÉTS sur [substance.etsmtl.ca](http://substance.etsmtl.ca)

Suivez-nous



**SUBSTANCE ÉTS**




ÉCOLE DE TECHNOLOGIE SUPÉRIEURE  
Université du Québec

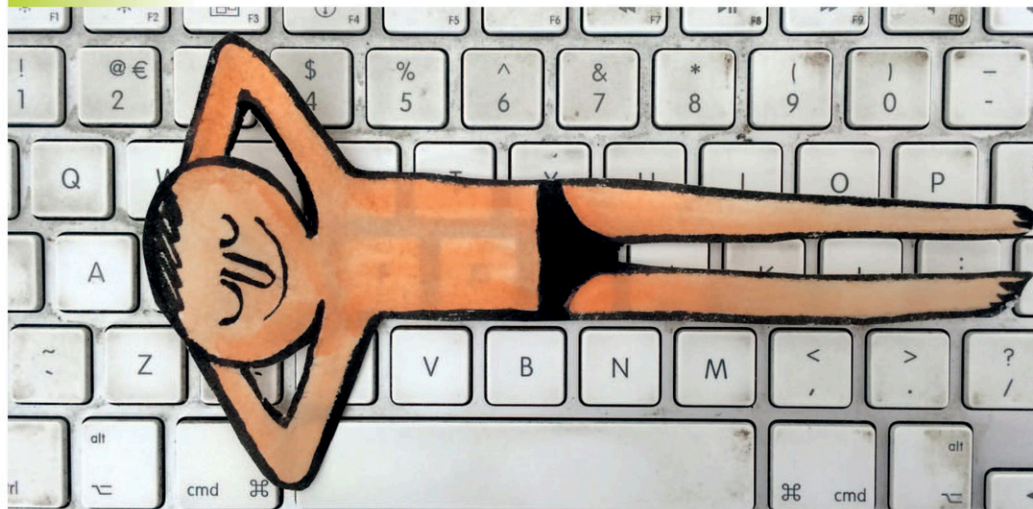
necter du travail, ce qui – je le conçois – exige une certaine discipline», déclare-t-il en ajoutant que les organisations ont aussi leur rôle à jouer en incitant leurs employés à prendre des pauses sous toutes leurs formes, depuis la «microsieste» jusqu'à l'année sabbatique.

Comment arrive-t-on à mettre son cerveau en mode vacances? Les recherches en psychologie organisationnelle indiquent qu'une récupération pleine et entière passe par le détachement psychologique et le changement d'activation. Autrement dit, il faut s'adonner à une activité plaisante qui change les idées. Laquelle? Il y a autant de réponses qu'il y a d'individus. «Pour moi, c'est le vélo ou le ski, raconte Jacques Forest. Quand je pratique ces sports, je ne pense à rien d'autre.»

Car le véritable «tue-vacances», c'est la rumination, un état où l'on ressasse les mêmes pensées. Et cet état peut être induit... par le fameux RMD! En effet, entre la rêvasserie et la mélancolie, il n'y a qu'un pas. «En songeant beaucoup à soi, on peut en venir à broyer du noir, reconnaît Mary Helen Immordino-Yang. Pour éviter cet écueil, il faut s'occuper l'esprit... mais pas trop! Une réunion entre amis, une promenade, un bon bouquin sont d'excellents antidotes.»

Pour devenir un pro du repos, il ne suffit pas de s'exercer une fois par année pendant la belle saison. «Il faut décompresser tous les jours», recommande Jacques Forest. C'est d'autant plus important que différentes études démontrent que les bénéfices psychologiques des vacances annuelles sont temporaires : ils disparaissent déjà, un ou deux jours après le retour au travail. Chez les plus chanceux, les effets se prolongent jusqu'à quatre semaines.

«Avec l'espérance de vie qui augmente et les carrières qui se prolongent, il faut absolument trouver des moyens pour mieux équilibrer les périodes de travail et de repos afin d'avoir une vie personnelle et professionnelle épanouie», estime Jacques Forest. Et, conséquemment, un cerveau en meilleure santé. 



## SEVRAGE NUMÉRIQUE

**A**u cours des dernières années, la multiplication des écrans et la tendance à l'hyper-connectivité ont poussé certains à pratiquer des «détox» numériques; des sevrages de quelques jours, voire de quelques semaines, où les téléphones intelligents, les textos, les réseaux sociaux et Internet sans fil sont proscrits. Leur argument: se débrancher permet de mieux se reconnecter à soi-même. La plupart profitent évidemment de la période des vacances pour s'imposer cette cure.

Qu'en pensent les scientifiques? Tous les experts interrogés dans le cadre de cet article s'entendent pour dire que ce ne sont pas les bidules électroniques qui posent problème, mais davantage les motivations de leurs utilisateurs. «Je recommanderais une telle détox à une personne qui consulte compulsivement son téléphone tous les soirs pour répondre à ses courriels afin de s'attirer les bonnes grâces de son patron. Mais je ne le conseillerais pas à une personne en vacances qui utilise sa tablette pour réaliser des vidéos-souvenirs ou regarder des films avec ses enfants», illustre Jacques Forest.

En fait, il faudrait plutôt prôner une

détox du boulot. Malheureusement, pour plusieurs, il est désormais difficile, voire impossible, de «tirer la plogue». «Le monde du travail est beaucoup plus complexe et ambigu qu'il ne l'était, explique la psychologue Julie Carignan, de SPB psychologie organisationnelle, qui voit passer dans son bureau bien des gestionnaires qui ont du mal à décrocher. Il est devenu ardu d'organiser son emploi du temps de manière à partir la tête en paix, soit parce qu'il n'y a pas de collègue clairement identifié à qui on peut déléguer ses dossiers, soit parce que les projets en cours n'ont pas un début et une fin précis. Résultat: on remet sans cesse ses vacances à plus tard ou on part avec l'intention de consulter ses textos et ses courriels pour être sûr de ne rien manquer.»

Pour se sortir de cette impasse, la psychologue recommande de planifier autant que possible son départ et, en cas d'urgence, d'offrir un mode de communication moins envahissant que son cellulaire personnel, par exemple le numéro de téléphone de son hôtel ou celui d'un intermédiaire de confiance qui agira comme messager.

# Passionné de spores

Dites « champignon » et la plupart des gens pensent moisissure, gâterie hallucinogène ou garniture à pizza. Mais pour J. André Fortin, ils sont à la base de la vie sur Terre et les sciences biologiques sous-estiment leur rôle depuis trop longtemps.

Retraité de l'Université Laval depuis quelques années, le biologiste forestier, aussi directeur-fondateur de l'Institut de recherches en biologie végétale de l'Université de Montréal, a consacré sa carrière de chercheur à comprendre la biologie des champignons, et sa carrière de professeur à diffuser ce savoir. Aujourd'hui, il s'emploie, sur toutes les tribunes possibles, à aviver l'intérêt des scientifiques pour ce monde méconnu. À la clé, une meilleure agriculture et une meilleure foresterie.

**Propos recueillis  
par Joël Leblanc**

**Il nous est tous arrivé de découvrir des champignons au hasard d'une promenade en forêt. Chaque fois, c'est comme une surprise. Sont-ils donc rares ?**

Loin de là ! En réalité, les champignons sont omniprésents. C'est parce qu'ils sont sous terre qu'ils nous semblent rares. Les pleurotes, les bolets, les morilles qu'on cueille pour la cuisine ne sont qu'une petite partie de l'organisme qui émerge en surface. Le reste est sous nos pieds et c'est gigantesque. Dans chaque décimètre cube de sol, on trouve des mètres de filaments plus fins que de la soie d'araignée. C'est du mycélium, c'est-à-dire l'être vivant proprement dit. Sous un seul mètre carré de prairie, le mycélium présent dans le sol, si on l'étalait, pourrait dépasser 100 mètres carrés !

**On connaît mal les champignons. Pourtant, vous dites qu'ils sont génétiquement proche de nous !**

Évolutivement parlant, les champignons sont, en effet, plus près de nous que les plantes. Au cours du temps, les premiers êtres vivants se sont divisés en deux groupes : le premier, ce sont les plantes. Le second s'est subdivisé pour donner, d'une part, les champignons et, d'autre part, les ancêtres des animaux. Comme nous, ils sont dépourvus de chlorophylle et ne pratiquent pas la photosynthèse. Et comme nous, ils stockent les glucides sous forme de glycogène.

La vie a commencé dans l'eau, mais

sans les champignons; son émergence aurait été impossible sur la terre ferme. Après l'apparition des continents à la suite de l'activité volcanique, le sol était minéral et stérile. La pluie et le vent ont érodé les continents et des sédiments se sont accumulés aux marges continentales. Mais ces sédiments ne pouvaient pas sup-

porter les premières plantes, il fallait encore « préparer le terrain », ce que les champignons ont fait.

Les champignons ont la capacité de sécréter des acides organiques. Aux premiers temps de la Terre, ils sont sortis de l'eau, ont attaqué la roche et dissous les sédiments, une molécule à la fois, ce qui a rendu les minéraux accessibles aux plantes. Puis,

après leur mort, leurs restes ont contribué à l'apparition des premiers sols meubles. Les plantes n'ont pu sortir de l'eau à leur tour qu'une fois ce travail accompli, il y a près de 500 millions d'années.

Aujourd'hui, c'est aussi grâce à eux si la matière morte peut être métabolisée et redevenir disponible dans les cycles biogéochimiques nécessaires à la vie. Un arbre mort, un cadavre d'insecte, tout ça finit par disparaître et être réutilisé grâce aux champignons qui les digèrent doucement. Ils sont, depuis tout ce temps, le système digestif de la Terre.

**Mais comment, vivant sur des sédiments stériles et incapables de faire la photosynthèse, ont-ils pu survivre sans source de carbone ?**

En s'associant avec des algues qui pou-

**«TOUS LES PRINCIPES  
DE L'AGRICULTURE  
MODERNE ONT ÉTÉ  
DÉVELOPPÉS ET SONT  
APPLIQUÉS COMME SI  
LES MYCORHIZES  
N'EXISTAIENT PAS.  
IL FAUT REPENSER LES  
PRATIQUES AGRICOLES.»**



**Des espèces biologiquement différentes se seraient donc associées pour arriver à se développer. Mais la biologie ne nous dit-elle pas que le moteur de l'évolution est la compétition ?**

Si la compétition est un moteur évolutif efficace à l'échelle des individus et des espèces, la symbiose, elle, permet de passer à des niveaux supérieurs. Des êtres très différents se complètent et arrivent à réaliser des choses qu'aucun d'eux n'aurait pu faire indépendamment. Les algues et les champignons se sont associés pour coloniser le sol brut sous forme de lichens. Par la suite, c'est l'association des gymnospermes (dont les conifères) avec les mycorhizes – des champignons qui vivent sur les racines des arbres –, qui a permis l'essor des premières forêts au Dévonien, il y a plus ou moins 400 millions d'années. Puis d'autres associations mycorhiziennes ont permis le peuplement des montagnes par d'autres arbres...

**« MALHEUREUSEMENT, LES BIOLOGISTES ÉTUDIENT ENCORE L'ARBRE EN TANT QU'ÊTRE INDÉPENDANT, SANS SES MYCORHIZES, ALORS QUE LE CHAMPIGNON TRANSFORME EN PROFONDEUR SA BIOLOGIE. »**

**Les mycorhizes, justement, ont été au cœur de toute votre carrière de chercheur. Qu'avez-vous découvert ?**

J'ai constaté à quel point la symbiose des plantes avec les mycorhizes est fondamentale et universelle. Les racines d'à peu près toutes les plantes du monde hébergent des mycorhizes. La plante fournit au champignon souterrain du sucre qu'elle fabrique par photosynthèse; jusqu'à 30 % des produits de la photosynthèse peuvent être destinés aux mycorhizes. En échange, le champignon apporte à la plante des minéraux et de l'eau. Les racines d'un arbre, aussi ramifiées soient-elles, n'ont pas une si grande surface de contact avec le sol. Mais la symbiose avec les longs et nombreux filaments du mycélium d'un champignon accroît la surface totale d'échange à laquelle l'arbre a accès indirectement.

Les mycorhizes sont non seulement très répandues, mais elles ont toujours été là: les plantes et les champignons ont

« Il faut réaliser toute l'importance du rôle des champignons. La formation des biologistes, au pays, néglige tout un pan de l'histoire de la vie sur Terre et de son fonctionnement actuel. C'est cela qu'il faut maintenant corriger », dit le professeur J. André Fortin.

vaient la réaliser. Cette association donne un lichen, c'est-à-dire un organisme symbiotique constitué de deux organismes distincts. Grâce à la lumière, l'algue fabrique par photosynthèse des sucres qui nourrissent le champignon, lequel, à son tour, absorbe l'eau

et les minéraux de l'environnement puis les fournit à l'algue. Par ce troc, les deux peuvent vivre n'importe où et survivre dans à peu près toutes les conditions. Les premiers organismes à coloniser la terre ferme ont été des lichens.

LOUISE BILODEAU

évolué de concert depuis toujours. Malheureusement, les biologistes étudient encore l'arbre en tant qu'être indépendant, sans ses mycorhizes, alors que le champignon transforme en profondeur sa biologie. Par exemple, la proline, un acide aminé qui joue un rôle dans la résistance à la sécheresse, est produite plus abondamment dans une plante mycorhizée. En fait, tout le protéome – l'ensemble des protéines – s'en trouve modifié. En présence de champignons, certaines substances apparaissent dans la plante; d'autres sont amplifiées; d'autres disparaissent.

**De telles connaissances ont-elles modifié notre approche de l'agriculture?**

Les agronomes ont le même problème que les biologistes : ils ont toujours considéré les céréales et les légumes comme des plantes qui poussent en solo. Tous les principes de l'agriculture moderne ont été développés et sont appliqués comme si les mycorhizes n'existaient pas. Il faut repenser les pratiques agricoles.

Les recherches démontrent des augmentations de rendement lorsque les plantes poussent avec leurs mycorhizes. Malgré cela, rien n'est fait pour les favoriser; au contraire, elles les déciment, notamment par le labourage intensif. En respectant l'alliance entre racines et mycorhizes, on augmente la résistance aux maladies – on peut donc utiliser moins de pesticides –, la résistance aux stress environnementaux – on obtient donc des plants plus vigoureux –, la résistance à la déshydratation et le rendement à l'hectare – donc plus besoin d'autant d'engrais...

De plus, on a découvert comment cultiver les mycorhizes en laboratoire, puis en usine, et il est maintenant possible de fournir aux agriculteurs de l'inoculum, c'est-à-dire des mycorhizes sélectionnées et performantes, pour enrichir leurs terres sur des centaines de milliers d'hectares en même temps qu'ils y font croître leurs plants. Les gains en production sont significatifs. Sans compter que ça coûte moins cher en engrais et en pesticides. Cette année, au Canada, la superficie cultivée avec mycorhizes atteint 600 000 hectares.

**Pourquoi, alors, ces pratiques ne sont-elles pas encore généralisées?**

Je suis un biologiste forestier. Lorsque je venais mettre mon nez dans le domaine agricole, on me disait de retourner à mes forêts... Travailler avec les champignons exige une formation en mycologie que les agronomes ne reçoivent pas. C'est seulement récemment qu'on a commencé à me prêter une oreille attentive; c'est-à-dire depuis que d'autres chercheurs, ailleurs, ont commencé à obtenir des résultats similaires aux miens. Heureusement, les agriculteurs sont plus ouverts aux essais. Ils n'ont pas les œillères des scientifiques formés dans un moule. L'agriculture durable passera par cet outil biologique insoupçonné qu'est le champignon.

**Vous vous intéressez aussi au fait que les champignons peuvent absorber du CO<sub>2</sub> sans photosynthèse.**

Pour construire leur paroi cellulaire, les champignons sont en mesure d'utiliser le gaz carbonique de l'air comme source de carbone structurel. Et ils font ça sans chlorophylle! Dans la perspective de l'augmentation actuelle de la concentration de CO<sub>2</sub> atmosphérique – il y en a déjà 35 % de plus qu'il y a 100 ans –, il y a lieu de se demander comment ça influencera les champignons. Tout porte à croire qu'ils pourraient augmenter leur croissance et se développer sans prévenir. Déjà, je soupçonne qu'un phénomène semblable pourrait être en jeu dans les problèmes de moisissures

de nos écoles primaires. Les enfants ont un métabolisme plus élevé que le nôtre et l'air des écoles est plus riche en gaz carbonique que l'air atmosphérique. Sans une ventilation adéquate, les niveaux de CO<sub>2</sub> demeurent élevés et favorisent le développement des champignons. Mais ce ne sont que mes intuitions qui me suggèrent cette hypothèse.

**Le Québec passe-t-il à côté d'une source importante de revenus en négligeant ses champignons? Savez-vous que des Français viennent déjà ici pour en cueillir?**

Le potentiel commercial des champignons est gigantesque dans la forêt québécoise. Prenez les morilles de feu, des champignons recherchés qui poussent souvent après un incendie de forêt. En 2013, de nombreux feux ont ravagé le nord du Québec, notamment à la baie James. Des milliers de tonnes de champignons ont poussé là-haut, l'équivalent de dizaines de millions de dollars, et personne ne les a récupérés.

Autre exemple : nous avons 500 000 hectares de plantations d'épinette blanche au Québec, le terrain idéal pour la culture du cèpe. Plusieurs milliers de tonnes de cèpes pourraient y être cultivées, si l'on s'y mettait.

Ou encore les chanterelles qui poussent dans les sapinières à bouleau blanc, un habitat typique de la forêt gaspésienne. La superficie inhabitée de cette région offre un potentiel de production phénoménal, colossal.

Et il y a un marché en attente pour des truffes du Québec. Bref, on a recensé 2 437 espèces de champignons dans la province. Ce n'est pas rien. Il faut apprendre à gérer cette ressource. Dans la région de Castille-et-León, en Espagne, l'industrie du champignon génère 65 millions d'euros par an [NDLR: environ 94 millions de dollars], dont 20 millions en « mycotourisme », dans un territoire deux fois plus petit que la Gaspésie! On y trouve 32 usines de conditionnement des champignons pour les cueilleurs commerciaux. Pourquoi pas ici?

**Maintenant que vous êtes à la retraite, quel est votre souhait?**

Qu'on réalise toute l'importance du rôle des champignons. Les universités au Canada où des mycologues donnent de vrais cours de mycologie sont des exceptions. La formation des biologistes, au pays, néglige tout un pan de l'histoire de la vie sur Terre et de son fonctionnement actuel. C'est cela qu'il faut maintenant corriger. Les champignons sont partout et ils ont un rôle écologique immense. Sans eux, pas de vie végétale, donc pas de vie tout court. ☑

**Pour en savoir plus:**

**Les mycorhizes – l'essor de la nouvelle révolution verte.** J. André Fortin, Christian Plenchette, Yves Piché, Éditions MultiMondes, 2015.



**«L'AGRICULTURE DURABLE PASSERA PAR CET OUTIL BIOLOGIQUE INSOUÇONNÉ QU'EST LE CHAMPIGNON.»**



# Le mystère de la morille de feu

Un an après un incendie de forêt, la morille de feu pullule... mais pas tout le temps. Comment prédire sa présence et favoriser la récolte?



Jour de récolte de morilles avec François Bourdon, Franck Tuot et Claude Paradis, à 250 km au nord de Chibougamau.

**À** l'été 2013, 185 000 hectares de forêt sont ravagés par les flammes à près de 250 km au nord de Chibougamau. L'année suivante, à la mi-juin, la morille de feu abonde dans les parcelles ciblées par Jean-François Bourdon, étudiant à la maîtrise en foresterie à l'Université Laval, et son équipe.

En 19 jours de récolte et de prise de données scientifiques sur le terrain, les chercheurs ont récolté 202 kg de morilles fraîches, d'une valeur totale de près de 7 000 \$. «Après avoir discuté avec plusieurs cueilleurs, j'ai estimé à 1 500 kg au

plus la quantité de morilles de feu cueillies en 2014 au Québec, évalue M. Bourdon qui étudie ce champignon depuis 2011. C'est hasardeux de se lancer dans de grandes estimations, mais des milliers de tonnes ont certainement été laissées au sol, considérant que les cueilleurs n'ont exploré qu'une infime partie du territoire disponible. » À 35\$ le kilogramme, ce sont donc des centaines de millions de dollars qui ont pourri en forêt.

Manque de chemins forestiers pour accéder aux sites d'incendies, manque d'informations sur les bons secteurs de récolte, manque de cueilleurs bien renseignés,

plusieurs raisons ont été invoquées pour expliquer ces pertes.

Afin de bien cibler la morille, il faut d'abord savoir où elle se cache avant que le feu ne la fasse sortir. J. André Fortin, biologiste retraité du Centre d'études sur la forêt de l'Université Laval, rappelle que la morille est un organisme nécrosophage. «Ce champignon forme de petites structures, des microsclérotés, dans les horizons profonds du sol où le pH se situe entre 5,5 et 5,7. Il se nourrit alors de petits bouts de racines qui meurent dans le sol. Lorsque survient un incendie, des tonnes de racines mortes sont alors disponibles, ce qui fait émerger les morilles», explique-t-il.

Jean-François Bourdon souligne que les morilles émergent seulement lorsque le feu est assez intense pour brûler sérieusement le sol, comme c'est le cas en juin ou en juillet. «Lorsque les feux surviennent au printemps, le sol est encore gelé et ne brûle pas en profondeur. Mais plus l'été avance et plus le sol est sec.»

Pour faciliter la cueillette, le chercheur a mis au point un outil cartographique qui permet de prédire l'émergence des morilles de feu. «Grâce à la télédétection, dit-il, j'identifie les sites qui présentent un meilleur potentiel.» Pour ce faire, il utilise les photos satellites du U.S. Geological Survey (USGS) des États-Unis et analyse les forêts avant et après un incendie. Afin de déterminer l'intensité du brûlage au sol, précise-t-il, il utilise particulièrement les bandes situées dans l'infrarouge et non celles de la lumière visible.

Les hypothèses du chercheur se sont confirmées sur le terrain car, d'après les données récoltées, on retrouve plus de morilles où le sol a brûlé plus intensément; il devient donc possible de produire une carte de probabilité de présence de la morille.

L'outil permettra d'éliminer rapidement les sites de feux les moins intéressants pour mieux orienter la cueillette, car la récolte de la morille nécessite une très grosse organisation. Pour rentabiliser les investissements dans les régions isolées, où se produisent la majorité des incendies, les cueilleurs doivent s'installer en forêt pour plusieurs jours, voire plusieurs semaines, en complète autonomie. (G.R.)



# Le boom du mycotourisme

Une nouvelle ère s'ouvre au Québec, celle du champignon ! Les amateurs se réjouissent, les entrepreneurs applaudissent, les régions s'enrichissent. Quant aux projets et aux succès scientifiques, eh bien ils poussent comme... vous savez quoi.

Par Guillaume Roy

**C**hanterelle, morille, champignon homard, pied-de-mouton, bolet, matsutake, armillaire ventrue... Les Québécois commencent enfin à découvrir les délices de leurs sous-bois. « On compte aujourd'hui 14 cercles mycologiques au Québec et toute une communauté de scientifiques bénévoles qui ont identifié plus de 2 450 espèces sur le portail de

MycoQuébec, se réjouit le biologiste J. André Fortin. Aussi, plus de 100 entreprises commercialisent maintenant chez nous des produits forestiers non ligneux (PFNL) – champignons, plantes, noix et fruits sauvages retrouvés en forêt. C'est un essor sans précédent ! »

Mais comment, parmi les 3 000 espèces de champignons forestiers, distinguer la dizaine qui sont savoureux et comestibles ? Le « mycotourisme » fait partie de

la réponse. Dans toutes les régions du Québec, des « myco-entrepreneurs » misent désormais sur les touristes, comme le fait Amyco champignons sauvages, dans Charlevoix. « Tous les samedis, on offre des sorties d'initiation à la cueillette. L'intérêt est grandissant. C'est que de plus en plus de gens souhaitent entrer en relation avec la nature; la cueillette sauvage est une bonne façon d'y parvenir », soutient Anthony Avoine Giguère,



Amanita commune



Bolet



Amanita des prés



Pied-de-mouton



biologiste et propriétaire d'Ameyco qui a accueilli une centaine de mycologues en herbe, l'an dernier.

Même son de cloche au domaine Gourmet sauvage, à Saint-Faustin-Lac-Carré, dans les Laurentides, où plus de 200 personnes assistent aux ateliers de cueillette organisés chaque année. « Les cours sont pleins et on a de bonnes listes d'attente. De plus en plus de gens veulent apprendre à cueillir les champignons forestiers », se réjouit Gérald LeGal, un pionnier de la commercialisation des champignons forestiers, qui a lancé son entreprise en 1993.

Mais le mycotourisme ne fait pas l'affaire que des entrepreneurs. En dynamisant l'arrière-pays forestier, il fait bénéficier de ses retombées économiques des régions entières, estime Marie-France Gévry, biologiste à la faculté de foresterie, de géographie et de géomatique de l'Université Laval et administratrice de l'Association pour la commercialisation des produits forestiers non ligneux (ACPFNL).

Dans la région de Kamouraska, par exemple, élus, citoyens et gens d'affaires

ont décidé de mettre leurs efforts en commun pour faire de l'industrie du champignon, depuis la forêt jusqu'à la table, un levier de développement régional. Leur « stratégie champignon », officiellement lancée en 2013, exigeait en ce sens de stimuler l'émergence d'entreprises mycologiques, de former des équipes de guides et d'inciter les restaurants et les hôtels à prendre le virage champignon, explique Pascale G. Malenfant, professionnelle de recherche et chargée du projet chez Biopierre, un centre de valorisation des bioproduits.

Trois ans plus tard, continue-t-elle, la stratégie commence à porter ses fruits : « Ainsi, la Pourvoirie des Trois Lacs, à Saint-Bruno-de-Kamouraska, a formé 300 personnes à la cueillette, l'an dernier. La fréquentation augmente de 35 % chaque année et près de la moitié des touristes proviennent de l'extérieur de la région. » De plus, un atelier de conditionnement achète les champignons des cueilleurs, six restaurants ont désormais des champignons au menu et sept bou-



La Mycoboutique

## DES CHAMPIGNONS EN VILLE

Montréal n'échappe pas à la fièvre des champignons. La Mycoboutique, qui se décrit comme le marché général du champignon, initie plus de 600 personnes par an. Mais il n'y a pas que la cueillette. La restauration fait aussi partie intégrante du mycotourisme et les chefs du Québec sont nombreux à faire la promotion des champignons du terroir. « Il y a 10 ans, il n'y en avait presque pas. Aujourd'hui, il n'y a pas un restaurant qui se respecte sans champignons au menu », note Pierre Noël, propriétaire de la Mycoboutique.



## PRÉPAREZ VOS PANIERS!

Quelques suggestions d'endroits où s'informer pour organiser une sortie champignons.

Filière mycologique de la Mauricie  
[mycomauricie.com](http://mycomauricie.com)

Mycotourisme Kamouraska  
[www.mycotourismekamouraska.com](http://www.mycotourismekamouraska.com)  
Mycoboutique, Montréal  
[www.mycoboutique.com](http://www.mycoboutique.com)

Parc régional du Massif du Sud-Chaudière-Appalaches  
[massifdusud.com/initiation-a-la-cueillette-des-champignons/](http://massifdusud.com/initiation-a-la-cueillette-des-champignons/)

Amyco champignons sauvages, Charlevoix  
[www.amyco.ca](http://www.amyco.ca)

Forêt Montmorency  
[www.foretmontmorency.ca/fr/activites/autres-activites/de-la-foret-a-l-assiette-champignons/](http://www.foretmontmorency.ca/fr/activites/autres-activites/de-la-foret-a-l-assiette-champignons/)  
Champignon boréal, Saguenay  
[www.facebook.com/champignonboreal](http://www.facebook.com/champignonboreal)

Aventure Myco Boréale, Mashteuiatsh  
[www.facebook.com/aventuremyco](http://www.facebook.com/aventuremyco)  
Faune en Nord, Chibougamau  
[www.fauenord.org](http://www.fauenord.org)

Écogites du lac Matagami  
[www.ecogiteslacmatagami.ca](http://www.ecogiteslacmatagami.ca)



tiques en vendent au grand public. Pour assurer la stabilité sur les marchés, un réseau de producteurs de champignons est en voie de formation. « C'est plus que du mycotourisme. C'est une économie qui émerge! » résume fièrement Pascale G. Malenfant.

Le champignon est même en train de devenir une fierté régionale. En septembre dernier, plus de 500 personnes se sont déplacées pour participer au premier Festival des champignons forestiers du Kamouraska. Au programme: cueillette en forêt, kiosques mycologiques, dégustation de champignons et démonstrations culinaires, et même atelier de teinture à base de champignons! « C'était au-delà de nos espérances, surtout pour un festival organisé en un mois », mentionne Perle Morency, propriétaire du café-bistro Côté Est, qui a organisé l'événement conjointement avec Biopterre, et qui travaille déjà à sa deuxième édition: « Nous sommes en train de nous créer une identité culinaire régionale », croit-elle.

Les mycologues de Kamouraska ont pris pour modèle la province de Castille-et-León, en Espagne, connue pour être la référence mondiale en mycotourisme. Sur un territoire forestier de 27 000 km<sup>2</sup>, presque 30 fois plus petit que celui des forêts de tout le Québec (761 100 km<sup>2</sup>), il se cueille annuellement 27 000 tonnes de champignons, et la majorité des restaurants les mettent au menu. Près du tiers des revenus sont générés par le secteur récréatif et plus de la moitié de la population rurale dépend

de cette activité. La forêt y est même aménagée pour favoriser la production de champignons.

Également inspirés par le modèle espagnol, des intervenants socioéconomiques de la Mauricie, cette fois, souhaitent mettre le champignon en vedette pour en faire un produit d'appel touristique, fait savoir Patrick Lupien, ingénieur forestier et coordonnateur de la Filière mycologique de la Mauricie, une initiative qui a vu le jour en 2014 sous le leadership du Syndicat des producteurs de bois de la Mauricie (SPBM).

Depuis 2 ans, plus de 500 personnes ont suivi une formation d'initiation de 1 journée donnée par les différentes entreprises de la Filière, rappelle M. Lupien. Mais, cet été, c'est une gamme complète d'activités mycotouristiques qui est offerte avec le projet *La route des champignons*. « Des forfaits incluent la cueillette, la cuisine, des repas gastronomiques et l'hébergement. Il y a un très fort engouement, chez les épicuriens, pour des aliments santé produits près de chez soi », dit-il.

**F**red Chappuis, un chef à domicile basé à Trois-Rivières a donné un atelier de mise en valeur des champignons forestiers à plus d'une vingtaine de chefs de la Mauricie. « C'est vraiment génial, pour un cuisinier, de travailler avec les ressources du terroir, surtout le champignon crabe, qu'on trouve seulement en Amérique du Nord », dit-il.



ALEX POTEKIN/ISTOCKPHOTO

## AUGMENTER LA PRODUCTION DE CÈPES DANS LES PLANTATIONS

Dans de bonnes conditions, une plantation d'épinettes peut produire plus de 30 kg de bolets par hectare – une valeur annuelle de 600 \$/ha –, ce qui permettrait d'améliorer les revenus tirés de forêts privées. Des recherches sont nécessaires pour identifier quels aménagements pourraient stimuler la croissance des différents bolets prisés par les gastronomes, dont le cèpe d'Amérique, croit Marie-France Gévy, biologiste à l'Université Laval et administratrice de l'Association des produits forestiers non ligneux du Québec (ACPFNL).

Pour se positionner comme leader de l'industrie au Québec, la Mauricie souhaite former tout un écosystème d'entreprises pour stimuler le tourisme, mais aussi la cueillette, la transformation et la commercialisation des produits. C'est pourquoi la Filière mycologique travaille sur l'implantation de la première usine de transformation commerciale de champignons au Québec. Si tout va comme prévu, l'usine, d'une valeur estimée à



## LE CHAMPIGNON HOMARD

Avez vous déjà aperçu un gros champignon orange et difforme en bordure d'un sentier? Si cela vous arrive, ramassez-le, il pourrait s'agir de l'un des très bons champignons comestibles au Québec. Parce que son nom officiel – dermatose des russules – fait penser plus à une maladie de peau qu'à un trésor gastronomique, on préfère le commercialiser sous l'appellation « champignon homard », « champignon crabe » ou encore « russule orangée ».

Mais sachez que c'est en fait la russule à pied court qui est parasitée par un autre champignon *Hypomocès lactiflorum*. Plus le champignon est infesté, plus sa couleur, initialement blanche, devient orangée. Geneviève Laperrière, étudiante au doctorat à l'Université du Québec à Trois-Rivières, travaille dans le cadre d'un projet de recherche afin de déterminer comment un champignon au goût médiocre peut ainsi devenir aussi savoureux.

entre 750 000 \$ et 1,5 million de dollars, devrait voir le jour d'ici trois ans.

Les projets scientifiques ne sont pas en reste. La Filière travaille entre autres avec Hugo Germain, directeur du Groupe de recherche en biologie végétale à l'Université du Québec à Trois-Rivières (UQTR) et son étudiante au doctorat, Geneviève Laperrière.

Contrairement à nombre de plantes, les champignons sont éphémères. Et comme chaque espèce apparaît à une période différente de la saison, il est difficile et coûteux d'en faire l'inventaire. Mais des recherches sont en cours pour trouver le moyen de déceler la présence de mycélium, la partie végétative du champignon, cachée dans le sol. En 2015, l'équipe d'Hugo Germain a d'ailleurs réussi à détecter la présence de quatre espèces de champignons à la fois, grâce à une technologie mise au point par Génome Québec.

« Cette technologie nous permet d'aller chercher 15 millions de séquences d'ADN d'un seul coup, dit le chercheur. Plus les séquences d'un champignon sont nombreuses, plus il est abondant. » Étant donné que les champignons forestiers développent des relations symbiotiques avec les racines des arbres, il deviendrait alors possible de faire des corrélations entre la présence d'un champignon et 75 facteurs abiotiques – c'est-à-dire physico-chimiques – dont le type de végétation, la nature du terrain, la pente, l'hydrographie et la topographie. « Cette étude permettra de prédire où se trouvent les champignons à partir d'un modèle fondé sur les différentes données que l'on retrouve sur les cartes forestières qui sont particulièrement précises au Québec », commente Danny Brisson, propriétaire de Progigraph ([www.progigraph.com](http://www.progigraph.com)), une entreprise de cartographie basée en Abitibi. Le géomaticien travaille actuellement à différents projets de mise en valeur des PFNL en collaboration avec les communautés algonquines de la région, mais il estime que le modèle en préparation pourra s'appliquer n'importe où au Québec. ☐

## Un trésor japonais

Son nom signifie « champignon des pins ». Le matsutake est consommé au Japon depuis des temps immémoriaux mais, comme une très grande partie des forêts de pins de l'archipel ont été rayées de la carte par la maladie du dépérissement du pin, la production de ce champignon s'est presque totalement effondrée. « Les Japonais adorent les produits saisonniers du terroir et la rareté du matsutake fait en sorte que les prix atteignent 2 000 \$/kg au Japon », témoigne Masaka Takahatake, vice-présidente de l'Association Canada-Japon de Montréal. On comprend que le Québec fasse figure de paradis pour les amateurs japonais!

Ce champignon convoité, symbole traditionnel de prospérité et de richesse, l'est aussi pour son parfum exceptionnel de menthol et de cannelle, ainsi que pour ses vertus... aphrodisiaques. Il faut dire que le matsutake atteint sa valeur maximale lorsque les spécimens sont encore jeunes et qu'ils ont la forme d'un pénis en érection!

Le matsutake pousse principalement dans les vieilles forêts de pins gris, particulièrement abondantes dans le Nord-du-Québec. Des projets de localisation par télédétection réalisés par Biopterre, il y a quatre ans, ont par ailleurs permis d'identifier l'habitat du matsutake avec une probabilité de 93%. On parle d'une moyenne de 46,3 kg/ha de ce



PIERRE CHEVRIER

Un amateur venu expressément du Japon brandit un matsutake comme un trophée!

champignon sur les sols où le lichen est mince, et de 15,2 kg/ha sur les sols à lichen épais.

Après avoir participé à une mission commerciale au Japon et à un projet-pilote d'accueil de mycotouristes japonais à Wemindji, en territoire cri, Pierre Chevrier, ancien coordonnateur à Biopterre et aujourd'hui propriétaire des ÉcoGîtes du lac Matagami, souhaite profiter de son expertise pour attirer la clientèle japonaise, dès l'automne prochain. « Les matsutakes constituent une ressource exceptionnelle et abondante, mais difficile d'accès dans certains secteurs. Ils sont un peu les diamants de la forêt, comme disent les Japonais », illustre-t-il.

Dans cette région, déplore cependant Sylvain Paquin,

directeur du Centre d'information et d'apprentissage culturel cri (CIACC), certains touristes ne sont pas les bienvenus. « On a des problèmes avec les cueilleurs "mercenaires": ils brisent nos parcelles d'inventaire et récoltent n'importe quoi. » M. Paquin souhaite donc que les cueilleurs de l'extérieur reçoivent une formation au CIACC, dans le but d'assurer une cueillette éthique de qualité, et d'en maximiser les retombées pour la communauté cri, où une quinzaine de cueilleurs indépendants participent déjà à l'effort de récolte.

On trouve aussi des matsutakes dans les forêts nordiques du Lac-Saint-Jean, de Charlevoix et de la Côte-Nord. (G.R.)



### CULTIVER DES TRUFFES AU QUÉBEC ?

Jérôme Quirion compte récolter bientôt les premières truffes cultivées au Québec. C'est à Saint-Denis-de-Brompton et à Sherbrooke, en Estrie, qu'il a planté, en 2009, 2 000 arbres, principalement des chênes et des noisetiers, mycorhizés de truffes. Alors que toutes les cultures de truffes ont échoué jusqu'à présent, l'entrepreneur de 31 ans espère réussir avec une truffe indigène, *Tuber canaliculatum*, qu'il entend commercialiser sous le nom de « truffe des Appalaches ».



RICHARD BIZLEY/SPL

### LES GÉANTS DU CAMBRIEN

Des champignons géants de 8 m de hauteur et de 1 m de diamètre ont été les premiers organismes géants à s'implanter sur la terre ferme il y a 420 millions d'années. Ils devaient détonner dans le paysage à une époque où les plantes mesuraient à peine plus de 1 m.

Dès 1859, dans la région de Gaspé, William Dawson, un géologue canadien, a découvert d'énormes fossiles de prototaxites, de mystérieuses structures longtemps considérées comme les premiers troncs d'arbres. Mais la morphologie rectiligne du fossile a suscité des doutes et fait l'objet d'un débat depuis près de 150 ans.

En 2007, le chercheur Kevin Boyce, de l'université Stanford de Californie a résolu une partie du mystère en approchant la question sous un angle

différent. « Nous avons fait l'analyse des ratios d'isotopes de carbone radioactifs (Carbone 12 et 13) près des fossiles. Alors que les végétaux, qui synthétisent le carbone grâce à la photosynthèse, produisent des ratios stables dans le sol, nous avons découvert que les ratios de carbone sont très variables près des prototaxites, ce qui signifie qu'ils étaient des organismes hétérotrophes, ce qui nous laisse penser à une forme primitive de champignon », explique le paléontologue. De plus amples recherches moléculaires pourront éventuellement déterminer si ces organismes étaient de réels cryptogames ou non.

Les prototaxites ont disparu il y a 350 millions d'années, soit près de 30 millions d'années après l'apparition des arbres sur Terre.

### MANGEUR DE PLASTIQUE

Au cœur de la forêt amazonienne tropicale, une équipe de chercheurs de l'université Yale, au Connecticut, a trouvé une espèce de champignon du genre *Pestalotiopsis* qui a la capacité de décomposer le polyuréthane. Le champignon peut même survivre en consommant exclusivement du plastique sous forme liquide ou solide, ce qui laisse présager un excellent potentiel de biorémédiation – de décontamination si vous préférez. Une solution pour traiter les 300 millions de tonnes de plastique produites chaque année sur la planète?



### LES CHAMPIGNONS S'EMBALLENT



Mille ans, c'est le temps qu'il faut au polystyrène pour se dégrader. Pourtant, il existe des emballages qui se décomposent en seulement 30 à 90 jours.

C'est ce que l'entreprise new-yorkaise Ecovative offre à ses clients : des produits faits à base de mycélium, la partie végétative des champignons, et de résidus agricoles. On fait croître le mycélium dans un moule, puis on le sèche pour arrêter sa croissance. Le produit demeure stable jusqu'à ce qu'il soit jeté au compost.

### LE PLUS GROS ORGANISME SUR TERRE?

Le plus gros organisme sur Terre est un champignon. Un spécimen d'armillaire couleur de miel (*Armillaria ostoyea*) couvre 9,65 kilomètres carrés de forêt en Oregon, aux États-Unis. La découverte a été faite lors de l'analyse d'arbres morts qui avaient été colonisés par ce champignon. Le monstre aurait entre 4 000 et 8 650 ans!

### SQUATTEUR DE FOURMIS

Lorsque le champignon *Cordyceps unilateralis* infecte une fourmi, il prend littéralement les commandes de son cerveau! Ainsi, tel un zombi, la fourmi se met à grimper dans un arbre, s'immobilise là où son ravisseur le décide, c'est-à-dire à un endroit propice à son propre développement, puis elle meurt.

Le parasite grandit à même le cadavre de la fourmi. Le moment venu, il en émerge et dissémine ses spores tout autour.



# 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  
35\$\***

**34% de réduction**  
sur le prix en kiosque

\* Prix avant taxes

**2 ans  
63\$\***

**41% de réduction**  
sur le prix en kiosque

**3 ans  
86\$\***

**46% de réduction**  
sur le prix en kiosque

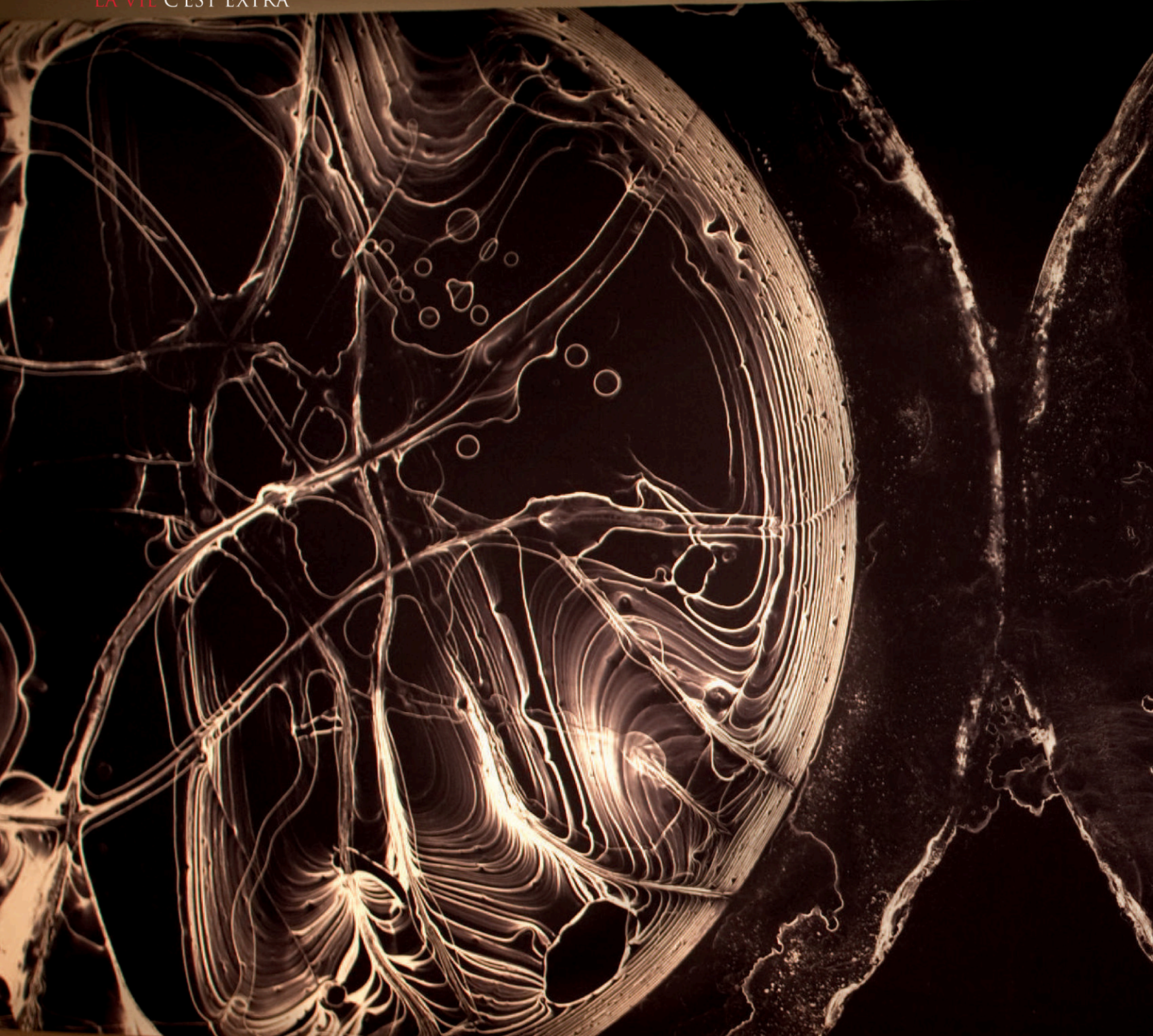


Aussi offert en édition numérique.  
Gratuit pour les abonnés papier de Québec Science.



**PROCUREZ-VOUS ÉGALEMENT**

les autres magazines publiés par Vélo Québec Éditions



# SOMMES-NOUS SEULS DANS

GRÂCE AUX PERCÉES TECHNOLOGIQUES, AINSI QU'À LA VOLONTÉ DE CHERCHEURS ET DE PHILANTHROPES ENTHOUSIASTES, LA QUÊTE DE LA VIE EXTRATERRESTRE EST PLUS QUE JAMAIS À L'ORDRE DU JOUR.

Par Mélissa Guillemette



Photo tirée de l'exposition de l'artiste Charles Lindsay, en résidence à l'Institut SETI pour la recherche d'une intelligence extraterrestre, en Californie. Ce photographe travaille en collaboration avec des astronomes et cherche de nouvelles façons d'intégrer l'art à la science. Par ses œuvres, il essaie de briser les frontières entre la réalité et les perceptions que l'on peut avoir de l'Univers. On peut voir ses œuvres sur : [www.charleslindsay.com](http://www.charleslindsay.com).

# LE COSMOS?

**L**orne Trottier a beau être ingénieur électrique de formation et diriger Matrox, une multinationale dans le domaine de la vidéo, de l'infographie et de l'imagerie, ce sont des photos de l'espace sidéral qui décorent son bureau à Dorval. Ça, et un montage qu'il a créé en assemblant, avec du ruban électrique, les 12 images d'un calendrier expliquant l'histoire de l'Univers, depuis le big-bang jusqu'à l'apparition de la vie sur Terre. « J'aime beaucoup l'astronomie », dit-il. On comprend que c'est un euphémisme, quand il se met à citer l'astronome Carl Sagan, l'un des fondateurs de l'astrobiologie, et les communiqués de l'Institut SETI pour la recherche d'une intelligence extraterrestre.

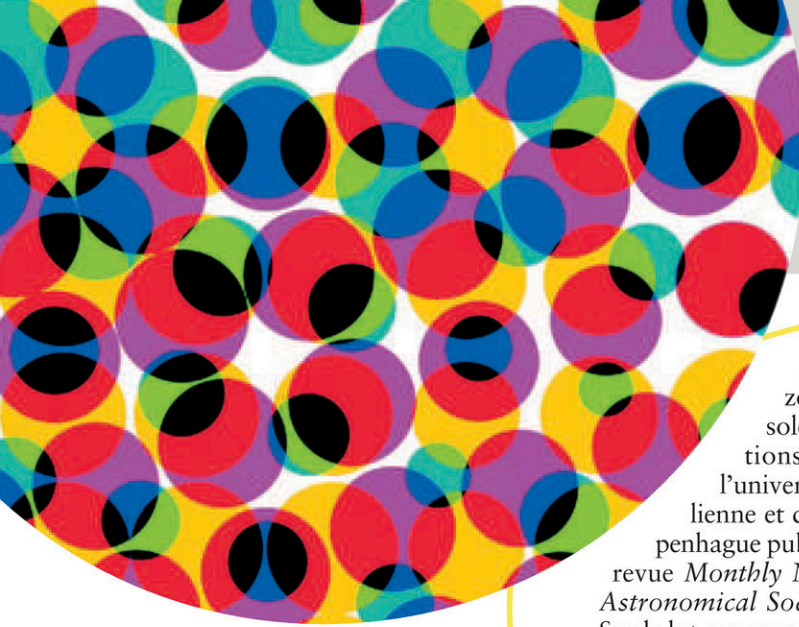
L'homme d'affaires québécois incarne parfaitement la curiosité que suscite la recherche de vie extraterrestre chez Monsieur et Madame Tout-le-Monde. Mais lui ne doute pas une seconde que la vie extraterrestre existe. C'est

pourquoi sa fondation a offert 1 million de dollars, sur cinq ans, à l'Institut de recherche sur les exoplanètes (iREx) qui regroupe des chercheurs de l'Université de Montréal et de McGill. « Quand j'ai commencé à m'intéresser à l'astronomie, cette quête était un rêve, dit le philanthrope. Mais je crois maintenant que c'est de mon vivant [NDLR: M. Trottier a 67 ans] que les scientifiques vont déceler des signes de vie évidents quelque part dans notre galaxie. Ce n'est qu'une question de temps, puisque les technologies sont de plus en plus performantes. »

Il ne saurait mieux dire. Les chercheurs de l'iREx espèrent en effet détecter une planète propice à l'apparition de la vie d'ici 10 ans!

Les scientifiques cherchent donc une planète semblable à la Terre, à commencer par la taille, explique Denis Laurin, scientifique de programme à l'Agence spatiale canadienne (ASC), à Saint-Hubert, au sud de Montréal. « Une planète de

# « Des gens se moquent science où notre sujet



en effet des milliards de planètes dans la zone habitable de leur soleil, selon des estimations de chercheurs de l'université nationale australienne et de l'université de Copenhague publiées en 2015 dans la revue *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*. Des milliards! Sur le lot, une sur six serait tellurique.

Pour l'instant, avec les technologies dont ils disposent, les scientifiques trouvent surtout d'imposantes sphères gazeuses très chaudes, comme l'inhospitalière Jupiter, ou de très lointaines planètes difficiles à caractériser.

C'est le cas notamment de Kepler-452b dont la découverte a été annoncée par la NASA, l'an dernier. C'est la première planète d'une taille se rapprochant de celle de la Terre détectée dans la zone habitable d'une étoile dont la masse ressemble à celle du Soleil. Cette planète, dont le diamètre est 60 % plus grand que celui de la Terre – ce qui représente un écart minime –, fait le tour de son étoile en 385 jours. De plus, ce système planétaire est plus ancien que le nôtre, ce qui signifie que la vie pourrait avoir eu le temps de s'y développer. Y a-t-on repéré des « habitants »? Pas pour le moment, puisqu'elle se situe à 1 400 années-lumière et que, à cette distance, il est impossible d'en savoir plus; par exemple, de mesurer sa densité pour confirmer s'il s'agit bien d'une boule de roche.

« À partir de 2019, ce sera absolument intense – une découverte après l'autre – et les chercheurs qui réagiront vite vont se démarquer », prédit l'astrophysicien René Doyon, professeur au département de physique de l'Université de Montréal, avec, dans les yeux, un parfait mélange d'excitation et d'effroi devant l'ampleur du travail à venir. C'est pour cette raison qu'il a mis sur pied l'Institut de recherche sur les exoplanètes qui bénéficie de l'aide financière de Lorne Trottier. Pourquoi 2019? C'est à ce moment qu'un arsenal

de nouveaux instruments complémentaires sera alors à la disposition des astronomes.

« D'abord, dit-il, le télescope-satellite *TESS* va chercher les étoiles les plus proches de la Terre – à une trentaine d'années-lumière, où elles sont surtout de faible masse – et trouver des planètes candidates orbitant autour. » À partir de la fin de 2017, il scrutera le ciel à la recherche d'étoiles en transit, c'est-à-dire dont la luminosité baisse un temps, et ce périodiquement, trahissant le passage d'une planète devant elle. Le télescope spatial *Kepler*, qui a trouvé plus de 1 000 exoplanètes (dont Kepler-452b) suivant cette même méthode dite des « transits », scrutait une région précise du ciel, grosse comme la main. *TESS*, lui, regardera plutôt de tous les côtés et saura déterminer le rayon – la taille – de ses trouvailles.

Ensuite, une fois que le professeur Doyon et son équipe auront identifié des planètes similaires à la Terre, ils calculeront leur masse avec SPIROU et NIRPS, des spectrographes infrarouges (les étoiles de faible masse émettent surtout dans l'infrarouge) qui seront installés au cours des prochaines années sur des télescopes au sol, le premier au nord (télescope Canada-France-Hawaï) et le second au sud (observatoire de La Silla au Chili). Ils étudieront les planètes grâce à l'impact gravitationnel qu'elles ont sur leur étoile. « Si on détermine le rayon d'une planète avec *TESS* et sa masse avec SPIROU ou NIRPS, on obtiendra sa densité. Tout de suite, on saura si on est devant une boule de roche ou une boule de gaz », explique René Doyon.

Enfin, conclut l'astrophysicien : « Quand l'équipe sera certaine qu'une planète est rocheuse, on va l'observer avec le télescope *James-Webb*. »

Cet appareil est la « cadillac » des télescopes infrarouges. Il sera lancée dans l'espace en octobre 2018 par la NASA. Jusqu'à présent, l'ASC a investi 170 millions de dollars dans ce colosse métallique, notamment pour la création de son imageur-spectrographe conçu par

très grandes dimensions, comme Jupiter, c'est souvent une planète gazeuse, où il n'y a pas vraiment de surface », dit le spécialiste, en montrant une présentation PowerPoint qu'il a préparée pour le club d'astronomie de l'Agence. À l'inverse, les planètes légèrement plus grandes que la Terre, tout comme celles qui sont plus petites, sont telluriques, c'est-à-dire qu'elles offrent une surface rocheuse et solide sur laquelle la vie peut pousser ou marcher. « Mais si la planète est trop petite, elle ne va pas pouvoir retenir une atmosphère; tout ce qui est volatil – l'eau, l'oxygène, le dioxyde de carbone – va s'échapper dans l'espace », ajoute M. Laurin.

La planète idéale doit aussi se trouver dans la « zone habitable » autour de son étoile, c'est-à-dire là où la chaleur dégagée par l'astre est adéquate. « Il faut que la température à la surface de la planète, ou dans certaines de ses régions, se situe entre 0 °C et 100 °C pour permettre à l'eau d'exister sous forme liquide, au moins pendant certaines périodes », ajoute M. Laurin. Car c'est probablement dans l'eau que se forment les premiers micro-organismes, cet élément favorisant les réactions chimiques entre les molécules.

La recherche d'une jumelle de la Terre en est encore à ses débuts car, il n'y a pas si longtemps, les seules planètes connues étaient celles de notre système solaire; les chances d'y trouver de la vie étaient donc plutôt limitées. Mais depuis la découverte des premières exoplanètes dans les années 1990, près de 2 000 d'entre elles ont été formellement nommées. Ce n'est qu'un début! Seulement dans notre galaxie, il y aurait



Le télescope-satellite *Tess*



Lorne Trottier: « Je crois maintenant que c'est de mon vivant que les scientifiques vont déceler des signes de vie évidents »

# de l'astrobiologie, parce que c'est la seule d'étude n'existe peut-être pas... encore!»



NASA/CHRIS GUNN

Les astronomes espèrent beaucoup du télescope *James-Webb*. Une réplique de ce télescope, déjà devenu un chouchou, est montrée çà et là aux États-Unis, et même ailleurs dans le monde.

une équipe codirigée par René Doyon. En retour, les chercheurs d'ici auront droit à 5 % du temps de télescope. « C'est avantageux, car 170 millions, c'est loin d'équivaloir à 5 % du budget total de 8 milliards ! » souligne Denis Laurin, de l'ASC.

René Doyon espère encore amasser 15 millions de dollars en 10 ans pour l'iREX. Il lui faut donc trouver 14 autres Lorne Trottier ! « Idéalement, les fonds publics financeraient toute la recherche, mais ils sont limités, car l'ASC a été négligée ces 10 dernières années, dit M. Trottier qui fait partie du Comité consultatif de l'espace, un groupe de huit experts, créé par Ottawa en 2014, qui conseille le gouvernement fédéral quant à sa politique spatiale. Le Canada a investi beaucoup d'argent dans *James-Webb*, et il faut saluer cet effort, mais combien va-t-il investir pour soutenir les astronomes qui analyseront les données de ce télescope ? Presque rien. Ça n'a pas de sens. » [NDLR: De 2019 à 2024, l'ASC accordera 10,3 millions de dollars au soutien scientifique pour cette mission.] Le don de sa fondation va permettre, entre autres, l'embauche de chercheurs postdoctoraux à l'Université McGill et à l'Université de Montréal.

**L**e nouvel Institut spatial de McGill vient d'ailleurs tout juste d'emménager dans l'ancienne faculté de dentisterie, rue University, à Montréal. À peine les photos de nébuleuses et autres levers de Terre étaient-elles apposées sur les murs que, déjà, les bureaux étaient surpeuplés, signe de l'effervescence qui anime ce secteur de recherche. « Et nous allons embaucher bientôt un autre spécialiste des exoplanètes », annonce Nicolas Cowan, professeur adjoint au département de physique et au département des sciences de la Terre et des planètes, en montant l'escalier qui craque.

Ce spécialiste de l'atmosphère des exoplanètes attend lui aussi avec grande impatience que *James-Webb* flotte dans l'espace. Car le nouveau télescope lui procurera des données bien meilleures que celles présentement fournies par *Spitzer*, lancé en 2003, qui n'a pas été conçu pour analyser l'atmosphère des exoplanètes. « Quand une planète "transite", explique le jeune barbu au look d'adepte de plein air, la lumière de l'étoile passe à travers l'atmosphère de la planète; elle est donc filtrée. On peut voir l'empreinte de

certaines molécules : le méthane, le dioxyde de carbone, l'eau – n'importe quel gaz qui cause l'effet de serre sur la Terre, en fait. Si on trouve une combinaison de gaz étrange, ce pourrait être un signe de vie. » C'est ce qu'on appelle une « biosignature ».

Le professeur arrive aussi à évaluer la température des exoplanètes grâce à leur rayonnement dans le domaine infrarouge. Montrant les graphiques d'une des planètes qu'il étudie, il précise : « Son atmosphère a une température de 3 000 kelvins (2 727 °C) sur sa face illuminée et de 1 000 kelvins sur sa face nocturne. À partir de 350, c'est trop chaud pour qu'il y ait de la vie. »

Quand une planète candidate réunissant tous les critères estimés nécessaires à la vie sera identifiée, les chercheurs espèrent y repérer des micro-organismes, ajoute Nicolas Cowan, qui enseigne par ailleurs l'astrobiologie, c'est-à-dire la science de l'apparition et de l'évolution de la vie : « Pas des dauphins ou des bonshommes verts. Des microbes ! »

En effet, la « vie » recherchée n'est plus la même qu'avant. « Il y a quelques décennies, les scientifiques écrivaient des articles dans les revues les plus réputées, comme *Science*, sur les plantes qu'on devrait trouver sur Mars, raconte le chercheur. Ça, c'est l'ancienne astrobiologie; maintenant, on est plus modestes. Malgré tout, des gens se moquent encore de l'astrobiologie, parce que c'est la seule science où notre sujet d'étude n'existe peut-être pas... encore ! »

Quoique si la vie évolue depuis longtemps sur une autre planète, il est fort possible qu'elle ait pris des formes qui pourraient nous être familières. Ici même, sur Terre, des espèces complètement différentes sont parvenues à revêtir une même apparence ou à adopter des attributs semblables au fil de l'évolution. Pourquoi cela ne se serait-il pas produit aussi ailleurs dans l'Univers ? « Les extraterrestres auront peut-être un code génétique différent du nôtre, mais ils pourraient très



Kepler-452b

nts quelque part dans notre galaxie. Ce n'est qu'une question de temps, puisque les technologies sont de plus en plus performantes.»

# « Je trouverais ça trop troublant la vie est apparue ici, mais on sait

bien avoir eux aussi des bras et deux yeux, dit René Doyon. Une vision stéréoscopique, c'est bien plus utile que de voir d'un seul œil. »

Pendant que les professeurs Doyon et Cowan et leurs collègues misent sur les exoplanètes pour trouver les premières formes de vie extraterrestres, d'autres espèrent encore en trouver dans notre propre système solaire. C'est le cas de la chercheuse postdoctorale Jacqueline Goordial et du professeur Lyle Whyte, de l'Université McGill. Ils ont longtemps misé sur Mars, une planète rocheuse à température froide, où il y a déjà eu de l'eau en abondance. Pour vérifier leur hypothèse, ils se sont rendus à University Valley, une région aride et très froide de l'Antarctique, afin d'y étudier le pergélisol. Ce dernier ressemble à la surface de la planète rouge, particulièrement là où la sonde spatiale *Phoenix* s'est posée en 2008, soit au pôle nord martien. Ils pensaient pouvoir y trouver des écosystèmes microbiens actifs, découverte qui leur aurait permis d'en attendre autant de Mars. Ils ont été déçus.

« Le pergélisol n'était pas complètement mort... mais presque, raconte Lyle Whyte. On a trouvé des micro-organismes, mais ils ne se reproduisaient pas. Ils ne redevenaient actifs que si on les transférait dans un environnement à -10 °C ou -5 °C environ. Sachant que la surface de Mars est encore plus froide et sèche que celle de University Valley, ce n'est pas un résultat encourageant pour la recherche de vie martienne. »

Il y a toujours une possibilité que vivent sur Mars des organismes adaptés aux conditions extrêmes ou que certaines bactéries existent dans le sous-sol ou dans ces étranges canaux qui apparaissent en été et qu'on soupçonne être de l'eau très salée à l'état liquide. « Mais si, depuis 1997, Mars était numéro un sur ma liste des endroits où chercher de la vie dans le Système solaire, aujourd'hui je miserais plutôt sur Europe et Encelade. »

Ces dernières sont des lunes orbitant autour de Jupiter et Saturne, respectivement. Toutes deux semblent couvertes d'une croûte de glace sous laquelle un océan pourrait être suffisamment chaud pour favoriser l'apparition de la vie. Mais comment vérifier cela?



JAMES WEBB SPACE TELESCOPE

L'imageur-spectrographe qui sera installé sur le télescope *James-Webb* a été conçu par une équipe codirigée par René Doyon, de l'Université de Montréal.

Qui sait si la glace d'Europe n'a pas des kilomètres d'épaisseur? Ce ne serait pas facile d'y creuser! Mais sur Encelade, d'immenses geysers naturels fournissent une porte d'entrée vers ses eaux liquides; d'ailleurs, la sonde états-unienne *Cassini* (qui étudie Saturne et son environnement) est passée à travers une colonne de vapeur, à une cinquantaine de kilomètres de la surface de cette lune, en octobre dernier. Intéressée à en savoir plus, la NASA prévoit envoyer une sonde en orbite autour d'Europe dans les années 2020, et examine la possibilité de lancer une mission aussi vers Encelade.

**E**n fouillant au-delà du Système solaire, les scientifiques les plus optimistes pensent toutefois que les extraterrestres sont plus avancés que nous, technologiquement parlant. C'est pourquoi ils scrutent le ciel à la recherche de messages radio ou lumineux qu'ils nous auraient envoyés. Le plus sérieux groupe quant à ce genre de recherche est l'Institut SETI, basé en Californie.

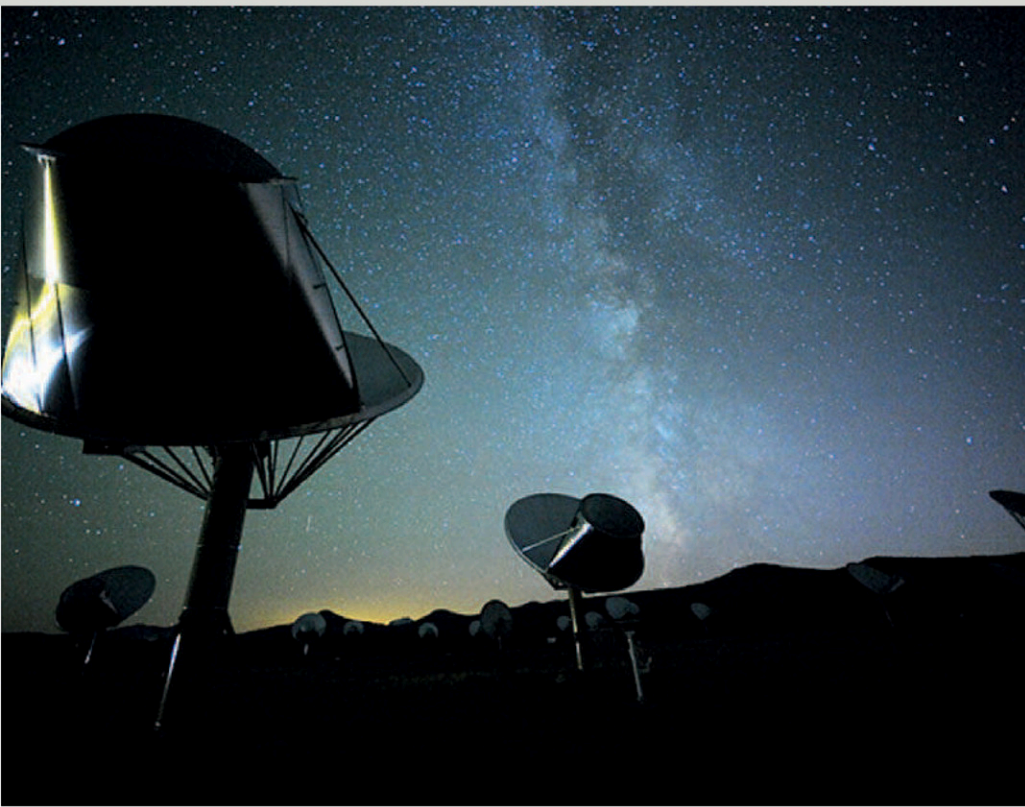
En 2015, Yuri Milner, un riche homme d'affaires, a annoncé un don équivalent à 130 millions de dollars sur 10 ans pour la création des programmes

*Breakthrough Listen* et *Breakthrough Message*. Le premier veut donner accès, aux chercheurs de signaux extraterrestres, à plus de temps d'observation sur de grands télescopes; le second évaluera l'intérêt d'envoyer un message dans le cosmos (soulignons qu'il y a déjà eu une dizaine de transmissions de messages. Deux Québécois ayant la recherche de type SETI pour passe-temps ont d'ailleurs participé au projet *Cosmic Call*, qui a lancé des messages radio vers neuf étoiles en 1999 et 2003, depuis la Crimée, en Russie. Il s'agit de l'astrophysicien Yvan Dutil et du physicien Stéphane Dumas). Yuri Milner est soutenu par nul autre que le célèbre physicien britannique Stephen Hawking.

Cela dit, l'entrepreneur québécois Lorne Trottier ne mettrait pas un sou dans la recherche de signaux extraterrestres: il croit plutôt aux microbes. « J'ai déjà été plus optimiste. Carl Sagan croyait qu'on avait de bonnes chances de trouver de la vie intelligente. Mais si de telles civilisations existaient, je pense qu'on les aurait déjà détectées. »

L'astronome Jérôme Maire, un Français d'origine, est, à sa connaissance, le seul scientifique au Canada à participer à ce type de recherche. « En Europe, c'est considéré comme farfelu mais, aux États-

# qu'on soit seuls. On ne sait pas comment que ce n'est pas du domaine du miracle.»



SETH SHOSTAK, SETI INSTITUTE

Même après plusieurs décennies d'écoute, les radiotélescopes participant au programme de recherche d'intelligence extraterrestre SETI n'ont capté aucun message.

Unis, c'est pris très au sérieux», explique ce chercheur postdoctoral à l'Institut Dunlap de l'université de Toronto.

Depuis deux ans, il participe à un projet états-unien qui utilise, pour la première fois, un détecteur de signaux dans le proche infrarouge de l'ordre de la nanoseconde nommé Niroseti. Si des extraterrestres souhaitaient nous joindre, ce genre de signaux serait pour eux un excellent moyen d'y arriver, car la lumière dans le proche infrarouge n'est pas ab-

sorbée par la poussière ou les gaz interstellaires. De plus, l'impulsion rapide permet de concentrer la lumière de sorte qu'elle brille davantage qu'une étoile.

Depuis janvier, le détecteur Niroseti fouille l'espace autour du Système solaire en ciblant des exoplanètes prometteuses, c'est-à-dire situées dans des systèmes assez vieux pour que la vie ait eu le temps d'y devenir « intelligente ».

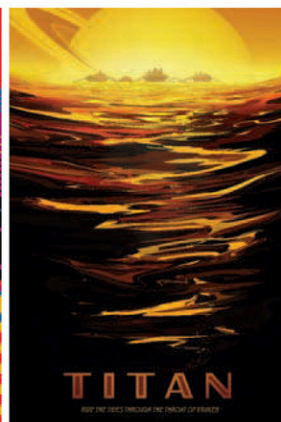
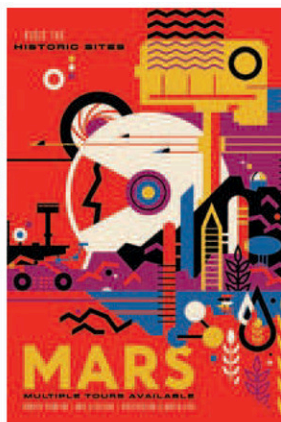
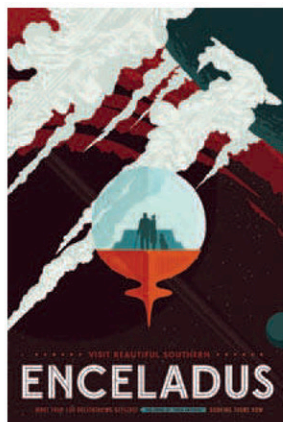
Jérôme Maire ne se fait tout de même pas trop d'illusions. Car il faudrait, ex-

plique-t-il, non seulement que ces extraterrestres aient pensé à bricoler un émetteur laser infrarouge clignotant très vite, mais aussi qu'ils le pointent directement vers nous; bref, qu'ils sachent que nous sommes à l'écoute. « Mais si jamais notre instrument détectait un signal, d'autres instruments devraient le confirmer avant que nous puissions annoncer haut et fort notre découverte. Nous pensons que, dans la nature, il n'existe pas de phénomène physique pouvant produire des signaux aussi rapides; mais nous nous trompons peut-être. Pour être franc, disons qu'on a probablement plus de chances de gagner à la loterie que de capter un signal venu d'ailleurs! »

Et même si une équipe y arrivait, la communication avec les extraterrestres n'irait pas de soi. Le jeu du « téléphone-maison » n'est pas si simple! Ni rapide: « Il en faut, du temps, afin que la lumière voyage sur des distances aussi incroyables, rappelle le chercheur. Pour qu'un signal venu d'une étoile dans le voisinage du Système solaire nous parvienne, il faudrait quelques dizaines d'années! »

Mais peu importe le moyen, René Doyon est convaincu que l'on finira par détecter de la vie quelque part dans l'Univers. « Je trouverais ça trop troublant, trop déroutant qu'on soit seuls. On ne sait pas comment la vie est apparue ici, mais on sait que ce n'est pas du domaine du miracle. Les ingrédients nécessaires existent ailleurs dans l'Univers. »

C'est aussi ce que croit passionnément Lorne Trottier, après l'astronome Carl Sagan qui affirmait: « Nous sommes faits de poussière d'étoiles. »



Les paysages planétaires ont longtemps inspiré les artistes, qui en ont tiré des affiches aux allures touristiques! Invitant?



**2016 a été proclamée Année internationale des légumineuses par les Nations unies. Une occasion pour prendre conscience de l'importance des enjeux agricoles. Et si la sécurité alimentaire de la planète passait par de nouvelles cultures? En voici quatre, glanées aux quatre coins de la Terre.**



NICOLAS MESLY

## INDE LE DÉRAPAGE DE LA

**L'INDE EST LE BERCEAU DE LA RÉVOLUTION VERTE, FONDÉE SUR LA  
UN MILLIARD D'ÊTRES HUMAINS. MAIS CES HYBRIDES ONT AUSSI**

Par Nicolas Mesly au Punjab, en Inde

**A** huit heures de route de la capitale, New Delhi, se trouve la ville de Ludhiana. Elle abrite la mythique université agricole du Punjab (PAU), « mère de la révolution verte ». La PAU collabore avec le Groupe consultatif pour la recherche agricole internationale (CGIAR). Depuis la fin des années 1960, des généticiens travaillent à mettre au point, dans des centres de recherche au Mexique, aux États-Unis, en Inde et aux Philippines, des hybrides de blé et de riz qui permettraient de doubler, voire tripler les rendements. Il s'agit de produire en masse pour s'assurer de nourrir

à long terme les populations grandissantes d'Asie et d'Amérique latine.

Connu sous le nom de « révolution verte », l'enjeu de cet effort scientifique, largement financé par le gouvernement états-unien et certains organismes privés comme la Rockefeller Foundation, était aussi politique. L'un des buts poursuivis, entre autres, était d'empêcher l'Inde de tomber dans le giron communiste.

Le hic, c'est que ces hybrides sont boostés avec un engrais chimique, l'urée, et qu'ils siphonnent une quantité démentielle d'eau! « On a atteint des rendements de blé et de riz de six tonnes par hectare, mais au prix de nos nappes phréatiques.



Les agriculteurs indiens préfèrent maintenant acheter des semences développées par les chercheurs de l'université agricole du Punjab (PAU) plutôt que les semences industrielles. Elles offrent de meilleurs rendements.

# RÉVOLUTION VERTE

DÉCOUVERTE D'HYBRIDES DE BLÉ ET DE RIZ QUI, DIT-ON, AURAIT SAUVÉ DE LA FAIM  
MENÉ À UNE CATASTROPHE ÉCOLOGIQUE ET ALIMENTAIRE

La prochaine révolution verte doit préserver nos ressources naturelles», déclare Rajan Aggarwal, spécialiste des sols et de l'eau de la PAU.

Pour cultiver le paddy – le riz complet –, on trouve le sol d'une multitude de puits. Plus de 12 millions de pompes siphonnent les nappes phréatiques ! L'irrigation est telle que le Punjab est devenu le plus grand lac artificiel d'eau douce de la planète. Les chiffres déclinés par le spécialiste sont hallucinants. Pour n'en donner qu'un : depuis 1991, le niveau des nappes d'eau souterraine a baissé entre 10 m et 30 m ! Il aura fallu une seule génération pour vider le sous-sol du Punjab.

Les scientifiques rencontrés à la PAU cherchent donc des solutions pour une agriculture plus durable. D'abord, ils planchent sur des variétés de riz basmati hâtives. Prêtes à être récoltées à 100 jours plutôt qu'à 130 ou 140, elles exigent une moins grande quantité d'eau. Ensuite, ils encouragent l'utilisation par les agriculteurs d'une machine au laser (qui coûte plus de 25 000 \$) pour niveler leurs champs. L'appareil fait économiser de 15 % à 25 % d'eau. Ils ajoutent que, depuis 10 ans, un tiers de la superficie cultivée de l'État a été nivelée grâce à cet engin miracle « made in Punjab ». Enfin, ils optent pour des systèmes d'irrigation goutte à goutte, auxquels de plus en plus

d'agriculteurs ont déjà recours. L'objectif ultime de la PAU : réduire la consommation d'eau et laisser à la mousson le soin de recharger les aquifères. Comme dans le reste de l'Inde, 60 % des terres cultivées au Punjab sont pluviales et 40 % sont irriguées.

Toutefois, rappelle l'ex-doyen de la PAU, l'agroéconomiste S.S. Johl, c'est la révolution verte qui a transformé le Punjab en producteur de riz. La région était d'abord productrice de blé. Le chercheur est formel : le Punjab, déjà en déficit d'eau, ne devrait pas produire de telles quantités de riz. En même temps, il dénonce les subventions à outrance de New Delhi qui, selon lui, sont les vé-

ritables responsables du pillage des nappes phréatiques. Les producteurs ne paient ni pour l'eau ni pour l'électricité, ils bénéficient de subventions pour l'urée et le diesel, en plus d'obtenir des prix garantis pour la culture de riz et de blé. Ce qui encourage un gaspillage éhonté des ressources et une attitude « au plus fort la pompe » entre producteurs.



révolution verte ont été conçus pour avoir des pailles courtes qui leur permettent de résister aux intempéries. Trop d'urée fait pousser les plants en orgueil, fragilisant les tiges, qui plient sous le poids des épis. Résultat: les grains sont mangés au sol par les rats et les oiseaux. Que la révolution verte ait dérapé, en voici bien la preuve.

**L**e long de la route qui mène de Ludhiana à Bathinda jusqu'à Chandigarh, la capitale du Punjab, les champs de blé passent du vert à l'or. Nous sommes au début de mars et, dans trois semaines, des milliers de moissonneuses y battront le grain. J'aperçois régulièrement d'immenses ronds d'épis couchés, comme si des éléphants s'y étaient prélassés. Cette verse n'est due ni au vent ni à la grêle, mais à une trop grande utilisation d'urée, m'explique-t-on. Les hybrides de blé de la

Il faut dire que l'urée, fortement subventionnée par New Delhi, coûte moins cher que le sel, ce qui encourage sa surutilisation. Le gouvernement de l'actuel premier ministre de l'Inde, Narendra Modi, envisage de transférer directement aux producteurs les subventions – évaluées à près de 13 milliards de dollars par an – actuellement octroyées aux fabricants d'engrais. Mais cela aurait pour effet d'augmenter le prix de l'engrais à la ferme, une mesure pas très populaire. « Je suis contre. Je préfère que les subventions de l'urée restent entre les mains

des fabricants. Parce que je ne veux pas attendre un mois avant d'être remboursé par le gouvernement », dit Haridenyat Gill, un producteur de céréales rencontré sur sa ferme tout près de Lidhuana.

En plus de fragiliser les plants, cette surdose d'urée épandue dans l'ensemble du pays a brûlé les sols. L'Inde a un rendement de céréales à l'hectare par quantité d'engrais appliquée plus bas que celui de la Chine et deux fois moindre que celui des États-Unis. C'est pour cette raison que Narendra Modi a lancé en février dernier un vaste programme appelé « Carte nationale des sols ». Cette opération vise à doter de laboratoires d'analyses de sol plus de 2 000 points de vente de compagnies d'engrais, au cours des 3 prochaines années. Selon ce plan, chaque producteur possédera sa carte de sol. Il connaîtra ainsi les besoins en azote, phosphore, potasse et microéléments de son lopin de terre, ainsi que son taux de matière organique. « C'est une situation "gagnant-gagnant" puisque les producteurs vont utiliser moins d'urée. Le gouvernement va donc économiser

## QUÉBEC APATITE, BACTÉRIES, MYCORH

**ON N'AURA PLUS JAMAIS LES ENGRAIS QU'ON AVAIT! ET C'EST TANT MIEUX.**

Par Joël Leblanc

**N**P, K... Azote, phosphore et potassium sont les éléments majeurs dont les plantes ont besoin en grande quantité pour croître. D'ailleurs, c'est au pourcentage de chacun de ces éléments présents dans la préparation que font référence les trois chiffres qui se trouvent sur les emballages d'engrais (par exemple 20-10-20). Mélangés à la terre, ces éléments pénètrent dans les plantes par leurs racines.

Si les composés d'azote et de potassium se trouvent ou se fabriquent relativement aisément – et n'importe où –, le phosphore, lui, est plus localisé. D'ordinaire, il provient de quelques gisements de roches sédimentaires phosphatées dont les strates se sont accumulées pendant des millions d'années au fond d'anciennes mers aujourd'hui disparues. Les principaux gisements se trouvent au Maroc, en Chine, aux États-Unis et en Syrie.

Le minerai tiré de ces gisements est une variété de phosphate de calcium appelée apatite. Telle quelle, l'apatite n'est pas très soluble; elle doit être traitée à l'acide sulfurique pour être assimilée par les plantes. On l'appelle alors superphosphate.

Comme tous les minerais, l'apatite est une matière première non renouvelable et on finira un jour par avoir exploité tous les gisements. Difficile de connaître ce moment, toutefois: 50 ans pour les plus pessimistes; quelques siècles pour les plus optimistes. Quoi qu'il en soit, sans l'apatite, l'agriculture comme on la pratique aujourd'hui ne pourra que péricliter.

Mais ça, c'est sans compter sur les mycorhizes. Ces champignons souterrains, en forme de fins filaments, s'associent intimement aux racines et augmentent le volume de sol dans lequel la plante peut puiser des ressources. « De plus, les mycorhizes sont capables, grâce à des en-



EYE OF SCIENCE/SPL

Une mycorhize au microscope électronique



L'eau est un enjeu critique dans le Punjab et en Uttar Pradesh, parmi les États les plus pauvres de l'Inde. Ce paysan puise le liquide vital dans une nappe souterraine grâce à une pompe au diesel.

NICOLAS MESLIVY

d'énormes subventions et la santé des sols va s'améliorer », se réjouit P.K. Joshi, directeur Asie du Sud de l'Institut international de recherche sur les politiques alimentaires (IFPRI), basé à New Delhi. Quelque 140 millions de cartes de santé de sol ont déjà été émises par le ministère indien de l'Agriculture.

« Ces tests de sols, ce n'est pas assez !

Nous devons accroître leur fertilité en réduisant notre dépendance aux engrais chimiques, en favorisant la diversité et la rotation de cultures », affirme Vibha Varshney, éditrice du magazine *Down to Earth* publié par le Centre pour la science et la technologie, aussi basé à New Delhi. Pour briser les monocultures de blé et de riz, elle suggère l'adoption de politiques

agricoles qui favoriseraient par exemple la culture de lentilles, championnes toutes catégories en matière écologique. Peu gourmandes en eau, elles permettraient de régénérer les sols en azote naturel et de réduire l'apport d'urée. De plus, le pays en est fortement déficitaire (le Canada fournit 40 % des lentilles importées par l'Inde). Cette culture aurait des effets bénéfiques non seulement sur le plan agronomique, mais aussi sur le plan nutritionnel, la lentille étant riche en fer. « Cette seconde révolution verte doit aussi tenir compte des déficiences alimentaires de la population indienne. Près de 90 % des femmes enceintes au pays sont anémiques ! » ajoute A. Kishore, responsable de l'agriculture durable et des changements climatiques à l'IFPRI. Reste à voir si le gouvernement donnera l'impulsion nécessaire pour concrétiser cette deuxième révolution verte. **CS**

# IZES ET EAUX USÉES

zymes particulières, de dissoudre le phosphate, même le phosphate non traité chimiquement, et de le rendre disponible pour la plante, explique J. André Fortin, biologiste rattaché à l'Université Laval. Les superphosphates sont tellement solubles qu'ils sont rapidement lessivés par les eaux de pluie. Des phosphates ordinaires restent plus longtemps dans le sol, et ils peuvent servir de source de phosphore à une plante si elle se fait aider par ses mycorhizes. »

Mais il existe aussi des gisements d'apatite ignée, c'est-à-dire issue du refroidissement du magma. Ils renferment généralement moins d'apatite que les gisements sédimentaires et elle est plus difficile à séparer de la roche, car elle est plus dure. Cette source de phosphore étant de moins bonne qualité pour les engrais, on l'a longtemps négligée. Avec la pénurie annoncée, cependant, elle devient intéressante. Surtout grâce à l'élargissement des connaissances sur les mycorhizes. Là où les agriculteurs épandaient autrefois des superphosphates, ils peuvent maintenant inoculer la terre avec des my-

corhizes pour favoriser une symbiose avec les racines des plantes, puis fertiliser la terre avec des phosphates ordinaires. « Par l'intermédiaire des mycorhizes, continue J. André Fortin, ces phosphates fournissent autant de phosphore que les superphosphates, et comme ils ne risquent pas d'être lavés par les pluies, on n'a pas besoin d'en mettre autant. »

Ces mycorhizes sont offertes, depuis quelques années, sous forme de poudre et les cultivateurs sont de plus en plus nombreux à adopter la formule. L'apatite ignée, elle, attend dans le sol. Au Québec, deux entreprises prévoient commencer prochainement l'exploitation de mines d'apatite: Mine Arnaud, à Sept-Îles, et Ariane Phosphate, au Saguenay. Une agriculture un peu plus verte que pourrait soutenir l'industrie minière d'ici...

La situation est encore plus intéressante depuis qu'une équipe de l'Université Laval a démontré, il y a un an, que l'association plante-mycorhize pouvait être encore améliorée par l'arrivée d'un troisième joueur: des bactéries, présentes dans le sol, capables de sécréter des acides orga-

niques et de dissoudre l'apatite. Ces bactéries rendent le phosphore encore plus disponible aux mycorhizes qui le transmettent à leur tour à la plante<sup>1</sup>.

Il y a aussi des initiatives intéressantes en différents endroits du monde pour récupérer les énormes quantités de phosphore que contiennent nos excréments et ceux des animaux d'élevage. À Vancouver, par exemple, une compagnie a mis au point une technologie prometteuse qui permet de récupérer jusqu'à 90 % du phosphore présent dans les eaux usées par un procédé biologique. Elle le transforme en un engrais économique directement utilisable par les agriculteurs. Le procédé permet déjà de produire 2 000 tonnes d'engrais par an à la station d'épuration d'Edmonton, en Alberta.

<sup>1</sup> La découverte a d'ailleurs valu aux chercheurs une place dans notre palmarès des 10 découvertes de l'année 2015 et a été la préférée de nos lecteurs. Voir *Québec Science*, janvier-février 2016, p. 25-27.



# NIGERIA/BÉNIN/MANITOBA LE POTAGER N'EST PAS PLUS VERT CHEZ LE VOISIN

OÙ ON A LA PREUVE QUE L'ÉDUCATION ALIMENTAIRE ET CULINAIRE PORTE  
SES FRUITS (ET LÉGUMES).

Par Bouchra Ouatik

**U**n peu partout sur les terres rurales du Nigeria, poussent, en abondance, des légumes colorés, variés et nourrissants. Par exemple, c'est le cas du worowo, une plante verte aux larges feuilles amères, mais délicieuses une fois cuites; de l'amarante, reconnaissable à sa grappe de graines rouges qui surgit d'entre ses feuilles; ou encore de la courge cannelée, large cucurbitacée verte à la chair pâle.

Cependant, les légumes indigènes du Nigeria – c'est-à-dire ceux qui poussent naturellement dans le pays – sont loin d'être populaires, même à la campagne, et moins encore dans les villes, comme l'explique le professeur en agronomie de la Osun State University, Odunayo Clement Adebooye. Ainsi, les populations urbaines ne les considèrent pas comme

raffinés. « Leur perception, explique-t-il, c'est que ces légumes, parce qu'ils poussent dans la brousse et sont cueillis à l'état sauvage, sont de la nourriture de pauvres. »

Mais que préfèrent alors les gourmets des villes? Les légumes « exotiques », importés dans l'agriculture nigériane, comme le chou, la laitue et le concombre. Des légumes pourtant beaucoup moins riches en nutriments et plus difficiles à cultiver que les plantes sauvages.

L'équipe du professeur Adebooye s'est donc donné comme mission de populariser les légumes indigènes du Nigeria, autant auprès des cultivateurs que des consommateurs. « Nous faisons face à trois problèmes. D'abord, un problème de marché, car les gens ne connaissent pas les avantages alimentaires de ces légumes. Il y avait aussi un problème d'usage, car les gens ignoraient comment les préparer. Et, finalement, un problème

d'ordre agronomique, c'est-à-dire que les agriculteurs ne savaient pas les cultiver de façon profitable. »

Bref, ces mal-aimés du public intéressaient peu les cultivateurs. « Ils disaient: "Vous, les scientifiques, vous voulez que nous produisions quelque chose que nous ne connaissons pas, mais qui l'achètera?" » raconte M. Adebooye. Les chercheurs ont donc sélectionné, pour leur projet, les légumes les plus susceptibles de devenir populaires, en se basant notamment sur la facilité à les cultiver et sur la perception que la population avait d'eux. À partir d'une liste de 22 légumes, ils ont mené des tests pour identifier ceux qui répondaient le mieux à leurs critères. Trois d'entre eux se sont démarqués: l'amarante, la courge cannelée et l'aubergine écarlate.

Pour convaincre les cultivateurs de se consacrer à la culture de ces plantes,

l'équipe du professeur Adebooye devait d'abord leur prouver que les acheteurs seraient au rendez-vous. Les chercheurs ont donc lancé, à la radio, à la télévision et dans les journaux, une campagne de promotion couvrant tout le sud-est du Nigeria. Ces publicités mettaient en vedette un personnage appelé « Ramo, le vendeur de légumes ». « La première publicité portait sur la production : nous expliquions comment les légumes pouvaient être cultivés. La seconde portait sur l'utilisation : nous disions aux gens comment les cuisiner. La troisième portait sur la distribution : nous informions les gens des endroits où ils pouvaient les acheter », dit Odunayo Clement Adebooye. Chaque jour, 10 millions d'auditeurs étaient à l'écoute, ajoute-t-il. Dans chaque publicité, les chercheurs fournissaient un numéro de téléphone où les joindre.

Une fois semée, par l'intermédiaire de Ramo, l'idée que les légumes indigènes constituaient un bon choix, les chercheurs de la Osun State University ont recruté des agriculteurs pour leur apprendre à cultiver ces plantes. Au total, 22 coopératives, rassemblant plus de 1 200 fermiers, dont la moitié étaient des fermières, ont pris part au projet. « Ce n'était pas facile de les recruter », fait remarquer l'agronome en expliquant que les agriculteurs hésitaient à se lancer dans la culture d'une nouvelle variété de légumes. Mais ils ont été épaulés tout au long du projet. Ils ont suivi une formation pour apprendre à les semer, à protéger les plants des organismes nuisibles et à maximiser leurs récoltes. Leur statut de coopérative a facilité l'obtention de prêts destinés à moderniser leur équipement.

**L**es chercheurs avaient également à cœur d'impliquer les femmes dans le processus. Ces dernières jouent un grand rôle dans la culture et la vente des légumes au Nigeria, mais elles ont rarement un pouvoir de décision, explique M. Adebooye : « Nous avons donné aux femmes des rôles de leadership dans les coopératives. »

Bien que les participants au projet étaient déjà des agriculteurs aguerris, les chercheurs ont profité de l'occasion pour raffiner leurs techniques de travail.

L'équipe de la Osun State University a collaboré avec des chercheurs de l'université de Parakou, au Bénin. Là-bas, l'équipe du professeur Pierre Irenikatche Akponikpe a introduit une technique appelée microdosage qui permet de maximiser la récolte avec un minimum d'engrais.

La technique consiste à appliquer une faible dose d'engrais, directement au pied de la plante. « Les producteurs appliquent généralement l'engrais à la volée, avec des doses largement supérieures à la microdose, explique M. Akponikpe. Le ciblage est mal fait et il y a beaucoup de pertes : l'engrais n'atteint pas les racines. » En outre, ajoute-t-il, dans la méthode traditionnelle, un fermier creuse un trou et sème la graine, et un second s'occupe plus tard de distribuer l'engrais dans le champ. « Dans la technique du microdosage, celui



## Les Nigériens et les Béninois redécouvrent les légumes indigènes.

qui sème peut immédiatement appliquer l'engrais », souligne-t-il. Le chercheur estime qu'il est possible d'accroître d'une fois et demie la récolte, tout en utilisant le tiers de l'engrais requis dans la méthode traditionnelle.

Avec le travail des chercheurs du Bénin, les récoltes ont été bonnes. Et les messages de Ramo, le vendeur de légumes, diffusés régulièrement sur les ondes nigérianes, ont eu du succès ! « Nos publicités ont fait en sorte que les gens sont tombés sous le charme de ces légumes et, lorsqu'ils ont constaté qu'ils en avaient pour leur argent, la demande a augmenté », explique Odunayo Clement Adebooye.

Les chercheurs ont aussi organisé des ateliers culinaires dans plusieurs villes du pays pour montrer comment apprêter les légumes. « Nous cuisinions devant les gens et ils pouvaient manger gratuitement. Parfois, 600 personnes venaient ! » assure M. Adebooye.

Déjà, grâce aux efforts de ce dernier et de ses collègues, des plantes vertes longtemps snobées par une partie de la population nigérienne occupent une place de choix sur de nombreuses tables du pays.

Bien sûr l'amarante, la courge cannelée et l'aubergine écarlate peuvent être in-

corporées dans les recettes traditionnelles nigérianes, mais les chercheurs ont voulu aller encore plus loin pour tirer le maximum de ces aliments, riches en nutriments tels que les polyphénols qui ont notamment des propriétés antioxydantes. « Par exemple, l'un des problèmes, dans notre région du monde, est l'anémie, souvent due à une carence en fer, rappelle M. Adebooye. Or, la courge cannelée et l'aubergine contiennent de grandes quantités de fer. »

Aussi l'équipe du professeur Odunayo Clement Adebooye compte-t-elle sur les compétences de Rotimi Aluko, chercheur au département des sciences de la nutrition de l'université du Manitoba. « Vous devez manger beaucoup de salade pour obtenir suffisamment de nutriments ! » dit en riant le spécialiste qui, dans son laboratoire de Winnipeg, étudie comment extraire les nutriments des

plantes sélectionnées, puis de quelle manière les incorporer en doses concentrées dans d'autres aliments comme le jus d'orange, les barres tendres ou le pain.

Dans la technique qu'il a mise au point, le spécialiste en nutrition humaine réduit en poudre les feuilles séchées des plantes et les mélange à de l'eau. Puis il passe la préparation à la centrifugeuse afin d'isoler les molécules de polyphénols qui se trouvent dans les feuilles. « Nous travaillons présentement à optimiser l'extraction, en variant la température de l'eau, le ratio de feuilles par rapport à l'eau et la durée de l'extraction », spécifie-t-il.

Lorsque cette mixture de polyphénols sera prête à être utilisée dans la fabrication d'autres aliments, elle risque toutefois de leur donner une couleur verdâtre. « Les gens sont réticents à manger du pain vert, admet M. Aluko. Mais il faudra les éduquer, leur dire que le vert n'est pas mauvais, que c'est même bon pour eux ! »

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

# KENYA DE LA VIANDE QUI FAIT «BIZZ»

NOURRIR POULETS, COCHONS, VACHES ET POISSONS AVEC DES INSECTES?

UNE IDÉE QUI FAIT MOUCHE, DU KENYA AU CANADA.

Par Mélissa Guillemette, à Kisumu, au Kenya



Larves de mouches soldats noires séchées

Quand la professeure Monica Ayieko fait frire des termites ou des criquets dans le laboratoire de l'université de science et technologie Jaramogi Oginga Odinga, dans l'ouest du Kenya, le campus entier salive à cause des arômes. « Non seulement l'odeur est incroyablement agréable, mais c'est aussi bon au goût! » explique la responsable du département de sécurité alimentaire.

Le problème, c'est que cette chair nutritive dégoûte pas mal de monde, y compris au Kenya où seulement certaines tribus s'en délectent. Et même si ces protéines représentent une façon simple de répondre aux besoins alimentaires d'une

population mondiale toujours croissante, la majorité des humains font la fine bouche devant les insectes.

Mais pas les animaux. « Quand une mouche passe, mon chien ne se pose pas de questions: il la mange! » lance Monica Ayieko. Voilà pourquoi son équipe étudie la possibilité de donner des bestioles à six pattes aux animaux d'élevage, une façon détournée d'utiliser les insectes pour renforcer la sécurité alimentaire à l'échelle de la planète.

Dans les faits, le concept n'est pas nouveau au Kenya, ni dans plusieurs autres pays d'Afrique et d'Asie, où les populations connaissent déjà mille et une astuces pour attraper les insectes et les offrir aux animaux. Quand Monica Ayieko était

petite, par exemple, elle a appris à fabriquer des pièges à termites. « On utilisait des pots renversés et de l'herbe pour les attirer et on donnait nos prises aux poulets », dit la professeure rencontrée lors de la Conférence internationale sur la législation et les politiques concernant l'utilisation des insectes pour l'alimentation humaine et animale en Afrique de l'Est, tenue à Kisumu, une ville près de son université, en mars dernier. Cette tradition inspire aujourd'hui une panoplie de chercheurs et d'entrepreneurs partout dans le monde. Une centaine d'entre eux sont même venus jusqu'au Vic Hotel de Kisumu – pas exactement la porte à côté! – pour en parler.

Le bétail et les poissons, tout comme



1 Komi Fiaboe et Monica Ayieko (au centre) discutent devant un système d'élevage de criquets dans des boîtes à œufs au Centre international de physiologie et d'écologie des insectes, au Kenya. 2 Dans ce système d'élevage de mouches soldats noires aperçu à l'université de science et technologie Jaramogi Oginga Odinga, les larves sont réparties dans les bacs selon leur âge. 3 Criquets d'élevage. 4 Le réservoir devant lequel pose le doctorant Nyakeri Evans Manyara est rempli de déchets végétaux qui font les délices des larves de mouches soldats noires.

nous, ont besoin de protéines. En ce moment, nous sommes même en compétition avec eux pour les obtenir... Par exemple, la farine de poisson est une excellente source de protéines à intégrer à l'alimentation des porcs, des poulets et des vaches laitières, entre autres. Obtenue après l'extraction de l'huile des poissons, cette farine est constituée entre 40 % et 70 % de protéines, selon la qualité, avec une teneur intéressante en acides aminés.

« Chaque année, environ 16 millions de tonnes de poissons sont transformées en farine dans le monde, indique le spécialiste du dossier entomophagie de l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), Paul Vantomme, qui a troqué sa chemise, après sa conférence, pour un t-shirt à motif de "bibittes". C'est un excellent

produit mais, en gros, on donne aux bêtes des aliments qu'on peut nous-mêmes manger, comme des sardines et des anchois. Ce n'est pas une pratique durable. » L'offre est d'ailleurs en baisse, et les prix en hausse. Le soya (environ 45 % de protéines) – un autre aliment que l'humain consomme – est également un produit largement utilisé par les éleveurs. Un peu moins complet que la farine de poisson, il est beaucoup moins cher. Toutefois, les terres disponibles pour le cultiver ne sont pas illimitées.

En comparaison, les insectes offrent l'avantage de pouvoir être élevés sur de petites superficies, et contiennent, selon l'espèce, jusqu'à 70 % de protéines!

Justement, dans la cour arrière de l'université où travaille Monica Ayieko, un réservoir de la taille d'une brouette em-

peste. Il est rempli de déchets végétaux récupérés au marché, et des larves de mouches soldats noires (environ 48 % de protéines) s'y alimentent, avant de s'écarter du tas une fois prêtes à devenir nymphe. En s'isolant ainsi, elles tombent, par un conduit, au fond d'un seau : l'heure de la récolte a sonné.

« C'est le genre de système qu'un simple fermier pourrait avoir chez lui », explique Nyakeri Evans Manyara, un étudiant au doctorat supervisé par Monica Ayieko. Il effectue présentement son travail de terrain chez Sanergy, une entreprise de Nairobi qui offre un service de toilettes publiques dans les bidonvilles, pour ensuite transformer leur contenu en fertilisant grâce aux larves. « Sanergy espère aussi commercialiser ces larves pour l'alimentation animale », explique le docto-

PHOTOS : MÉLISSA GUILLEMETTE



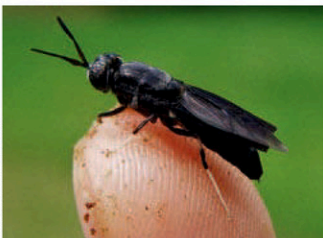
## VOUS EN MANGEZ DÉJÀ

L'idée que les poulets, porcs et poissons qui aboutissent dans votre assiette aient mangé des insectes vous dégoûte? Eh bien, sachez que vous mangez déjà jusqu'à 500 grammes d'insectes par année! Tofu, fromage, café moulu, raisins secs, poivre, champignons, figues: autant de produits qui peuvent contenir une infime quantité de fragments d'insectes, ou même d'insectes entiers, tout en respectant les normes de l'Agence canadienne d'inspection des aliments. Bon appétit!

## LES CHAMPIONNES

Selon l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture, les espèces les plus prometteuses pour l'alimentation animale sont:

- > la mouche soldat noire
- > la mouche domestique
- > le ver à soie
- > le ténébrion jaune



PHOTOS: ENTERRA

rant, qui cherche la combinaison idéale de déchets (déjections humaines, restants de table, fruits et légumes du marché, pelures de banane et déchets de brasserie) pour que les larves profitent bien.

Chez les paysans du Kenya, l'idée n'est pas de remplacer les farines de poisson; ils n'en achètent pas en raison de leur prix élevé, et laissent plutôt les poulets picorer dans la nature. Mais en élevant leurs propres mouches, ils pourraient mieux engraisser leurs bêtes, sans dépenser un sou. « S'ils ne donnent pas de protéines à leurs poulets, ces derniers ne leur en fourniront pas beaucoup », explique l'entomologiste Komi Fiaboe, dans le lobby du Vic Hotel. Donc, moins d'œufs et moins de viande pour nourrir la famille.

Ce Togolais d'origine travaille au Centre international de physiologie et d'écologie des insectes du Kenya et codirige un vaste projet de recherche: INSFEED (Intégration d'insectes aux aliments pour la volaille et le poisson en Afrique subsaharienne), financé par le Centre de recherches pour le développement international du Canada et le gouvernement australien.

Les chercheurs dressent d'abord un inventaire en libre accès des propriétés nutritives des insectes indigènes. Ils évaluent également les risques de contamination (champignons, bactéries, métaux lourds) et les stratégies pour les éviter. Enfin, ils déterminent le potentiel économique, pour les agriculteurs, de l'élevage ou de la cueillette des insectes afin de pouvoir nourrir leurs propres animaux, ou encore pour les vendre à l'industrie de l'alimentation animale.

**A**ttirer des insectes? Le Centre se spécialise dans la gestion des insectes nuisibles depuis sa fondation, dans les années 1970. Les mêmes substances dont on se sert pour attirer les insectes vers un piège mortel pourraient être utilisées pour cueillir les bestioles comestibles, estime Komi Fiaboe. « Par exemple, nous utilisons présentement des phéromones pour attirer les "mouches à fruits" (entre 43 % et 60 % de protéines, selon l'espèce et le stade de développement) vers des pesticides afin de protéger les mangues. On peut procéder de la même manière pour recueillir les insectes afin de nourrir la volaille. Évidemment, nous ne voulons pas donner aux poulets des mouches contaminées par les pesticides, alors nous cherchons un moyen, une fois piégées, de les faire mourir sans les intoxiquer. »

Une centaine d'entreprises tentent déjà de percer l'immense marché. Et les entrepreneurs pensent pouvoir offrir les insectes, entiers ou moulus, à un prix moins élevé que les farines



L'usine d'Enterra Feed, près de Vancouver. Chaque jour, près de 100 tonnes de restes de fruits et légumes de l'industrie alimentaire y aboutissent.

de poisson, en plus d'assurer une constance dans la production.

Au pays, l'Agence canadienne d'inspection des aliments n'a encore approuvé aucun produit à base d'insectes à l'usage du bétail. L'Agence se garde de divulguer le nombre d'entreprises en processus d'approbation, mais confirme que plusieurs se sont renseignées sur la façon de soumettre une demande concernant des insectes comme « aliments nouveaux » pour les élevages. Paul Vantomme trouve d'ailleurs inusité que les insectes soient considérés comme des « aliments nouveaux », ici comme en Europe. « On n'invente rien! Ce n'est pas du nano! » dit celui qu'on surnomme l'« entoparrain ».

Brad Marchant est le premier entrepreneur canadien à avoir entamé ces démarches, il y a quatre ans! Les mouches soldats noires de sa compagnie, Enterra Feed, basée à Langley, en banlieue de Vancouver, font pourtant déjà les délices des poissons d'élevage chez nos voisins du sud, où l'entreprise a obtenu une certification en 10 mois; et les certifications pour la volaille et les fruits de mer devraient venir bientôt. En Suisse, où les produits d'Enterra Feed pour les poissons et la volaille ont été approuvés, il a fallu environ six mois.

Chaque jour, 100 tonnes de restes de fruits et légumes de l'industrie alimentaire aboutissent dans l'usine d'Enterra Feed. En quatre heures, le tout disparaît. « C'est particulièrement impressionnant de voir fondre une pile de déchets alimentaires! » explique Brad Marchant, le



**« Laisser ces nutriments se décomposer équivaut à une perte énorme. Nous les convertissons plutôt en une autre forme de nourriture. »**

directeur général de l'entreprise, qui souhaite également fournir les producteurs de crevettes et de porc. « On a hâte de pouvoir vendre au Canada; après tout, on utilise les déchets de fruits et légumes locaux et ce serait plus logique de revendre les protéines ici aussi. »

Il souligne que de plus en plus de règlements, en Amérique du Nord, obligent l'industrie à ne plus acheminer de déchets organiques vers les dépotoirs. « C'est bien, mais laisser ces nutriments se décomposer équivaut à une perte énorme. Nous les convertissons plutôt en une autre forme de nourriture. Préserver les nutriments sera de plus en plus important, au fur et à mesure que la population augmentera sur la Terre. »


Au Québec aussi, l'idée fait son chemin. En collaboration avec le professeur Grant Vandenberg, du département des sciences animales de l'Université Laval, le Centre de développement bioalimentaire du Québec démarre tout juste un projet-pilote de 2 ans avec des mouches domestiques et des mouches soldats noires, réparties dans 24 volières. « RECYQ-

Québec vise à éliminer tous les résidus putrescibles des sites d'enfouissement d'ici 2020 et ce projet représente une des avenues pour revaloriser ces résidus, dit Marie-Pier Aubin, coordonnatrice du secteur agricole du centre basé à La Pocatière, dans le Bas-Saint-Laurent. Si on est capable de développer à faible coût une production standardisée de protéines, alors que l'alimentation est le plus gros fardeau financier pour les élevages de production animale et d'aquaculture, on réglerait deux problèmes. » En plus des restes de fruits et légumes d'épicerie, la drêche de brasserie sera testée comme aliment pour les larves.

L'entreprise québécoise Larvatria va encore plus loin et achève sa phase de recherches pour un projet d'élevage de mouches domestiques nourries au fumier de vaches laitières! Plutôt que de laisser les déjections des vaches se décomposer en monceaux pendant des mois dans les fermes, avec toutes les émanations de méthane que cela implique, le président Gilles-André Bouchard propose de les composter dans sa future usine en trois ou quatre jours à l'aide des larves. « Avec notre procédé, on élimine 300 kg de CO<sub>2</sub> par tonne de fumier qu'on fait dévorer ainsi, dit cet homme d'affaires qui a quitté l'industrie de l'informatique pour celle des insectes. À terme, on espère pouvoir vendre des crédits de carbone. » En plus des larves, composées à plus de 68 % de protéines!

« En 2026, on va se demander pourquoi on ne le faisait pas déjà en 2016 », affirme l'entomologiste néerlandais Marcel Dicke, et auteur du livre de recettes *The Insect Cookbook: Food for a Sustainable Planet*, interviewé dans le bar du Vic Hotel. Mais n'est-ce pas tout aussi insensé que dans le cas des sardines et des anchois que de donner aux bêtes des insectes que nous pourrions manger? « Ce ne sont pas tous les insectes qui peuvent être utilisés comme nourriture humaine, prévient-il. J'ai goûté à des biscuits aux mouches soldats noires, une fois. Je ne pense pas que ça va conquérir les consommateurs. »

Selon Paul Vantomme, il faut éviter de faire d'une mouche un éléphant. « On entend souvent des slogans du genre "les insectes vont sauver la planète". Je n'y crois pas; ils ne sont qu'une partie de la solution. Convaincre les gens des pays développés de manger moins de viande aurait un impact bien plus important que tout ce que les insectes pourraient apporter. »

Qui veut goûter aux criquets frits de Monica Ayieko? 

*La production de cet article a été rendue possible grâce à la bourse Québec Science-Centre de recherches pour le développement international (CRDI) du Canada.*

## DES INSECTES PLUTÔT QUE DES ANTIBIOTIQUES?

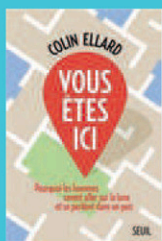
Il faudra certainement plus de recherche sur le sujet, mais il est possible que la chitine, une molécule présente dans l'exosquelette des insectes (et chez les crustacés aussi), stimule le fonctionnement du système immunitaire des bêtes. Dans un rapport de 2013, l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture parlait même d'une « option prometteuse afin de remplacer les antibiotiques présentement utilisés pour le bétail ». « Auparavant, les scientifiques croyaient que la chitine ne pouvait être digérée par les humains et les animaux, explique Marcel Dicke, professeur à l'université de Wageningen, aux Pays-Bas, une sommité internationale en entomologie. Or, des chitinases (des enzymes qui peuvent dégrader la chitine) ont été repérées dans l'intestin de populations humaines exposées aux insectes. Aussi, les poulets qui ont mangé des insectes semblent en meilleure santé. Mais pour le moment, il y a très peu de littérature sur le sujet. »

## LE MEILLEUR ENNEMI

Les insectes sont souvent vus comme des nuisances. On invente donc toutes sortes de techniques pour les piéger : tapette à mouches, poisons en aérosol, rubans collants et autres. Pourtant, sur le million d'insectes décrits scientifiquement à ce jour – et au total, il pourrait y avoir plus de 6 millions d'espèces –, seules 5 000 espèces sont véritablement nuisibles. À méditer devant une chandelle à la citronnelle!

# Matières à lire

## ÉGAREMENT



Pourquoi ne retrouve-t-on plus la voiture au stationnement? Pourquoi l'un a le sens de l'orientation et l'autre, pas du tout? Comment les premiers navigateurs pouvaient-ils trouver leur route dans des espaces immenses n'offrant qu'un minimum de repères? Pourquoi certains espaces publics nous rassurent-ils, alors que d'autres créent en nous un malaise? Qu'ont donc les animaux, qui s'orientent tout naturellement, et que nous n'avons pas?

Les réponses au titre de l'essai de ce psychologue expérimental, spécialiste de psychogéographie, professeur à l'université de Waterloo, en Ontario, sont à la fois toute simples et très complexes: c'est la faute à notre cerveau. Ou c'est grâce à lui, selon le point de vue qu'on adopte.

Extrait: «La possibilité de faire abstraction de notre contexte spatial présent, de fermer les yeux et de nous imaginer dans un autre endroit, peu importe s'il est stylisé ou non, est probablement spécifique aux êtres humains. Notre capacité à visualiser mentalement l'organisation des étages d'un bâtiment depuis différentes perspectives, et non seulement de nous imaginer dans le bâtiment, mais en outre de voir ce que nous verrions depuis notre position imaginée, est un don qui n'est possédé par aucun autre animal.»

Colin Ellard étudie sous tous les angles notre rapport historique et actuel à l'espace: urbanisme, architecture, géographie, nature, mondes virtuels, mémoire spatiale, imagination, etc.

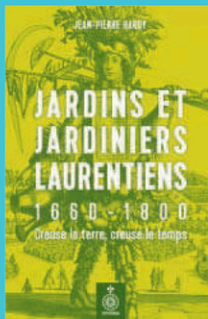
Mais il va bien plus loin que la leçon de psychologie: «La manière dont notre esprit analyse l'espace est l'une des raisons de notre extraordinaire capacité à accomplir des miracles technologiques, mais aussi l'une des causes de notre négligence quant à nos responsabilités envers la planète, à tel point que nous sommes en passe de la perdre.» (H.M.)

**Vous êtes ici. Pourquoi les hommes sont capables d'aller sur la Lune et se perdent dans un parc**, Colin Ellard, Seuil, 2016, 330 p.

## À LA SOUPE!

«Qu'est-ce qu'on mange?» devaient demander les enfants des colons de la Nouvelle-France. «Des légumes!» pouvaient répondre leurs parents. Car pour nos aïeux, le potager était, on s'en doute, une nécessité.

Historien et chercheur associé au Musée canadien de l'histoire, co-concepteur et coréalisateur du Musée virtuel de la Nouvelle-France, Jean-Pierre



Hardy raconte – tableaux, plans et illustrations à l'appui – deux siècles de jardins et de potagers québécois. Champlain emmène sur son navire le premier jardinier de Nouvelle-France, Martin Béguin. Celui-ci trace déjà, en 1608, les carrés de légumes et le jardin d'ornement où s'épanouiront les roses qu'affectionne le fondateur. Sans oublier les communautés religieuses qui devaient entretenir d'immenses jardins vivriers et floraux ni les colons des villes et les colons des champs dont les productions familiales, potagères et fruitières, étaient, vous le verrez, étonnamment variées.

Quelques trouvailles dans ce livre foisonnant: c'est Pierre Boucher, seigneur de Boucherville, qui dresse, en 1634, le premier inventaire des plantes poussant chez nous: 26 légumes, depuis l'ail jusqu'au salsifis. On produit le plus souvent les semences, mais on en importe aussi d'Europe et des colonies anglaises. De quatre variétés de laitues au début du XVI<sup>e</sup> siècle, on passe à plus de 50, deux siècles plus tard. Le pois est la légumineuse la plus consommée, mais il est cultivé plutôt dans les champs que dans les potagers. Il ne faut pas imaginer les mêmes légumes qu'aujourd'hui: beaucoup d'hybridations naturelles se sont produites, des mutations génétiques aussi.

Pour qui s'intéresse à la culture, dans tous les sens du terme. (H.M.)

**Jardins et jardiniers laurentiens 1660-1800 – Creuse la terre, creuse le temps**, Jean-Pierre Hardy, Septentrion, 2016, 302 p.

## À lire dans notre prochaine édition

# Le Saint-Laurent: la redécouverte d'un géant

Le développement du Québec et du Canada est intimement lié à l'usage du Saint-Laurent. C'est par le fleuve que sont arrivés les premiers navires; c'est aussi par le fleuve que sont arrivés la plupart de nos ancêtres; c'est par le fleuve que l'économie s'est d'abord développée.

Mais si le Saint-Laurent participe à la fois à l'identité sociale, écologique et culturelle du Québec, en prenons-nous vraiment la pleine mesure? *Québec Science* propose cet été un numéro spécial entièrement et exclusivement consacré à ce géant bleu. Une série de reportages qui conduiront les lecteurs et les lectrices depuis Cornwall jusqu'à Baie-Comeau et de Montréal à Gaspé. Ils révéleront à la fois les défis scientifiques et les défis économiques qui sont aujourd'hui associés à l'avenir du Saint-Laurent.

Il faut rappeler que plus de 70% de la population québécoise se concentre le long des 1197 km du Saint-Laurent. C'est d'ailleurs pas moins de 4 millions de personnes qui s'y approvisionnent en eau potable. Mais le fleuve reste un espace économique qui fournit près de 25000 emplois directs dans le transport, les pêcheries et le tourisme.

Mais comment aujourd'hui mieux concilier la mise en valeur économique du Saint-Laurent et la conservation des espaces naturels fragiles qui le jalonnent?



Un numéro spécial à ne pas manquer et qui permettra de comprendre le Saint-Laurent autrement pendant les vacances, un moment privilégié pour partir à sa redécouverte!



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

## Les grandes questions du monde Par Jean-François Cliche

# Un « spaghetti » de variables

«Étant préoccupée par les questions d'environnement, je tente de faire ma petite part en cuisinant tous mes plats avec des aliments de base comme des légumes frais, congelés ou en boîte, des pâtes, etc. Mais j'ai l'impression qu'il y a un problème. Si je fais une sauce à spaghettis, par exemple, je dois ouvrir une boîte de tomates, une boîte de sauce tomate, une boîte de pâte de tomates, la boîte de jus de tomates, celle des champignons, etc. Au final, cela fait beaucoup plus d'emballages que si j'achète ma sauce toute faite; il n'y a alors qu'un seul pot à recycler. Mais, malgré tout, on dit toujours que cuisiner soi-même est plus écolo que d'acheter des plats préparés. Où est l'erreur?» demande Sylvie Glen.

Il est vrai que l'on entend souvent cette maxime selon laquelle les plats préparés sont plus « polluants » que ceux que l'on cuisine à la maison. Et l'idée n'est pas erronée, pourvu que l'on garde en tête qu'elle n'est rien de plus qu'une règle générale.

« Si on se concentre juste sur ce qu'on voit chez nous, on peut avoir l'impression qu'on va générer beaucoup plus de déchets en cuisinant nous-mêmes, explique l'ingénieure Renée Michaud, directrice exécutive du CIRAIQ, un centre de recherche de l'École polytechnique spécialisé dans l'analyse du cycle de vie des produits. Mais il faut aussi voir ce qui se passe en amont. Avant que la sauce soit mise en pot et apportée à l'épicerie, il y a une série d'étapes qui font intervenir des emballages, des transports, des pertes, etc. Parfois, avec la mondialisation, il y a des produits qui font quasiment le tour du monde avant d'arriver sur les tablettes. »

En tenant compte de tout cela, il n'est pas déraisonnable de penser que, en général, la sauce maison est plus écolo que celle que l'on achète à l'épicerie. Mais, avertit Mme Michaud, l'empreinte environnementale totale d'un produit est l'aboutissement d'une foule de variables enchevêtrées qui, lorsqu'on les démêle, peuvent donner des résultats étonnants.

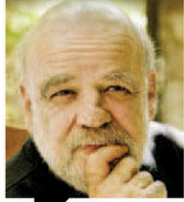
Ainsi, à vue de nez, on se dit qu'une tomate importée du Mexique doit avoir un bilan carbone plus lourd qu'une tomate cultivée au Québec, à cause des gaz à effet de serre émis lors de son transport. Et c'est souvent vrai mais, en agriculture, les impacts environnementaux se concentrent surtout à la ferme, les transports étant une source secondaire. Alors si la tomate est, par exemple, achetée en hiver et qu'elle a été produite dans une serre chauffée au mazout – comme l'ont été beaucoup de serres québécoises pendant longtemps, même si l'industrie locale a fait des progrès sur ce plan ces dernières années –, il est bien possible que le

légume « bien de chez nous » soit, en fin de compte, plus polluant que son équivalent mexicain.

En fait, même des détails – comment dire – presque intimes d'une recette maison peuvent faire une différence. Y met-on beaucoup de bœuf haché ou assez peu? Comme l'élevage affecte nettement plus l'environnement que la production de fruits et légumes – et comme l'industrie en met généralement peu, parce que la viande coûte cher –, cela peut faire pencher la balance écolo du côté de la sauce préparée. Y met-on seulement le chapeau des champignons, ou y met-on presque tout le pied? « A priori, dit Mme Michaud, on peut penser que les fabricants – puisque c'est pour eux un business – vont tenter de limiter les pertes, de tout récupérer et qu'ils seront donc très efficaces. Or on sait que le gaspillage alimentaire est important dans nos sociétés. Il y a une grande partie des aliments qu'on jette à la maison parce que les gens évaluent mal leurs besoins, ne font pas une bonne rotation dans leur frigo, etc. Alors il y a quand même beaucoup de perte à la maison. »

Encore une fois, cela peut amener nombre d'exceptions à la règle voulant que les plats maison soient plus écologiques. Pour tout dire, ajoute Mme Michaud, cet aspect des pertes peut même rendre les emballages souhaitables pour l'environnement. « Afin de mesurer l'empreinte d'un concombre, par exemple, il faut compter l'utilisation des terres, les engrais et les pesticides, les quantités d'eau utilisées, les différentes étapes de transport, de lavage, de manipulation, etc. Tout ça a une empreinte écologique. Et c'est évidemment pire si, pour chaque concombre que je consomme, il y en a cinq qui ont dû être jetés. Il faut alors considérer l'empreinte des six. Donc, si le fait de les emballer permet de limiter les pertes à un ou zéro au lieu de cinq, c'est tout l'impact en amont qui est diminué. »





# Une terre sans moustique ni pou

Mon frère, le géologue, me disait un jour : « Tu sais, la Terre, nous lui sommes profondément indifférents, elle se passerait bien de nous. Quand nous aurons tout détruit de sa beauté, elle s'en refera une, elle sera belle une autre fois, mais serons-nous encore là pour le constater? » Les temps cosmiques et géologiques sont des temps qui nous dépassent. La beauté du monde n'est pas humaine, elle se situe hors de notre entendement; en sommes-nous si jaloux? Car il faut croire que l'humain vit sur la Terre dans le seul but de la défigurer.

J'ai une amie qui revient d'Hawaï. Ces îles volcaniques, depuis toujours isolées du reste du monde, s'étaient au fil du temps transformées en paradis des arbres et des fleurs, bougainvilliers, orchidées, hibiscus, oiseaux du paradis et des dizaines de variétés dont on ne saurait plus dire le nom. Sur ces îles et ces îlots poussait une forêt tropicale aux arbres magnifiques, dont le fameux Santal, arbre mythique, bois odorant dont les effluves portent à la méditation, invitent à la sagesse et inspirent le calme. Il n'y avait ni prédateur, ni reptile, ni moustique, ni pou, ce qui est bon pour la paix de l'esprit et le repos des vieilles âmes. Soixante-trois espèces d'oiseaux habitaient les îles, en compagnie d'une sorte de chauve-souris et du phoque moine, vieux mammifère solitaire et grognon. La tortue des mers venait pondre ses œufs sur la plage, à l'ombre des palmiers, en toute tranquillité. Il y a près de 2000 ans, des humains ont abordé ce paradis, c'étaient des Polynésiens de la famille des Maoris, en provenance des îles Marquises. Ils amenaient avec eux la religion des grands Tabous et du Mana, ils apportaient aussi des chiens et des cochons. Plusieurs générations occupèrent pacifiquement les îles de l'Archipel, allant de l'une à l'autre à bord de leur fameuse pirogue, le *va'a*. Grands navigateurs, ils connaissaient les constellations, sachant s'orienter en haute mer à la seule observation des vagues, du ciel et du vent. Ils mangeaient du porc, des poissons, de la tortue, de grosses mangues juteuses et des bananes. Les chiens étaient heureux qui n'avaient pas de puces, le temps était au beau fixe, avec beaucoup de soleil, beaucoup de pluie, de la chaleur à profusion.

Puis vinrent les bateaux européens. Les îles furent officiellement découvertes en 1778 par le capitaine Cook, qui y

trouva d'ailleurs une mort tragique aux mains des indigènes. La Pérouse, Vancouver et combien d'autres vinrent mouiller dans les parages de l'archipel malencontreusement nommé Sandwich, en l'honneur du comte anglais à qui l'on doit le plat du même nom, oh! malheur toponymique! À partir de là, l'île fut déflorée, spoliée, transformée, littéralement salie. Les Anglais n'apportaient pas que des chevaux, des chèvres et des moutons; venaient avec eux les jeux de pouvoir, la hiérarchie monarchique, la syphilis, toute l'avidité, toute la violence, tous les maux du monde. Dès 1810, Hawaï eut son roi, Kamehameha 1<sup>er</sup>, qui prit pour modèle le roi d'Angleterre. Au nom de la croissance économique, on dépouilla les îles de leur bois de santal, un nombre dramatique de fleurs disparurent en raison des brouteurs, on faillit exterminer les tortues, les phoques et les baleines à bosse. Avec l'introduction de la malaria aviaire, 23 espèces d'oiseaux s'envolèrent...



Diamond Head, cratère de l'île d'Oahu, dans l'archipel d'Hawaï

Dès 1812, le malheur était tel, en ce paradis perdu, que les Hawaïens étaient prêts à tout pour quitter leur île. On en recense même qui partirent travailler en Oregon aux côtés des Canadiens français et des Métis dans les durs métiers de la traite des fourrures – comme le rapporte le Montréalais Gabriel Franchère, en 1811, dans son journal de voyage. En un peu plus d'un siècle, Hawaï changea du tout au tout. Aujourd'hui, la population originale des Hawaïens ne représente plus que 6 %

des habitants. Cet État américain est le seul qui soit bilingue, la langue hawaïenne y étant officiellement reconnue. Toutefois, ce statut est symbolique : il reste aujourd'hui moins de 1 000 locuteurs. Malgré la démantibulation de la culture, de la nature et de l'environnement, malgré ses blessures, Hawaï demeure dans l'esprit du tourisme mondial une destination paradisiaque. Mon amie revient d'Hawaï, elle fut sensible à sa beauté, d'autres amis y vont régulièrement, les avions sont pleins, les bateaux de croisière aussi. Des vagues et du soleil, des plages et des hôtels, des fleurs rouges et du ukulélé, du *surfing*, du *kitesurfing*, du *trecking*, du *snorkeling*, du golf et des ananas, du bon café, des bonnes bananes, de l'observation de volcans, l'archipel est un point chaud dans tous les sens du terme. Mais il suffirait d'un épisode majeur de réveil volcanique pour que tout ce qui est disparaisse et retourne en cendres. La lave effacerait les blessures. Repartirait alors la roue de la beauté, la lente roue de la beauté, qui ramènerait l'odeur du bois de santal, les oiseaux disparus et les fleurs originales auxquelles on pourrait donner de beaux noms, l'innocence en somme, une île pacifique sans moustique ni pou. **CS**



musée armand·frappier  
centre d'interprétation des biosciences



# UNE EXPO QUI ACTIVE LA MATIÈRE GRISE !

Du 6 juin 2016 au 1<sup>er</sup> septembre 2017

Réalisée conjointement avec les



Suivez-nous sur



planétarium rio tinto alcan

# aurorae

Expérience immersive  
en projection 360°

Musique  
DJ Champion



espace  
pour la  
vie montréal

**biodôme** **insectarium** **jardin botanique** **planétarium rio tinto alcan**



Montréal 

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