

ORIGINES DE L'HUMANITÉ: LE MYSTÈRE DES NOUVEAUX FOSSILES

QUÉBEC SCIENCE

DÉCEMBRE 2016

ORDINATEUR
QUANTIQUE
LA MACHINE
QUI METTRA
INTERNET K.O.

Contrôler des objets par la pensée

On l'a testé!

• • •
QUAND LES
SCIENTIFIQUES
ESPIONNENT
LES ANIMAUX

• • •
DU SPORT EN
COMPRIMÉS

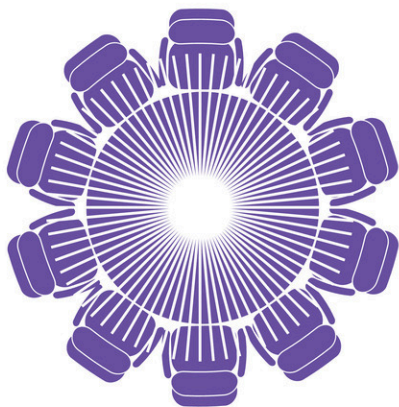
DÉCEMBRE 2016



MESSAGERIE DYNAMIQUE 10682

CONCORDIA

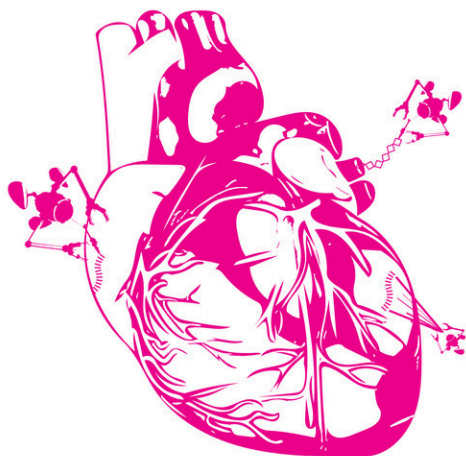
LE MONDE EST PETIT  NOUS VOYONS GRAND



INVITER LES EXPERTS-
ENTREPRENEURS
À FAIRE LA CLASSE



CONCEVOIR
UN PROCESSUS INDUSTRIEL
RENOUVELABLE ET DURABLE



OPÉRER LE CŒUR
PLUS EN DOUCEUR GRÂCE
À LA NANOTECHNOLOGIE



TECHNOLOGIE D'AVANT-GARDE
PRÊTE À PORTER POUR
ORCHESTRE EN TOURNÉE

ENSEMBLE, REPENSONS LE MONDE

CONCORDIA.CA



EN COUVERTURE

26 Le pouvoir du mental

Les chercheurs veulent lire dans nos pensées pour nous permettre de contrôler des objets et d'optimiser le fonctionnement de notre cerveau. Faut-il s'en réjouir ou s'en inquiéter?

Par Mélissa Guillemette



PALÉOANTHROPOLOGIE

18 La famille humaine s'agrandit

L'histoire de l'humanité est bien plus complexe qu'on ne le pensait. Les paléanthropologues s'arrachent les cheveux en essayant d'intégrer de nouveaux cousins à notre arbre généalogique. Doit-on réécrire nos origines?

Par Marine Corniou



BIOLOGIE

32 La vie secrète des animaux

Aujourd'hui, les scientifiques ont accès à un arsenal digne des plus grands agents secrets afin d'espionner l'intimité des animaux... sans trop les gêner.

Par Marion Spée



INFORMATIQUE

36 La quête quantique

Dans les laboratoires de physique du monde – le Québec inclus –, la course à l'ordinateur quantique bat son plein. Le but: construire une machine si puissante qu'elle pourra mettre Internet K.O.

Par Joël Leblanc



COUVERTURE : SHUTTERSTOCK

INTERNATIONAL

40 Maladie sans frontières

À la frontière du Paraguay, de l'Argentine et du Brésil, les cas de leishmaniose explosent. Transmise par un parasite, cette infection potentiellement mortelle fait la vie dure aux chercheurs qui la combattent. Enquête.

Par Anne Caroline Desplanques



ACTUALITÉS

ENTREVUE

6 DU JETABLE AU FAIT MAISON

Des objets à usage unique aux produits écologiques en passant par les articles fabriqués à la main, les habitudes de consommation évoluent, observe Claudia Déméné, professeure en design.

Propos recueillis par Mélissa Guillemette



SANTÉ

9 DU SPORT EN COMPRIMÉS

Une pilule peut-elle remplacer les bienfaits de l'activité physique?

Par Maxime Bilodeau

ASTRONOMIE

12 UN MILLIARD D'ÉTOILES

Le télescope *Gaia* nous livre l'image la plus nette qu'on n'ait jamais eue de notre galaxie et propulse l'astronomie dans une nouvelle ère.

Par Jean François Bouthillette

CHIMIE VERTE

17 PRÉCIEUSES ÉPICES

Et si les épices étaient toujours les meilleurs agents de conservation?

Par Martine Letarte

RUBRIQUES

4 BILLET Haro sur les fraudeurs Par Marie Lambert-Chan **5** Au pied de la lettre **47** Matières à lire



10

Normand Baillargeon
Quand le crabe s'invite dans l'espace public...



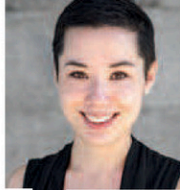
49

Jean-François Cliche
Comment se débarrasser des déchets nucléaires



50

Serge Bouchard
Gomme balloune et morve au nez



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

Reporters Marine Corniou, Mélissa Guillemette
Collaborateurs Normand Baillargeon, Maxime Bilodeau, Serge Bouchard, Jean François Bouthillette, Jean-François Cliche, Martine Letarte, Marion Spée, Joël Leblanc, Anne-Caroline Desplanques

Correcteur-réviseur Luc Asselin

Directeur artistique François Émond
Photographes/illustrateurs Frefon, Jean-François Hamelin, Tara Hardy, Audrey Malo, Pablo E. Piovano, Renaud Philippe

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

Vice-présidente marketing et service à la clientèle Josée Monette

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

Impression Transcontinental Interweb
Distribution Messageries Dynamiques
Parution: Novembre 2016 (534^e numéro)

Service aux abonnés

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

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

Québec Science est publié par Vélo Québec Éditions
Dépôt légal: Bibliothèque nationale du Québec,
Bibliothèque nationale du Canada: ISSN-0021-6127
Envoi Poste-Publications Convention no 40065387.
© Copyright 2016 - La Revue Québec Science. Tous droits de reproduction, de traduction et d'adaptation réservés.

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



Économie, Science et Innovation



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



HARO SUR LES FRAUDEURS

Pour la première fois, le gouvernement fédéral lève le voile sur l'identité d'une scientifique malhonnête.

Elle s'appelle Sophie Jamal. Elle aurait souhaité qu'on se souvienne d'elle comme étant une brillante chercheuse ayant découvert qu'un onguent de nitroglycérine pouvait combattre l'ostéoporose chez des femmes ménopausées. L'histoire se souviendra plutôt d'elle comme étant la première scientifique canadienne publiquement dénoncée par un organisme de recherche fédéral. En juillet dernier, on l'a trouvée coupable d'avoir intentionnellement manipulé ses données. Sa punition : elle ne pourra plus jamais demander de subventions de recherche fédérales et devra rembourser tout l'argent injecté dans son étude frauduleuse.

Courante aux États-Unis, la pratique du *name and shame* (désigner et blâmer) apparaît de ce côté-ci de la frontière. On ne peut que s'en réjouir. Car, pendant longtemps, plusieurs ont accusé le gouvernement fédéral de manquer de transparence au sujet de la fraude scientifique. *Retraction Watch*, un blogue réputé qui traque les articles erronés et retirés des revues scientifiques, a applaudi la manœuvre, affirmant du même souffle que le Canada devenait ainsi « l'un des rares pays à nommer les individus sanctionnés pour inconduite en recherche ».

La dénonciation de Sophie Jamal est d'autant plus marquante que cette dernière a entrepris ses travaux avant 2011, année charnière à partir de laquelle tout chercheur qui demande du financement fédéral doit, en échange, consentir à la divulgation de ses renseignements personnels s'il commet une violation grave. Ce qui veut dire que les manquements de la chercheuse ont été jugés suffisamment graves pour invoquer une exception à la Loi sur la protection des renseignements personnels permettant de lever le voile sur son identité pour des raisons d'intérêt public. Après tout, il s'agit d'un détournement

de fonds publics. Ne pas révéler son identité aurait pu être dommageable tant pour les organismes subventionnaires que pour leur Secrétariat à la conduite responsable en recherche, chien de garde de l'éthique scientifique.

Au-delà de la réputation de tout un chacun, la divulgation du nom des chercheurs coupables d'inconduite est nécessaire pour maintenir la crédibilité de la communauté scientifique – déjà mise à mal par le nombre exponentiel d'articles retirés –, susciter la confiance de la population et, aussi, protéger la santé de milliers d'individus. Jusqu'à preuve du contraire, les méfaits de Sophie Jamal n'ont pas mis en danger les sujets de ses recherches. Mais il existe des études frauduleuses aux effets toxiques, à commencer par la tristement célèbre étude d'Andrew Wakefield qui a lié le vaccin rougeole-oreillons-rubéole à l'autisme, en 1998, dans *The Lancet*. Des résultats totalement infondés, faut-il le rappeler, qui ont donné naissance à un mouvement anti-vaccin et à des éclosions de cas de rougeole et d'oreillons. Et, même si la revue s'est rétractée en 2010, la fiction perdure.

Jeter l'opprobre sur les scientifiques malhonnêtes suffira-t-il à décourager ceux qui seraient tentés de les imiter ? Probablement que non. C'est pourquoi on doit miser sur la prévention et inculquer aux chercheurs en herbe les principes d'une conduite responsable dès leurs premiers pas en laboratoire. Il faut les initier aux vertus de l'humilité, un trait qui semble faire défaut aux plus grands escrocs de la science moderne, tous assoiffés de reconnaissance internationale. Car il vaut mieux voir son nom publié comme troisième auteur ou dans une revue moins prestigieuse que dans un avis officiel de divulgation pour violation grave...



DE LA THÉORIE DES CORDES

Dans le numéro de novembre, notre chroniqueur Normand Baillargeon s'est intéressé au débat entourant la théorie des cordes: est-elle scientifique ou pseudoscientifique? Plusieurs lecteurs ont souhaité ajouter leur grain de sel.

« Très bon résumé vulgarisé de la théorie des cordes, commente Marc Chapleau. Une question me turlupine: sur quoi repose votre prédiction selon laquelle dans 10 ans nous aurons résolu la question de la scientificité de la théorie des cordes? »

« Il y a un autre aspect dont il faut discuter sur la théorie des cordes, qui fait exploser le point de vue épistémologique popperien, c'est l'aspect mathématique, remarque pour sa part David Chataur. La théorie des cordes a offert des prédictions mathématiques qui sont devenues des théorèmes de géométrie énumérative et ce n'est pas négligeable. Ces prédictions ont nécessité et nécessité la mise en place de paysages géométriques neufs qui se révèlent des plus fascinants. »

Laurent Chaurette, étudiant au doctorat et membre du Groupe de recherche sur la théorie des cordes de l'université de Colombie-Britannique, émet quelques réserves: « Malgré tout mon respect pour M. Baillargeon, je me vois très déçu par cet article qui n'apporte aucune nouvelle perspective et aurait pu être écrit mot pour mot il y a 10, 20 ou même 30 ans. Pour donner un sens à son article, M. Baillargeon aurait dû premièrement établir la théorie dans son contexte historique et expliquer les raisons qui ont mené à son élaboration. Deuxièmement, il aurait dû nous informer des récents domaines de recherche en théorie des cordes: que font les théoriciens et est-ce scientifique ou pseudoscientifique? Finalement, il aurait dû contraster la théorie avec d'autres découvertes en physique quant à son temps requis pour effectuer des ex-

périences concluantes. [...]

« Donnons un peu de contexte en ce qui a trait au temps requis pour valider une théorie scientifique. M. Baillargeon semble penser que, si l'on ne peut en tester une directement, on donne alors dans la pseudoscience. Pourtant, certaines des plus grandes découvertes de la physique ont exigé des années avant d'être observées expérimentalement. Par exemple, il fallut 71 ans pour la première obser-

vation d'un condensat Bose-Einstein et environ 90 ans pour la découverte d'ondes gravitationnelles. Cela relègue-t-il les théoriciens au rang de pseudoscientifiques? [...] « D'après ma lecture de cet article, M. Baillargeon n'a pas fait ses devoirs. Il n'a pas pris le temps de se questionner sur les activités de recherche des théoriciens des cordes et n'a pas mis la théorie dans un contexte plus large. Il a plutôt donné dans le sensationnalisme et n'a apporté rien de nouveau à une discussion vieille de plus de 30 ans. »

La réponse de Normand Baillargeon :

Je pensais qu'il était clair que ce texte entendait faire comprendre non pas tant la théorie des cordes dans toute sa subtilité, mais bien un aspect du vif et bien réel débat qui la concerne, de l'avis même des physiciens, à savoir son éventuelle scientificité. Manifestement, cela n'a pas été toujours compris. Néanmoins, ce que j'ai dit de la théorie des cordes me semble suffisant pour faire comprendre cela à un néophyte.

En ce qui concerne le moment où cette question sera tranchée, je reconnais que je peux tout à fait me tromper. Mais mon estimation repose sur le fait que la théorie aura quelque 50 ans dans une décennie environ, ce qui est bien long, me semble-t-il, en comparaison du temps qu'il a fallu pour faire accepter les quantas ou la relativité générale, théories audacieuses et difficiles à établir.

Même si ce n'est pas un argument concluant, je tiens aussi à dire que ce que j'ai défendu dans ce papier est partagé par un très grand nombre de physiciens et de philosophes, comme en témoigne le colloque auquel je faisais référence et n'est donc nullement la simple opinion d'une personne qui ne connaîtrait rien au sujet.


... À LA THÉORIE DU CHAOS

Dans son article « Trump: une anomalie qui nargue les politologues », le journaliste Jean-Frédéric Légaré-Tremblay explique que le politologue Rafael Jacob a prédit la montée de Donald Trump en utilisant une approche non linéaire.

« Un des modèles non linéaires intéressants est la théorie du chaos, signale Yves Panneton. Brièvement, elle explique que les systèmes sociaux ont tendance à maintenir leur cohésion par des ajustements internes. Ils ont donc une tendance naturelle à résister au changement. Lorsque les pressions exercées sur le système dépassent la capacité d'adaptation interne, le système s'adapte par un remaniement qui se produit brusquement, souvent de façon spectaculaire et de façon très rapide afin de retrouver un nouvel équilibre le plus tôt possible. [...]

« Les modèles non linéaires demandent de sortir des cadres de référence normaux pour identifier les mouvements sociaux importants qui affectent un phénomène social et d'en estimer leur impact potentiel sur le dénouement.

« Vu sous cet angle, le "phénomène Trump" n'est plus aussi déroutant. En effet, il y a une grande frustration chez les cols bleus américains et une désillusion générale quant à "la politique conventionnelle". Ces deux mouvements constituent une vague de fond importante dans la politique contemporaine américaine. [...]

« Peut-être est-il temps de faire une place plus grande aux modèles non linéaires dans la recherche scientifique. Afin de stimuler la créativité des chercheurs québécois et de familiariser les lecteurs de Québec Science, pourquoi ne pas publier un article sur la théorie du chaos? » 



Bing Crosby joue en boucle dans les centres commerciaux; le papier d'emballage est placé en évidence à la pharmacie; les suggestions de cadeaux originaux abondent dans les médias. Aucun doute : les fêtes approchent. *Québec Science* en a profité pour discuter avec Claudia Déméné, professeure à l'École de design de l'Université Laval, qui s'intéresse aux habitudes de consommation des Québécois et aux solutions concrètes pour les faire évoluer. Elle nous invite d'ailleurs à nous interroger sur la pertinence de chaque achat, d'ici le 25 décembre. Et pour le reste de l'année aussi !

Propos recueillis par Mélissa Guillemette

Du jetable au fait

Dès l'arrivée massive des objets jetables, dans les années 1960, les hippies ont dénoncé cette nouvelle société de consommation. Manifestement, leur message n'a pas été entendu. Pourquoi ?

Les hippies n'étaient peut-être pas la meilleure communauté pour porter ce message, car on les stigmatisait beaucoup au sujet de leur style de vie, en rupture avec celui de leurs aînés. Mais ils n'ont pas été les seuls à dénoncer ce nouveau phénomène. Plusieurs rapports scientifiques ont également tiré la sonnette d'alarme, à l'époque. Finalement, le message des hippies a quand même atteint plus de personnes que celui des scientifiques.

Sommes-nous en voie de revenir à cette époque où les produits duraient plus longtemps et étaient usés jusqu'à la corde avant d'être jetés ?

Aucune étude n'a prouvé que les produits étaient réellement plus durables autrefois. Leur fonctionnement était certainement plus simple, et peut-être qu'on les gardait plus longtemps non pas par choix, mais parce qu'il y avait très peu d'offre et que les biens étaient plus chers.

Je pense néanmoins que la société est sur la bonne voie. Je participe au Baromètre de la consommation responsable [mené chaque année par l'Observatoire de la consommation responsable de l'École des sciences de la gestion de l'Université du Québec à Montréal] et on constate que les Québécois ont de plus en plus envie de consommer de façon réfléchie. L'alimentation est le secteur où ce désir se manifeste le plus; il y a un engouement

pour les produits locaux, biologiques et éthiques.

Par ailleurs, aujourd'hui, on paie des écofrais quand on achète un produit électronique neuf. Ce montant permet de participer financièrement à son recyclage. C'est une façon de responsabiliser les consommateurs, même si cette redevance n'est pas représentative de ce que le recyclage coûte réellement.

Ne faudrait-il pas surtout s'attaquer au problème de l'obsolescence programmée, soit le fait que les produits sont souvent conçus pour avoir une durée de vie très courte ?

On a tendance à voir les fabricants comme de grands méchants et les consommateurs comme de pauvres victimes. C'est parfois le cas, mais beaucoup d'études démontrent que les consommateurs ne se servent pas de leurs produits jusqu'à leur fin de vie utile.

Quand ma laveuse tombe en panne, plutôt que de la réparer, est-ce que j'y vois un prétexte pour la changer parce qu'elle est moche et que j'en veux une toute belle en inox ? C'est une forme d'obsolescence dont on ne parle pas : l'obsolescence psychologique.

Il y a aussi l'obsolescence écologique. Quand les téléviseurs à écrans plats ont été mis sur le marché, un argument très fort a été avancé : ces écrans consomment moins d'énergie que leurs pendants cathodiques. Mais comme les téléviseurs à écrans plats sont moins volumineux, les acheteurs ont choisi d'augmenter la taille de leur appareil. Finalement, il n'y a pas eu d'économie d'énergie; la consommation a plutôt augmenté.

Les produits dits écologiques nous pousseraient donc à consommer davantage ?

Ça dépend à qui l'on s'adresse ! Avec des collègues, j'ai publié un article en 2014 qui porte sur l'engagement des consommateurs québécois. On avait rencontré deux groupes : le premier était faiblement à moyennement engagé dans la consommation responsable; et le second, moyennement à fortement engagé. On a constaté que les personnes qui achetaient le plus d'écoproduits étaient celles qui se disaient moins engagées dans la consommation responsable. Elles le faisaient au nom de l'environnement et de la société. Les plus engagés, eux, privilégiaient l'achat d'occasion, le « fait maison » et l'emprunt. Bref, ils cherchent à combler leurs besoins autrement que par l'achat. Et ils le font pour leur propre bien-être.

Mais comment se mettre au fait maison, alors qu'on manque tous de temps ?

Ces consommateurs très responsables se lancent dans le fait maison pour sortir de la spirale de la consommation de masse. Toujours courir, toujours acheter, ça ne rend pas les gens plus heureux; plusieurs études l'ont prouvé.

Que peut faire le monde du design pour lutter contre la surconsommation ?

Puisque le designer est l'interlocuteur entre le consommateur et les activités de consommation, sa responsabilité est énorme. Pendant longtemps, il était employé par l'industrie comme un levier pour imaginer de beaux produits. Aujourd'hui, le designer ne crée plus

maison



de besoins par l'objet, mais répond de manière responsable à un besoin grâce à un produit, un service ou un système. On peut citer comme exemple le BIXI, conçu par le designer Michel Dallaire.

Le designer ne peut plus se contenter de dire, pour se démarquer, que son produit est fabriqué localement, avec des matériaux durables, etc. Il doit aussi s'assurer de créer un lien entre le consommateur et l'objet, pour que l'acheteur le conserve jusqu'à sa fin de vie utile.

Comment y arriver?

Les stratégies restent à identifier, car il n'y a pas eu de recherche sur le sujet, mais j'y travaille! On constate toutefois que les adeptes du fait maison ont un véritable lien affectif avec leurs objets. Comment peut-on transposer cet attachement dans des stratégies de conception de produits? Faut-il impliquer le consommateur dans la fabrication? Car plus on comprend le fonctionnement d'un produit, plus on sera à même d'intervenir s'il y a une défaillance et, ainsi, d'allonger sa durée de vie.

Vous vous intéressez à l'idée d'inscrire cette durée de vie sur l'emballage des produits pour guider le consommateur. Pourquoi?

Aujourd'hui, le prix des produits ne cor-

respond plus vraiment à leur qualité. Le consommateur n'a donc plus de repère. L'affichage environnemental de la durée de vie pourrait l'aider à s'y retrouver.

Des certifications le font déjà. Par exemple, c'est obligatoire en Europe d'afficher le nombre d'heures de fonctionnement des ampoules. Ici, j'ai vu inscrite la durée de vie des cartouches d'encre des imprimantes.

Aux dernières nouvelles, l'Union européenne (UE) souhaite instaurer un tel affichage pour tous les produits électroniques, mais ces travaux sont à l'étape de développement. Ce n'est pas simple. Comment afficher la durée de vie pour qu'elle soit bien comprise? S'il est inscrit que telle laveuse pourra accomplir 10 000 cycles, est-ce que ça parle aux gens? Est-ce que ça inclut l'entretien et la réparation? Il y a toute une méthodologie à mettre en place.

Est-ce que Québec étudie cette possibilité?

J'ai eu quelques échanges avec le gouvernement et on m'a confirmé que l'affichage de la durée de vie était une voie qui pouvait l'intéresser, notamment en vertu du plan d'action de la Politique québécoise de gestion des matières résiduelles.


Qu'en pensent les consommateurs?

Il faut plus d'études à ce sujet. Le Department for Environment, Food and Rural Affairs du Royaume-Uni s'est penché sur la question en 2011. Il a organisé des groupes de discussion auprès de consommateurs britanniques. Ces derniers ont dit que l'affichage de la durée de vie des appareils serait inutile, parce qu'il y a trop de facteurs qui l'influencent.

À l'inverse, un sondage téléphonique mené par l'UE en 2012 a démontré que 92 % des répondants étaient favorables à un tel affichage. Cela dit, ces initiatives ont eu recours à des outils de collecte de données complètement différents; ça pourrait expliquer ces conclusions contradictoires.

Du point de vue des consommateurs québécois, tout reste à faire, car aucune étude n'a sondé leur opinion sur la question. C'est d'ailleurs pour cette raison que je m'y intéresse dans mes recherches. Il y a un vide à combler.

Que voulez-vous pour Noël?

Le plus beau cadeau qu'on puisse m'offrir, c'est du temps. C'est le nerf de la guerre, aujourd'hui. Combien d'heures est-on prêt à accorder à quelqu'un plutôt que de sortir une carte de crédit? 

VOUS ENSEIGNEZ LES SCIENCES EN 4^e SECONDAIRE?

Utilisez les outils pédagogiques de Québec Science !



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

Cliquez sur www.quebecscience.qc.ca/pedago

Économie, Science
et Innovation

Québec 

QUÉBEC SCIENCE

DU SPORT EN COMPRIMÉS

Une pilule peut-elle remplacer les bienfaits de l'activité physique?

Par Maxime Bilodeau

Le nouvel an approche; vous vous promettez de vous mettre en forme, de bouger plus, de perdre du poids. Et comme la majorité de ceux qui s'inscrivent au gym au mois de janvier, vous aurez abandonné le combat deux mois plus tard. Et si l'on vous offrait plutôt une pilule produisant le même effet qu'un cours de « fesses de fer » sans la sueur ?

L'idée d'une telle molécule semble-t-elle relever du rêve ? Il n'en est rien. Depuis 2004, date de publication du premier article scientifique consacré au sujet, des chercheurs du monde entier évoquent la possibilité de déclencher artificiellement le jeu de domino métabolique qui se met en branle à l'effort. Le défi est de taille : plus de 1 000 événements distincts surviennent dans chaque muscle lorsqu'on bouge, rapporte une étude de 2015 publiée dans *Cell Metabolism*. Imaginez dans tout le reste de l'organisme !

« Actuellement, de 10 à 15 bons candidats de pilules de l'exercice sont connus, même si la vaste majorité est encore au stade expérimental », affirme Ismail Laher, professeur au département d'anesthésiologie, de pharmacologie et de médication de l'université de la Colombie-Britannique. « Vous pouvez toutefois être sûr qu'il en existe plusieurs autres dont l'existence est gardée secrète », souligne le coauteur d'une revue de littérature exhaustive sur le sujet.

L'une des plus récentes pilules de l'exercice est le composé 14. Mise au point par une équipe de l'université de Southampton, au Royaume-Uni, cette molécule active l'AMPK, une enzyme surnommée l'« interrupteur principal » du métabolisme. Sous l'action de cette enzyme, l'organisme vient à croire que ses réserves d'énergie sont basses et mobilise donc davantage de glucose pour combler l'appétit de ses cellules. Les chercheurs britanniques ont observé qu'un traitement d'une semaine au composé 14 améliore de 30 % la capacité des cellules de l'organisme d'absorber le



SKYNSHER/ISTOCKPHOTO

glucose circulant dans le sang et réduit significativement le tour de taille. Seul bémol : ces conclusions ne s'appliquent pas nécessairement à l'humain étant donné que l'étude a été menée chez un groupe de souris obèses...

« DE PÂLES IMITATIONS »


Selon Martin Juneau, directeur de la prévention à l'Institut de cardiologie de Montréal, ce n'est là qu'un des défauts de ce type de recherches qui s'inscrivent dans une « tendance réductionniste de la science moderne ». « Sécrétion d'endorphines, réduction du stress, formation de nouvelles synapses : l'activité physique fait tout ça et même plus ! Les molécules développées actuellement ne font qu'imiter, en partie, un de ces nombreux effets. Ce sont de pâles imitations qui entretiennent la fausse idée selon laquelle l'exercice peut être évité », déplore-t-il.

Le chercheur dresse un parallèle avec une classe de médicaments bien connue : les statines. Très efficaces pour réduire le taux de « mauvais » cholestérol, leur consommation ne reproduit pas pour autant les effets globaux d'une saine

alimentation. « Pourtant, nombreux sont les gens qui considèrent les statines comme des prescriptions qui les autorisent à mal manger, ajoute-t-il. Je crains ce même effet si une soi-disant pilule de l'exercice est un jour mise en marché. »

Comme le souligne d'ailleurs Ismail Laher, ce n'est pas le commun des mortels qui tirerait le plus parti d'une pilule de l'exercice, mais bien les individus aux prises avec des handicaps physiques graves. « Pensons à ceux ayant subi une lésion de la moelle épinière, comme les tétraplégiques. Pour eux, l'intérêt est clair : ils pourraient contourner leurs limitations et retirer certains bénéfices qui, autrement, leur sont inaccessibles », estime le chercheur.

Pour l'instant, ce sont plutôt les sportifs qui en « profitent ». Ces dernières années, des cyclistes russes et costaricains ont été contrôlés positifs au GW1516, une pilule de l'exercice dont le développement avait pourtant été interrompu en 2007 après qu'il eut été démontré qu'elle était cancérogène.

Finalement, votre abonnement au gym reste, pour l'heure, votre meilleur allié. 



Quand le crabe s'invite dans l'espace public...

Pour nous faire une idée juste à propos du cancer, il vaut mieux se fier aux informations validées par les journalistes scientifiques, plutôt qu'aux émotions et aux anecdotes.

Cancer ! Sitôt prononcé, ce simple mot suscite de vives émotions. Et pour cause. La prévalence de cette maladie est telle que nous connaissons probablement tous une personne qui a été atteinte d'un cancer, qui l'est toujours ou, pis, qui en est décédée. Certains s'en remettent, mais le chemin qui conduit à la victoire contre la maladie peut être long et très difficile.

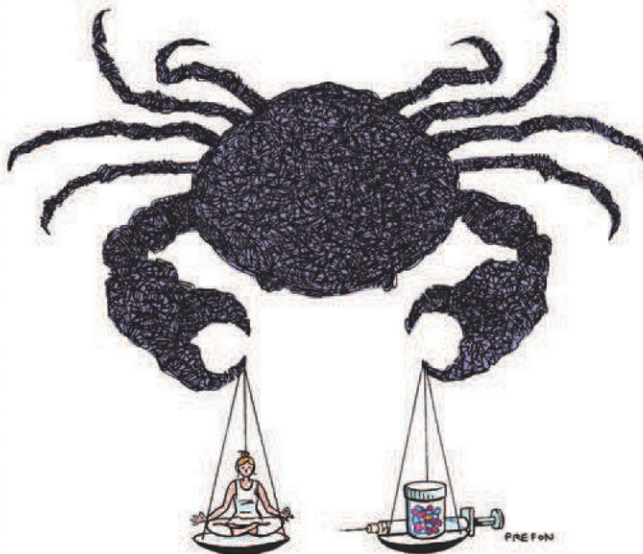
Aussi, quand Josée Blanchette, journaliste au *Devoir*, arrive dans l'espace public et médiatique pour raconter sa douloureuse odyssée personnelle, afin de faire état des conclusions auxquelles elle est parvenue après avoir étudié la question et réfléchi sur son expérience, son propos suscite-t-il facilement des échos. Et soulève aussitôt une polémique, malgré toutes les nuances qu'elle aura pu vouloir apporter dans son ouvrage *Je ne sais pas pondre l'œuf, mais je sais quand il est pourri*. (Je tiens à préciser que je n'ai pas lu son livre, qui n'est pas le sujet de ce texte.)

Pour aller au-delà des inévitables émotions et passions, je suggère de cerner ce qui fait controverse, puis de comprendre comment chacun de nous peut le plus lucidement possible prendre position dans un débat aussi lourd de conséquences.

UNE MALADIE COMPLEXE

Idéalement, la médecine est une pratique qui prend appui sur un savoir scientifique et qui s'exerce dans le respect de normes éthiques claires et convenues.

Dans les faits, on le devine, les choses se compliquent souvent. Parce que le savoir scientifique est tenu ou contesté. Parce que les balises éthiques sont mal définies, remises en question ou difficiles à suivre. Parce que la commercialisation croissante de la recherche biomédicale, l'omniprésence de l'industrie pharmaceutique et le coût souvent excessif des médicaments



alimentent la confusion, réelle ou simplement perçue, et avivent des soupçons chez plus d'un.

N'oubliez pas que le cancer est une maladie complexe. Il vaudrait d'ailleurs mieux parler de multiples cancers, certains plus bénins ou mieux soignés, et d'autres, gravissimes. Ces pathologies sont traitées par des moyens différents (essentiellement la chirurgie, la radiothérapie et la chimiothérapie), avec des effets eux-mêmes variés selon les cancers, leurs états d'avancement et l'historique des patients.

Pensez à tout cela et vous conviendrez certainement que la situation, si elle laisse place aux débats, ne peut être décrite à coups de généralisations et de simplifications, lesquelles, en fin de compte, ne peuvent qu'être trompeuses.

À vrai dire, on se trouve ici sur un terrain très fertile pour les charlatans de tous horizons. La situation pourrait s'envenimer puisque la Société canadienne du cancer, en collaboration avec l'Agence de la santé publique du Canada et Statistique Canada, a récemment prédit que le nombre de nouveaux cas de cancer bondira d'au moins 35 % au Québec au cours des 15 prochaines années.

Comment le citoyen lambda peut-il rester critique devant un sujet aussi grave et sensible ?

Il arrive un moment où toute démocratie rencontre un dilemme : ses citoyens éclairés prennent part à la conversation et à la prise de décision sur une infinité de sujets, mais à propos desquels ils n'ont pas forcément les compétences requises.

En pratique, la solution à ce dilemme est connue depuis toujours : offrir, voire imposer, à chacun une instruction de base.

Cette instruction publique se prolonge, notamment par un travail de vulgarisation accompli en particulier par les médias, généralistes ou spécialisés. Leur importance est depuis toujours reconnue, comme l'a écrit le philosophe John Stuart Mill en 1867 : « Tant que les vérités élémentaires de la science

ne sont pas vulgarisées, le public ne peut distinguer le certain de l'incertain, l'homme [sic!] compétent de celui qui ne l'est pas et, alors, ou bien il se défie du témoignage de la science ou bien il est dupe des charlatans et des imposteurs. » Une idée peut-être banale à première vue, mais non moins cruciale!

Ces mots prennent une résonance bien particulière devant l'« affaire Blanchette », tout spécialement en ces temps où, il faut le dire, le journalisme scientifique est sérieusement menacé.

C'est pourtant par la vulgarisation scientifique que nous apprenons d'indispensables outils d'autodéfense intellectuelle pour nous faire une idée à propos du cancer et, en certains cas, pour prendre la décision la plus judicieuse quant au traitement à adopter.

C'est donc souvent par cette voie et elle seule qu'on saura ce qu'est une généralisation hâtive; qu'on apprendra la diversité des cancers et leur traitement; qu'on saura comment distinguer les niveaux de preuve; qu'on comprendra ce que sont une anecdote, une expérience avec ou sans contrôle de variables, une expérience menée en double aveugle; qu'on appréciera ce qu'est une méta-analyse et qu'on pourra expliquer pourquoi certaines sont fiables et d'autres moins; qu'on saura ce qu'est une revue avec comité de lecture; sans oublier ce que veut dire le consentement éclairé et ce qui permet de s'assurer qu'il l'est réellement.

MON ANECDOTE INSPIRANTE


Tout le monde a une histoire au sujet du crabe. Moi aussi, j'ai la mienne. Et j'ose croire qu'elle illustre de manière instructive et inspirante l'importance de la réflexion scientifique quand on reçoit un diagnostic de cancer.

En juillet 1982, l'éminent biologiste Stephen Jay Gould apprend qu'il souffre d'un cancer de la paroi abdominale, un cancer dit incurable dont la survie médiane des patients n'est que de huit mois après le diagnostic.

Gould porte alors une grande attention à cette donnée. La médiane est une des mesures de tendance centrale, avec la moyenne et le mode: c'est le point qui divise exactement en deux des données. Mais elle cache une grande variété de cas et Gould, d'abord abasourdi, s'est mis à réfléchir.

Il a alors jugé que ses données personnelles (son âge, le moment de détection de la maladie, sa manière d'y faire face, etc.) le plaçaient dans le groupe des gens qui sont significativement éloignés de la médiane et que, combinées à l'adoption des meilleurs traitements proposés et des meilleures pratiques adoptées par les survivants, son espérance de vie était bien supérieure à huit mois. Il a raconté tout cela dans un court article intitulé *La médiane n'est pas le message*, (disponible en ligne), qui a réconforté bien des gens.

Gould a en effet guéri de ce cancer et il est mort... 20 ans plus tard, d'un autre cancer.

S'il m'arrive quelque jour de tomber dans ce grand tourbillon qui accompagne inmanquablement l'annonce d'un cancer, j'ose espérer que je saurai me souvenir et appliquer la leçon de Gould. 

CURIUM

LE MAGAZINE

SCIENCE

TECHNO

SOCIÉTÉ

POUR VOS ADOS!



Par l'équipe des
DÉBROUILLARDS

UN MILLIARD D'ÉTOILES

Le télescope spatial européen Gaia nous livre l'image la plus nette qu'on n'ait jamais eue de notre galaxie. En répertoriant plus de 1 milliard d'étoiles, mais surtout en mesurant leur distance avec une précision inouïe, il propulse l'astronomie dans une nouvelle ère.

Par Jean François Bouthillette



Au cours de la première phase de sa mission, le télescope *Gaia* a déjà cartographié 1,142 milliard d'étoiles dans notre galaxie. Ce catalogue est, de loin, le plus vaste jamais constitué. Des chiffres à donner le vertige ! Or on y voit aussi soudain beaucoup plus clair dans le cosmos. C'est comme si l'humanité myope avait enfin mis ses lunettes et découvrait l'ampleur d'un spectacle qu'elle n'avait pu que deviner.

« C'est jubilatoire ! » s'enflamme François Mignard, directeur de recherche au Centre national de la recherche scientifique, en France, et membre de l'équipe de la mission *Gaia*, à l'Agence spatiale européenne. « C'est une avancée prodigieuse, dans les traces des grands événements de l'histoire du recensement du ciel. »

Il faut dire que, au cours de ses cinq années de mission, *Gaia* ne se contentera pas d'un simple inventaire. Il mesurera la distance d'environ 1 milliard d'objets

célestes par rapport au Soleil et évaluera leur progression dans l'espace avec une précision jamais atteinte. Pour ce faire, chaque astre sera photographié environ 70 fois !

Avec sa première fournée de données, livrée mi-septembre, *Gaia* offre déjà ces mesures précieuses pour 2 millions d'objets célestes. « D'un seul coup, c'est 20 fois plus que ce qu'on avait grâce au satellite *Hipparcos* qui lui-même avait fait faire un bond extraordinaire à l'astrophysique, dans les années 1990 », souligne l'astronome français.

UNE VIGIE HYPERACTIVE

Avec son bouclier thermique déployé, le télescope spatial ne paie pas de mine : il a l'air du dessin naïf d'une soucoupe volante, fait par un enfant pressé. Pourtant, c'est un assemblage de technologies ultra sophistiquées. Depuis son poste d'observation, à 1,5 million de kilomètres de la Terre, il travaille fort depuis janvier

2014, analysant en moyenne plus de 50 millions d'étoiles par jour !

Gaia est en fait constitué de 2 télescopes et de 106 capteurs, pour des images d'une résolution inouïe de 1 milliard de pixels. Résultat : là où l'on ne « voyait » qu'une étoile, jusqu'à cet été, on en distingue parfois plusieurs. Ainsi, *Gaia* vient de découvrir 400 millions d'étoiles jamais encore observées.

Pour François Mignard, il ne fait aucun doute que la mission a déjà laissé sa marque indélébile dans l'histoire de l'astronomie.

Mais pourquoi s'emballer ainsi ? Après tout, 1 milliard d'étoiles, c'est encore moins de 1 % de notre galaxie... C'est que la précision des données de *Gaia*, et notamment celle de ses mesures de distance, permet de raffiner l'ensemble des outils dont on dispose pour comprendre l'Univers.

« La distance, c'est l'un des ingrédients cruciaux pour calibrer tous les autres pa-

ramètres, explique l'astrophysicien Robert Lamontagne, directeur de l'Observatoire du Mont-Mégantic et chercheur à l'Université de Montréal. Ça va percoler dans tout le reste de nos données: la brillance des étoiles, leur vitesse, etc. Connaître la distance des objets, c'est une façon de trouver sa place dans le cosmos!»

Jonathan Gagné, astrophysicien au Carnegie Institute de Washington, témoigne lui aussi de l'enthousiasme fébrile de la communauté des chercheurs. Ces données, dit-il, même préliminaires, «battent déjà à plate couture toutes les mesures que nous avons à notre disposition; c'est un peu comme si nous avions une vision statique des étoiles de notre galaxie et que, soudainement, nous appuyions sur *play*», faisant s'animer la vidéo de la Voie lactée en trois dimensions.

On s'en doute, la masse de données fournies par *Gaia* est... astronomique. Du jamais vu. L'Agence spatiale européenne et les États qui ont financé l'aventure (à hauteur d'environ 3 milliards de dollars) ont d'ailleurs choisi de les rendre immédiatement accessibles à tous. Au vu des quelque 10 000 demandes d'accès

aux données faites dès la mi-septembre, François Mignard estime qu'elles alimenteront plusieurs centaines d'articles scientifiques d'ici un an; et des milliers, au cours des décennies à venir.

Jonathan Gagné est de ceux qui ont déjà plongé. «Dès le tout premier jour, précise ce spécialiste des naines brunes [NDLR: des objets plus massifs que des planètes géantes, mais moins que des étoiles]. J'ai déjà ajouté ces données à un article que j'avais soumis il y a quelques semaines à l'*Astrophysical Journal*. Elles ont rendu mes résultats plus précis.»

«Les retombées scientifiques de *Gaia* seront immenses», prédit le chercheur. Elles pourraient permettre d'en apprendre davantage sur la taille, la structure et la dynamique de notre Voie lactée, y compris sur la place qu'y occupe la mystérieuse matière sombre. «On va trouver beaucoup de choses sur l'histoire et la formation des étoiles», anticipe François Mignard.

SOMMES-NOUS SEULS, GAIA?

Gaia devrait contribuer aussi à l'exploration prochaine d'un autre catalogue: celui des exoplanètes, les planètes qu'on

découvre hors du Système solaire. Pour l'instant, on en connaît un peu plus de 3 500. Mais ce nombre pourrait dépasser 30 000 d'ici la fin de la mission en 2020, estime Robert Lamontagne, grâce au travail de *Gaia*, mais aussi des télescopes spatiaux *TESS* et *James-Webb*, que la NASA doit lancer d'ici 2 ans.

M. Lamontagne, qui dirige l'Institut de recherche sur les exoplanètes à l'Université de Montréal, s'en réjouit. «Plus on connaîtra d'exoplanètes, explique-t-il, plus on aura de chances d'en trouver de semblables à la Terre, en termes de caractéristiques physiques et de distance à l'étoile. Plus grandes, alors, seront les chances de détecter de la vie extraterrestre, que ce soit sous forme de microbes ou de vie intelligente.»

«*Gaia*, croit-il, nous amènera peut-être bientôt à pouvoir répondre à LA grande question: "Y a-t-il de la vie ailleurs dans le cosmos?" Nous sommes la première génération dans l'histoire de l'humanité à avoir les moyens technologiques de répondre à cette question. Nous sommes la génération qui va connaître la réponse! D'ici 10 ans, peut-être.»

LA RECHERCHE ÉTS NOTRE MOTEUR.

Consultez l'actualité scientifique de l'ÉTS sur substance.etsmtl.ca

Suivez-nous



SUBSTANCE ÉTS



ÉCOLE DE
TECHNOLOGIE
SUPÉRIEURE
Université du Québec



Ils ont trouvé le bison de Higgs

Sur les parois de plusieurs grottes préhistoriques, en France, d'étranges bisons ont été dessinés, il y a plus de 15 000 ans. Ces bisons à petites cornes ne ressemblent ni aux bisons européens actuels ni aux bisons des steppes qui peuplaient l'Ancien Continent durant la période glaciaire. Des dessins ratés? Pas du tout. Grâce à eux, des scientifiques australiens viennent de résoudre une énigme génétique qui les taraudait depuis une quinzaine d'années. Ils étaient en effet tombés, en analysant l'ADN extrait d'os de bisons anciens, sur une espèce inconnue. Ils l'avaient baptisée « bison de Higgs », en référence à la particule que les physiciens ont passé 50 ans à traquer. Mais cet ADN ancien était endommagé et les chercheurs se demandaient si l'espèce avait vraiment existé. C'est en interrogeant des préhistoriens français qu'ils ont eu la réponse: nos ancêtres avaient, par leurs dessins, très bien documenté ce ruminant. L'étude parue dans *Nature Communications* révèle ainsi que le bison de Higgs est issu d'une hybridation ayant eu lieu il y a 120 000 ans entre un aurochs (l'ancêtre de nos bovins actuels) et un bison des steppes.

Carburer au CO₂

Ces temps-ci, le dioxyde de carbone n'a pas bonne presse. On en a trop, et c'est (beaucoup) à cause de lui que la Terre se réchauffe. Des chercheurs du laboratoire national d'Oak Ridge, dans le Tennessee, ont peut-être trouvé la parade. Ils ont réussi à transformer du CO₂ en éthanol, c'est-à-dire en alcool qui peut être utilisé comme carburant. Et ce, par accident! Ils testaient l'effet d'un catalyseur (produit censé accélérer les réactions chimiques) constitué de nanoparticules de cuivre et de carbone sur le CO₂ dissous dans l'eau. Surprise! En y appliquant un courant électrique favorisant les échanges ioniques, ce dispositif a accompli bien plus qu'une seule réaction chimique, menant directement à la synthèse de 63 % d'éthanol! Selon les chercheurs, ce procédé pourrait être appliqué à grande échelle.



Sortez les tomates du frigo!

Vous en avez sûrement déjà fait l'expérience: les tomates gardées au frigo se conservent plus longtemps, mais elles perdent leur saveur. Des chercheurs de l'université de Floride viennent de comprendre pourquoi. En dessous de 12 °C, les gènes qui commandent la production de plusieurs composés aromatiques sont inactivés. De retour à 20 °C, certains de ces gènes reprennent du service; d'autres, hélas, restent « éteints » définitivement, ce qui rend la tomate presque insipide.



La couleur du système immunitaire

Sommes-nous tous égaux devant les infections? Le généticien Luis Barreiro, de l'Université de Montréal, et des collègues des États-Unis ont découvert que les Afro-Américains et les Américains d'ascendance européenne les combattent différemment. Les chercheurs ont extrait des monocytes, des cellules qui ont pour fonction d'éliminer les pathogènes, du sang de 175 Américains. Ils les ont confrontés à deux bactéries, la salmonelle et la listeria. Après 24 heures d'infection, les cellules des Afro-Américains ont exterminé les intruses trois fois plus vite que celles des seconds, apprend-on dans leur article publié dans *Cell*. L'équipe émet l'hypothèse que les humains ayant migré hors du continent africain, à la préhistoire, ont rencontré moins de pathogènes et que leur système a donc évolué pour réagir moins fortement. Autre explication possible: les gènes légués à nos ancêtres européens par l'homme de Neandertal, qui vivait hors d'Afrique, seraient à l'origine de ces différences. Une bonne nouvelle pour les Afro-Américains? Pas nécessairement, car une réponse immunitaire forte est aussi associée à plus de maladies inflammatoires, telle que la maladie de Crohn.



Un intrus dangereux

Un champignon tout mignon dans les rues de Victoria et de Vancouver, ainsi que dans la vallée du Fraser, en Colombie-Britannique. Cela n'augure rien de bon, car l'amanite phalloïde, également surnommée «calice de la mort», est le champignon qui cause le plus de décès dans le monde. Il y a quelques années, on n'en trouvait pas dans la région. Originaire d'Europe, il a été introduit quand des feuillus importés ont été plantés en Colombie-Britannique, il y a de cela plusieurs décennies. Il vit de 40 à 50 ans dans les racines des arbres avant de montrer son chapeau, d'où son apparition récente. La direction de la santé publique provinciale invite les citoyens à redoubler de prudence avant de cuisiner une poêlée de champignons.

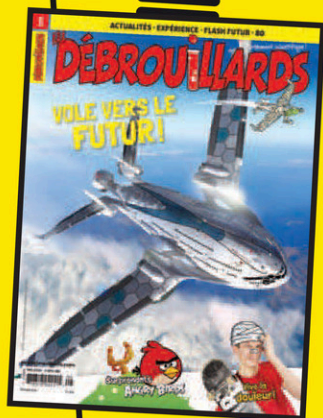
JUSTIN PIERCE/MUSHROOM OBSERVER

MOT TENDANCE

ÉCOCIDÉ

Définition: nom qui désigne une grave atteinte à un écosystème. En octobre, un tribunal citoyen a organisé un procès symbolique à La Haye, aux Pays-Bas, contre le géant américain Monsanto, qu'il accusait de crimes contre l'environnement. Des juges de renom y ont pris part, dans l'espoir que le concept d'écocide soit officiellement reconnu par la Cour pénale internationale.





Magazines branchés!

Lecteurs allumés!

magazinesdescience.com

PRÉCIEUSES ÉPICES

Et si les épices étaient toujours les meilleurs agents de conservation ?

Par Martine Letarte

Devant le buffet des fêtes, on attrape une tranche de jambon, puis trois ou quatre saucisses enroulées dans le bacon et un morceau de terrine. Comment résister ?

Pourtant, l'Organisation mondiale de la santé considère les charcuteries comme cancérigènes depuis 2015. On suspecte notamment les nitrites et les nitrates, des agents de conservation synthétiques ou naturels, d'augmenter les risques de cancer (de très peu, mais tout de même).

La chercheuse Satinder Kaur Brar du Centre Eau Terre Environnement de l'Institut national de la recherche scientifique (INRS) et son collègue Khaled Belkacemi, de l'Université Laval, ont trouvé une solution de rechange bien relevée à ces nitrites et nitrates : des épices aux multiples bienfaits.

Dans plusieurs pays, dont l'Inde d'où est originaire Satinder Kaur Brar, les épices servent depuis des siècles à préserver les viandes. Son équipe a décidé d'insuffler un peu de science à ce savoir traditionnel. Elle a analysé les propriétés antimicrobiennes et antioxydantes de plusieurs épices.

Les chercheurs devaient exclure celles qui contiennent des nitrites et nitrates naturels, comme le sel de céleri. Ce dernier est ajouté dans des charcuteries dites « sans nitrite ajouté » ou « sans agent de conservation ». Ces saucissons et terrines « naturels » contiennent donc quand même des nitrites.

C'est finalement sur la cannelle, le clou de girofle, le poivre noir, la poudre de raisin et la poudre de baies que les chercheurs ont jeté leur dévolu afin de remplacer les agents de conservation pour de bon. Ces épices permettent aussi à la viande de garder une belle couleur rosée.


Pas de souci, votre jambon ne risque pas de goûter le pain d'épice ! « Nos tests de goût ont confirmé qu'on pouvait utiliser les condiments en faible concentration de façon à ce qu'elles ne changent pas énormément les propriétés organoleptiques, soit la saveur, l'odeur, l'aspect et la texture de la viande », explique la chercheuse.

Pour qu'une commercialisation soit

possible, il fallait aussi porter une attention particulière au coût de fabrication. « C'est certain que les épices sont plus dispendieuses que les sels nitrés injectés dans les charcuteries, mais on réussirait à produire notre jambon au même coût que son pendant biologique, précise Satinder Kaur Brar. Je crois que la population sera prête à payer ce prix. »

Impossible par contre encore de savoir quand on pourrait voir ces nouvelles charcuteries sur les rayons des supermarchés.

« La technologie est facilement applicable et pratiquement prête à être utilisée pour la commercialisation, indique la chercheuse. Tout dépendra de la volonté des industriels à aller de l'avant. Ou peut-être seront-ils forcés de le faire en raison d'une nouvelle réglementation. »

Pour la petite histoire, soulignons que Satinder Kaur Brar est végétarienne depuis sa plus tendre enfance. « La viande, ce n'est pas pour moi, affirme-t-elle, mais je suis très consciente que bien des gens en mangent beaucoup et qu'il était important de trouver une solution santé pour remplacer les agents de conservation. » 



La famille humaine s'agrandit

L'HISTOIRE DE L'HUMANITÉ EST BIEN PLUS COMPLEXE QU'ON NE LE PENSAIT. LES PALÉOANTHROPOLOGUES S'ARRACHENT LES CHEVEUX EN ESSAYANT D'INTÉGRER DE NOUVEAUX COUSINS À NOTRE ARBRE GÉNÉALOGIQUE. DOIT-ON RÉÉCRIRE NOS ORIGINES?

Par Marine Corniou

Le 10 septembre 2015. Sous les applaudissements et les crépitements incessants des flashes des journalistes, Lee Berger et ses collègues dévoilent leur dernière trouvaille : un squelette presque complet appartenant à « une nouvelle espèce du genre humain ». Il semble combiner des traits à la fois primitifs et modernes. Son nom ? *Homo naledi*, qui signifie « étoile » en sesotho et fait référence à la grotte Rising Star, située en Afrique du Sud, où il a été découvert.

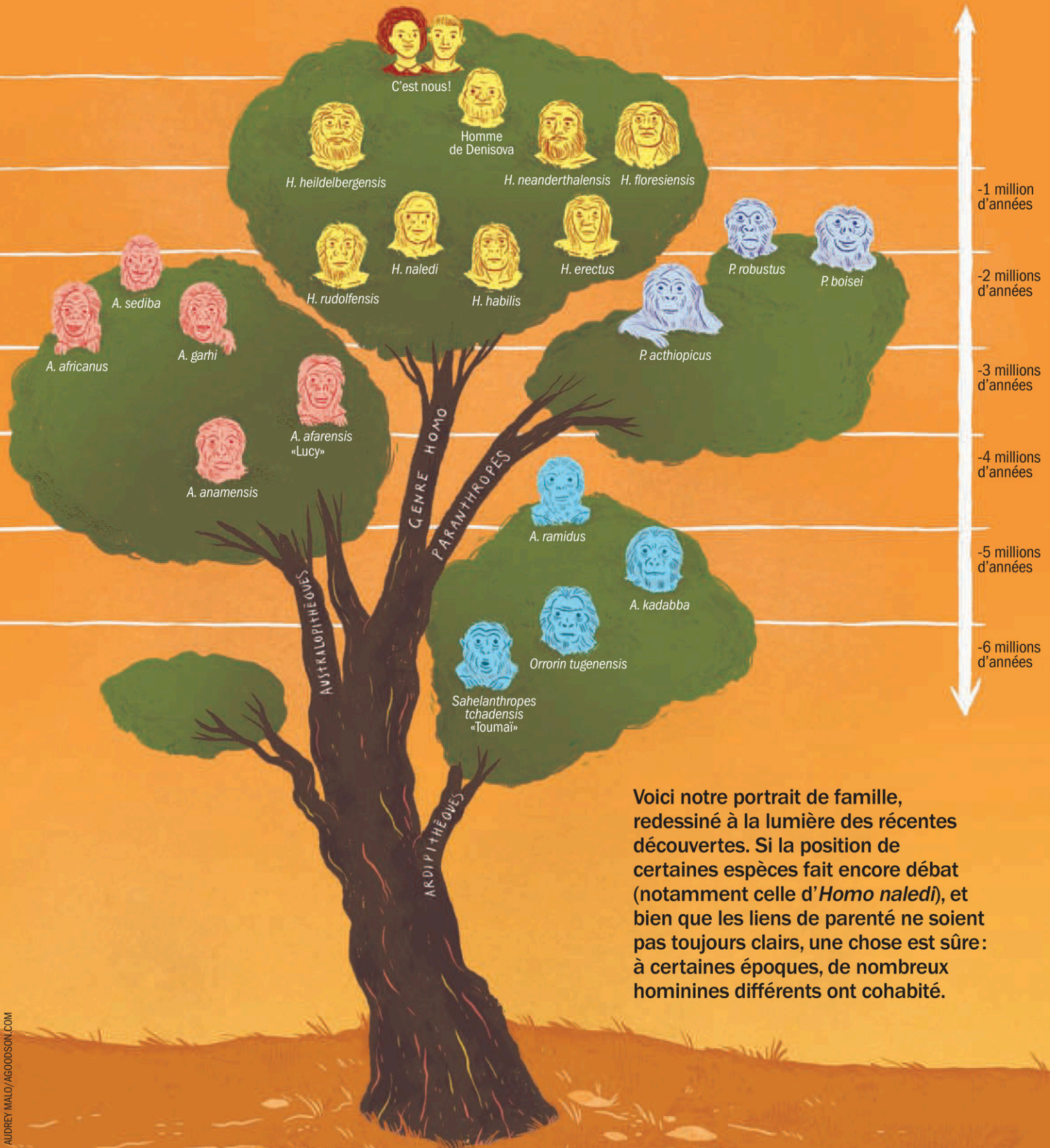
WITS UNIVERSITY Cette grotte se trouve dans un secteur près de Johannesburg surnommé « Berceau de l'humanité »,

car il a livré le tiers des fossiles humains anciens. Il reste que la découverte du paléanthropologue vedette de l'université Witwatersrand est exceptionnelle. Plus de 1 550 ossements, appartenant à une quinzaine d'individus de tous âges, ont été récupérés en rampant à 30 m sous terre. Il est rarissime de découvrir en un même lieu autant de fossiles, et de disposer à la fois des crânes et des os du reste du corps, en plusieurs exemplaires. Surtout, *Homo naledi* n'est pas n'importe qui; il possède des pieds et des mains semblables à ceux des humains modernes, tout en ayant des phalanges courbes lui permettant de grimper aux arbres, et un



Voici *Homo naledi*, découvert en 2015. Son crâne est à peu près deux fois moins volumineux que le nôtre.

Histoire de la lignée humaine



Voici notre portrait de famille, redessiné à la lumière des récentes découvertes. Si la position de certaines espèces fait encore débat (notamment celle d'*Homo naledi*), et bien que les liens de parenté ne soient pas toujours clairs, une chose est sûre : à certaines époques, de nombreux hominines différents ont cohabité.

crâne au volume réduit, rappelant celui des australopithèques.

Une bizarrerie sur l'arbre généalogique de nos ancêtres, d'autant plus inclassable que les scientifiques n'ont pas encore réussi à la dater. *Homo naledi* a-t-il vécu il y a 2 millions d'années, comme le suppose Lee Berger; ou beaucoup plus récemment, côtoyant les premiers hommes modernes? S'agit-il vraiment d'une nouvelle espèce? Ou plutôt d'une variation d'un de nos aïeux déjà connu – par exemple *Homo erectus*?

Pour l'instant, la découverte pose plus de questions qu'elle n'apporte de réponses.

Mais elle illustre brillamment le fait que la paléanthropologie est loin d'être un long fleuve tranquille. Depuis une quinzaine d'années, les scientifiques ne cessent de revoir leurs scénarios, car de nouveaux venus débarquent régulièrement dans la vaste famille de nos ancêtres, sans que l'on sache vraiment où les positionner. Qu'on en juge: rien qu'en 2015, en plus d'*Homo naledi*, une nouvelle espèce d'australopithèques a fait irruption en Éthiopie (*Australopithecus deyiremeda*); la découverte d'une mandibule a repoussé de 400 000 ans l'âge du premier représentant du genre *Homo*; et celle de pierres taillées au Kenya suggère que les premiers outils seraient apparus 700 000 ans plus tôt que ce qu'on pensait...

« Quand j'ai fait mon cours de paléontologie, dans les années 1990, c'était simple, se souvient Michelle Drapeau, professeure au département d'anthropologie de l'Université de Montréal. En gros, on avait les australopithèques, avec la branche éteinte des australopithèques robustes [qu'on appelle aujourd'hui paranthropes], puis apparaissait *Homo habilis*, *Homo erectus* et *Homo sapiens*. L'accumulation récente de fossiles révèle que l'évolution humaine est en fait un tableau très complexe. »

Revenons sur les grandes lignes. D'abord, le règne des australopithèques, ces êtres dotés d'un petit crâne et d'une mâchoire proéminente, bipèdes à l'occasion, débute il y a 4 millions d'années.



PHOTOS: WITS UNIVERSITY
Lee Berger a dirigé à distance les fouilles dans la grotte Rising Star: il était trop corpulent pour y entrer et c'est une équipe de femmes minces qui s'en est chargée. Ci-dessus: la main d'*Homo naledi*.

La famille de Lucy, trouvée en Éthiopie en 1974 et représentante la plus célèbre du groupe, s'est bien agrandie au fil des trouvailles des spécialistes. « Il y a probablement eu plusieurs lignées d'australopithèques. Lucy, par exemple, n'a pas grand-chose à voir avec Little Foot, un australopithèque d'Afrique du Sud qui est à peu près son contemporain », explique José Braga, paléanthropologue à l'université Toulouse III – Paul Sabatier, en France.

Ensuite, il y a environ 2,5 ou 3 millions d'années, le climat change. L'Afrique s'assèche et les boisés font place à un environnement plus ouvert. « La grande famille des australopithèques va progressivement disparaître pour être remplacée par les premiers humains (genre *Homo*) et par les paranthropes qui disparaîtront à leur tour un peu avant un million d'années », résume José Braga.

Dans chacun de ces genres – *Homo*, *Paranthropus* et *Australopithecus* –, on dénombre plusieurs espèces, au même titre qu'il y a plusieurs espèces d'antilopes ou de bovins. Chacune a exploité



JOHN GURCHEZ / © SMITHSONIAN INSTITUTION



sa propre niche écologique, avec ses préférences de régime alimentaire et d'habitat.

Là où les choses se compliquent, c'est que, pendant une certaine période (fort longue, entre 2,5 et 1 million d'années avant notre ère!), tout ce petit monde se côtoie. « À l'époque supposée d'*Homo naledi*, il y a environ 2 millions d'années, il y avait plein de monde en même temps: probablement plusieurs espèces d'australopithèques et de paranthropes, ainsi que des *Homo habilis* et des *erectus* », détaille à son tour Antoine Balzeau, chercheur au Muséum national d'Histoire naturelle à Paris.

CASSE-TÊTES ET CONTROVERSES

Pas facile, dans ces conditions, de savoir qui a précédé qui dans l'arbre généalogique. Il semblait ainsi évident que les *Homo habilis* avaient précédé les *Homo erectus*, les seconds descendant des premiers. Or, deux fossiles, découverts en 2007 au Kenya, ont brouillé les pistes: ils auraient plutôt vécu à la même époque, se côtoyant pendant 500 000 ans. Un vrai casse-tête!

D'autant qu'il n'est pas toujours pos-

sible de dater les fossiles avec précision. Aussi, l'ajout de chaque nouveau rambeau s'accompagne-t-il de son lot de controverses.

Prenez l'homme de Florès, ce « hobbit » trouvé en 2003 en Indonésie. On a d'abord cru qu'il s'agissait d'un homme moderne (*Homo sapiens*) qui s'était éteint il y a environ 12 000 ans. Sa petite taille (1 m) et son crâne réduit ont été tour à tour attribués à une microcéphalie ou à une maladie génétique; ou encore au fait qu'il vivait sur une petite île, un phénomène appelé « nanisme insulaire ».

Finalement, la découverte d'un nouveau fragment de mâchoire et de six dents sur l'île de Florès par des chercheurs japonais en 2014 a tranché la question: *Homo floresiensis* est une espèce d'hominine à part entière. Il serait un descendant d'*Homo erectus*.

Ces hominines, les premiers à avoir maîtrisé le feu, étaient des explorateurs qui ont conquis l'Asie, après avoir quitté

l'Afrique, il y a plus de 1 million d'années. Les hommes de Florès étaient déjà présents sur l'île il y a 700 000 ans, et ils auraient rapetissé rapidement après leur arrivée dans cet environnement isolé, y coulant des jours paisibles pendant plusieurs centaines de milliers d'années.

D'autres fossiles, comme ceux d'*Homo naledi*, continuent toutefois de donner des maux de tête aux chercheurs.

C'est le cas d'un crâne déformé découvert en 1999 sur les rives du lac Turkana, au Kenya, et âgé d'environ 3,2 à 3,5 millions d'années. N'entrant dans aucune « case », et n'appartenant visiblement ni au genre des australopithèques ni au genre *Homo*, on lui a créé un nouveau genre rien que pour lui, *Kenyanthropus platyops*.

Un tour de passe-passe que plusieurs scientifiques critiquent, étant donné qu'on ne possède qu'un seul spécimen.

Citons également les ossements présentés en 2010 par Lee Berger (encore lui!).

Lexique

Hominidés: groupe comprenant tous les grands singes actuels et passés (humains, chimpanzés, gorilles, orangs-outans et leurs ancêtres).

Hominines ou hominines: groupe comprenant les humains modernes et leurs ancêtres immédiats (incluant les genres *Homo*, *Australopithecus*, *Paranthropus* et *Ardipithecus*).



Grotte de Liang Bua, en Indonésie, où les restes de l'homme de Florès ont été découverts en 2003. À gauche, reconstitution du visage d'*Homo floresiensis*.

les interprétations sont souvent trop rapides », déplore-t-il en entrevue. Selon lui, *Homo naledi* n'est d'ailleurs probablement qu'une variante d'*Homo erectus*, ce qui n'enlève rien à son charme (mais qui aurait peut-être rendu sa découverte moins spectaculaire).

QUI EST « HOMO » ?

Il faut dire que différencier un hominine d'un autre n'est pas chose aisée, surtout lorsqu'on ne dispose que d'une molaire égarée, d'un os de pied ou d'un fragment de crâne. « Il y a longtemps, on considérait que la particularité du genre *Homo* était un gros cerveau. Puis, dans les années 1960, on a découvert *Homo habilis* qui utilisait des outils, mais avait un petit crâne, et on a voulu l'inclure dans la famille, indique Michelle Drapeau. Les règles sont devenues plus floues, surtout lorsqu'on recule dans le temps. Les deux traits qu'on retient aujourd'hui pour définir un hominine, c'est la modification de la dentition et la bipédie. »

Ça tombe bien, les dents sont dures et se conservent mieux que tout le reste. « Les grands singes ont de petites molaires, ainsi que de grandes incisives et canines, qui leur permettent de croquer dans des fruits durs. Chez les hominines, les dents de devant deviennent plus petites, et les molaires beaucoup plus grandes. De quoi mâcher ou broyer des aliments fibreux, comme de l'herbe et des tubercules », explique la chercheuse.

La bipédie, elle, se lit dans l'architecture du squelette : la forme du bassin, des pieds, du fémur, ou encore la position centrale du trou occipital (orifice du crâne par lequel passe notamment la moelle épinière).

Seulement voilà : les différences entre deux espèces sont souvent subtiles et, au sein d'une même population, les squelettes peuvent varier. Il suffit de tomber sur les os d'un homme ou d'une femme, par exemple, ou sur ceux d'un costaud ou d'un malingre, et l'interprétation peut changer.

Il les a eux aussi trouvés en Afrique du Sud, dans la même région où il a repéré *Homo naledi*. Âgés d'environ 2 millions d'années, les squelettes sont ceux de créatures présentant une bipédie différente de la nôtre, plus « chaloupée » et coûteuse en énergie. Cet *Australopithecus sediba* avait un pied archaïque, un petit cerveau et se suspendait souvent aux branches, mais ses doigts fins et droits étaient presque ceux d'une main humaine. Pour Lee Berger, cette mosaïque de caractères, à la fois ancestraux et modernes, ferait le pont entre les australopithèques et les premiers hommes. Notre ancêtre direct, donc ?

« Il faut être prudent. On peut dire tout et son contraire sur la définition du genre *Homo* », avertit José Braga, dans le livre *Origines de l'humanité : les nouveaux scénarios*, paru en 2016.

Le chercheur, qui dirige un site de fouilles à Komdraai dans le berceau sud-africain de l'humanité, n'a pas la langue dans sa poche quand il parle de sa discipline. « La multiplication des noms d'espèces est une plaie en paléanthropologie. Je suis parfois très gêné quand je vois le titre de certains articles. Les découvertes sont extraordinaires, mais

Nos ancêtres les singes

Il est long, le chemin qui mène jusqu'à nous. Les chercheurs pensent que les premiers primates sont apparus il y a environ 55 millions d'années. Le fossile d'Ida, découvert en Allemagne, a fait les manchettes en 2009. Cette sorte de lémurien, âgé de 47 millions d'années, est le plus vieux primate connu.

Il y a 35 millions d'années, les premiers singes « modernes » font leur apparition. Mais sans surprise, les fossiles sont rares... Quant au plus vieil hominine, Toumaï, il a été découvert en 2001 par le Français Michel Brunet au Tchad. De ce *Sahelanthropus tchadensis*, nous n'avons retrouvé qu'un fémur et un vieux crâne écrabouillé. « Toumaï était bipède et il est daté d'environ 7 millions d'années, explique Michelle Drapeau, professeure au département d'anthropologie de l'Université de Montréal. Cela indique que la branche des hominines et celle des chimpanzés se sont séparées il y a 7 ou 8 millions d'années. » Un coup de vieux d'au moins 2 millions d'années, puisque l'on situait cette rupture à environ 5 millions d'années !

Vient ensuite *Orrorin tugenensis*, ou homme du millénaire, âgé de 6 millions d'années et découvert au Kenya. Puis *Ardipithecus ramidus* (4,4 millions d'années) que l'on connaît relativement bien : en octobre 2009, *Science* a publié une description complète de 110 ossements de 36 individus de cette espèce découverts en Éthiopie par une équipe de l'université de Californie.





À Paris, le Muséum national d'Histoire naturelle s'est doté d'une plateforme d'imagerie de pointe, nommée AST-RX (pour Accès Scientifique à la Tomographie à Rayons X). Elle permet de numériser les spécimens en 3D avec une extrême précision, de visualiser des fossiles imbriqués dans la roche ou de reconstituer la forme du cerveau à l'intérieur de la boîte crânienne.

déposition (par exemple par une rivière) d'os provenant de couches géologiques différentes. Mais cela ouvre la porte au fait qu'il y a peut-être une plus grande variabilité intra-espèce que ce qu'on pensait », nuance Michelle Drapeau.

LE BUISSON DE L'ÉVOLUTION

Alors, qui a raison ? Doit-on simplifier l'arbre ou, au contraire, le faire buissonner davantage ? Une chose est sûre : l'évolution n'a pas été linéaire.

« Traditionnellement, on rangeait les espèces les unes après les autres, avec un grand-père, un père, un fils, etc. Avec l'idée qu'une espèce se transformait subitement en une autre, dit Antoine Balzeau, spécialiste de la morphologie des hommes préhistoriques. En fait, quand un couple donne naissance à un enfant, il ne disparaît pas instantanément. Il vit aux côtés de sa descendance quelque temps. C'est pareil avec nos ancêtres ; il y a eu beaucoup de branches parallèles. »

Heureusement, plus on avance dans le temps, plus les choses se clarifient,

Pourquoi alors ne pas simplifier les choses ? Toutes les espèces d'*Homo* connues (*Homo habilis*, *ergaster*, *georgicus*, *rudolfensis*, etc.) ne formeraient en fait qu'un seul et même groupe : *Homo erectus*. L'idée a été proposée en 2013, dans un article publié par la revue *Science*, décrivant des restes humains trouvés sur le site de Dmanisi, en Géorgie. Les fossiles en question, appartenant à cinq individus dénichés côte à côte, montrent en effet

une grande variabilité morphologique. Taille du cerveau, arcades sourcilières, forme des mandibules : les cinq comparses, ayant vécu il y a 1,8 million d'années, ne se ressemblent pas tant que ça. S'ils avaient été trouvés à différents endroits, il y a fort à parier qu'on aurait vu là plusieurs espèces...

« Certains chercheurs contestent le fait que ces individus aient vécu au même moment. Il pourrait y avoir eu une re-

PASCAL GOETHELUCKY/MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE

Comment date-t-on un fossile d'hominine ?

La célèbre datation au carbone 14 n'est souvent d'aucune aide en paléanthropologie, puisqu'elle est inutilisable sur des objets ayant plus de 50 000 ans.

Heureusement, d'autres éléments, comme le potassium 40, qui persistent bien plus longtemps à l'état radioactif (jusqu'à un milliard d'années), permettent de dater non pas les os directement, mais les dépôts de roches dans lesquels ils sont enfouis.

« En Afrique de l'Est, il y a eu beaucoup d'éruptions volcaniques, et l'on trouve à intervalles réguliers, dans les strates géologiques, des couches de cendres riches en potassium, que l'on peut dater », explique Michelle Drapeau qui dirige justement des fouilles en Éthiopie, sur un terrain vieux d'environ 4 millions d'années.

En Afrique du Sud, c'est une autre paire



UNIVERSITY OF WISCONSIN-MADISON

de manches. Là-bas, point de cendres, mais plutôt un réseau complexe de grottes étagées qui se sont successivement effondrées, bouchées et reformées naturellement. Les sédiments y sont donc difficiles à interpréter. « Mais on réussit de mieux en mieux, à dater les galets associés aux fossiles ainsi que les stalactites

et les stalagmites », explique le paléanthropologue français José Braga.

Grâce à de nouvelles techniques (la spectrométrie de masse par accélérateur, notamment) qui permettent de détecter d'infimes traces d'éléments radioactifs sur de tout petits échantillons, la palette des radioéléments mesurables s'est élargie. On emploie certains éléments dits « cosmogéniques », rendus radioactifs sous l'effet du rayonnement cosmique (un mélange de particules très énergétiques qui circulent dans l'espace) et qui se retrouvent piégées dans les sédiments. C'est le cas du béryllium 10 qui a permis de dater notre plus vieil ancêtre, Toumaï, en 2008. Quant à *Homo naledi*, les chercheurs le scrutent en ce moment même à l'aide de différentes techniques pour tenter d'obtenir un consensus sur son âge. Affaire à suivre !

notamment grâce aux progrès inouïs des technologies de séquençage génétique. « Notre sous-espèce, *Homo sapiens*, est née en Afrique il y a entre 100 000 et 200 000 ans. Elle a migré sur tous les continents à des périodes très différentes et elle s'est aussi métissée de-ci, de-là, avec ceux qui étaient déjà sur place, comme Neandertal », raconte José Braga.

Souvenons-nous de la surprise suscitée en 2010 par le décryptage d'un génome de Néandertalien vieux de 40 000 ans, par une équipe internationale sous la direction du généticien suédois Svante Pääbo. Sa conclusion a eu l'effet d'une bombe : nos ancêtres et les hommes de Neandertal, qui se sont éteints il y a 30 000 ans, ne se sont pas seulement côtoyés, ils se sont aussi mélangés, donnant naissance à des hybrides fertiles. Si bien que, aujourd'hui, tous les non-Africains ont encore en eux de 1 % à 4 % de gènes légués par Neandertal (le métissage ayant eu lieu en Europe, après la sortie d'Afrique des premiers *sapiens*).


Et ce n'est pas tout. Quelques mois plus tard, l'équipe de Svante Pääbo séquen-

çait de l'ADN extrait d'une minuscule phalange, trouvée dans la grotte de Denisova en Sibérie et datant de 30 000 à 50 000 ans. Encore une fois, on est tombé de haut : il ne s'agissait ni d'un os de Neandertal ni de celui d'un humain moderne. En fait, l'équipe venait de mettre le doigt sur une nouvelle espèce, l'homme de Denisova, qui partage des racines communes lointaines avec les Néandertaliens et les humains actuels.

Lui aussi se serait éteint il y a 30 000 ans et a laissé des gènes en héritage. Mais cette fois, on ne les retrouve que chez les habitants de Papouasie–Nouvelle-Guinée et autres Mélanésiens. À croire que ces Denisoviens étaient bien plus répandus dans le passé et que certains de leurs descendants ont même atteint les îles du Pacifique. Ces gènes ancestraux leur auraient conféré un avantage (peut-être immunitaire) et auraient été conservés.

Ainsi, les génomes actuels gardent en mémoire les signes des pérégrinations passées. Trois articles parus dans *Nature* en septembre 2016, portant sur 787 génomes issus de 270 populations

actuelles, dont des Papous et des Aborigènes australiens, suggèrent d'ailleurs que nos ancêtres africains avaient déjà commencé à se séparer en différents groupes il y a 200 000 ans. Un puzzle complexe jusqu'au bout, donc.

Si les données paléogénétiques et les autres techniques d'analyse, comme l'imagerie de précision, offrent déjà un nouvel éclairage sur nos origines, les paléoanthropologues comptent surtout sur de nouvelles découvertes fossiles, aussi riches que celle d'*Homo naledi*, pour lever le voile sur l'incroyable épopée des hominines. Et il y a de l'espoir : « Les scientifiques comme Lee Berger se donnent les moyens de faire des recherches exhaustives. Et il y a encore tout un potentiel inexploité au Proche-Orient », rappelle Antoine Balzeau. De quoi venir grossir les rangs des quelque 6 000 individus ancestraux dont on a retrouvé tantôt une dent, tantôt un squelette entier. Tous nous aideront à démêler le fil de notre histoire familiale, faite de nombreux méandres et d'impasses oubliées. 



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 POUVOIR DU MENTAL

LES CHERCHEURS VEULENT LIRE DANS NOS PENSÉES POUR NOUS PERMETTRE DE CONTRÔLER DES OBJETS ET D'OPTIMISER LE FONCTIONNEMENT DE NOTRE CERVEAU. FAUT-IL S'EN RÉJOUIR OU S'EN INQUIÉTER ?

Par Méli^{ssa} Guillemette

« **O**n va bientôt connaître tous tes mots de passe », m'avertit le doctorant à l'Université de Montréal Hamdi Ben Abdesselem. Il blague, mais une petite crainte s'empare de moi, tandis que son collègue, Sahbi Benjamine, pose un casque d'électroencéphalographie (EEG) sans fil sur ma tête. Le casque, avec ses 14 électrodes, est léger et s'installe rapidement.

Sur l'écran où s'affichent les données, neuf émotions ou états sont inscrits dans

une colonne. À côté de chacun, on verra bientôt en temps réel le signal émis par mon ciboulot.

Sans mot dire, je visualise mon fiston. La courbe de « joie » grimpe en flèche! Je constate ce résultat... et le signal « surprise » plafonne!

Le système de Sahbi n'est toutefois pas parfait. « On a un taux de réussite d'environ 68 % pour le moment », explique-t-il. Ouf! mes mots de passe sont saufs!

De toute façon, l'objectif de ces chercheurs n'a rien à voir avec le vol de données. Ils veulent avant tout aider le



ILLUSTRATION : TARA HARDY



cerveau à mieux fonctionner, explique Claude Frasson, qui assiste à la scène. Ce professeur s'intéresse, entre autres, aux moyens de faciliter les apprentissages. « Lorsqu'un étudiant oublie tout, le jour d'un examen, c'est parce que l'émotion a bloqué la connexion vers sa mémoire. Avec l'EEG, on peut détecter cet état et un programme informatique pourrait ensuite envoyer des messages au cerveau, visuels ou sonores, pour le rassurer. »

Suivre l'activité électrique du cerveau des étudiants – soit les influx nerveux des neurones – permettrait aussi de réaliser le rêve du professeur. « En classe, devant 100 étudiants, je pourrais savoir qui comprend et qui ne comprend pas, et m'adapter. C'est aujourd'hui possible. » Il ne lui reste qu'à les convaincre de se coiffer d'électrodes !

M. Frasson et ses étudiants font partie des scientifiques qui cherchent à déchiffrer les pensées grâce à ce qu'on appelle des interfaces cerveau-ordinateur, soit des systèmes de communication ayant le cerveau comme source de données. Ces technologies ont d'abord été développées dans l'espoir de rendre une certaine autonomie aux patients paralysés, afin qu'ils puissent contrôler leur fauteuil, un robot d'assistance ou un exosquelette par la force mentale. Ils ont parfois une puce implantée directement dans le cerveau, ce qui offre une plus grande précision que les casques EEG.

Ces travaux pour les paralysés sont toujours en cours (voir l'encadré « Refaire bouger les paralysés » à la page 30), mais d'autres chercheurs se sont depuis mis de la partie pour créer toutes sortes d'applications avec des casques EEG, plutôt que des puces dans la caboche.

Ainsi, à l'université de Technologie de Graz, en Autriche, des scientifiques sont parvenus à jouer au célèbre jeu vidéo *World of Warcraft* sans les mains ! En Italie et au Royaume-Uni, des équipes composent des partitions musicales uni-

quement par la pensée. Et des chercheurs de l'université de la ville de Tianjin, en Chine, veulent nous faire conduire notre voiture par le pouvoir mental.

De tels exploits sont rendus possibles grâce à des casques médicaux ayant des dizaines, voire des centaines, de capteurs et valant une fortune. Le domaine est toutefois chamboulé par l'arrivée sur le marché de casques EEG portables beaucoup moins précis, mais se détaillant à moins de 1 000 \$ – un tel casque a permis aux chercheurs chinois de contrôler une voiture, par exemple.

« Pour les applications liées à la vie quotidienne, les casques médicaux avec 256 canaux, et qui nécessitent l'utilisation de gel et une heure d'installation, ne sont pas pratiques. Certes, ils produisent des résultats super, mais les participants sont généralement attachés à leur chaise! On cherche maintenant comment filtrer le signal obtenu avec les casques portables », explique Tiago Falk, directeur du laboratoire MuSAE (Multimedia/Multimodal Signal Analysis and Enhancement) de l'Institut national de la recherche scientifique.

En France, Nataliya Kosmyna s'intéresse au contrôle par la pensée des cafetières, téléviseurs et autres objets connectés dans la maison. La jeune femme, qui fait un postdoctorat à l'INRIA-Rennes, l'institut national de recherche dédié au numérique, utilise un casque médical pour ses travaux scientifiques. Mais c'est au casque commercial EPOC, d'Emotiv, qu'elle recourt pour épater la galerie lors d'événements scientifiques grand public où elle contrôle un drone par la pensée. Quand elle fait voler l'engin, elle a quelque chose d'une sorcière (bien-aimée!). Pourtant, « ce n'est pas de la magie noire », prend-elle soin de souligner aux participants invités à tester eux-mêmes le casque. « Et je leur dis aussi qu'on ne lit pas dans leurs pensées », indique-t-elle, en entrevue vidéo. Ah non ?

Nataliya Kosmyna prend l'exemple de sa démonstration avec le drone. « Il faut d'abord entraîner le système. Le participant qui enfle le casque EEG doit imaginer quelque chose qui activera la commande "décollage" – un nuage, le ciel, un sac à main, n'importe quoi! –



La chercheuse Nataliya Kosmyna utilise le casque commercial EPOC, d'Emotiv, pour faire décoller son drone.

et, après, imaginer un autre objet pour la commande "atterrissage". Pendant ce temps, on enregistre les signaux électriques issus de son cortex visuel et un algorithme les associe aux deux différentes commandes. » Le système n'a donc aucune idée de ce à quoi l'utilisateur pense vraiment. Il prend plutôt une « photo » du signal.

D'un cerveau à l'autre, les signaux pour « nuage », « ciel » ou « sac à main » sont-ils similaires ? « Non, répond Nataliya Kosmyna. Si j'imagine un nuage pour faire décoller le drone, on ne peut pas ensuite utiliser mes signaux pour que vous activiez le décollage en pensant vous aussi à un nuage. Ma façon d'imager mon nuage, même si c'est une chose très simple, est vraiment différente de la vôtre. On cherche actuellement à savoir s'il y a certaines similitudes, ce qui serait vraiment intéressant mais, pour l'instant, on n'a pas de réponse. »

Même avec beaucoup moins de capteurs que l'EPOC (qui en possède 14), le système portable Muse (4 capteurs), produit par une entreprise de Toronto, arrive à détecter la différence entre un état de concentration, un état de relaxation, un état de sommeil, etc. Le technicien du laboratoire MuSAE Liviu Ivanescu et moi en avons chacun enfilé un exemplaire pour contrôler une voiturette à chenilles. Il se chargeait des roues de droite et moi,

de celles de gauche. Pour faire tourner les chenilles, nous devons chacun penser à ce que nous avons fait en détail, ce matin-là. Afin de stopper le mécanisme, il suffisait de fermer les yeux et de vider notre esprit. Pour faire tourner le bolide, l'un de nous deux devait se relaxer et l'autre, se concentrer. Après quelques ratés, nous avons finalement réussi à ce que la voiturette atteigne notre objectif : la poubelle au fond de la pièce !

GUÉRIR ET PRÉVENIR

C'est bien chouette de propulser des drones et des voiturettes mais, au-delà de l'aspect ludique, y a-t-il un intérêt ? « Un enfant avec un trouble de l'attention pourrait s'entraîner à se concentrer avec ça à la maison », expliquent les chercheurs du laboratoire MuSAE. La récompense, soit le sentiment de contrôle et le fait de voir bouger le véhicule, inciterait le cerveau à se concentrer de nouveau. Claude Frasson et ses étudiants s'intéressent aussi à cette application à l'aide de jeux de réalité virtuelle.

De son côté, Tiago Falk veut intégrer des capteurs EEG aux casques des pompiers et des policiers pour s'assurer qu'ils sont en état d'intervenir ou de poursuivre leur intervention : ni trop stressés, ni trop fatigués, ni submergés d'information. « Ils ont un grand sens du devoir, surtout lors d'événements



TIAGO H. FALK

Ce casque médical du laboratoire MuSAE permet de combiner les techniques d'électroencéphalographie et de spectroscopie infrarouge.

critiques et, lorsqu'ils sont épuisés, ils ne l'avouent pas toujours. Cela peut entraîner des erreurs. On cherche donc à se fonder sur des paramètres objectifs pour faciliter la gestion des équipes. » Il y travaille avec le groupe français Thales, spécialisé dans le renseignement, la surveillance et la reconnaissance.

Les chercheurs sont toutefois conscients des limites des casques portables. « C'est vrai que, avec ces appareils, on peut voir le signal cérébral. Mais le nombre de commandes possibles est très limité. Et quand les gens bougent, ça change les données », dit Yannick Roy, doctorant à l'Université de Montréal et cofondateur de NeuroTechX, un réseau de curieux des neurotechnologies, qui existe dans 17 villes de la planète.

Que penser, alors, de la commercialisation de ces casques désormais accessibles au public? Le casque NeuroSky, qui coûte une centaine de dollars, prétend être le résultat de « décennies de recherche en technologie EEG ». Il ressemble à un casque d'appel dont on aurait déplacé le micro sur le front. Avec une seule électrode entre les yeux, est-ce vraiment la même technologie que celle qui a évolué, ces dernières décennies, dans les laboratoires?

« Avec NeuroSky, tu peux apprendre à un drone qu'il doit s'envoler quand tu fronces les sourcils! » rigole Yannick Roy. Le casque mesure parfois l'activité

électrique des muscles, plutôt que celle du cerveau.

Le marketing de ces casques grand public mise surtout sur l'amélioration des capacités de concentration et sur le soutien à la méditation. Par exemple, ils sont connectés à des applications qui guident la relaxation; si l'utilisateur se met à réfléchir, le téléphone, la tablette ou l'ordinateur est censé émettre un son qui lui rappelle de ne penser à rien. Mais les promesses sont parfois... disproportionnées. « À mesure que vous vous entraînez avec Muse, vous découvrirez que vous serez capable d'en faire plus avec votre esprit et, par conséquent, avec votre vie », lit-on sur la page dédiée au bandeau sur le site de Best Buy. Wow!

« Cette technologie suscite l'intérêt de monsieur et madame Tout-le-Monde, remarque Tiago Falk. Mais ces derniers n'ont pas nécessairement les connaissances pour départager ce qui est bon et ce qui ne l'est pas. Par exemple, il existe un appareil conçu pour suivre l'état mental des chiens. Mais y a-t-il vraiment des études qui démontrent son efficacité? »

UN CAPTEUR DANS L'OREILLE

Il reste que les casques EEG sont encore loin de courir les rues. « Comment rendre la technologie assez esthétique pour que les gens aient envie de se promener avec? demande Tiago Falk. Ou alors,

DES MACHINES À LIRE LES PENSÉES

L'électroencéphalographie n'est pas le seul moyen non invasif de déchiffrer nos pensées et nos intentions. Les chercheurs peuvent également sonder notre cerveau grâce à l'imagerie par résonance magnétique (IRM) ou par spectroscopie infrarouge. Ils arrivent alors à observer les apports sanguins dans les différentes parties du cerveau.

Ces technologies localisent les zones actives avec plus de précision que les EEG. « On n'a aucune idée si le signal d'une électrode vient de la gauche, de la droite, d'en haut, d'en bas, explique Tiago Falk, directeur du laboratoire MuSAE de l'Institut national de la recherche scientifique. Mais l'EEG demeure le meilleur outil en ce moment pour contrôler des objets, car le délai est très court – de l'ordre des millisecondes – entre le moment où la pensée est formulée et la réception du signal. » Pour les deux autres techniques, les délais sont, eux, de plusieurs secondes.

Les chercheurs peuvent aussi utiliser la magnétoencéphalographie qui analyse le champ magnétique créé par l'activité des neurones. Son signal est plus clair que celui de l'EEG, mais on doit l'opérer à partir d'une machine énorme et coûteuse.


En laboratoire, les scientifiques peuvent combiner les différentes techniques pour avoir une meilleure « résolution ».



Neural Drift est un jeu permettant de contrôler une voiturette à chenilles, en équipe, grâce à des casques commerciaux Muse. Il a été mis au point par des étudiants du laboratoire MuSAE.

« On est au tout début de cette aventure, rappelle Yannick Roy. Mais la motivation intrinsèque de l'humain pour améliorer ses facultés ne s'arrêtera pas là. On sait déjà remplacer certains organes, et on voudra assurément optimiser notre cerveau, maximiser notre mémoire, devenir plus intelligent. »

Il imagine déjà le jour où, installé à son bureau avec des capteurs EEG dans ses écouteurs, un programme informatique percevra qu'il est bien concentré et évacuera toutes les distractions, comme des notifications de courriel ou des appels. « Et quand mon esprit commencera à vagabonder, le système fera apparaître les nouveaux courriels pour que je demeure productif sur un autre plan, parce qu'il sait que, statistiquement, quand mon cerveau entre dans cette zone de divagation, je suis sur le point d'accéder à YouTube ! »

C'est clair : la banale question « à quoi tu penses ? » n'aura plus jamais la même signification ! 

comment la rendre discrète ? Pourrait-on l'intégrer aux écouteurs ? Après tout, le conduit auditif est tout près du cerveau et on y enregistre moins de mouvements musculaires parasites que sur le front. »

En effet, quand Yannick Roy a enfilé les

différents modèles de casques portables dans le café où je l'ai interviewé, je n'ai pu m'empêcher d'éclater de rire. Ils ont l'air sortis d'un film de science-fiction. Les porter au quotidien offrirait un spectacle pour le moins déconcertant.

REFAIRE BOUGER LES PARALYSÉS

En 2012, pendant son postdoctorat à la Northwestern University, en Illinois, Christian Éthier a participé à des travaux bien particuliers. Sous la supervision du professeur Lee E. Miller, et avec une collègue au doctorat, ils ont implanté des électrodes dans le cerveau de deux singes, puis ont épié leurs signaux cérébraux pendant qu'ils manipulaient une balle. L'équipe a alors pu mettre au point un algorithme pour décoder le signal, selon les différents mouvements effectués.

On a ensuite anesthésié le bras des singes pour que l'activité des nerfs soit bloquée au coude, causant ainsi une paralysie temporaire de la main. Grâce à l'algorithme, à un casque détectant leur activité cérébrale et à une neuroprothèse (un appareillage sous-cutané stimulant les muscles), les primates sont quand même parvenus à attraper une balle et à la déposer. Avec moins d'aisance, mais tout de même !

« Normalement, le cerveau contrôle les muscles par le biais des connexions qui descendent, par la moelle épinière, jusque dans le bras ou la jambe, explique celui qui est aujourd'hui chercheur au Centre de recherche de

l'Institut universitaire en santé mentale de Québec. S'il y a une lésion, le signal ne passe plus. Mais on capte tout de même l'activité cérébrale liée à l'intention de bouger le bras et, ainsi, on réactive les muscles grâce à la stimulation électrique. »



Une équipe de l'université de la Californie à Irvine a tenté l'expérience chez l'humain en 2015. Un homme paralysé des jambes a ainsi parcouru 3,5 m. Tout a été réalisé grâce à des techniques non invasives, c'est-à-dire à l'aide d'un casque médical EEG plutôt qu'une puce implantée dans le cerveau, et à des électrodes placées sur la peau plutôt que dessous. Il a fallu des mois d'entraînement du système et du patient pour arriver à faire ces quelques pas.

Christian Éthier veut maintenant savoir s'il est possible d'utiliser ce stratagème pour rééduquer, en quelque sorte, le système nerveux des paralysés. Après tout, les neurones ont la capacité de reformer ou modifier leurs connexions. « C'est ce qu'on appelle la neuroplasticité, dit-il. Les neuroprothèses pourraient guider cette neuroplasticité afin que le patient puisse un jour accomplir de nouveaux les mouvements par lui-même », sans l'interface cerveau-ordinateur.

À Noël, ABONNEZ VOS PROCHES ET PROFITEZ D'UN TARIF EXCEPTIONNEL!

25 \$*
LE 1^{ER}
ABONNEMENT

15 \$*
CHAQUE
ABONNEMENT
ADDITIONNEL

OFFREZ AUTANT D'ABONNEMENTS QUE VOUS LE DÉSIREZ



Québec Science examine les questions relatives à la science et à la technologie, et pose un regard scientifique sur les grands sujets d'actualité. Découvrez!

8 numéros par année



Géo Plein Air flaire les tendances: équipements et destinations, entraînement et nutrition, tests de produit et guide d'achat. Respirez!

6 numéros par année



Vélo Mag parle vélo sous toutes ses formes: test de matériel, guides d'achat, destinations, compétitions, entraînement et nutrition. Roulez!

6 numéros par année

VELO.QC.CA/NOEL

ou contactez le service à la clientèle au 514 521-8356
ou 1 800 567-8356, poste 504

*Cette offre d'abonnement se termine le 31 décembre en ligne et le 23 décembre par téléphone. Taxes en sus.

ÉCONOMISEZ
JUSQU'À 72%
SUR LE PRIX
EN KIOSQUE

LA VIE SECRÈTE DES ANIMAUX

Aujourd'hui, les scientifiques ont accès à un arsenal digne des plus grands agents secrets afin d'espionner l'intimité des animaux... sans trop les gêner.

Par Marion Spée

En faisant des tamias rayés son sujet d'étude, Denis Réale n'a pas choisi la facilité. Ces petits rongeurs furtifs ne se laissent pas aisément approcher. Comment les observer sans les faire fuir ? Et, surtout, sans que la présence humaine modifie leur comportement ? C'est en regardant un film d'espionnage que ce professeur au département de sciences biologiques de l'Université du Québec à Montréal a trouvé la solution. « On a eu l'idée d'utiliser de petits micros qui pouvaient enregistrer les conversations privées des tamias », raconte-t-il.

En fouillant dans Internet, Denis Réale a rapidement trouvé son bonheur sur un site russe. Ça ne s'invente pas ! Selon le titulaire de la Chaire de recherche du Canada en écologie comportementale et animale, les vendeurs semblaient surpris, mais ravis, de compter les tamias parmi leurs clients, en plus des maris jaloux... Grâce à ces micros placés au cou des animaux, l'équipe a pu s'immiscer dans leur intimité, à l'intérieur de la réserve naturelle des Montagnes Vertes en Montérégie, et capter des moments qu'il aurait été impossible de saisir autrement.

Ces « appareils embarqués » révolutionnent l'étude de nos amies les bêtes à plumes, à poils ou à écailles. Si ce type d'équipement ne date pas d'hier, les scientifiques et ingénieurs ne cessent de les bonifier. Ils profitent notamment des avancées des caméras, cardiofréquences, GPS, et senseurs bon marché en tout genre mis au point pour la téléphonie mobile.

« Les premiers appareils étaient gros, encombrants et limités dans leurs fonctions, alors qu'aujourd'hui ils se miniaturisent considérablement et permettent de récolter

des données précises », explique Yan Ropert-Coudert, directeur de recherche au Centre d'Étude Biologique de Chizé, en France, et organisateur du cinquième symposium international sur le sujet, qui s'est tenu à Strasbourg en 2014. Par exemple, on peut aujourd'hui suivre la position de libellules ou d'abeilles, placer des capteurs de mouvements, de son et d'images sur des requins, ou encore déployer des enregistreurs d'altitude, de vitesse et de fréquence cardiaque sur des oies à tête barrée qui volent au-dessus de l'Himalaya.

En fait, c'est l'objectif poursuivi par les scientifiques qui guide le choix de l'appareil. Ainsi, on équipe des ours blancs de balises de position (télémétrie par satellite) pour étudier l'impact du changement climatique sur leur distribution et leur déplacement. On peut aussi déployer des accéléromètres 3D sur des méduses pour savoir comment elles se déplacent en agrégats de plusieurs milliers d'individus. Quant au traditionnel GPS, il permet de localiser l'animal « tagué » partout sur la planète avec une précision de 5 m. Le terrain de jeu est vaste !

Pour les tamias, le dispositif choisi comprend un microphone, une batterie et une carte mémoire. Il enregistre tout ce qui se passe en continu. « On entend les très aigus "chip chip chip" qui annoncent la présence d'un prédateur terrestre, les graves "chuck chuck chuck" qui préviennent qu'un ennemi rôde dans les airs, et les "trill trill trill" qui marquent la fuite des tamias », analyse Charline Couchoux, titulaire de la bourse Young Explorers de *National Geographic* et étudiante au doctorat à l'Université du Québec à Montréal, dans l'équipe de Denis Réale. Mais l'espionnage a aussi démontré que le langage des tamias était bien



À droite, Charline Couchoux, étudiante au doctorat en biologie à l'UQAM, enregistre les conversations des tamias rayés.



plus riche que ces quelques cris. Grâce à un logiciel acoustique qui transforme les sons obtenus en un spectrogramme visuel, plus facile à analyser, l'étudiante a notamment relevé des « chup », contenant à la fois la partie aiguë des « chip » et la partie grave des « chuck ». Si on ignore encore la signification de ces sons, une chose est sûre : ces petits micros ouvrent la voie à des recherches inédites.

Il faut dire que la qualité du son recueilli par les micros-espions est telle que les scientifiques ont même pu entendre le battement de cœur des tamias au repos dans leur terrier ! Ou encore le couinement des petits près des femelles allaitantes, toujours sous terre. « C'est exceptionnel, puisqu'on ne connaît presque rien de la vie des tamias une fois qu'ils entrent dans leur terrier », confie Denis Réale. Son rêve ? Équiper les tamias de mini-caméras, histoire de voir enfin ce qui se trame là-dessous ! Si d'autres équipes de recherche utilisent déjà cette astuce afin de voir évoluer de plus gros animaux, pour les tamias, le défi est technologique : il faudra faire en sorte que la caméra et sa batterie ne dépassent pas 5 g... C'est une règle que se sont fixée les scientifiques : le poids de l'appareillage ne doit pas dépasser 5 % de celui de l'hôte, pour ne pas entraîner de conséquences sur son comportement ou sa survie.

SOUS L'OcéAN

C'est l'étude des animaux marins qui a surtout bénéficié des appareils embarqués, la quasi-impossibilité de les observer sous l'eau ayant longtemps freiné la collecte de données. Le simple fait de savoir où ils vont est déjà un défi. « Les baleines bleues passent l'été dans l'estuaire du Saint-Laurent et c'est tout ce qu'on sait ! avoue Véronique Lesage, chercheuse scientifique spécialiste des cétacés, à Pêches et Océans Canada. On ne sait pas où elles vont à l'automne ni où elles passent l'hiver. » À part peut-être quelques rapports de chasse des années 1800 ou 1900, qui font état d'animaux tués au large de la Floride, les connaissances sont pour le moins succinctes. Théoriquement, les baleines bleues s'alimentent dans les eaux au nord et vont mettre bas au sud. Toujours selon la théorie, elles ne se nourrissent pas pendant leur séjour dans les eaux plus chaudes. Mais la réalité semble plus complexe. C'est pourtant une donnée précieuse pour l'élaboration du plan de protection de l'espèce en péril : avant de



DANY ZBINDEV/MÉRISCOPE

pouvoir protéger l'habitat essentiel des géantes bleues, la première étape est de le localiser ! Une tâche à laquelle s'est attelée Véronique Lesage, avec l'aide de ses complices Richard Sears (directeur de la station de recherche des îles Mingan) et Russel Andrews (chercheur à l'université de l'Alaska de Fairbanks).

Pour y parvenir, l'équipe a eu, elle aussi, recours à des mouchards capables de transmettre en temps réel la position de l'animal par satellite. Dès que la baleine vient en surface pour respirer, le dispositif placé dans le cartilage de sa nageoire dorsale envoie sa position.

Voilà qui paraît simple, mais ancrer un émetteur de 12 cm de long sur un animal mesurant de 20 m à 30 m est un incroyable défi ! « Surtout que la baleine bleue est probablement l'espèce ayant la plus petite nageoire dorsale », souligne la chercheuse. D'ailleurs, sur les 24 baleines équipées depuis 6 ans, la moitié des balises n'a tenu qu'environ 3 semaines. Deux individus se sont tout de même prêtés au jeu : une baleine a pu être suivie pendant 70 jours, et une autre pendant 177 jours, soit tout le long de son parcours migratoire annuel. Cette « indic », c'est Symphonie, une femelle que les spécialistes connaissent depuis près de 30 ans. En novembre 2014, elle a quitté les eaux de l'estuaire du Saint-Laurent, pour descendre progressivement

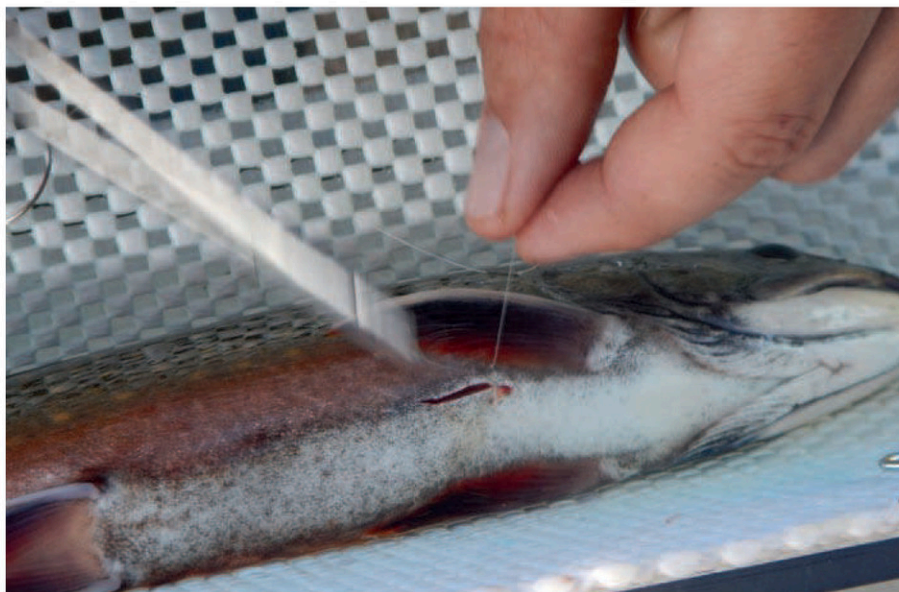
jusqu'en Caroline du Sud, avant de repartir vers le nord. On sait qu'elle a traversé en chemin des canyons très abrupts, où le krill est abondant. Sa trace a été perdue en avril 2015, mais elle a été revue l'été suivant dans le Saint-Laurent. S'est-elle effectivement nourrie dans ces canyons ? Où s'est-elle reproduite ? Il est encore trop tôt pour le dire. « Bien sûr, des informations sur une seule baleine ne suffisent pas, mais c'est un très beau début », commente Véronique Lesage. Et, comme pour conforter ces premières données, la deuxième baleine que les scientifiques ont filée pendant 70 jours a, elle aussi, séjourné dans ces mêmes secteurs.

Ce type de pistage a également amélioré les connaissances sur les sites de nourrissage ou de ponte des tortues de mer, particulièrement menacées, ou encore sur les comportements des thons rouges de l'Atlantique. Une aide précieuse pour la conservation des espèces.

Ainsi, pour tous ceux qui étudient la vie aquatique, le matériel d'espionnage high-tech est une occasion en or. Pierre Magnan en sait quelque chose. L'été dernier, le titulaire de la Chaire de recherche du Canada en écologie des eaux douces, à l'Université du Québec à Trois-Rivières, a équipé des ombles de fontaine du lac Ledoux, en Mauricie, d'émetteurs internes, insérés dans leur abdomen. Pendant 2 ans,



À gauche, une équipe munit une baleine bleue d'un transmetteur satellite. En bas, un chercheur recoud l'abdomen d'un omble de fontaine après y avoir inséré un émetteur interne.



PIERRE MAGNAN

Donner ou recevoir

Dans la grande famille de ces appareils embarqués, on distingue ceux qui transmettent des données en temps réel par ondes radio ou par satellite (on parle de biotéléométrie) et ceux qui les enregistrent (c'est le *bio-logging*, venant du mot *log* désignant le carnet de bord des marins). Les premiers sont surtout utilisés pour connaître la position et donc le déplacement des animaux. Le hic, c'est qu'ils ne transmettent qu'un nombre limité de données. Les seconds sont des sortes de journaux intimes qui enregistrent en détail la température, la pression, l'accélération, etc. Le revers de la médaille, c'est qu'ils doivent être récupérés pour livrer ce qu'ils ont capté. Les ingénieurs cherchent donc aujourd'hui à combiner les deux techniques pour accéder à des informations détaillées en tout temps.

les appareils transmettront des données toutes les 3 minutes en été et toutes les 15 minutes en hiver. « J'ai l'impression d'être un tout jeune chercheur, tellement je suis excité par la technique et par les résultats qu'on peut obtenir », s'exclame Pierre Magnan qui étudie pourtant ces « truites mouchetées » depuis trois décennies.


Son but: résoudre une énigme qui le taraude depuis la fin des années 1990. Le chercheur avait alors découvert qu'il

y avait deux populations d'ombles dans les lacs, avec deux morphologies et deux régimes alimentaires distincts. D'une part, la population dite pélagique qui remonte dans la colonne d'eau pour se nourrir de zooplancton; d'autre part, la forme dite littorale qui nage vers les berges pour manger des larves d'insectes. Or, près des berges, la température peut atteindre 25 °C en juillet-août. Et c'est là le mystère: comment font les ombles, qui ne tolèrent pas les eaux chaudes et dont la température interne dépend directement de celle de l'eau, pour supporter cette chaleur? Pierre Magnan a une hypothèse: en laboratoire, il a démontré que la température interne de l'omble met environ 60 minutes avant d'augmenter quand le poisson passe d'un bac à 10 °C vers des bacs plus chauds (jusqu'à 23 °C). Son corps n'aurait donc pas le temps de percevoir que l'eau est trop chaude si son escapade près du bord est courte. « On verra si cela se confirme dans le lac Ledoux. Les émetteurs en question transmettent des informations de températures internes et de position à 10 hydrophones placés dans le lac », indique Pierre Magnan.

Le chercheur tentera du même coup de mieux comprendre comment les poissons parviendront (ou non) à s'adapter au réchauffement climatique, la grande question du moment et des années à venir.

Car au-delà de l'étude du comportement animal, les capteurs embarqués sont de plus en plus utilisés pour recueillir des informations sur l'environnement. Les scientifiques font ainsi de leurs protégés des chercheurs malgré eux. Les phoques polaires, par exemple, plongent sous la banquise antarctique et en rapportent des informations de pression, de température ou de salinité.

Dans ce contexte, on comprend l'importance de minimiser l'impact de ces capteurs sur les animaux: il faut penser au poids de l'appareillage, mais aussi à sa forme, sa couleur, à l'endroit où il est placé. « Il y a des règles à respecter; il faut peser le pour et le contre d'une technique avant de l'utiliser, quel que soit l'animal qui nous intéresse », commente Yan Ropert-Coudert.

Quoi qu'il en soit, on n'a pas fini d'entendre parler de ces techniques déclinables à souhait. « On est en train de créer une société (International Bio-Logging Society) pour fédérer encore plus les scientifiques qui travaillent dans le domaine », précise M. Ropert-Coudert. Ce nouvel arsenal techno intéresse même les botanistes! Certains pensent à équiper chaque feuille d'un capteur de température pour reconstituer l'écosystème thermique de l'arbre... C'est dire si le sujet est à la mode. 

DANS LES LABORATOIRES DE PHYSIQUE DU MONDE – LE QUÉBEC INCLUS –, LA COURSE À L'ORDINATEUR QUANTIQUE BAT SON PLEIN. UNE MACHINE SI PUISSANTE QU'ELLE POURRA METTRE INTERNET K.O.!

Par Joël Leblanc

LA QUÊTE QUANTIQUE

En attendant la construction du nouveau pavillon de l'Institut quantique de l'Université de Sherbrooke, le physicien Alexandre Blais s'accommode de l'étroit local qui lui sert de bureau. Les choses sont en train de changer pour le jeune chercheur et ses équipiers, alors que l'Institut vient de recevoir 33,5 millions de dollars, la plus importante subvention de recherche de son histoire. Et tout repose, en bonne partie, sur un petit disque métallique à l'aspect futuriste qu'il sort d'un écrin et manipule avec délicatesse.

« C'est un ordinateur quantique; du moins, c'en est le cœur », dit le professeur en tendant son précieux « bijou », fait de saphir et d'aluminium.

Si ce processeur tient dans la main, il en va autrement de son boîtier situé deux étages plus bas : un tube blanc, presque aussi gros qu'un chauffe-eau, est suspendu sous une espèce d'échafaud décoré de nombreux fils et tuyaux, reliés à d'autres machines. « L'intérieur est conçu en pelures d'oignon, explique Alexandre Blais. Chaque couche est plus froide à mesure qu'on se rapproche du cœur. Le processeur est maintenu à une température de quelques millièmes de kelvin. » Peu d'endroits dans l'Univers sont aussi froids.

On se croirait aux débuts de l'informatique, à cette époque où les machines

occupaient des pièces entières. Mais ici, on planche plutôt sur l'informatique de demain. L'ordinateur quantique, lorsqu'il verra le jour, promet de résoudre en quelques secondes des calculs qui occuperaient un ordinateur classique pendant des milliers d'années.

Comme son nom l'indique, son fonctionnement repose sur les principes de la physique quantique. Ces derniers décrivent le comportement de l'infiniment petit. À cette échelle, le monde a quelque chose de magique et d'irréel. Des particules peuvent exister à deux endroits à la fois et deux particules peuvent être soudées par un lien qui les « synchronise »; les transformations subies par l'une étant ainsi immédiatement appliquées à sa « jumelle », même à l'autre bout de la galaxie.

Ce sont ces propriétés fugaces et fantomatiques de la matière que les physiciens et informaticiens tentent de harnacher. Intégrées dans les circuits d'un ordinateur, elles ne lui permettraient pas nécessairement d'accomplir de nouvelles tâches, mais plutôt de les abattre à des vitesses farouces. Ce ne serait rien de moins que le début d'une nouvelle ère informatique. De quoi bouleverser le domaine de l'intelligence artificielle, de même que la recherche en médecine, en gestion de trafic urbain ou en climatologie, entre autres.

IL Y A 35 ANS

C'est en 1981 que l'idée d'un ordinateur quantique a été formulée pour la première fois. Richard Feynman, chercheur en physique théorique au California Institute of Technology, réfléchissait alors aux façons de simuler les phénomènes physiques à l'aide d'ordinateurs. Il a conclu que seule une machine qui fonctionnerait elle-même sur la base de phénomènes quantiques permettrait de simuler correctement ces derniers. Pendant quelques années, ce concept est demeuré une vue de l'esprit.

Jusqu'à un beau jour de 1994 où Peter Shor, alors mathématicien chez Bell Laboratories, aux États-Unis, découvrit l'algorithme qui porte désormais son nom. L'algorithme de Shor, si on pouvait réussir à l'implanter dans un ordinateur



À QUAND L'ORDI QUANTIQUE AU BOULOT?

Les mordus d'informatique devront patienter, car ce n'est pas demain la veille que l'incroyable machine sera vendue au détail.

« Nous n'aurons pas d'ordinateur quantique sur nos bureaux, du moins pas avant longtemps, indique Alexandre Blais. Néanmoins, il suffira de quelques grosses machines branchées sur le Web pour qu'on puisse les utiliser à partir de calculateurs classiques. »

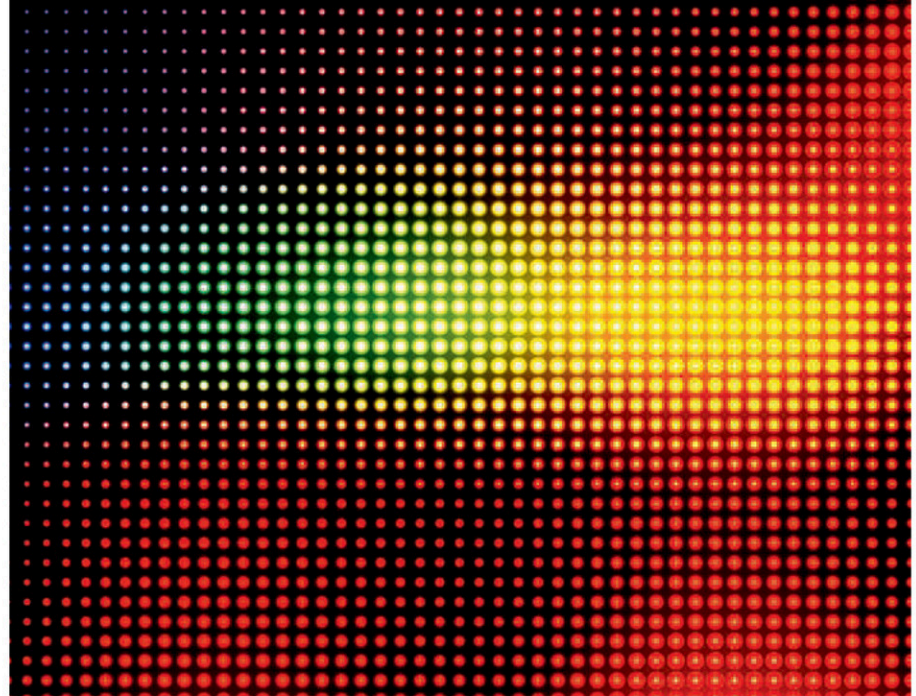
quantique, factoriserait rapidement de très grands nombres. Par exemple, s'il est facile de multiplier les nombres 7, 11 et 17 pour obtenir 1 309, il est autrement plus difficile de partir de 1 309 pour trouver les nombres premiers qui l'ont produit. En fait, il n'y a pas de méthode efficace pour y arriver; il faut tester toutes les possibilités. L'ordinateur quantique, par contre, saurait très bien le faire.

Cette aptitude peut sembler anodine. Or, les données sensibles que nous nous échangeons tous les jours sur le Web sont cryptées grâce à des clés qui reposent justement sur cette difficulté à factoriser de grands nombres. Avec des nombres de 100 chiffres ou plus, il faudrait des siècles, voire des millénaires, de calcul aux ordinateurs d'aujourd'hui pour en extraire les nombres premiers. Pas pour un ordinateur quantique. Capable d'évaluer toutes les possibilités à la fois, la machine ne fera qu'une bouchée des systèmes de cryptage actuels.

C'est l'outil parfait pour trouver immédiatement des réponses dans les bases de données les plus vastes, mais aussi pour « craquer » les codes qui servent actuellement à sécuriser tous les échanges qui se font par le Web : transactions bancaires, informations médicales, courriels, stratégies militaires, etc. Selon plusieurs, l'ordinateur quantique « cassera » littéralement Internet.

Voilà une menace sérieuse à la sécurité informatique et c'est tout ce qu'il fallait pour enclencher la course à l'ordinateur quantique où les États-Unis, la Chine, l'Australie, le Royaume-Uni et le Canada jouent du coude pour se rapprocher un peu plus chaque jour de ce graal de l'informatique. Pas étonnant que des agences nationales de sécurité se soient aussi lancées dans ce domaine de recherche, ayant comme but avoué de posséder une machine fonctionnelle avant un pays ennemi. La National Security Agency américaine, par exemple, a déjà consacré plus de 100 millions de dollars à cette course.

Qu'est-ce qui rend l'ordinateur quantique si phénoménal? Revenons à la base: un ordinateur, c'est d'abord une machine à brasser des 0 et des 1. Dans un calculateur classique, chaque transistor peut alternativement laisser passer un



Comment obtenir des qubits ?

C'est la question que tout le monde se pose. À l'Université de Sherbrooke, l'équipe d'Alexandre Blais planche sur des « atomes artificiels », c'est-à-dire des nanostructures de supraconducteurs. Comme des atomes, ces structures retiennent des électrons dans un espace bien délimité et, dans cet espace, ces électrons occupent des niveaux d'énergie bien précis. En les stimulant avec des champs électromagnétiques, on peut leur induire un état quantique. Les électrons occupent alors deux niveaux d'énergie en même temps.

Certaines équipes utilisent plutôt des ions prisonniers dans des champs électromagnétiques dont on fait varier le niveau d'énergie par impulsions micro-ondes. D'autres jouent avec des photons dont la position, la polarisation ou même le nombre peuvent être utilisés comme qubits. Il en est encore qui utilisent des noyaux atomiques dont ils font varier le spin, cette propriété des particules (au même titre que la masse ou la charge électrique) qu'on ne retrouve que dans l'infiniment petit et qui n'a pas d'équivalent à notre échelle.

Il existe aussi des pistes plus « ésotériques », comme des hybrides atomes-lumière où des photons se retrouvent captifs dans des nanostructures. Ou encore des états (dits topologiques) qui dépendraient de l'existence de particules confinées dans seulement deux dimensions. Ces particules topologiques, grâce à leur grande imperméabilité aux bruits ambiants, feraient des qubits capables de demeurer dans un état quantique très longtemps – peut-être même à la température de la pièce! Encore au stade théorique, cette idée a valu à ses auteurs le prix Nobel de physique 2016, remis en octobre dernier.

courant électrique (1) ou pas (0). Ces entités qui peuvent prendre deux valeurs sont appelées des bits, contraction des termes anglais *binary digits*, pour « chiffre binaire ».

Avec un bit, il y a deux valeurs possibles (2^1 , soit 0 et 1); avec 2 bits, il y a quatre configurations potentielles (2^2 , soit 0-0, 0-1, 1-0 et 1-1); avec 3 bits, on monte à 8 possibilités (2^3), et ainsi de suite. Le processeur d'un téléphone intelligent de dernière génération peut contenir un milliard de transistors, c'est-à-dire un milliard de bits, pour un total de configurations possibles de deux exposant un milliard, soit un nombre... inimaginable. La puissance d'un ordinateur classique dépend de la vitesse à laquelle il étudie et

enchaîne successivement ces nombreuses configurations.

« En informatique quantique, concrètement, un bit quantique, ou « qubit », stocke un 0 et un 1 en même temps; il est dans une superposition d'états », explique Alexandre Blais.

Cela suggère déjà une capacité de calcul augmentée (chaque qubit ayant deux états au lieu de un seul), mais la puissance des ordinateurs quantiques repose surtout sur leur faculté à « souder » les états de plusieurs qubits. Cela crée une superposition de toutes les combinaisons possibles d'états des qubits isolés. Des opérations différentes menées en même temps laissent entrevoir la possibilité d'un processeur parallèle extrêmement puissant. « En quantique,

continue Alexandre Blais, l'augmentation de puissance est exponentielle. Un ordinateur quantique de seulement 300 qubits serait comme un ordinateur classique de 10^{120} bits – beaucoup plus que le nombre estimé de particules dans l'Univers. »

Un tel ordinateur pourra résoudre 2^{300} calculs en même temps, soit un nombre gigantesque à 91 chiffres. Deux minutes de calcul quantique équivaldront au travail d'un ordinateur classique pendant 15 milliards d'années ! De quoi donner le tournis.

QUESTION D'ANNÉES

Et c'est pour bientôt, cette super-machine, aussi fascinante qu'inquiétante ? Des physiciens parlent de 2 ans, d'autres de 15. Mais tous sont convaincus qu'on y parviendra. Une compagnie canadienne prétend, quant à elle, y être déjà arrivée, mais rien n'est moins sûr (voir l'encadré « Un ordinateur qui soulève la controverse » ci-contre).

« L'avènement de l'ordinateur quantique est inévitable, lance Claude Crépeau, ingénieur informatique à l'Université McGill, à Montréal. À force de miniaturiser les transistors des ordinateurs classiques, des effets

quantiques commencent à apparaître, comme des électrons qui sautent d'un transistor à l'autre. Il vaut mieux faire de la recherche pour développer l'ordinateur quantique et le dompter avant qu'il n'arrive tout seul ! »

Alexandre Blais souligne l'ironie du sort : « C'est amusant. Pour assurer le bon fonctionnement des ordinateurs conventionnels, les compagnies comme Intel doivent éviter les effets quantiques, alors que l'ordinateur quantique en aura absolument besoin. »

Selon certains, l'arrivée de la bête serait imminente, ne serait-ce qu'en raison des fortunes consacrées à son développement et des multiples équipes de travail qui s'y dédient. Par exemple, Mike Lazaridis, l'ancien patron de BlackBerry, a investi 500 millions de dollars de sa poche dans l'Institut d'informatique quantique de l'université de Waterloo, en Ontario. Au Québec, les universités de Montréal et McGill, ainsi que la Polytechnique, ont des équipes qui se consacrent au sujet – sans compter l'Institut quantique de l'Université de Sherbrooke, plus riche

de 33,5 millions de dollars, gracieuseté d'un programme fédéral.

Chacune tente de produire les fameux qubits à sa façon (voir l'encadré « Comment obtenir des qubits ? » à la page 38). « Mais le double défi de l'ordinateur quantique, c'est non seulement d'obtenir de nos qubits qu'ils atteignent un état quantique, précise Alexandre Blais, mais qu'ils le conservent assez longtemps pour réaliser l'opération qu'on leur demande. » Aussi bien faire tenir un œuf en équilibre sur la pointe d'une aiguille. Quand on y parvient, la moindre variation de température, le plus petit soubresaut de champ électromagnétique suffisent pour tout faire s'écrouler.

« C'est ce qu'on appelle la décohérence, précise Alexandre Blais, le moment où les propriétés quantiques disparaissent. »

Équipé de son téléphone intelligent (classique, pas quantique), le chercheur montre une application par laquelle il envoie des requêtes de calcul à un ordinateur quantique expérimental à 5 qubits installé dans la petite ville de Yorktown Heights, dans l'État de New York. « C'est IBM qui a conçu cet ordinateur et qui le

rend disponible dans le nuage informatique à quiconque veut y tester un algorithme. Je vois que, en ce moment, la décohérence survient après 120 microsecondes. Pas mal du tout ! »

Et plus il y a de qubits, plus c'est difficile. Pour l'instant, les machines expérimentales dans les instituts de recherche du monde n'ont pas plus de 10 qubits. Pas facile d'en contrôler un plus grand nombre, mais pas facile non plus de tester leurs performances et de les comparer à celles des machines classiques, avec si peu de puissance.

À l'Université de Montréal, Gilles Brassard évalue tous ces travaux avec philosophie : « L'ordinateur quantique a été inventé, mais pas construit, dit ce cryptographe au département d'informatique et de recherche opérationnelle. Il est possible que, malgré toutes les simulations théoriques, on découvre qu'il ne peut pas fonctionner. Mais on sera quand même gagnant, car il faudra expliquer pourquoi il ne marche pas. On fera alors de nouvelles découvertes fondamentales sur la physique. »

Deux minutes de calcul quantique équivaldront au travail d'un ordinateur classique pendant 15 milliards d'années !

Un ordinateur qui soulève la controverse

Un joueur fait tiquer bien des chercheurs dans cette histoire d'ordinateur quantique. Il s'agit de D-Wave Systems, une compagnie canadienne basée à Burnaby, en Colombie-Britannique, qui est la seule au monde à vendre des ordinateurs dits quantiques.

Ses machines, qui comptent 500, 1 000 ou même 2 000 qubits, suscitent toutefois de très graves soupçons chez les chercheurs quant à la réelle nature quantique de leur fonctionnement. Mais ça n'empêche pas D-Wave de vendre ses engins à Google, à la NASA, à Lockheed-Martin pour la bagatelle de 10 à 15 millions de dollars pièce.

À chaque annonce d'un nouvel exploit par les ordinateurs de D-Wave, il se trouve des critiques pour affaiblir la portée des prouesses prétendues. En septembre dernier, par exemple, Google a déclaré que sa machine avait réussi à accomplir des opérations 100 millions de fois plus rapidement qu'un ordinateur classique. Les sceptiques ont souligné, entre autres, qu'elle avait été comparée à un ordinateur généraliste d'entrée de gamme. Autrement dit, on a comparé des pommes avec des oranges.

Le problème, c'est qu'on ne peut pas simplement ouvrir le capot d'une telle machine pour voir si elle est bien quantique. Il faudrait idéalement que des tests indépendants puissent être effectués sur les ordinateurs D-Wave, mais la compagnie a toujours refusé d'en divulguer les détails. Un test a bien été mené en 2014 à l'École polytechnique fédérale de Zurich, en Suisse, pour comparer le temps de calcul entre un ordinateur classique et celui de D-Wave. Aucune accélération quantique n'a pu être détectée. Les responsables de l'entreprise ont rétorqué que le type de problème avait été mal choisi.

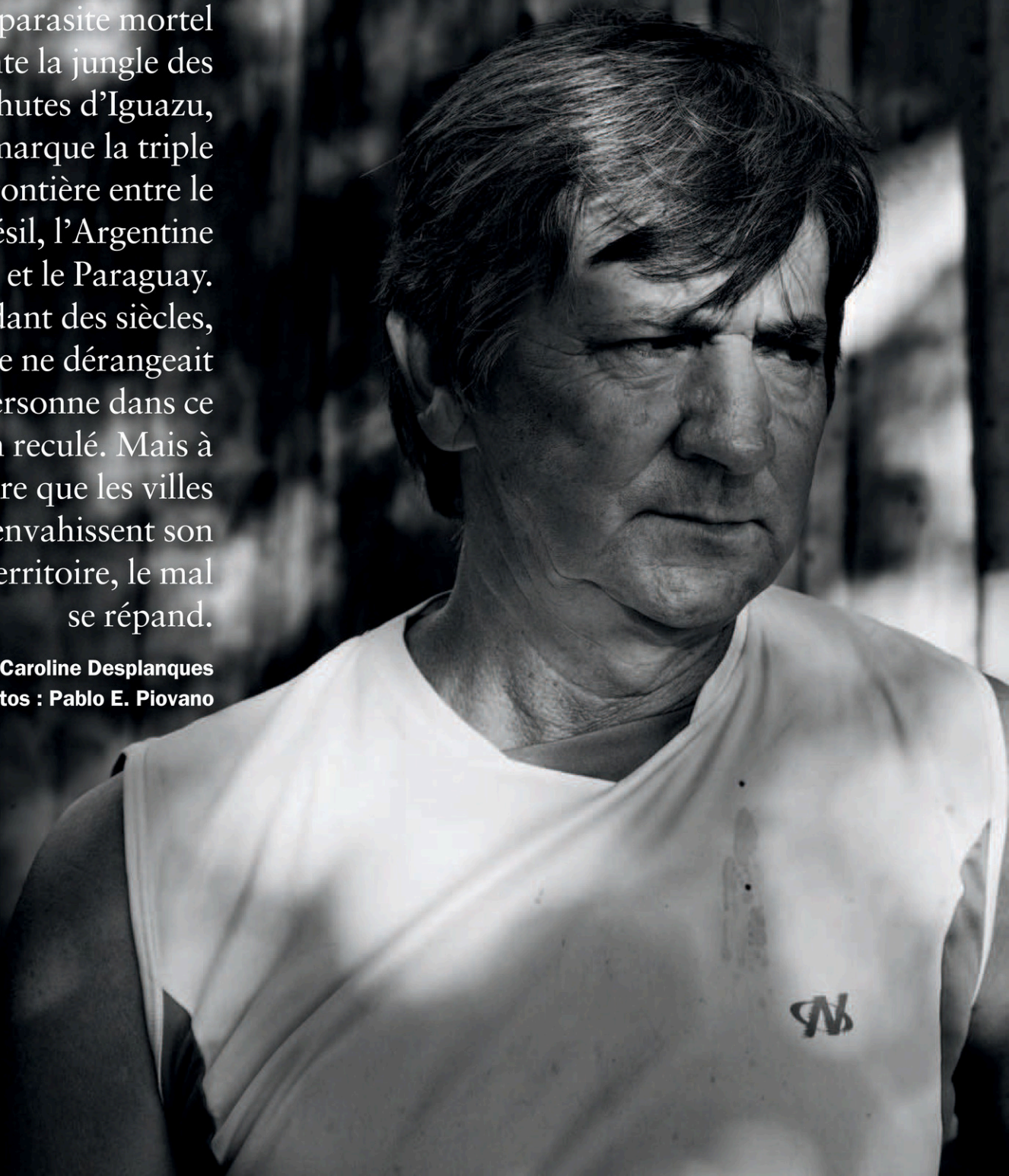
LEISHMANIOSE

MALADIE SANS

Une mouche porteuse d'un parasite mortel hante la jungle des chutes d'Iguazu, qui marque la triple frontière entre le Brésil, l'Argentine et le Paraguay. Pendant des siècles, l'insecte ne dérangeait personne dans ce coin reculé. Mais à mesure que les villes envahissent son territoire, le mal se répand.

Par Anne Caroline Desplanques

Photos : Pablo E. Piovano



FRONTIÈRES



Mauro Urnao a arrêté de travailler plus de sept mois, car la leishmaniose avait tant déformé ses mains qu'il était incapable de tenir un objet.

V

alter Luiz, un Brésilien de 63 ans, est mort en janvier dernier, emporté par la leishmaniose. C'est officiellement le premier être humain à avoir succombé à la maladie dans l'État brésilien du Paraná, plus précisément à Foz de Iguazu, la toute dernière ville du Brésil avant la frontière de l'Argentine. « Valter a été hospitalisé le lundi, et le vendredi il était décédé. Ça a été fulgurant. On ne comprenait pas. Personne

ne nous avait parlé de cette maladie, la leish..., quelque chose », souffle la belle-sœur du défunt, Tereza de Jesus Fernandez Batista.

La leishmaniose, ou la fièvre noire comme l'appellent certains, est une maladie parasitaire transmise par une petite mouche, le phlébotome. Tout comme le moustique tigre, vecteur de la dengue et du zika, notamment, la femelle du phlébotome se nourrit de sang. En piquant, elle injecte un parasite du genre *Leishmania*, qui s'attaque aux organes vitaux, à la peau ou aux muqueuses.

La leishmaniose viscérale, la forme la plus sévère de la maladie, se manifeste par des poussées de fièvre, une perte de poids, une anémie et une augmentation importante du volume du foie et de la rate. C'est ce qui est arrivé à Valter

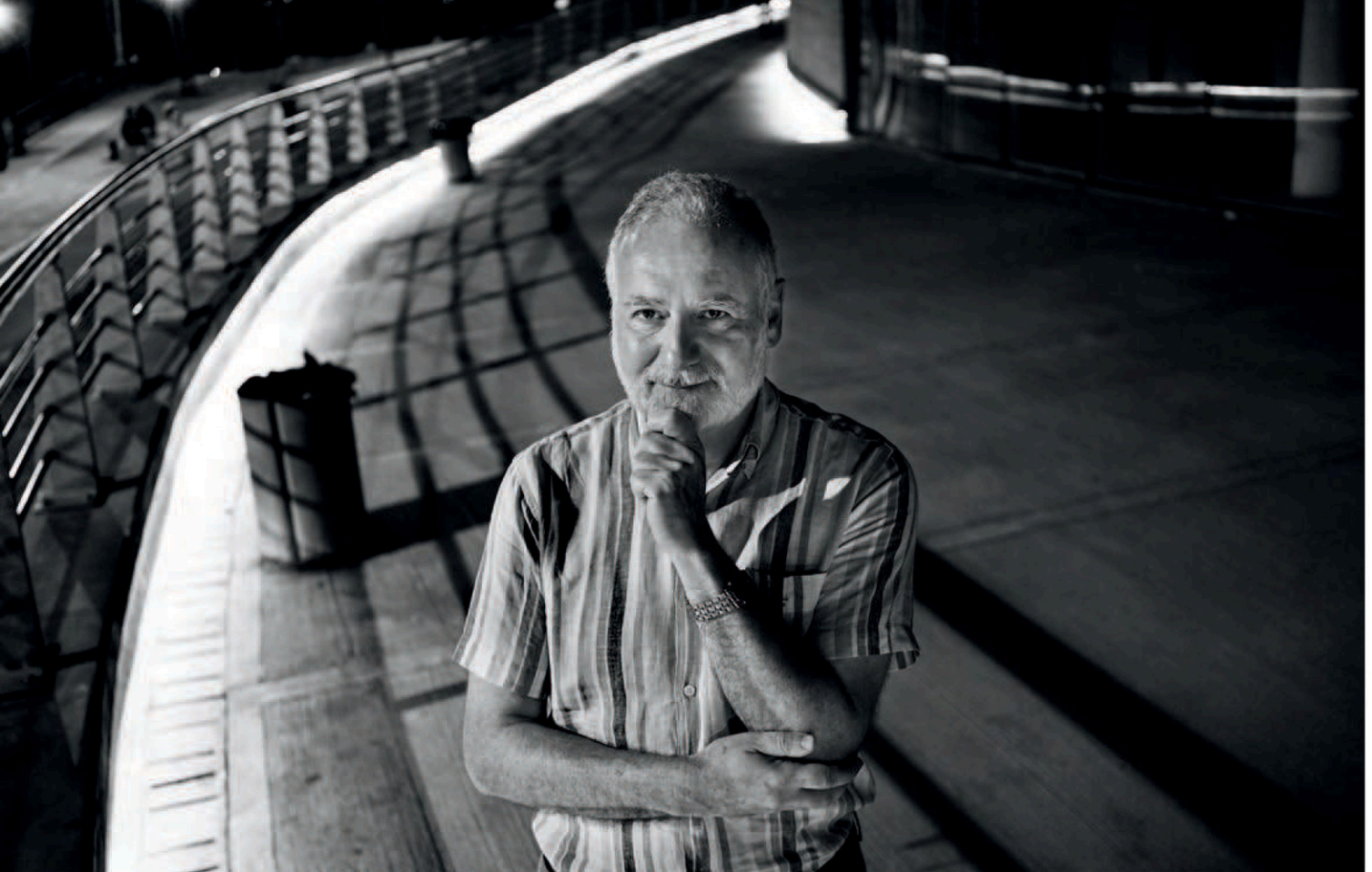
Luiz. Mais les médecins qui l'ont traité n'ont pas su poser le bon diagnostic. Les Fernandez étaient en route pour le cimetière quand ils ont appris la véritable cause du décès, par téléphone. « Avant, on nous avait dit que c'était une leucémie aiguë », dit Mme Fernandez.

Il est probable que le cas de Valter Luiz ne soit que la pointe de l'iceberg. La maladie est en effet méconnue au point que très peu de médecins pensent à la diagnostiquer. C'est que, contrairement à la dengue, la leishmaniose ne fait pas la manchette. Pourtant, 20 000 à 30 000 personnes meurent des différentes formes de cette maladie, également transmissible du chien à l'humain, chaque année dans le monde, selon l'Organisation mondiale de la santé (OMS).

Le Brésil est particulièrement frappé par la forme viscérale avec en moyenne 3 500 nouveaux cas par année,



Daniela Ramos Hobold a bien cru que la leishmaniose viscérale allait emporter sa fille Isadora qui a été hospitalisée pendant 4 semaines alors qu'elle n'avait que 10 mois.



Le docteur Oscar Daniel Salomon dirige l'Institut national de médecine tropicale du ministère de la Santé argentin. Il étudie la leishmaniose depuis plus de 30 ans.

pour un total de 48 720 cas recensés entre 2001 et 2014, selon l'Organisation panaméricaine de la santé.

À la frontière sud du Brésil, le Paraguay et l'Argentine voient eux aussi le nombre de cas augmenter constamment. La frontière entre les trois pays affiche actuellement la plus lourde charge de morbidité due à la leishmaniose viscérale en Amérique latine, indique le docteur Oscar Daniel Salomon, directeur de l'Institut national de médecine tropicale (INMET), basé en Argentine, à Puerto Iguazu, ville sœur de Foz de Iguazu.

L'URBANISATION EN CAUSE

Ce mal est souvent associé à la pauvreté et à l'insalubrité, mais les Fernandez sont un exemple patent que le parasite n'épargne aucune classe sociale. Loin des chemins de terre rouge, des chiens errants et des amoncellements d'immondices, la famille habite un quartier cosu de Foz de Iguazu construit récemment sur un terrain qui accueillait auparavant un vaste boisé.

« Ce qui explique l'émergence de la maladie ce n'est pas la pauvreté, mais l'entrée de personnes dans la forêt et la déforestation, le changement d'usage de la terre et l'urbanisation », explique de docteur Salomon.

À la différence du moustique tigre, le phlébotome, aussi surnommé mouche de sable, se reproduit non pas dans l'eau stagnante, mais dans la matière organique laissée au sol. Il loge dans les tapis de feuilles mortes, les souches et les fruits pourris tombés par terre. En forêt, l'insecte se nourrissait du sang d'animaux sauvages, mais maintenant que des villes ont poussé sur son territoire, il s'attaque à la source de sang la plus disponible : les chiens domestiques et les humains.

Le docteur Salomon piste la leishmaniose depuis qu'elle est apparue en Argentine, dans les années 1980. « Bien qu'on ait dès le départ fait beaucoup d'efforts pour contenir l'épidémie, dans les années 1990, on a dépassé le cap des 1 000 cas de leishmaniose cutanée en Argentine [NDLR : une autre forme de la maladie qui provoque des lésions sur la peau, principalement des ulcères purulents]. Quant à la leishmaniose viscérale, qui jusque-là avait été rurale, elle est devenue urbaine à très grande vitesse », explique-t-il.

Le tout premier cas de leishmaniose viscérale, en Argentine, a été enregistré en 2006. La victime était un petit garçon de huit ans originaire de la province de Misiones, frontalière du Brésil et du

La leishmaniose en chiffres

98 PAYS OÙ LA MALADIE EST ENDÉMIQUE

1,3 MILLION DE NOUVEAUX CAS CHAQUE ANNÉE

20 000 À 30 000 DÉCÈS

350 MILLIONS DE PERSONNES À RISQUE

90% DES CAS DE LEISHMANIOSE VISCÉRALE SONT RÉPERTORIÉS AU BANGLADESH, AU BRÉSIL, EN ÉTHIOPIE, EN INDE, AU SOUDAN ET AU SOUDAN DU SUD

95% DES CAS DE LEISHMANIOSE CUTANÉE SURVIENNENT DANS LES AMÉRIQUES, DANS LE BASSIN MÉDITERRANÉEN, AU MOYEN-ORIENT ET EN ASIE CENTRALE

20 ESPÈCES DE PARASITES DU TYPE LEISHMANIA

90 ESPÈCES DE PHLÉBOTOMES VECTEURS

Source : OMS



Paraguay. Depuis, le nombre de cas se multiplie d'année en année. En 2008, la même province enregistrait 34 cas, dont 4 décès et, en 2012, le parasite migrait vers une seconde province du pays. Quatre ans plus tard, il fait des victimes dans 4 provinces de l'Argentine, surtout chez les enfants de moins de 15 ans.

Inquiets, les scientifiques argentins ont alerté leurs collègues brésiliens et paraguayens. Une opération de surveillance multinationale s'est mise en place. Soutenus par le Centre de recherches en développement international (CRDI) du Canada, les chercheurs travaillent désormais à améliorer les mesures de prévention et de lutte face à l'émergence, et à la propagation de la maladie dans les zones frontalières.

DU CHIEN À L'HUMAIN

Essentiellement tropicale, la leishmaniose se déplace vers les zones tempérées et les centres urbains en suivant les flux de migration des humains, mais surtout de leurs chiens qui sont les principaux réservoirs du parasite à l'extérieur de la forêt. Les phlébotomes qui piquent les canidés en ville attrapent le parasite et peuvent le retransmettre aux humains.

C'était le cas de Mel, une des quatre chiennes qui vivait avec Valter Luiz. Comme beaucoup de ses congénères, elle était asymptomatique. Les Fernandez ont découvert qu'elle était porteuse du parasite peu après le décès de Valter Luiz. Pour protéger ses autres maîtres, le caniche a dû être euthanasié.

La docteure Eliane Maria Pozzolo, vé-

Des centaines de chiens errent dans les rues de Puerto Iguazu. À droite, la docteure Eliane Maria Pozzolo, vétérinaire, fait une prise de sang au chien Che Guevara afin de déterminer s'il est porteur de la leishmaniose viscérale.

térinaire membre de l'équipe du docteur Salomon, surveille l'avancée de l'épidémie, quartier par quartier. Aujourd'hui, sa tournée l'amène dans une zone défavorisée de Foz de Iguazu où elle pose régulièrement des pièges à phlébotomes et fait des prises de sang aux chiens pour vérifier si le parasite est présent.

En arrivant sur place, une résidente vient tout de suite à sa rencontre. Marinha, une de ses chiennes, est mourante. « Je crois qu'elle a la maladie, la leish...,



quelque chose », dit-elle. Une plaie béante dévore l'oreille de la petite chienne. Pour la docteure Pozzolo, il n'y a pas de doute, c'est la leishmaniose. Marinha devra être euthanasiée.

La petite Isadora Ramos Hobold, qui habite à moins de 1 km des Luiz, vivait elle aussi avec un chien infecté. Les organes vitaux de l'enfant étaient déjà atteints quand les médecins ont détecté le parasite. « Quelques jours de plus sans traitement et on l'aurait perdue », murmure sa maman, Daniela.

Sept mois plus tôt, Isadora avait déjà passé quatre semaines à l'hôpital pour ce qu'on croyait alors être la dengue. Les médecins admettent aujourd'hui qu'il s'agissait déjà de la leishmaniose, mais qu'ils n'avaient pas su la reconnaître.



INFORMER LES MÉDECINS

« Il faut que les professionnels de la santé soient mieux formés, qu'ils pensent à la leishmaniose quand ils reçoivent un patient. Sans ça, ils ne peuvent pas faire un diagnostic rapide et sauver les malades », soutient la docteure Eliane Maria Pozzolo. L'équipe du docteur Salomon a de fait lancé une campagne de sensibilisation des professionnels de part et d'autre de la frontière. Elle a également mis en place une formation en biologie moléculaire pour apprendre aux laborantins à détecter le parasite.

Car si le médecin suspecte la maladie lors de l'examen clinique, il doit solliciter des tests parasitologiques ou sanguins pour confirmer le diagnostic. Mais il arrive bien souvent que le parasite ne soit pas décelé alors qu'il est bien présent. « Ça dépend beaucoup de l'expérience du professionnel qui regarde dans le microscope », déplore le docteur Esteban Couto, médecin infectiologue à l'INMET.

Pour la leishmaniose viscérale, la branche brésilienne de l'équipe du docteur Salomon a poussé à l'adoption du test ELISA basé sur la recherche d'anticorps dans le sang. C'est grâce à cette méthode que la petite Isadora a été sauvée. « Au Paraná, le test est mainte-

nant institutionnalisé. On souhaite que ce soit le cas dans tous les pays qui font partie du projet (le Brésil, l'Argentine, le Paraguay et l'Uruguay) », indique la docteure Pozzolo.

Ce test ne fonctionne toutefois pas à tout coup pour la leishmaniose cutanée, plus courante de l'autre côté de la frontière, en Argentine. Dans ce cas, il faut plutôt prélever un échantillon de peau en bordure de la lésion pour y chercher la présence du parasite. Mais, là encore, la clé est de penser à demander l'examen. « Ils m'ont fait cinq ou six tests avant qu'on sache que c'était cette maladie. J'ai dû arrêter de travailler pendant plus de

sept mois », raconte Mauro Urnao, assis sur un long banc de bois près de son potager. Son corps est couvert de dizaines de cicatrices. La leishmaniose cutanée n'est habituellement pas mortelle, mais elle laisse des marques indélébiles qui défigurent par-

Un pirate de l'immunité

La *Leishmania* est un minuscule parasite protozoaire composé d'une cellule unique, mais fort efficace. Elle a en effet la capacité de manipuler les globules blancs qui, normalement, sont chargés de dévorer tous les agents infectieux qui pénètrent dans l'organisme pour le défendre. La *Leishmania* prend ainsi le contrôle de l'ensemble du système immunitaire.

fois. « Ça ressemblait à des brûlures de cigarettes, il en sortait du liquide, explique Mauro Urnao. Mon nez est devenu énorme. J'avais l'air d'un clown. Mes doigts se sont mis à gonfler. J'avais les mains toutes déformées. Je ne pouvais plus rien toucher. »

Propriétaire d'une petite terre agricole, ce journalier vit modestement avec son



épouse et son fils de six ans dans une minuscule maison de bois sans eau courante adossée à la forêt. « Quand le docteur est venu ici la première fois, Mauro l'a salué de loin en se cachant les mains sous les bras. Il ne voulait pas se montrer. Il avait honte », confie son épouse Walquiria Perera de Souza.

VERS UNE SOLUTION DURABLE

Après un mois de traitement, Mauro Urnao a repris le chemin des champs. « Ça va beaucoup mieux. Regarde, je peux même prendre une petite bière », sourit-il en levant son verre avant d'embrasser son accordéon. Encore couverts de cicatrices, ses doigts ont désenflé et il peut enfin appuyer sur les touches de son instrument.


Pour traiter la forme cutanée de la maladie, tout comme pour la leishmaniose viscérale, les médecins prescrivent un antiparasitaire qui s'administre par le biais d'une injection intramusculaire quotidienne et douloureuse. Utilisé depuis près de un siècle avec succès partout dans le monde, le traitement, qui dure un mois, a fait ses preuves. Toutefois, en

raison de sa toxicité cardiaque, rénale et pancréatique, il impose un suivi étroit et est contre-indiqué chez plusieurs patients. « C'est très invasif, mais on n'a rien de mieux pour le moment », indique le docteur Couto qui a finalement guéri M. Urnao.

En effet, malgré plusieurs décennies de recherche, aucun vaccin ou traitement préventif contre la leishmaniose n'ont pu être mis au point pour l'humain. Mais, pour le docteur Salomon, la solution n'est pas dans une éprouvette de laboratoire. « Avec un vaccin, on pourrait réduire le problème, mais on ne l'éradiquerait pas, prévient-il. Il y a une médicalisation de la santé qui nous pousse à accorder une confiance trop grande aux pharmaceutiques, et qui nous fait penser qu'il y a un médicament pour tout. »

C'est pourquoi son équipe souhaite s'attaquer à la source du problème : l'urbanisation galopante des territoires infestés. Comme il est impossible d'éradiquer le risque ou d'éloigner les gens de ces zones, le docteur Salomon recommande de modifier les habitudes de vie et de responsabiliser les acteurs publics et

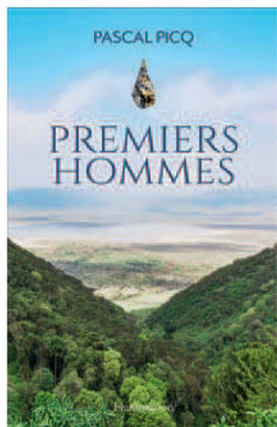
privés « qui modifient le territoire, donc qui peuvent provoquer une flambée de leishmaniose ». « Qu'ils surveillent l'apparition des insectes et qu'ils protègent les personnes exposées, en particulier les travailleurs en leur offrant notamment de bonnes assurances maladie », insiste-t-il. Son équipe a entrepris des discussions à ce sujet avec les compagnies forestières, les syndicats et les élus.

« Ce sont des changements qui nécessitent du temps, mais qui sont durables. Nous croyons que le succès d'une politique de santé publique dépend de communautés solidaires et de gouvernements qui ont à cœur l'équité sociale », conclut le scientifique argentin. 

Cet adolescent se rafraîchit dans une chute d'eau. En bordure de la rivière pullule le phlébotome, le minuscule moustique qui transmet la leishmaniose.

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.

LA PLANÈTE DES SINGES



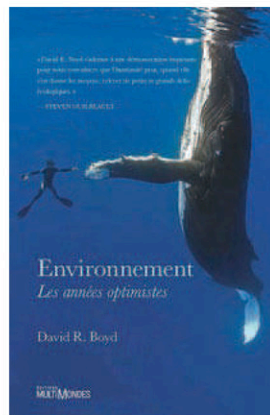
Le paléanthropologue français Pascal Picq, dont on ne compte plus les livres de vulgarisation, revient une fois encore sur la grande saga des hominidés. Mais plutôt que de partir d'aujourd'hui pour remonter le temps, il

début... au commencement, il y a 35 millions d'années, à l'époque où régnait les singes. Une façon de dénoncer notre conception hiérarchique de l'évolution, sorte de pyramide au sommet de laquelle trônerait notre espèce. L'auteur dessine aussi un portrait détaillé de nos ancêtres, imaginant leur vie quotidienne et précisant leurs comportements. Si certains passages sont un peu trop didactiques, l'ensemble est fort bien vulgarisé et teinté de philosophie, abordant notre rapport aux singes et notre anthropocentrisme arrogant. De quoi redéfinir le propre de l'homme. « Seule notre espèce aime raconter des histoires et, plus que tout, celles de ses origines », résume Pascal Picq. **M.C.**

Premiers hommes, Pascal Picq, Flammarion, 2016, 341 p.

LE VERRE À MOITIÉ PLEIN

Dans le même esprit que le documentaire français *Demain*, ce livre met de côté le discours écologiste catastrophiste. Car le pessimisme écologique a déjà valu une dépression à l'auteur, David R. Boyd, avocat canadien spécialisé en droit de l'environnement depuis plus de 20 ans et professeur.



Son antidote a été son travail auprès d'États engagés dans la cause et auprès de ses étudiants passionnés. Il raconte donc les gains des 50 dernières années et différentes initiatives inspirantes

puisque, selon lui, l'optimisme « joue un rôle déterminant dans la forme que prend l'avenir ».

La préface de Steven Guilbeault, fondateur d'Équiterre, donne à réfléchir quant aux progrès québécois : « Au Québec, il y a à peine cinq ans, il n'existait aucune borne publique de recharge pour voiture électrique [...]. Dans moins de quatre ans, [...] il nous sera plus facile de mettre de l'électricité dans une voiture que de l'essence ! » **M.G.**

Environnement - Les années optimistes, David R. Boyd, Éditions MultiMondes, 2016, 288 p.



EINSTEIN À VÉLO

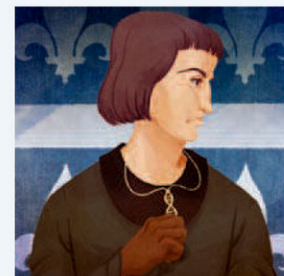
Le physicien et philosophe français Étienne Klein admire Albert Einstein depuis l'enfance. Pour lui rendre hommage, l'auteur est retourné à vélo, dans les villes et les lieux que le célèbre scientifique a fréquentés. Une biographie? « Une sorte d'immersion dynamique dans l'histoire par la géographie », écrit Étienne Klein. **M.G.**

Le pays qu'habitait Einstein, Étienne Klein, Actes Sud, 256 p.



Podcast
Québec Science

Écoutez notre passionnante enquête sur l'effet fondateur et découvrez comment le patrimoine génétique de nos ancêtres a façonné notre destin.



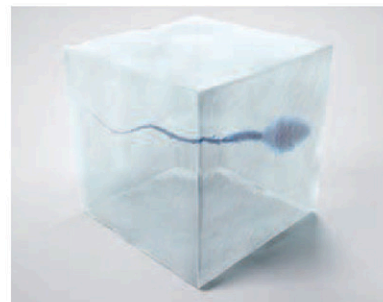
Comment nous écouter? Rendez-vous au www.quebecscience.qc.ca/podcast



À LIRE DANS NOTRE PROCHAINE ÉDITION

Les
10
DÉCOUVERTES
DE L'ANNÉE

Pour une 24^e année consécutive,
nous dévoilons les découvertes
les plus marquantes et les
plus surprenantes issues des
laboratoires québécois.
Un top 10 à ne pas manquer !



DOSSIER SPÉCIAL

BRRR ! FAIT « FRETTE » !

Qu'on l'aime ou qu'on le déteste, le froid reste fascinant. Il peut nous tuer ou nous sauver. Il pourrait même nous aider à maigrir ! Grâce à lui, on préserve des ovules, des spermatozoïdes et, peut-être bientôt, des organes destinés à la transplantation. Il est aussi une mémoire : la glace conserve en son sein une foule de renseignements sur l'atmosphère et les changements climatiques. Un dossier qui ne vous laissera certes pas de glace !



C'est
L'ÉTÉ
l'année

RÉSERVEZ DÈS MAINTENANT

DESTINATIONS SOLEIL

CUBA, Holguín en boucles
30 décembre au 6 janvier
4 au 11 février
25 février au 4 mars
4 au 11 mars
1^{er} au 8 avril

CUBA, Varadero en boucles
31 décembre au 7 janvier
11 au 18 mars
8 au 15 avril

COSTA RICA
9 au 16 février

**LES ÎLES DE GUADELOUPE
en boucles***
26 mars au 2 avril

EUROPE

MAJORQUE
22 avril au 7 mai

PUGLIA
20 mai au 4 juin

PIÉMONT
4 au 19 juin

AMÉRIQUE

**SONOMA ET
NAPA VALLEYS***
8 au 15 avril

VIRGINIE
29 avril au 7 mai

Et bien plus encore...

***EN LIBERTÉ**

Les destinations Îles de Guadeloupe en boucles ainsi que Sonoma et Napa Valleys vous sont aussi offertes, au moment vous convenant, en formule En liberté. Contactez-nous.



Vélo Québec
VOYAGES

Titulaire d'un permis du Québec

514 521-8356 • 1 800 567-8356, poste 506
veloquebecvoyages.com



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

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

Comment se débarrasser des déchets nucléaires

« Pourquoi n'est-il pas possible de recycler ou de neutraliser les déchets que produisent les centrales nucléaires? », demande Claude Agouri, de Montréal.

On a souvent l'impression que les déchets nucléaires sont une sorte de fatalité liée à l'exploitation de l'énergie atomique. Ce n'est pas tout à fait vrai, signale le chercheur de l'Université de Sherbrooke, Marcel Lacroix, qui vient justement de publier le livre *Parlez-moi du nucléaire*, aux Presses internationales Polytechnique. En principe, il est possible de les transformer afin d'en réduire considérablement la radioactivité. Mais le jeu en vaut-il la chandelle?

Le noyau des atomes est constitué de deux sortes de particules: les protons, qui ont une charge électrique positive, et les neutrons qui sont électriquement neutres. Les premiers déterminent la nature de l'atome. Un proton seul est un noyau d'hydrogène; deux protons font de l'hélium; trois, du lithium; et ainsi de suite. Les neutrons, quant à eux, peuvent être présents en nombre variable sans que cela change la nature chimique de l'atome (on parle alors d'« isotopes » d'un élément). Ils peuvent néanmoins rendre le noyau instable s'ils sont trop nombreux ou pas assez. Dans ce cas, le noyau finit par éjecter de la matière pour atteindre un nombre de protons et de neutrons qui le rendront stable, ce qu'on appelle la radioactivité.

C'est habituellement l'uranium (92 protons) qui sert de combustible dans l'industrie nucléaire. Grosso modo, l'idée consiste à bombarder le combustible de neutrons qui, en percutant les noyaux, les brisent en noyaux plus petits. En plus de dégager de la chaleur, ce manège produit de nouveaux neutrons qui vont entretenir la réaction nucléaire.

« Dans la plupart des cas, dit M. Lacroix, trois ans après avoir mis 1 000 kg de combustible neuf dans le réacteur, il reste à peu près 950 kg d'uranium-238 [92 protons + 146 neutrons = 238 particules], 8 kg de plutonium et une quarantaine de kilogrammes de ce qu'on appelle les produits de fission, soit les

noyaux d'uranium qui ont été cassés, et les actinides [famille chimique de très gros atomes, tous radioactifs]. »

L'uranium et le plutonium ne sont pas des déchets puisqu'ils peuvent servir à nouveau de combustible. Les produits de fission et les actinides, eux, sont de véritables résidus: ils ne servent plus à rien et demeurent radioactifs pendant des milliers d'années. Il faut donc les entreposer à très, très long terme.

On pourrait, théoriquement, les remettre dans le réacteur nucléaire afin qu'ils soient bombardés de neutrons. Leurs noyaux absorberaient ces particules; les déchets pourraient

ainsi devenir inoffensifs ou parfois même utiles.

C'est ainsi que certains isotopes sont récupérés, puis traités pour servir en imagerie médicale. Des actinides peuvent aussi se transformer en combustible nucléaire grâce à cette méthode.

Cependant, pour retraiter tous ces déchets, Marcel Lacroix explique: « Ça prend des installations sophistiquées, alors les producteurs d'électricité estiment que cela coûte cher. Ils préfèrent mettre leurs sous sur des technologies bien connues pour

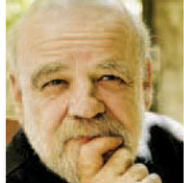
récupérer le plutonium et l'uranium. Tous les autres isotopes, ils les gardent dans une soupe, pour les vitrifier et les enfouir. »

Les grandes puissances militaires ne sont pas chaudes non plus à l'idée de voir apparaître de nouvelles usines de retraitement, parce qu'elles utilisent des technologies très proches de celles qui servent à fabriquer des armes nucléaires.

Enfin, pour les actinides, l'enfouissement n'est pas un problème d'un point de vue environnemental, explique le chercheur, car ces éléments ne voyagent pas dans le sol. À la mine d'uranium d'Oklo, au Gabon, des circonstances exceptionnelles ont démarré une réaction nucléaire « naturelle », il y a deux milliards d'années. Même après tout ce temps, « les actinides qui ont été produits sont encore là », dit M. Lacroix.



RYAN JANE/ISTOCKPHOTO



Gomme balloune et morve au nez

J'avais neuf ans, l'âge de Bart Simpson, l'âge de mon petit-fils aujourd'hui, et je regardais jouer Maurice Richard dans l'uniforme des Canadiens de Montréal à l'écran de notre télévision en noir et blanc. C'était en 1956 et Radio-Canada ne diffusait qu'une seule période du match du samedi soir, la troisième. Une période par semaine, imaginez comme chaque minute était précieuse. Nous étions émerveillés par les gilets de Toronto et de Detroit, par Alex Delvecchio et Gordie Howe, George Armstrong et Tim Horton. Du hockey sur glace, nous en mangions. Enfin, nous en mâchions, car nous collectionnions les cartes des joueurs, des cartes qui venaient avec une belle «gomme balloune» comme nous disions entre nous. Je me remémore facilement le goût, l'odeur, la poudre rose, et les négociations passionnées pour échanger des cartes afin de compléter nos collections. La carte de hockey représentait la monnaie, la cour d'école était un marché, nous étions tous liés par ces cartes comme nous l'étions par les billes, que nous appelions des «smokes», allez savoir pourquoi.

J'étais le gardien de but d'une équipe qui portait le nom de «Providence» ou de «Buffalo», je ne me souviens plus très bien. Nous n'avions que deux ensembles d'uniformes pour les six équipes pee-wee, l'un bleu Toronto, l'autre rouge Montréal. Lorsque deux équipes avaient fini de s'affronter sur la patinoire extérieure, les joueurs revenaient à l'intérieur pour se changer au plus vite afin de refilez les uniformes aux équipes suivantes. Je me souviens des froids sibériens, des tempêtes de neige, de l'armée de petits garçons, une trentaine, qui déneigeait à la pelle et au «scrapeur» la patinoire disparue sous 40 cm de neige. Cela s'appelait une période d'échauffement. Je me souviens aussi de nos oreilles et de nos orteils gelés, après les parties. S'ensuivait la période de dégel, et c'était extrêmement douloureux. Nous passions des journées entières à patiner, avec juste des tuques sur la tête, la morve au nez, la morve dure. Et nous rêvions à la «ligne» nationale, comme on disait, où s'apprétaient à jouer des gars de notre quartier, Rodrigue

Gilbert et Jean Ratelle, des surdoués du collège Roussin, à Pointe-aux-Trembles.

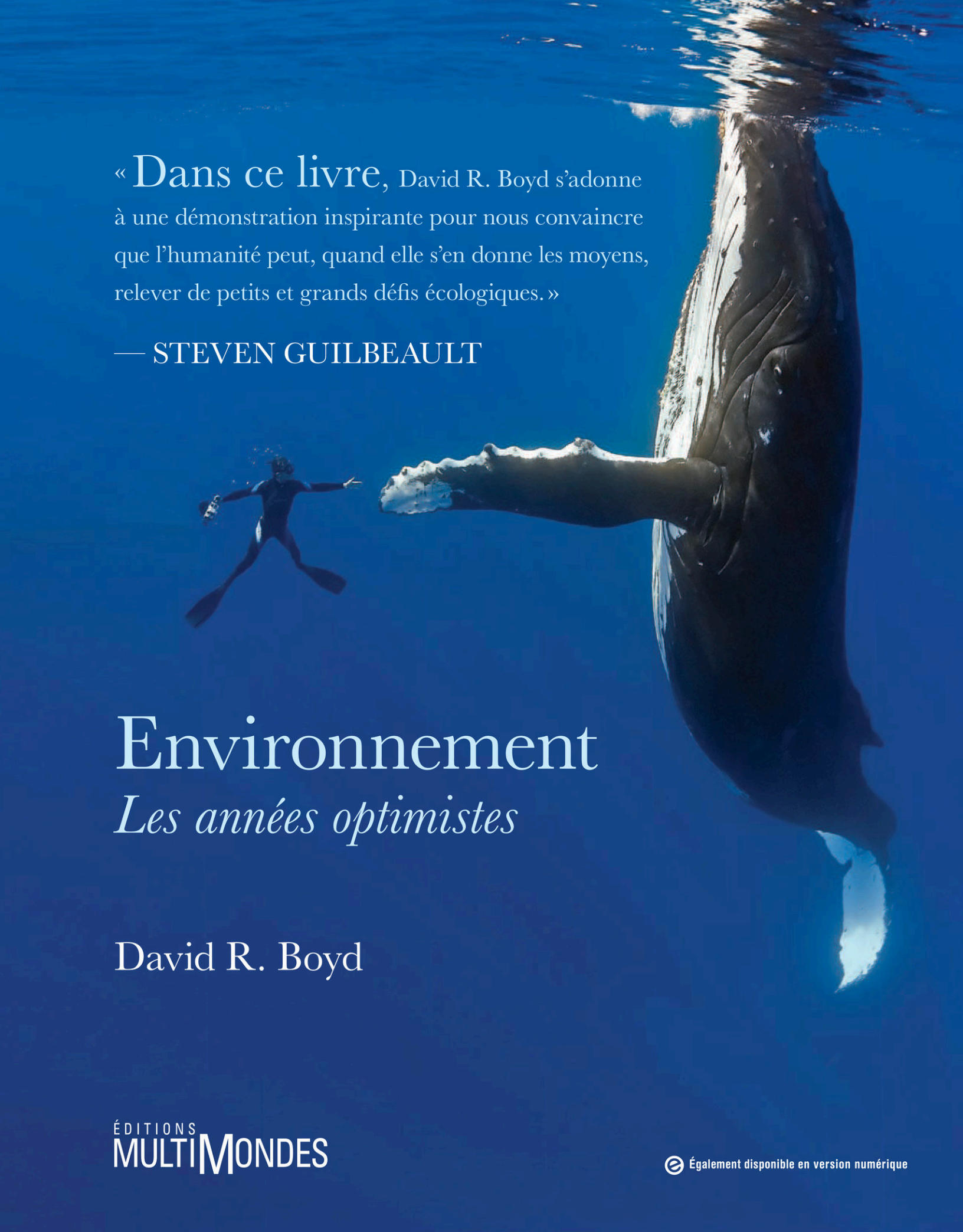
C'était il y a soixante ans. Et j'ai peine à croire qu'il y a soixante ans, je m'inquiétais déjà de l'issue des matches entre les Red Wings et les Canadiens et que je détestais Ted Lindsay. Nous avions beau jeu d'haïr Lindsay, puisque nous adorions Émile Bouchard. Tout était simple à cette époque : il y avait nous, il y avait les autres, et les nôtres étaient nombreux à dominer le sport. Je ne pouvais pas prévoir que le hockey allait devenir une affaire américaine, et que les «six équipes originales» allaient se diluer dans un ensemble de trente. Comment aurais-je pu imaginer qu'un jour, les Canadiens auraient le culot d'aligner une équipe sans aucun joueur francophone en uniforme ? Je ne pouvais pas deviner que les exploits de Jacques Plante seraient si vite démodés. Par quel détour de l'histoire le hockey de l'hiver et de nos vies est-il disparu au profit du hockey de Tampa Bay, de Phoenix et de Los Angeles ? Où sont passés les grands gardiens de but, les grands joueurs de chez nous ? Ils ont soudainement disparu, comme si Mario Lemieux et Patrick Roy avaient été les derniers très grands joueurs francophones de la planète hockey. Comment aurait-on pu savoir que Tim Horton allait devenir une chaîne de beignes ? Et surtout, qui aurait pu deviner que les éminents gestionnaires de la Ligue nationale, propriétaires et directeurs de tout acabit, auraient si peu d'amour pour la véritable nature du hockey ?

Les magnats qui possèdent les équipes aiment avant tout le golf, l'argent, les rencontres entre les «boys», dans le Sud. Ils ont pris l'habitude de tenir leurs assises annuelles à Boca Raton, en Floride.

Cela, juste cela, est un scandale. Le hockey est un sport d'hiver, les dirigeants devraient toujours se réunir à Edmonton, à Québec ou à Le Pas, au nord de Winnipeg. Trêve de palmiers, ramenez les sapins ! Mais je n'ai plus neuf ans. Le hockey ne se joue plus sur une vraie glace, dans la vraie neige. En fait, on ne joue plus au hockey. La glace est artificielle, l'enjeu est virtuel, nous sommes argent, nous sommes écran. La télévision est en HD et elle diffuse maintenant tous les matches ; ce soir les Ducks d'Anaheim rencontrent les Black Knights de Las Vegas, nous sommes loin des quatorze affrontements par saison entre les Canadiens et les Maple Leaf.

Finalement, tout mon passé nostalgique était une misère, une malheureuse engelure. Maurice Richard, s'il revenait au monde, ne serait même pas repéré par ces experts en hockey moderne : trop petit, trop tuque, trop Maurice, trop Richard. ®



A full-page background image showing a diver in a dark wetsuit swimming in clear blue water, facing a large whale. The whale's head and part of its body are visible, with its eye and blowhole clearly seen. The scene is captured from an underwater perspective, looking up towards the surface.

« Dans ce livre, David R. Boyd s'adonne à une démonstration inspirante pour nous convaincre que l'humanité peut, quand elle s'en donne les moyens, relever de petits et grands défis écologiques. »

— STEVEN GUILBEAULT

Environnement

Les années optimistes

David R. Boyd

ÉDITIONS
MULTIMONDES

 Également disponible en version numérique

UN JOUR SUR MARS



PLANÉTARIUM RIO TINTO ALCAN

Musique originale de DUMAS



Billets en ligne : espacepourlavie.ca

Montréal 



espace
pour la
vie montréal