

RÉALITÉ VIRTUELLE : UNE COURSE À OBSTACLES DEPUIS 20 ANS

# QUÉBEC SCIENCE

OCTOBRE 2016

**CRISPR**  
Le scalpel  
génétique qui  
changera  
le monde

...

LE *HUM*,  
UN BRUIT QUI  
REND FOU

...

LES FEMMES  
JOUENT-ELLES  
LES SECONDS  
VIOLONS  
DANS LES  
LABOS?

...

## TOUS MYOPES?

Plus du tiers de la population mondiale risque d'être myope en 2020. Une épidémie qui affecte surtout les enfants.

OCTOBRE 2016



MESSAGERIE DYNAMIQUE 10682

# Votez pour l'Arbre de l'année!



L'orme  
du Vieux-Québec



L'érable à sucre  
de Laval



Le peuplier  
de St-Henri



L'orme  
de Farnham



Inscrivez votre vote en ligne du 1<sup>er</sup> au 30 septembre 2016

[arbredelanneequébec.com](http://arbredelanneequébec.com)



## DOSSIER SANTÉ VISUELLE

### 16 Myopes comme des taupes

Plus du tiers de la population mondiale risque d'être myope en 2020. Une véritable épidémie laquelle, si rien n'est fait, entraînera une hausse des maladies graves de l'œil, y compris la cécité. Finirons-nous tous aveugles ?

### 22 Une huile essentielle

En Tanzanie, la cécité guette plus du tiers des enfants de moins de cinq ans, en raison de graves carences en vitamine A. L'huile de cuisson pourrait changer la donne.

Par Martine Letarte



## ACTUALITÉ

### ENTREVUE

#### 6 LE DROIT DE RÉPLIQUE DE L'ADN

Luc-Alain Giraldeau, biologiste spécialisé en comportement animal, explique que la course à la réplication de l'ADN forge le vivant encore aujourd'hui, y compris dans nos comportements les plus intimes.

Propos recueillis par Brîte Pauchet

#### 9 DES TEXTOS POUR LA PAIX

Dans le delta du fleuve Tana, une région du Kenya où les tensions ethniques sont vives, les rumeurs, abondantes et terrifiantes, sont vérifiées et démenties un texto à la fois.

Par Mélissa Guillemette

#### 11 PARTAGE DES TÂCHES INÉGAL DANS LES LABOS

Non seulement les femmes sont-elles moins nombreuses dans le monde de la recherche, mais elles occupent les seconds rôles.

Par Mélissa Guillemette

## RUBRIQUES

### 4 BILLET Des souris

et des WEIRD Par Marie Lambert-Chan

### 5 AU PIED DE LA LETTRE

### 47 MATIÈRES À LIRE

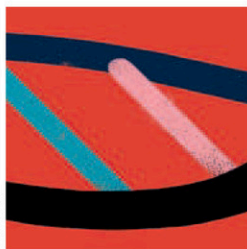


### RÉALITÉ VIRTUELLE

#### 24 Une nouvelle réalité?

On dit que 2016 est l'année de la réalité virtuelle. Pourtant, on affirmait pareille chose il y a 20 ans ! Histoire d'une course à obstacles qui est loin d'être finie.

Par Mélissa Guillemette



### GÉNIE GÉNÉTIQUE

#### 32 Un scalpel génétique tout-puissant

CRISPR; six lettres qui désignent des ciseaux génétiques appelés à changer la face du monde. Pour le meilleur et peut-être pour le pire.

Par Joël Leblanc



### ÉNIGME SONORE

#### 43 L'abominable hum

Un son grave et inexplicable casse les oreilles du monde d'un bout à l'autre de la planète. Enquête pour trouver ce qui cause cet abominable hum.

Par Mélissa Guillemette

## CHRONIQUES



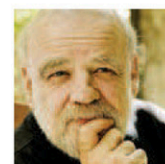
14 **Jean-Pierre Rogel**  
Cougaur: la légende continue...



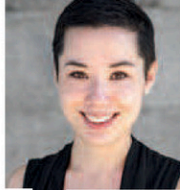
40 **Normand Baillargeon**  
Le retour de l'eugénisme?



49 **Jean-François Cliche**  
Un succédané de gravité



50 **Serge Bouchard**  
La machine à pinottes



Le **billet**

Par Marie Lambert-Chan

# DES SOURIS ET DES WEIRD

*En biomédecine et en psychologie, les cobayes se suivent... et se ressemblent un peu trop. Il est grand temps d'y injecter de la diversité.*

**P**artout, on réclame une plus grande diversité: au petit comme au grand écran; au sein de la classe politique; dans les conseils d'administration; dans la publicité; dans le sport professionnel; et même dans l'univers des émoticônes. Le monde, tel qu'on nous le présente, est trop blanc, trop mâle, trop hétéro.

La science n'échappe pas à cette mobilisation. Les études en biomédecine et en psychologie sont tout particulièrement pointées du doigt, car elles s'entêtent à utiliser des cobayes faits sur le même moule. La biomédecine n'en a que pour les mâles – tant chez les rongeurs que chez les humains –, tandis que la psychologie concentre ses efforts de recherche sur ceux qu'on appelle les WEIRD, l'acronyme de « Western, Educated, Industrialized, Rich and Democratic », qui désigne des individus riches et éduqués issus de pays occidentaux, industrialisés et démocratiques.

Pourquoi se borne-t-on à ces sujets? En un mot, parce que c'est plus pratique. Bâtir des échantillons en tenant compte systématiquement de données telles que le sexe, l'origine ethnique, la culture ou l'orientation sexuelle exige du temps et de l'argent – deux éléments qui font souvent défaut aux chercheurs. Dans un monde scientifique gouverné par la maxime « publier ou périr », il est plus commode de s'en tenir aux WEIRD. Certains diront que cela facilite aussi la reproduction des études. Néanmoins, de plus en plus de voix s'élèvent contre cette logique aux conséquences potentiellement délétères. Un chercheur de l'université Clark au Massachusetts a démontré que, entre 2003 et 2007, 96 % des volontaires recrutés pour des études publiées dans les principales revues de l'Association de psychologie des États-Unis étaient des WEIRD. Comment peut-on réellement comprendre la complexité de la pensée et des comportements humains en se basant sur un profil sociodémographique aussi uniforme? L'amour, l'amitié, le deuil, le passage à l'âge adulte, la parentalité; tout cela se vit et s'exprime différemment d'une culture à l'autre. Il en va de même pour les problèmes de santé mentale. Par conséquent, n'est-il pas présomptueux de

croire que tout être humain peut bénéficier des traitements psychologiques découlant de ces études?

En juillet dernier, Jeffrey S. Mogil, professeur de psychologie à l'Université McGill, a signé un commentaire publié par la revue *Nature* dans lequel il s'insurge contre le fait que la recherche préclinique sur la douleur repose sur un *boy's club* à quatre pattes. Il signale que, en 2015, le journal scientifique *Pain* a publié 71 études ayant eu recours à des souris. Combien ont choisi des cohortes 100 % mâles? Cinquante-six. Pourtant, rappelle Jeffrey S. Mogil, les hommes et les femmes expérimentent la douleur différemment. « Nous [les chercheurs] manquons à nos devoirs si nous menons des recherches qui n'utilisent que des rongeurs mâles, produisant ainsi des résultats qui pourraient ne profiter qu'aux hommes », conclut-il.

Heureusement, les organismes subventionnaires comme les National Institutes of Health aux États-Unis, et les Instituts de recherche en santé du Canada encouragent de plus en plus les chercheurs à inclure des animaux femelles dans leurs travaux. L'argent étant le nerf de la guerre, on peut espérer que de telles initiatives fassent bouler de neige et ouvrent la voie à toutes les formes de diversité. Car, par définition, la science se tient loin des dogmes et des recettes toutes faites. Elle est ouverte d'esprit et n'hésite pas emprunter les chemins les moins fréquentés. Ne devrait-elle pas naturellement embrasser la diversité – et toute la complexité qui s'y rattache? Il ne peut qu'en émaner des connaissances plus fines sur l'humain, des médicaments et des traitements mieux adaptés et, au final, une science moins ethnocentrique.

\*\*\*

Je tiens à prendre ces quelques lignes pour saluer mon prédécesseur, Raymond Lemieux. Pendant 22 ans, il a dirigé *Québec Science* de main de maître, contre vents et marées. Si ce n'était de sa vision, de sa passion et de sa détermination, je n'occuperais pas cette chaise aujourd'hui – pas plus que vous ne tiendriez ce numéro entre vos mains. Merci Raymond! 🍷

# QUÉBEC SCIENCE

OCTOBRE 2016 VOLUME 55, NUMÉRO 2

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

**Reporters** Marine Corniou, Mélissa Guillemette  
**Collaborateurs** Normand Baillargeon, Serge Bouchard, Jean-François Cliche, Joël Leblanc, Martine Letarte, Britte Pauchet, Jean-Pierre Rogel

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

**Directeur artistique** François Émond  
**Photographes/illustrateurs** Michael Byers, Frefon, Alexi Hobbs, Marie-Reine Mattered, Donald Robitaille, Sébastien Thibault

**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: Septembre 2016 (532<sup>e</sup> numéro)

## Service aux abonnés

Pour vous abonner, vous réabonner ou offrir un abonnement-cadeau [www.quebecscience.qc.ca](http://www.quebecscience.qc.ca)  
Pour notifier un changement d'adresse. Pour nous aviser d'un problème de livraison. [changements@velo.qc.ca](mailto: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 remercions l'appui financier du gouvernement du Canada par l'entremise du Fonds du Canada pour les périodiques, qui relève de Patrimoine canadien.



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



**La Revue Québec Science**  
514 521-8356  
[courrier@quebecscience.qc.ca](mailto:courrier@quebecscience.qc.ca)  
[www.quebecscience.qc.ca](http://www.quebecscience.qc.ca)





poissons du monde. [...] On l'appelle lotte et elle n'est jamais présentée sur les étals avec la tête!»

Ce numéro spécial était le dernier chapeauté par le rédacteur en chef **Raymond**

**Lemieux** qui vogue vers de nouveaux défis aux éditions MultiMondes, après 22 ans chez *Québec Science*. **Félix Maltais**, éditeur du magazine jeunesse *Les Débrouillards*, écrit: «*Son dernier, un numéro*

*formidable, et l'un de ses... 100 meilleurs!*» Une lectrice, **Michelle Belzile**, rend hommage à notre ancien capitaine: «*Merci beaucoup pour toutes ces années de partage scientifique et humain.*»

**ERRATUM**

Une erreur s'est glissée dans l'article «Le Saint-Laurent en vrai», à la page 59 de notre dernier numéro (août-septembre 2016). Le Centre d'interprétation de la station de recherche des îles Mingan n'est pas géré par le Groupe de recherche et d'éducation sur les mammifères marins; il s'agit d'une organisation autonome.

**LE SAINT-LAURENT BIEN-AIMÉ**  
*Vous avez été nombreux à apprécier notre numéro spécial «La redécouverte du Saint-Laurent».*

«Magnifique tour d'horizon d'un joyau et d'une richesse oubliée, voire ignorée», commente **Marc-André Saint-Onge**.



De son côté, **Gilles Côté** dit avoir apprécié que nous ayons abordé le sujet du traitement de l'eau du fleuve, bue quotidiennement par 3,7 millions de Québécois. «*Dans la grande région de Québec, face*

*à la qualité douteuse de cette eau [du fleuve et du lac Saint-Charles], il existe la solution de l'approvisionnement d'une eau plus fiable, celle de la rivière Jacques-Cartier*», signale-t-il.

Notre photo de la baudroie, ce poisson du golfe Saint-Laurent que les Québécois n'ont pas l'habitude de consommer, n'a laissé personne indifférent. **Nicolas Pellerin** est catégorique: «*Je n'ai jamais rien vu d'aussi laid!*» **Marilyn Thorne** apporte une nuance: «*Sous l'eau, il est de toute beauté!*» Sur notre page Facebook, l'équipe de la revue d'histoire naturelle *Espèces*, basée en Corse, nous confirme que, en France, la baudroie est «*considérée comme l'un des meilleurs*

**DE QUOI ÊTRE FIER**



JULIE DUROCHER

Trois collaborateurs de *Québec Science* ont récolté les honneurs au cours des derniers mois. Notre chroniqueur **Serge Bouchard** a été décoré du grade d'officier de l'Ordre national du Québec. Il s'agit de la plus prestigieuse reconnaissance décernée par le gouvernement québécois.

Notre journaliste **Marine Corniou** a reçu la Médaille



d'excellence en journalisme dans le domaine de la recherche médicale, décernée par les Canadiens pour la recherche médicale et Sanofi-Pasteur, pour son reportage «L'or vert des pharmas», publié dans le numéro de juin-juillet 2015.

Le texte, à relire en intégralité sur notre site, fait le point sur la «moléculture», une technique qui permet d'utiliser des plantes pour fabriquer sur mesure des médicaments.

Quant à la journaliste **Hélène Matteau**, elle a reçu une mention honorable lors des Prix du magazine canadien pour son dossier «Écrire ou taper» qui faisait la une de notre numéro d'octobre 2015.

Bravo à tous !



# LE DROIT DE RÉPLIQ

Il a suffi d'une étincelle, d'une seule molécule capable de se dédoubler pour que la vie apparaisse sur Terre. Ce hasard incroyable a amené l'invention de millions d'organismes dans un grand « copier-coller » du vivant. Dans son plus récent livre, *Dans l'œil du pigeon : évolution, hérédité et culture* (Boréal), Luc-Alain Giraldeau, biologiste spécialisé en comportement animal et doyen de la faculté des sciences de l'Université du Québec à Montréal, explique que cette course à la réplication de l'ADN forge le vivant encore aujourd'hui, y compris dans nos comportements les plus intimes.

**Propos recueillis par Brïte Pauchet**

**P**ourquoi vous intéressez-vous à ce qui s'est passé il y a 4 milliards d'années pour expliquer le comportement des humains d'aujourd'hui ?

Avant de comprendre le comportement humain, ou celui du chien ou du lézard, il faut comprendre ce qu'est la vie; ce qui l'a créée. Pourquoi les animaux tiennent-ils tant à se reproduire ? Dans le vivant, il n'y a pas d'autre logique que la reproduction. Comme le saumon qui vient mourir sur les galets pour se reproduire, nous ne sommes qu'un agencement temporaire de gènes dont la seule fonction est d'en faire d'autres.

Par ailleurs, la vie n'a pas débuté avec l'objectif de créer des humains. Une fois qu'est apparue la première molécule « autorépliquante », alors a commencé la course à qui se multiplie le mieux. Nous n'en sommes qu'une version. Le pigeon en est une autre. C'est ça qui est affolant : on n'est qu'une variante d'une même course ! Cela démontre à quel point nous sommes uniques et éphémères. Autant en profiter pendant que ça dure.

**La course à la réplication de l'ADN est-elle le principal élément qui explique nos comportements ?**

Tout objet vivant (plante, animal, bactérie ou virus) se situe à l'interaction constante entre deux histoires : une histoire qui n'est pas tout à fait la sienne et dont il hérite – celle de sa lignée – et une histoire anecdotique, la sienne propre. Le comportement est le résultat de cette interaction.

Il peut ainsi exister deux explications à un même comportement sans qu'elles entrent en conflit l'une avec l'autre. Par exemple, je mange parce que je ressens personnellement la faim et je mange pour rester en vie.

**Y a-t-il un lien entre la sélection naturelle et la course à la réplication de l'ADN ?**

Tout le monde pense comprendre ce qu'est l'évolution par sélection naturelle sans réaliser qu'elle s'applique, encore aujourd'hui, aux plantes, aux animaux et également à nous, les humains. Il ne peut y avoir de sélection naturelle sans multiplication du vivant. Il faut un groupe pour réaliser une sélection.



# UE DE L'ADN



La sélection naturelle ne planifie rien. Elle agit toujours dans le court terme : ce qui est bon pour moi ici et maintenant. Elle ne tient pas compte des conséquences. Dans leur course à la réplication, les gènes ont inventé toutes sortes de « véhicules » : les êtres vivants. Chacun est adapté à sa niche écologique. Le colibri a un bec fin pour extraire le nectar des fleurs. Si les fleurs à longue corolle se raréfient, seuls les colibris capables de se nourrir autrement transmettront leurs gènes.

Ainsi, la sélection naturelle mène invariablement à l'extinction d'espèces : celles qui sont moins aptes, dans le sens biologique, c'est-à-dire qui ne transmettront pas leurs gènes aux générations suivantes. Plus de 99 % des espèces vivantes ont disparu depuis l'apparition de la vie sur Terre.

### À quoi ressemblaient les premiers « répliqueurs » de l'ADN ?

Les paléobiologistes supposent que cette molécule capable d'agencer les éléments qui l'entourent afin de produire une copie d'elle-même était une sorte d'acide ribonucléique apparié à une protéine dont il permettait la synthèse.

### Comment l'être humain, réparti partout sur la planète, se positionne-t-il dans cette course à la survie ?

Les véhicules créés par les gènes varient : une cellule bactérienne, un assortiment de cellules, un organisme complexe, une colonie d'abeilles où un seul individu, la reine, transmet les gènes pour tous. Selon le chercheur britannique Mark Pagel, la diversité culturelle des humains serait une évolution des gènes vers un autre type de regroupement : le « véhicule culturel ». C'est la somme des connaissances passées et actuelles d'un groupe, transmises d'une génération à l'autre. Façonné par le langage et la soif d'apprendre, il renferme les clés de la survie. C'est pourquoi on se comporte envers le véhicule culturel d'une manière qui a un sens biologique. Les humains s'y entraînent de manière très poussée. Ils risquent leur vie pour lui ; par exemple, les pompiers. En conséquence, certains individus auront moins de chances de transmettre leurs propres gènes. Mais en protégeant le véhicule culturel, ils favorisent la réplication de ceux de leur groupe ou de leur fratrie, à l'image de ce qui se passe chez les insectes

sociaux. D'un point de vue probabiliste, la survie du groupe est un moyen plus efficace de réplication des gènes que celle d'un seul individu.

### Où se situe notre libre arbitre dans ce contexte ?

Les gènes ne contrôlent pas finement nos actions individuelles. Ils se chargent des besoins essentiels, de l'instinct de survie, de la crainte de la mort, de l'amour envers les enfants. Bref, tout ce qui favorise la transmission du matériel génétique. Le libre arbitre se situe entre ces fonctions de base et ce que nous sommes réellement.

Le comportement est rarement déterministe. Il n'y a pas de « gène de la violence » ou de « gène du racisme » comme il y a des gènes qui déterminent la couleur des yeux. Même si le véhicule culturel peut en partie expliquer certains comportements répréhensibles, nous avons le pouvoir d'agir pour les désamorcer. 05

### Pour en savoir plus :

*Dans l'œil du pigeon : évolution, hérédité et culture*, Éditions du Boréal, 2016.

# MTL INNOVANTE

Dès le 21 septembre  
Les mercredis à 20 h 30

Réalisation : Michel Féollar et Lamia Chaïbi



Animation :  
Catherine Mathys,  
journaliste

canal  
**SAVOIR**  
TÉLÉ + WEB

PARTENAIRE MÉDIA  
**QUÉBEC SCIENCE**



Des habitants du delta du fleuve Tana participent à une réunion où on leur explique le projet Hakika.

## DES TEXTOS POUR LA PAIX

*Dans le delta du fleuve Tana, une région du Kenya où les tensions ethniques sont vives, les rumeurs, abondantes et terrifiantes, sont vérifiées et démenties un texto à la fois.*

Par MéliSSa Guillemette

**S**ur une carte satellite, il est facile de repérer la vallée du fleuve Tana : un long trait vert au milieu de la terre ocre de l'est du Kenya. Pourtant, sa dernière portion avant d'arriver à l'océan Indien est nettement isolée du reste du pays sur le plan des infrastructures routières, mais aussi sur le plan social. Un véritable coin perdu, oublié.

Si bien que le delta du Tana est dépourvu de médias locaux sérieux. Même le journal national y arrive en retard ! L'information se transmet donc d'une personne à l'autre, avec tout ce que le « téléphone arabe » génère comme distorsion... Un phénomène qui ne manque pas d'attiser les tensions entre les Pokomo et les Orma, deux groupes ethniques de la région, qui ont connu des épisodes sanglants au cours des dernières années.

« Si une personne disparaît dans un village, la rumeur voudra que ce soit cinq personnes une fois que l'information

sera relayée dans la localité suivante », illustre Christine Mutisya, diplômée en mathématiques et en développement international, et chargée de projet pour l'initiative Una Hakika.

*Una hakika* signifie « es-tu certain ? » en swahili, la langue nationale du pays. Il s'agit d'un projet mis sur pied par The Sentinel Project, une organisation non gouvernementale (ONG) canadienne qui souhaite que la population se questionne davantage avant de croire aux nombreux oui-dire causant insécurité et violence. Pour mener ce combat contre les rumeurs, l'ONG utilise une arme inusitée : les cellulaires.

On dit souvent que tout le monde a un cellulaire en Afrique. Ce n'est pas faux. Dans le delta du Tana, plus de 85 % des adultes en possèdent un. Depuis octobre 2013, les habitants acheminent des rumeurs par textos, de façon anonyme, à Una Hakika. Elles sont vérifiées par

des citoyens « ambassadeurs » dispersés sur le territoire, et aussi par des chefs de villages, des ONG et les forces policières. Le résultat de cette enquête est renvoyé par messagerie texte aux abonnés. Les références ethniques sont effacées. « On parlera d'un fermier, sans préciser que c'est un Pokomo », indique, par exemple, Christine Mutisya.

L'équipe d'Una Hakika a vite réalisé qu'un bon lot d'informations en circulation sont complètement fausses. Sur les 400 rumeurs uniques que l'organisme avait vérifiées entre ses débuts et mars 2016, moment où nous l'avons visité, seulement la moitié se sont révélées fondées.

Les cancons les plus récurrents concernent des vols ainsi que des individus inconnus et armés aperçus à proximité d'un village. « Ces racontars ne sont pas faciles à vérifier », admet Christine Mutisya. Des rumeurs courent

également à propos du groupe islamiste Al-Shabab, alors que la frontière avec la Somalie, pays d'origine de cette organisation terroriste, est tout près.

Quand l'équipe tombe sur une information véridique qui pourrait mettre le feu aux poudres, c'est une autre histoire. Les responsables tentent de calmer le jeu avant de prononcer leur verdict. Christine Mutisya se souvient d'un cas où des vaches avaient été volées. « Des éleveurs d'un village sont entrés dans les maisons d'un autre village pour abattre ceux chez qui de la viande cuisait, les jugeant coupables. On a reçu cette information alors que ça se passait. On a dit à nos usagers : "On fait des vérifications, il est important de demeurer calme, la police est sur le dossier." Si on avait tout de suite confirmé l'événement, plus de vies auraient été perdues. » Dans de tels cas, le rapport d'Una Hakika

est acheminé aux abonnés, une fois la poussière retombée.

L'équipe transmet également des renseignements importants, comme le lieu où s'enregistrer en vue des élections. « La désinformation est particulièrement intense en période électorale, explique la chargée de projet. Au moins, on fournira des renseignements exacts. »


En 2015, les usagers ont donné une note de 8,5/10 au projet pour ses effets bénéfiques contre la circulation des rumeurs. Et l'adoption par la population est plutôt bonne; plus de 2 500 personnes ont adhéré au service et ce nombre ne cesse d'augmenter. Pas si

mal, quand on considère que les abonnés partagent l'information reçue avec 30 personnes en moyenne. « Les gens adorent ce qui est gratuit ! » analyse Kode Komorra, un des ambassadeurs

d'Una Hakika, qui vit à Garsen, une petite ville du delta.

Bien que ses parents soient originaires de la région, ce jeune homme de 28 ans a passé les 14 premières années de sa vie à Nairobi, la capitale, où il a côtoyé des gens appartenant aux 47 ethnies recensées au Kenya. Il a été étonné des tensions raciales lors de son déménagement dans le delta en 2002; en tant que Pokomo, il considère les Orma comme ses frères. « J'ai joint Una Hakika pour changer mon peuple. Ce n'est pas facile, mais au moins, on essaie. » Quand une rumeur concerne sa ville, il procède à des vérifications pour aider Una Hakika dans son analyse.

Le succès du projet est tel que The Sentinel Project en implante une version semblable en Birmanie, où les Rohingyas, des musulmans, sont persécutés. « On aimerait être présent au Burundi aussi, si on obtient du financement », indique Christine Mutisya.

Elle espère néanmoins que, un jour, la population du delta du Tana ne dise plus *una hakika*, mais plutôt *hakuna matata*: « pas de soucis », en swahili. 

**« J'ai joint Una Hakika pour changer mon peuple. Ce n'est pas facile, mais au moins, on essaie. »**

**– Kode Komorra, ambassadeur du projet.**


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



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

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

Économie, Science  
et Innovation

Québec 

**QUÉBEC SCIENCE**

# PARTAGE DES TÂCHES INÉGAL DANS LES LABOS

*Non seulement les femmes sont-elles moins nombreuses dans le monde de la recherche, mais elles occupent les seconds rôles.*

Par Mélissa Guillemette

La place des femmes en recherche scientifique semble encore être à la cuisine. Bon, elles ne sont pas aux chaudrons, mais bien aux pipettes, aux microscopes et aux boîtes de Petri; bref, à la partie expérimentale d'une étude. C'est d'ailleurs la seule portion du travail où les chercheuses sont plus susceptibles d'être présentes que les chercheurs, selon une vaste recension menée par Vincent Larivière, professeur à l'Université de Montréal, ainsi que des collègues de l'Université du Québec à Montréal et de l'université de l'Indiana à Bloomington.

Ils ont examiné 85 000 articles dans le domaine des sciences biomédicales parus dans les journaux en ligne *PLOS* entre 2008 et 2013. Sur le lot d'auteurs, environ le tiers étaient des femmes. Rien de nouveau sous le soleil; de nombreuses études ont déjà fait état de cet écart.

« Mais on est allé voir qui fait quoi », raconte Vincent Larivière qui est titulaire de la Chaire de recherche du Canada sur les transformations de la communication savante. Dans *PLOS*, la contribution de chacun des chercheurs d'un même article est clairement détaillée, ce qui n'est pas le cas dans toutes les publications. Des informations précieuses qui ont révélé que, toutes proportions gardées, les femmes sont 50 % plus susceptibles de mener les expériences au laboratoire que les hommes, autant au début qu'à la fin de leur carrière.

Pendant ce temps, les hommes se chargent majoritairement de la conception de l'étude, de la contribution matérielle et de l'écriture de l'article. Quant à l'analyse de données, c'est une tâche légèrement plus masculine en début de carrière et légèrement plus féminine en fin de carrière. « Le fossé est immense, constate Vincent Larivière. Aux hommes va le plus conceptuel; aux femmes, le plus technique. »

Plus un chercheur des sciences biomédicales avance dans sa carrière, moins il s'occupe de la partie expérimentation. Ce n'est pas que cette tâche soit moins importante, bien au contraire. « C'est une activité au cœur de la recherche ! assure Vincent Larivière. Les femmes contribuent donc directement à la qualité de la science. » Néanmoins, le temps passé au microscope leur gobe beaucoup de temps et, en fin de compte, mine leur productivité. Pas étonnant que, individuellement, les chercheuses écrivent moins d'articles scientifiques que leurs collègues masculins.


Pourquoi se retrouvent-elles davantage « les deux mains dans les données » ? Vincent Larivière propose deux hypothèses : « Soit il leur est plus difficile d'obtenir des postes de direction de laboratoire, ou alors c'est qu'elles sont moins capables de déléguer quand elles y parviennent, ce qui contribue à les surcharger. Des forces sociales les cantonnent dans ces rôles de collecte et d'analyse des données. Je ne suis pas convaincu que c'est ce qu'elles souhaitent. »

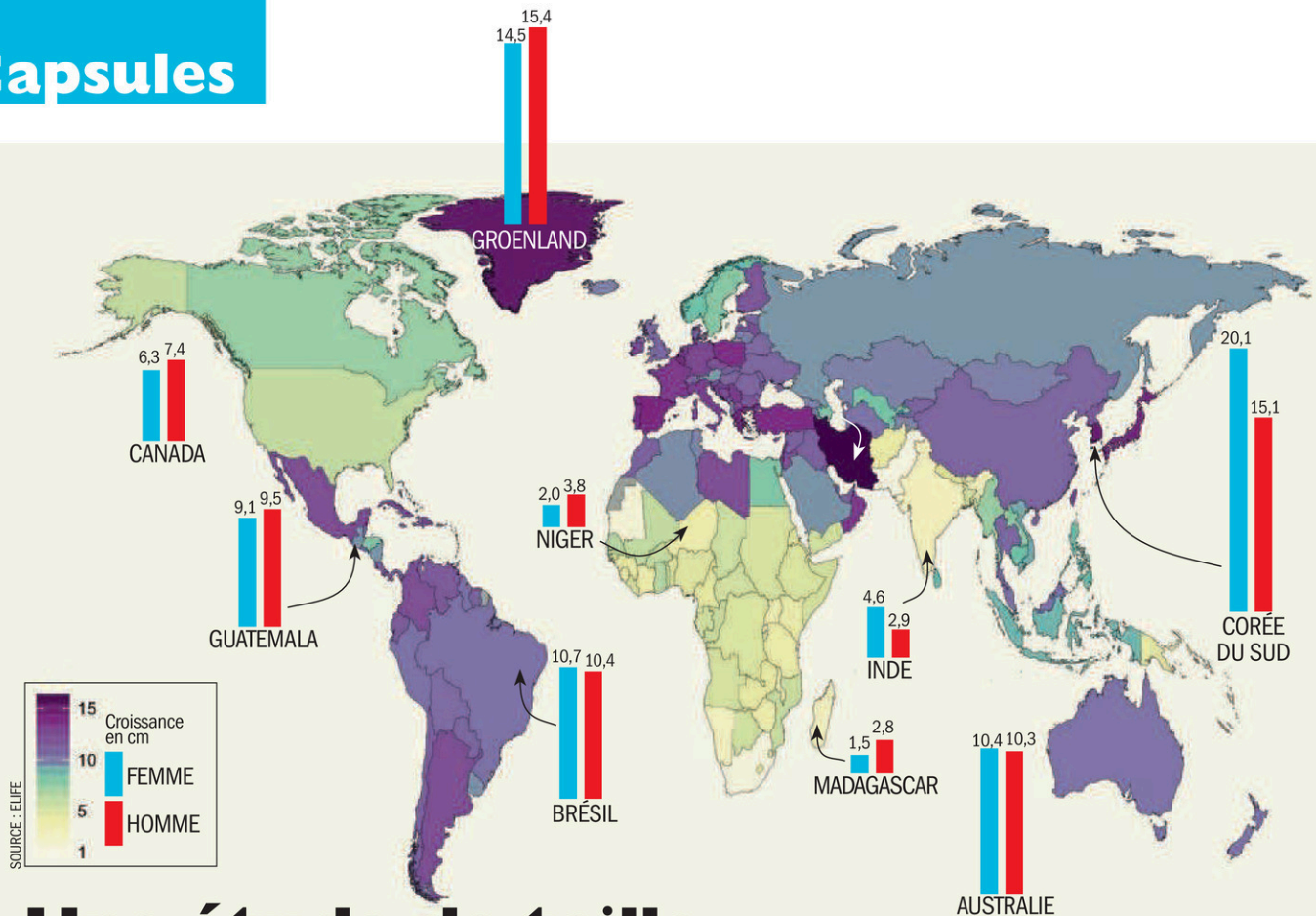
Pour illustrer ces obstacles structurels, le chercheur cite le cas type d'une scientifique qui finit son doctorat vers 30 ans : « Que se passe-t-il souvent à cet âge ? Le désir d'avoir des enfants. Plutôt que d'aller faire un postdoctorat aux États-Unis, ce qui l'aiderait à obtenir un poste de directrice de laboratoire, elle va plutôt prendre un poste de technicienne. En général, les hommes sont plus mobiles. »

C'est navrant, mais le long congé parental québécois, qui fait l'envie de tous à l'échelle internationale, nuit aussi à l'avancement des chercheuses. « Elles écrivent moins à cause de cette longue absence et manquent les discussions de corridor informelles, mais importantes. À l'opposé, les hommes qui prennent un congé parental en profitent pour



écrire deux articles ! » La pression sur les femmes est différente au boulot comme à la maison.

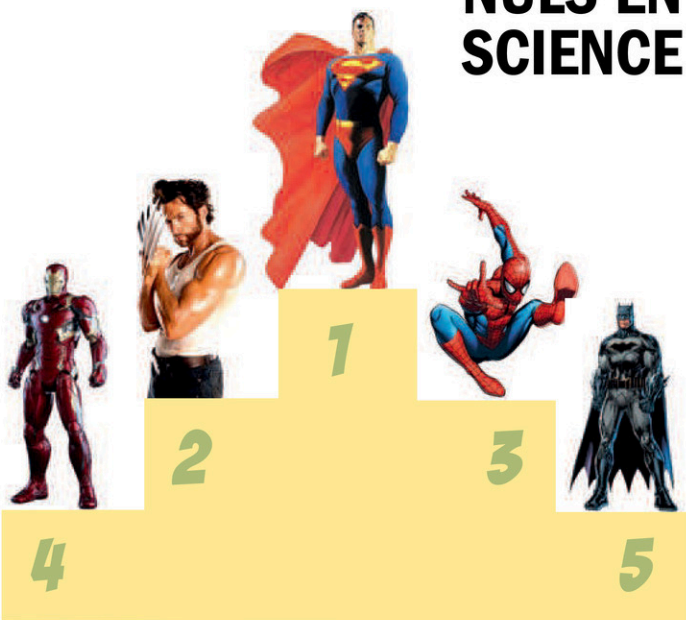
Qui doit agir maintenant pour s'assurer que les femmes parviennent là où elles le veulent vraiment ? « Tout le monde ! Depuis les chercheurs jusqu'aux gouvernements, en passant par les départements universitaires ! » s'exclame Vincent Larivière, trop conscient de sa chance, en tant que jeune papa parvenu à la tête d'une chaire de recherche, d'être en mesure de déléguer les portions plus techniques de son travail. 



## Une étude de taille

Certaines populations sont davantage en croissance que d'autres. Littéralement! Des chercheurs ont combiné près de 1500 études menées partout dans le monde pour comparer l'évolution de la taille des personnes de 18 ans, entre 1914 et 2014. Une forte poussée de croissance s'expliquerait par l'amélioration des conditions de vie et de l'alimentation pendant l'enfance – ce qui semble malheureusement faire défaut aux jeunes adultes en Afrique et en Asie du Sud, comme l'illustre la carte ci-dessus.

## DES HÉROS NULS EN SCIENCE



Des superhéros de bande dessinée, lequel est le plus puissant? Les étudiants de l'université Leicester, au Royaume-Uni, ont minutieusement évalué leurs pouvoirs à la lumière des lois et des principes scientifiques.

**SUPERMAN** serait le meilleur des superhéros. Il supplante théoriquement tous ses rivaux avec sa capacité à générer une vague d'énergie solaire qui brûle tout dans un rayon de un demi-kilomètre. Bien qu'il s'alimente à l'énergie solaire avec la même efficacité qu'une cellule photovoltaïque, il lui est impossible de voler aussi longtemps que dans les bédés, soit huit heures à altitude constante.

Les cellules de **WOLVERINE** se régénèrent très rapidement, en cas de blessure, et à l'infini. Ce pouvoir est toutefois incompatible avec la limite de Hayflick,

qui veut qu'une cellule dispose d'un nombre maximal de divisions.

**SPIDERMAN** utilise une soie d'araignée ayant un diamètre de 1 cm. Une taille disproportionnée par rapport aux besoins du tisseur de toile! En effet, un seul de ses fils peut soutenir 8800 kg. Par ailleurs, la soie d'araignée a une élasticité de 40%, ce qui risquerait de faire en sorte que le héros percute le sol. Oups!

La combinaison d'**IRON MAN** devrait faire 3 m d'épaisseur pour réellement résister aux projectiles et aux explosions.

**BATMAN** est le moins bien loti. Il n'a pas de pouvoirs, outre sa cape qui lui permet de planer. À la vitesse à laquelle il file, il aurait en réalité besoin d'un parachute, ou d'une quelconque technologie afin de ralentir, s'il veut atterrir sans se tuer.



## La route du cannabis

Une partie de la route de la soie, liant l'Europe et l'Asie, a d'abord servi de route du cannabis! C'est du moins ce qu'avancent des chercheurs allemands qui ont effectué une revue de la littérature scientifique pour publier un article dans *Vegetation History and Archeobotany*. Ils ont découvert des traces de l'usage du cannabis en Europe et en Asie de l'Est datant de plus de 8000 ans. Toutefois, des peuples nomades qui vivaient au nord de la mer Noire auraient contribué à populariser la plante et ses fruits, il y a environ 5000 ans, au fil de leurs échanges commerciaux et des migrations autant vers l'est que vers l'ouest. Les premiers *pushers*, quoi!



## Les carnivores seront confondus

Un végétarburger qui imite le brunissement de la viande hachée cuite sur le grill. Voilà ce qu'ont réussi des étudiants de l'Université McGill. Ils ont remporté un prix, à la conférence internationale du Institute of Food Technologists, avec une boulette qui reproduit la texture, le goût et l'apparence de la viande du burger traditionnel. Elle est composée de shiitakes, de protéines de soya texturées et de légumineuses. Des extraits riches en anthocyanes lui donnent sa couleur rouge qui change lors de la cuisson. Les étudiants cherchent maintenant des investisseurs pour arriver à commercialiser leur trompe-l'œil protéiné.

UNIVERSITÉ MCGILL



# 500 ans

C'est l'âge que pourraient atteindre certains requins du Groenland, selon une étude parue dans *Science*. En mesurant le taux de carbone 14 «emprisonné» année après année, depuis leur vie fœtale, dans les yeux de 28 requins du Groenland pêchés entre 2010 et 2013, une équipe de l'université de Copenhague a pu déterminer que le plus gros spécimen (5m de long) avait entre 272 et 512 ans... Voilà qui en fait le doyen des vertébrés, détrônant une baleine boréale âgée de 211 ans.

PICTURE-ALLIANCE/DPA/OCEANS IMAGE

## Le paradoxe de la ménopause

Est-ce le vieillissement qui cause la ménopause ou l'inverse? Un questionnaire presque aussi complexe que celui de l'œuf et de la poule!

Des chercheurs de l'université de Californie à Los Angeles (UCLA) pensent pouvoir y répondre, après avoir analysé le sang et la salive de 3100 femmes. Ils ont découvert que la ménopause accélère le vieillissement des cellules de 6%.

L'insomnie pourrait être en cause, selon une autre étude de l'UCLA regroupant quelque 2000 participantes. Les cellules des femmes ménopausées et insom-



niaques avaient l'équivalent de près de deux ans de plus que celles des femmes du même âge qui dormaient bien. « Ne pas avoir suffisamment de sommeil réparateur pourrait affecter plus que notre fonctionnement du lendemain; cela accélère peut-être le tic-tac de notre horloge biologique », avance l'un des auteurs, Judith Carroll. De quoi faire davantage d'insomnie...



# COUGUAR: LA LÉGENDE CONTINUE...

*Du couguar de l'Est, il reste des fantômes et des cousins échappés. Mais le grand félin n'a peut-être pas dit son dernier mot.*

**D**ans mon coin de forêt en Estrie, un voisin m'a récemment plongé dans des histoires de félins fantômes. Il croyait avoir aperçu, un soir, un couguar – aussi appelé puma, lion des montagnes ou panthère – au détour d'un sentier. Grand et sombre, l'animal a disparu devant lui en quelques bonds souples.

L'assemblée des voisins s'est aussitôt mise sur le cas. Voyons, quelle taille avait-il exactement? Quelle couleur? Avait-on vu la queue? Des empreintes? On l'aime tant au Québec, cette légende. On a du mal à croire qu'elle ait disparu.

Jadis commun au Canada, le grand félin à robe fauve trouvait une abondante nourriture dans nos forêts – surtout des cerfs de Virginie –, mais il a été pourchassé par les colons effrayés. Parmi les témoignages d'époque, un des plus révélateurs est rapporté par l'ethnologue états-unien Cyrus Thomas dans son livre *Contributions to the History of the Eastern Townships*, publié en 1868. Le récit concerne le neveu de Nicholas Austin, pionnier et fondateur du village des Cantons-de-l'Est qui porte aujourd'hui son nom: « Arrêtant son traîneau, il (Nicholas Austin junior) lança sauvagement sa hache en direction du monstre. Ayant manqué son coup, il ramassa une barre de métal dont on se servait pour les billots de bois et la lança violemment sur le flanc de l'animal, qui alors sortit d'un bond et s'enfuit. » Le lendemain, précise l'auteur, le courageux colon traqua la « panthère » et l'abattit à coups de fusil.


Pour revenir à la silhouette aperçue, notre comité d'enquête s'est prononcé pour un lynx roux. Sa queue était courte, mon voisin en était certain; ce ne pouvait donc être *Puma concolor couguar*, la sous-espèce indigène appelée couguar de l'Est. Voilà qui n'est pas une surprise car, selon les biologistes, elle a disparu de nos forêts.

Mais attention! Même s'il n'existe plus de véritable population au Québec (si c'était le cas, on retrouverait les carcasses des proies et on aurait des images des couguars sur les caméras installées en forêt par les techniciens

de la faune et les chasseurs), cela n'empêche pas qu'il y ait encore des individus isolés. Ce qui renforce cette hypothèse, c'est que des biologistes ont relevé des poils de couguars dans plusieurs régions – en Gaspésie, dans le Bas-Saint-Laurent et en Estrie – sur des pièges installés à cet effet; des « poteaux de frottage ». J'entends les sceptiques: « Et comment sait-on qu'il s'agit de couguars? » Réponse scientifique: grâce à une analyse d'ADN des poils en question. Publiée en 2013 par l'équipe du biologiste François-Joseph Lapointe de l'Université de Montréal, l'étude démontre que, sur un total de 19 échantillons positifs d'ADN de couguar, 3 sont d'origine indéterminée, 10 appartiennent à la sous-espèce de l'Amérique du Nord et 6 à celle d'Amérique du Sud.

Qu'est-ce que tout cela signifie? D'une part, il est possible que des couguars d'origine sud-américaine aient été achetés très jeunes comme animaux de compagnie, puis relâchés à l'âge adulte. Des cas sans doute exceptionnels, mais on sait que les grands félins font l'objet d'un trafic illégal. Que faire lorsque le sympathique bébé couguar se transforme en un fauve réclamant ses 10 kg de viande par jour et de l'espace à explorer? On le libère discrètement dans une forêt proche.

D'autre part, il est aussi possible que quelques couguars du centre du continent aient migré jusque dans nos régions. Qu'ils aient parcouru quelque 3 000 km paraît invraisemblable, mais on possède une preuve à l'effet du contraire. En 2011, un couguar mâle a été frappé à mort par une camionnette sur une route du Connecticut. Par chance, son profil ADN figurait dans une banque de recherche scientifique; on a pu ainsi déterminer qu'il était né au Dakota-du-Sud, quatre à cinq ans plus tôt (au passage, admirez la fantastique capacité d'endurance chez cet animal!).

Permettez-moi de fabriquer, d'imaginer un scénario, surtout qu'il nous reste, au Québec, de grandes zones de forêts peu habitées. « Nos » couguars, ces fantômes trahis par leurs poils, ne pourraient-ils pas se rencontrer, se reproduire et, à terme, arriver à constituer une population là où ils avaient disparu? De l'extinction annoncée au retour non programmé... Un destin singulier pour un animal qui l'est tout autant. 



ERIC ISSELÉE - ISTOCKPHOTO

# QUE FERONT VOS ENFANTS QUAND ILS SERONT GRANDS?



## 80% DE L'APPRENTISSAGE

d'un enfant passe par sa vision et pourtant, 2 enfants sur 3 font leur entrée à l'école sans même que leur vision et leurs yeux n'aient été examinés.

Les enfants ne peuvent pas savoir s'ils voient normalement. Un examen de la vision complet par un optométriste à chaque année, et ce, jusqu'à l'âge adulte, contribue à la réussite scolaire de vos enfants. Et puisque cet examen est couvert par la RAMQ pour les moins de 18 ans, il n'y a pas de raison de s'en passer.



Association des  
OPTOMÉTRISTES  
du Québec

**Aidez vos enfants à réaliser leurs rêves,  
contactez votre optométriste**

[aoqnet.qc.ca](http://aoqnet.qc.ca)



ACCESSOIRES : MERCI À DOCTEUR CHRISTIAN PIETTE, OPTOMÉTRISTE

M Y O P E S

C O M M E

D E S T A U P E S

**À** huit ans, Violette Bourdeau a commencé à lire difficilement au tableau et à souffrir de maux de tête. Au point que son enseignante a cru bon d'en informer ses parents. Leur fille, écrivait-elle, plissait constamment les yeux pour tenter de mieux voir en classe; il serait important qu'elle passe un examen de la vue. La mère de Violette, Roxane Lessard, était stupéfaite: la petite était allée chez l'optométriste quelques mois plus tôt et tout était parfait. Sa fille serait-elle devenue myope en si peu de temps?

Violette n'est pas la seule dans cette situation. La myopie connaît une progression fulgurante, constate avec inquiétude l'optométriste Patrick Simard. Et elle frappe des enfants de plus en plus jeunes.

« Avant, on voyait la myopie apparaître chez les enfants vers l'âge de 13 ou 14 ans, alors que, maintenant, c'est souvent autour de 10 ans », explique le docteur Simard,

**Plus du tiers de la population mondiale risque d'être myope, en 2020. Une véritable épidémie laquelle, si rien n'est fait, entraînera une hausse des maladies graves de l'œil, y compris la cécité. Finirons-nous tous aveugles?**

**Par Martine Letarte  
Photos: Marie-Reine Mattera**

chargé de clinique en lentilles cornéennes à l'École d'optométrie de l'Université de Montréal (UdeM).

Aujourd'hui, en Amérique du Nord et en Europe, environ la moitié des jeunes adultes sont myopes. C'est plus du double qu'il y a 50 ans. L'Asie de l'Est atteint toutefois des sommets: dans de nombreuses régions, plus de 9 jeunes adultes sur 10 voient mal les objets éloignés. On compte désormais environ 2 milliards de myopes sur Terre, d'après l'Organisation mondiale de la santé (OMS). Parmi eux, 200 millions sont atteints d'une forte myopie, un trouble qui peut conduire à la cécité.

« C'est une épidémie et aucune région n'est épargnée », affirme Silvio Paolo Mariotti, responsable du programme de prévention de la cécité à l'OMS. Et cette épidémie prend de l'ampleur. D'après certaines estimations, le tiers de la population mondiale, soit 2,5 milliards de personnes, aura du mal à voir de loin d'ici 2020. Pis, en 2050, la myopie affectera la moitié de la planète.

# Nous passons de plus en plus de temps entre quatre murs à utiliser notre vision de près, ce qui favoriserait le développement de la myopie.

## MYOPIE POUR LES NULS

Qu'est-ce donc que ce mal qui touche désormais les jeunes de façon si foudroyante? Concrètement, l'œil myope est plus allongé que l'œil normal. On peut même prédire une myopie en observant la croissance de la longueur axiale de l'œil, c'est-à-dire la distance entre le fond de l'œil et la cornée. Chez l'adulte, la longueur axiale de l'œil normal se situe entre 23 mm et 24 mm. Par contre, si l'œil d'un enfant atteint 23,5 mm, on peut prédire qu'il deviendra myope. Avec le temps, les objets reculés lui apparaîtront de plus en plus flous, car la focalisation de l'image s'opérera en avant de la rétine, plutôt que dessus.

Jusqu'à quel point? Le degré de myopie varie d'un individu à l'autre. Pour le mesurer, on calcule la distance entre l'œil et le point le plus éloigné encore vu clairement. On mesure la puissance des verres correcteurs en dioptries. Avec une myopie de -1 dioptrie, l'œil voit net jusqu'à 1 m; à -2 dioptries, jusqu'à 50 cm; et à -5, jusqu'à 20 cm seulement. En Amérique du Nord, dans les dernières décennies, le degré moyen de la myopie est passé de -2,5 à -3,5 dioptries.

## À QUI LA FAUTE?

Depuis toujours, on soupçonnait la génétique pour expliquer la myopie d'un enfant. Bien sûr, le fait d'avoir des parents myopes augmente grandement le risque de le devenir à son tour. Les recherches démontrent toutefois que l'environnement dans lequel cet enfant évolue joue un rôle important. En effet, si nos ancêtres exerçaient chaque jour leur vision de loin pour chasser le mammoth ou scruter leurs champs jusqu'à l'horizon, le mode de vie actuel des pays industrialisés nous force à passer de plus en plus de temps entre quatre murs à utiliser notre vision de près, ce

qui favoriserait le développement de la myopie.

« L'avènement de la scolarisation et la grande place qu'occupe la lecture dans nos vies sont des éléments relativement nouveaux pour l'espèce humaine », rappelle Langis Michaud, président de l'Ordre des optométristes du Québec.

« Une théorie, pas admise par tous cependant, explique que le système visuel chercherait à s'adapter à nos besoins de façon à être plus efficient, poursuit le docteur Michaud. La vision est très énergivore pour le cerveau; elle utilise le tiers des neurones sensoriels. Le cerveau ramènerait donc son plan de focalisation là où sont ses besoins pour utiliser le moins d'énergie possible en effectuant la tâche demandée. Nous ne chassons plus le mammoth, mais nous avons les yeux collés sur un écran huit heures par jour, alors c'est devenu le principal besoin. »

Des statistiques soutiennent cette théorie. Par exemple, la prévalence de la myopie est plus élevée chez les personnes qui ont fait de longues études. C'est aussi le cas de celles qui obtiennent les meilleurs résultats scolaires. L'image caricaturale du jeune studieux à lunettes reposerait donc sur une base solide.

On remarque aussi que la myopie est principalement une maladie de pays riches et industrialisés, et qu'elle gagne du terrain à mesure que les économies se développent.

Une analyse prédictive publiée dans *Ophthalmology* indique que, en Afrique par exemple, la myopie, qui touche aujourd'hui moins de 10% de la population, devrait atteindre entre 20% et 30% des gens en 2050. En Amérique latine, un individu sur quatre est myope; et, en 2050, ce sera un sur deux.

D'autres recherches ont prouvé que la myopie se retrouve moins chez les enfants

qui passent davantage de temps que la moyenne à l'extérieur; et qu'elle progresse chez eux moins rapidement. « L'intensité de la lumière extérieure jouerait un rôle régulateur », explique Langis Michaud. À preuve, une étude menée sur 1900 écoliers chinois a montré que le fait de jouer 40 minutes de plus dehors chaque jour diminuait de 23% la survenue de la myopie. Selon les résultats, publiés dans le *Journal of the American Medical Association* en 2015, 30% des enfants qui avaient passé plus de temps dans la cour d'école étaient myopes au bout de trois ans, contre 40% de ceux qui n'avaient pas bénéficié de cette récréation supplémentaire.

Ce genre de résultat ne laisse pas l'OMS indifférente. « Nous vérifions plusieurs recherches liées à l'exposition à la lumière



solaire qui aurait pour effet de ralentir la progression de la myopie, indique Silvio Paolo Mariotti. Nous étudions aussi le temps d'exposition nécessaire, selon la latitude des pays, pour être en mesure de faire des recommandations. Nous devons être sûrs des faits, parce que les positions de l'OMS ont une influence très importante sur les mesures prises par les pays. »

## BIEN PIRE QU'UNE VISION FLOUE

Si les chercheurs multiplient les efforts pour mieux comprendre et freiner la myopie, c'est que ses conséquences vont au-delà du simple inconfort de devoir porter des lunettes ou des verres de contact.

« La myopie comme telle n'est pas grave, affirme Langis Michaud. Le problème, c'est qu'elle progresse. Lorsqu'elle atteint -5 dioptries, on se retrouve avec une augmentation significative des risques de pathologies graves de l'œil, comme le glaucome, la dégénérescence maculaire et le décollement de la rétine, qui peuvent mener à la cécité. »

En fait, chaque tranche de -0,25 dioptrie augmente de 17 % les risques de développer ces maladies. « Plus un œil est myope, plus il s'étire et plus il se

fragilise, explique Langis Michaud. Prenons l'exemple d'une chemise portée par un homme de 80 kg. S'il prend 30 kg et porte la même chemise, les coutures vont forcer. S'il prend encore 30 kg et garde la même chemise, elle se déchirera. C'est ce qui peut se passer pour le nerf optique et la structure de la rétine. »

En plus, un peu comme le tour de taille, l'œil myope a tendance à prendre de l'expansion au fil des ans. Et le phénomène s'accroît. Au cours des 30 dernières années, la progression moyenne de la myopie est passée de -0,25 à -0,50 dioptrie par année.

Ainsi, un enfant de 12 ans dont la myopie de -1 augmente de -0,5 par année arrivera à -5 dioptries à l'âge de 20 ans. Comme la vision se stabilise normalement au début de l'âge adulte, le jeune s'en sortira beaucoup mieux que si sa myopie avait commencé dès 10 ans, ou dès 8 ans comme chez Violette Bourdeau.

« Le pire, c'est que plus la myopie apparaît tôt, plus elle augmente rapidement, précise le docteur Michaud. On voit souvent des augmentations de -0,75 par année chez les jeunes enfants. »

Et même si un myope obtient une vision parfaite grâce à une intervention au laser, il ne réduira pas ses risques de développer une maladie. La chirurgie remodèle la cornée, mais pas l'œil qui

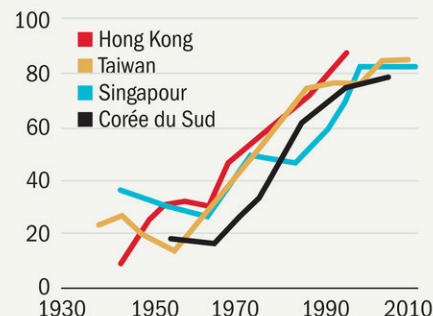


## L'Asie de l'Est n'y voit rien!

L'Asie de l'Est bat tous les records de myopie. En Chine, 90 % des adolescents et des jeunes adultes sont myopes. Il y a 60 ans, en comparaison, c'était moins de 20 %. À Taiwan, plus de 80 % des gens de 18 ans ont une mauvaise vue de loin. Dans la ville de Séoul, en Corée du Sud, le taux de prévalence atteint près de 97 % chez les hommes de 19 ans.

Quant aux jeunes enfants, les statistiques sont tout aussi inquiétantes. À Hong Kong, plus de 18 % des enfants de six ans sont myopes et 0,7 % d'entre eux souffrent déjà d'une forte myopie. Quant à ceux de 12 ans, ils sont touchés à près de 62 % et près de 4 % d'entre eux sont très myopes.

### Prévalence de la myopie chez les jeunes de 20 ans



SOURCE : UNIVERSITÉ NATIONALE AUSTRALIENNE





# Des praticiens recommandent aux parents de limiter le temps que leurs enfants passent collés aux écrans et de les envoyer jouer dehors !

demeurera toujours trop long et plus fragile. D'où l'importance d'agir en amont afin de stopper la progression de la myopie.

## VISION REVUE ET CORRIGÉE

Si certaines régions du monde sont bien avancées en matière de correction de la vue, d'autres n'en sont encore qu'aux balbutiements. Il y a quelques années, l'OMS a estimé que 43 % des déficiences visuelles étaient causées par une vision embrouillée non corrigée, due le plus souvent à une myopie.

« La première chose à faire est de s'assurer que ces personnes ont accès à la correction, affirme le docteur Mariotti. Plusieurs barrières – logistiques, financières, culturelles – se dressent. Dans beaucoup de pays, porter des lunettes est encore un stigmate, particulièrement chez les jeunes femmes. Et puis certains parents refusent toujours que leurs enfants portent des lunettes, de crainte

d'empirer leur vision, ce qui n'est pas du tout fondé scientifiquement. »

Corriger une myopie chez l'enfant pour qu'il y voie clair, c'est élémentaire. Et c'est ce qu'on s'est longtemps contenté de faire, ici comme ailleurs. Mais aujourd'hui, les praticiens vont plus loin : ils ont accès à différentes interventions pour freiner la progression de la myopie.

La stratégie souvent privilégiée est l'orthokératologie. Cette méthode consiste à faire porter au myope, la nuit, des lentilles rigides qui remoulent la cornée de façon temporaire. Le matin, le patient retire ses lentilles et, comme par magie, sa vision est claire !

« On vise une réduction de la progression de la myopie de 50 %, ce qui peut grandement diminuer les risques de développer des pathologies », explique le docteur Michaud.

Mélicia Lafontaine, 16 ans, a adopté l'orthokératologie il y a 3 ans. « Mes parents sont très myopes et, en quatrième

année, j'étais déjà à -1, raconte-t-elle. En première secondaire, j'étais rendue à -3,5. Alors, j'ai commencé à porter des lentilles rigides la nuit. C'était difficile à mettre au début mais, après un mois, je me suis habituée. » Résultat ? Sa myopie a cessé d'augmenter et elle n'a plus besoin de porter de lunettes du tout !

Pour Violette Bourdeau, l'expérience s'est avérée plus difficile. « Je n'étais pas bien pendant les mois où je portais ces lentilles et je redoutais toujours le moment où ma mère me les mettait. » Elle a donc abandonné l'orthokératologie, même si pendant les 10 mois au cours desquels elle a porté ces lentilles, sa myopie s'est pratiquement stabilisée. Maintenant âgée de 11 ans, Violette a une myopie de -4 dioptries. Pour tenter de freiner la progression, elle tente d'autres méthodes, comme les lentilles souples multifocales combinées à l'atropine, ce médicament utilisé par les optométristes pour dilater la pupille afin de faciliter l'examen des

yeux et qui gêne la vision de près.

« Avant, on utilisait l'atropine à une concentration de 1 %, indique le docteur Michaud, mais on ne le fait plus parce que, si on cessait l'utilisation de ce médicament, la progression de la myopie faisait un grand bond. À 0,01 %, on reste prudent, mais il ne semble pas avoir d'effet de "rebond". L'efficacité des lentilles multifocales combinées à 0,01 % d'atropine pour stopper la progression de la myopie se situe entre 70 % et 75 %. »

Parmi toutes ces stratégies, laquelle choisir ? Pas toujours facile de trancher.

En mars 2016, les docteurs Langis Michaud, Patrick Simard et Rémy Marcotte-Collard ont publié un article dans la revue scientifique *Contact Lens Spectrum* pour aider les professionnels à adopter la bonne stratégie afin de ralentir la progression de la myopie chez leurs patients. Le docteur Simard a aussi commencé, en janvier, à enseigner les principales méthodes aux étudiants en optométrie à l'UdeM. « Une première mondiale », affirme-t-il.

Bien que les professionnels soient de plus en plus à l'affût des avancées technologiques pour lutter contre la myopie, plusieurs n'hésitent pas à s'attaquer aussi aux habitudes de vie. C'est le cas de Patrick Simard qui incite ses patients à adopter une meilleure hygiène visuelle. « Par exemple, lorsqu'on utilise la vision de près, on applique la règle du 20-20-20 : toutes les 20 minutes, on regarde à 20 pieds [6 m] pendant 20 secondes », explique-t-il.

Des praticiens recommandent aussi aux parents de limiter le temps que leurs enfants passent collés aux écrans et de les envoyer jouer dehors ! Quant à la fameuse tablette, les optométristes en préconisent un usage très modéré. « Avant 3 ans, on ne devrait pas utiliser de tablette; et entre 3 et 8 ans, on devrait limiter l'utilisation à 30 minutes par jour, précise le docteur Michaud. Après huit ans, il faut limiter le temps selon les besoins scolaires. »

## UN PROJET PLANÉTAIRE

Mais l'enjeu de santé publique existait bien avant l'engouement pour la tablette. En fait, l'OMS se préoccupe de la myopie depuis une vingtaine d'années. Silvio Paolo Mariotti constate que plusieurs pays ont fait du chemin en deux décennies. *Québec Science* l'a d'ailleurs joint

au Tadjikistan où il travaille à mettre au point des solutions durables pour assurer une bonne santé oculaire à la population.

« Le gouvernement du Tadjikistan a contacté l'OMS pour obtenir un accompagnement, se réjouit le docteur Mariotti. On n'aurait pas vu cela il y a 20 ans, parce que ce n'était pas une priorité. Certains gouvernements doutaient même de l'intérêt d'agir. Maintenant, c'est différent. Au Tadjikistan, le taux de prévalence de la myopie n'est pas aussi élevé que dans d'autres pays d'Asie, mais le gouvernement reconnaît que c'est un enjeu et qu'il n'a pas encore mis en place les mesures nécessaires pour répondre aux besoins de sa population. »

Programmes de dépistage précoce chez les enfants et accès à des lunettes : l'OMS aide les pays à mettre en place ces initiatives. Mais chacun doit être convaincu de l'importance d'agir et être prêt à le faire selon ses moyens.

Il semble d'ailleurs que ce soit un investissement très rentable. En 2012, le Brien Holden Vision Institute de l'université de New South Wales, en Australie, un organisme international à but non lucratif visant à éliminer la cécité évitable, avançait qu'on économiserait mondialement 265 milliards de dollars par année si les gouvernements investissaient, sur cinq ans, 37 milliards de dollars en examens des yeux et en lunettes.

Des données intéressantes pour l'OMS qui souhaite que tous les pays établissent un plan pour offrir à leur population un accès permanent aux soins ophtalmologiques complets – dépistage, traitement et réadaptation. Et le plus rapidement possible. L'OMS espère ainsi se conformer au troisième objectif de développement durable des Nations unies pour 2030 : permettre à tous de vivre en bonne santé et promouvoir le bien-être de tous, à tout âge.

Alors, guérirons-nous nos myopies ou finirons-nous tous aveugles ? Le docteur Mariotti est optimiste quant à l'évolution des choses. « Alors que la population mondiale s'accroît, on a réussi à stabiliser le nombre de cas de cécité grâce aux efforts des gouvernements et des organisations non gouvernementales. Le travail se poursuit maintenant pour réduire le nombre de personnes touchées et offrir de la réadaptation à ceux qu'on n'a pu sauver. »



## Quand faire examiner son enfant ?

Votre enfant semble avoir une vision tout à fait normale ? Ce n'est pas une raison pour ne pas faire examiner ses yeux ! L'Ordre des optométristes du Québec recommande un petit examen de la vue vers l'âge de six mois, puis un examen complet à trois ans. Juste avant l'entrée à l'école, à 5 ans, il faut refaire vérifier les yeux de son enfant, puis une fois par année ensuite, jusqu'à 23 ans.

La Régie de l'assurance maladie du Québec (RAMQ) couvre l'examen de la vue et de la santé de l'œil pour les enfants de 18 ans et moins. Or, seulement 30 % des enfants sont vus par un optométriste avant leur entrée à l'école.

Pourtant, la santé des yeux est cruciale lorsque vient le temps d'apprendre : 80 % de l'apprentissage passe par l'acquisition d'informations par la vue ! En plus de risquer de créer des difficultés d'apprentissage et de concentration, un problème visuel non traité peut entraîner des complications comme le développement d'un œil paresseux ou la perte d'une bonne vision en trois dimensions.

Au Québec, environ 25 % des enfants de 5 à 14 ans ont des problèmes visuels qui nécessitent un traitement par l'optométriste ou l'ophtalmologiste. Chez les 15 à 19 ans, c'est plus de 30 %.

# Une huile essentielle



PHOTOS : STEVE SUGRIM



**M**ais, manioc et légumineuses; voilà les aliments principaux dans les campagnes de la Tanzanie. La viande est peu disponible pour les ruraux et ne cherchez pas au marché local des carottes, du chou frisé ou des courges! Or, les produits animaux – particulièrement les abats –, les légumes verts ainsi que les fruits et légumes orangés sont les meilleures sources de vitamine A. Ce micronutriment essentiel fait donc cruellement défaut aux Tanzaniens.

Les conséquences sont désastreuses: chez les jeunes, une telle carence ralentit la croissance et augmente les risques de

mortalité à la suite de maladies comme la rougeole et la diarrhée. Surtout, leur vision est menacée. « Un apport insuffisant en vitamine A peut causer la xérophtalmie, une maladie qui rend la cornée des enfants opaque et finit par la détruire », explique Nadira Saleh, chargée de projet en Afrique orientale, du Sud et centrale, de Mennonite Economic Development Associates (MEDA), une organisation non gouvernementale (ONG) qui utilise le développement économique pour lutter contre la pauvreté. Les femmes enceintes sont quant à elles à risque de cécité nocturne, un trouble qui affecte

la vision dans l'obscurité.

Le gouvernement a pourtant mis en place, ces dernières années, des mesures pour fournir suffisamment de la précieuse vitamine à sa population. Il offre gratuitement des suppléments aux enfants de moins de cinq ans. Il a aussi voté une loi en 2012 pour obliger les entreprises productrices d'huile végétale à y ajouter de la vitamine A qui se dissout facilement dans les corps gras.

« Par contre, on constate qu'il est ardu de rejoindre tous les enfants afin de leur prodiguer les suppléments et la loi est difficilement applicable dans les régions

# En Tanzanie, la cécité guette plus du tiers des enfants de moins de cinq ans, en raison de graves carences en vitamine A. L'huile de cuisson pourrait changer la donne.

Par Martine Letarte



éloignées, plus pauvres, où les petites et moyennes entreprises dominent la production d'huile », explique Nadira Saleh. Ces entreprises n'ont pas toujours les connaissances et les technologies nécessaires pour enrichir leur produit.

## DES RÉGIONS CRITIQUES

L'équipe de MEDA a choisi de travailler d'abord avec de petits producteurs d'huile de tournesol de Manyara, dans le nord du pays, où la carence en vitamine A touche de 39 % à 51 % des enfants de six mois à cinq ans. Les producteurs locaux fabriquent une huile non raffinée;

il fallait s'assurer qu'on pouvait enrichir efficacement ce produit brut. Une première ! Un projet-pilote a été réalisé en 2012-2013 et il fut couronné de succès.

L'initiative, soutenue notamment par le Centre de recherches pour le développement international du Canada, s'est ensuite déployée à plus grande échelle à Manyara, ainsi que dans la région de Shinyanga, où 31 % à 39 % des enfants de six mois à cinq ans souffrent d'une insuffisance de ce micronutriment. Aujourd'hui, trois entreprises produisent de l'huile enrichie grâce au projet de MEDA et plus de 15 000 litres ont déjà été vendus.

## CHANGER LES HABITUDES

L'idée de consommer de l'huile de tournesol enrichie fait présentement son chemin, surtout que l'ONG a mené une grande campagne de marketing. « Même à Shinyanga où, traditionnellement, la population n'utilisait pas d'huile de tournesol, mais des huiles moins dispendieuses, on voit maintenant beaucoup de gens se procurer notre produit », raconte Goodluck Mosha, gestionnaire du projet en Tanzanie pour MEDA.


Afin d'inciter encore davantage la population à prendre le virage, l'ONG a créé des bons de réduction électroniques envoyés par texto pour permettre aux consommateurs de se procurer l'huile enrichie à un prix semblable à celui de l'huile régulière. La stratégie fonctionne, mais elle n'a pas encore comblé les attentes de MEDA.

Nadira Saleh avance une hypothèse : « Très souvent, les Tanzaniens à faibles revenus n'achètent pas de contenants d'huile. Ils vont plutôt voir le commerçant et lui demandent de leur verser la

petite quantité dont ils ont besoin sur le moment. Ainsi, plusieurs ne bénéficient pas de notre rabais et prennent l'huile non enrichie, moins dispendieuse. »

Depuis l'été dernier, MEDA tente donc une nouvelle tactique : donner les bons de réduction aux commerçants. Ils peuvent en faire profiter les clients, même lors de l'achat de petites quantités d'huile en vrac. Si le projet est concluant avec les quelques détaillants ciblés, les autres suivront, espère l'ONG.

Un autre grand défi est d'augmenter le nombre de commerces des régions ciblées où l'huile enrichie est disponible. Actuellement, près de 200 commerçants sont de la partie et MEDA souhaite en atteindre 300, voire 400, pour permettre à quelque 400 000 Tanzaniens de bénéficier du projet. « Plusieurs commerçants ont manifesté leur intérêt, mais lorsque vient le temps de s'approvisionner, ils remettent le projet à plus tard, explique Goodluck Mosha. Ils manquent de capitaux et les petits commerçants n'ont généralement pas accès au crédit en Tanzanie. Il faut faire preuve de persévérance et de patience. »

L'objectif ultime du MEDA ? Créer une demande à long terme pour le produit fortifié chez les habitants de Manyara et de Shinyanga. L'ONG espère ensuite se retirer du projet et voir les entreprises croître grâce à un modèle d'affaires bien huilé! 

---

*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.*



# UNE NOUVELLE

GEORGE FOK / CENTRE PHI

**On dit que 2016 est l'année de la réalité virtuelle. Pourtant, on affirmait pareille chose il y a 20 ans ! Histoire d'une course à obstacles qui est loin d'être finie.**

Par Mélissa Guillemette



# RÉALITÉ?

# Les technologies de réalité avancées dans les années joue à faire semblant depuis

public dans les années 1990. Lors de la première édition de l'Electronic Entertainment Exposition, en 1995 – un salon considéré aujourd'hui comme le plus important dans le monde du jeu vidéo –, la grande tendance était nulle autre que la réalité virtuelle! Les casques comme Virtual Boy, de Nintendo, et Atari Jaguar VR laissaient entrevoir l'avenir du jeu vidéo comme plus réaliste que jamais.

On a oublié ce pan de l'histoire, remarque Linda Jacobson, auteure de *Garage Virtual Reality, The Affordable Way to Explore Virtual Worlds*, paru en 1994. Mais elle-même se souvient encore très clairement de sa première expérience de réalité virtuelle en 1990, qui l'a motivée à publier cet ouvrage.

Le sentiment de présence, cette impression de se trouver réellement dans l'univers simulé, était déjà excellent, affirme-t-elle. « J'étais dans un jardin du style *Alice au pays des merveilles* et un petit gremlin volant, sorti de nulle part, s'est approché de mon visage en criant "Attrape-moi!" avant de s'envoler. Le son suivait ses mouvements. Je portais des gants électroniques et je suis parvenue à l'attraper. Ça m'a convaincue de consacrer ma vie à la réalité virtuelle! »

Dans son livre, Linda Jacobson donnait les clés pour créer ses propres univers parallèles sur les ordinateurs personnels PC, Macintosh et Amiga. Elle y décrivait d'ailleurs le casque de CAE qui aurait pu être utilisé par les plus débrouillards, si ce n'était qu'il se vendait 75 000 \$. « Sur les babillards électroniques, une communauté s'entraînait pour essayer toutes sortes de choses, raconte-t-elle. Plusieurs ont programmé le Power Glove de Mattel (voir "Les ancêtres de l'Oculus Rift", à la page 29) afin de l'utiliser comme synthétiseur pour créer de la musique. Ils pouvaient alors jouer de l'*air guitar*, de l'*air piano* ou de l'*air harp*! »

Malheureusement, leur enthousiasme n'était pas toujours partagé. David Paquin, professeur et directeur de l'Unité d'enseignement et de recherche en création et nouveaux médias à l'Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue (UQAT), se souvient d'avoir acheté un magazine états-unien, dans les années 1980 ou 1990, pour un article sur la réalité virtuelle dont le titre résume bien pourquoi l'industrie allait dans le mur. Si l'année de parution et le nom du magazine sont flous dans sa mémoire, le titre de l'article y est

Au total, CAE a vendu une dizaine de casques de réalité virtuelle comme celui-ci. Les systèmes de simulation en dôme se sont avérés plus ergonomiques et moins onéreux pour l'entreprise montréalaise. Des employés de CAE ont récemment apposé leur signature sur le casque, quand son inventeur, Brian Welch, est décédé.

En 1989, Macintosh lance son premier portable; la même année, le World Wide Web est inventé. Pendant ce temps, CAE, un fabricant montréalais de simulateurs de vol, met sur le marché un casque de réalité virtuelle. Oui, oui: en 1989!

Certes, il pesait plus de 2 kg et il était relié au générateur d'images par un câble d'un diamètre supérieur à celui d'un tuyau d'arrosage. Reste qu'il faisait son effet!

Grâce à lui, les pilotes militaires en formation se trouvaient immergés en zone de conflit, quelle que soit la direction où ils tournaient la tête. « C'était incroyable! raconte avec fierté Andrew Fernie, devenu *fellow technique senior* chez CAE et qui a travaillé à l'époque au système de détection de la position de la tête. Les couleurs étaient très saturées et il y avait beaucoup de contraste et de brillance dans les images. Il y avait même un suivi du mouvement des yeux pour que la résolution soit meilleure là où le regard se fixait. Je ne pense pas qu'il y ait un autre casque aujourd'hui qui fasse ça. » Pas même le nouvel Oculus Rift de Facebook dont la résolution demeure bien en deçà du dispositif de CAE.

L'année 2016, celle de la réalité virtuelle? Allons donc! Les *geeks* plus âgés, comme Andrew Fernie, ont une impression de déjà-vu. C'est que les technologies de réalité virtuelle – casques, dômes et autres gants électroniques – étaient déjà bien avancées dans les années 1980 et 1990, notamment dans les industries de simulation et de design automobile. On joue à faire semblant depuis longtemps, quoi.

Différentes technologies ont même failli gagner le grand



# virtuelle étaient déjà bien 1980 et 1990. On longtemps.

gravé. « Je m'en rappelle comme si c'était hier; c'était "I Tried Virtual Reality and It Sucked" [J'ai essayé la réalité virtuelle et c'était de la merde], raconte-t-il. Le journaliste constatait plusieurs faiblesses liées aux infrastructures, à la puissance de calcul, à la qualité des moteurs de rendu 3D de l'époque, à des problèmes de latence [NDLR: le délai entre le mouvement de la tête et l'ajustement des images en conséquence] qui causait des malaises physiques importants... Ça m'a attristé, parce que j'espérais tester la réalité virtuelle rapidement et j'espérais aussi qu'elle se répande. »

Cela dit, les entreprises comme CAE et les universités utilisaient alors des systèmes de bonne qualité, nuance David Paquin. « Mais les technologies destinées à Monsieur et Madame Tout-le-Monde avaient une résolution ridicule. » D'où leur échec cuisant auprès du grand public. On en était, en fait, à la préhistoire de la réalité virtuelle.

Une vingtaine d'années plus tard, c'est un jeune Californien de 18 ans, Palmer Luckey, qui a fait tourner le vent. En 2011, ce « patenté » a utilisé des pièces de cellulaires pour créer le prototype d'un casque qui aurait enfin le pouvoir de démocratiser la réalité virtuelle: l'Oculus Rift. Facebook a acheté son entreprise en 2014 – pour 2,6 milliards de dollars! – et le casque se détaille 600 \$ depuis sa sortie, en mars dernier. « C'est un outil qui offre une performance très proche de celle des technologies utilisées dans les grandes industries et qui valent des dizaines de milliers de dollars », dit David Paquin. Notez qu'il faut néanmoins un ordinateur très puissant (encore une dépense!) pour l'utiliser efficacement.

Au rayon des prix modiques, c'est toutefois Google qui remporte la palme. En 2014, le géant du Web lançait le Cardboard, un casque de carton brun à 20 \$ dans lequel on insère un téléphone intelligent qui sert d'écran. La qualité des systèmes qui fonctionnent grâce à un cellulaire (c'est aussi le cas du casque Gear VR qui utilise l'écran des téléphones Samsung) n'est toutefois pas aussi impressionnante que celle des produits alimentés par un ordinateur.

## UN DEUXIÈME BOOM

Il reste que les possibilités semblent désormais infinies. La recherche scientifique, le monde de l'éducation et l'industrie de la construction, entre autres, peuvent tous tirer profit de la réalité virtuelle. Des entrepreneurs comme Yan Cyr ne demandent qu'à les aider! Dans les bureaux de sa jeune entreprise Beam Me Up – pour les admirateurs de *Star Trek* qui se le demandent: oui, on y trouve une cabine de téléportation –, sise au Technohub Saint-Laurent, à Montréal, des travailleurs créent des univers virtuels variés: bord de plage pour la méditation, démo du futur look d'un parc montréalais qui sera réaménagé, circuit pour observer des dinosaures. La

S'exercer sur des patients virtuels: c'est ce que permettent les simulateurs de CAE Santé.



## UNE QUESTION DE FEELING

Tromper le sens du toucher, c'est ce que promet le développement de dispositifs haptiques pour les environnements virtuels. « Un jour, on pourra ressentir les températures, les textures, les pressions, prédit l'auteur et consultante états-unienne Linda Jacobson. Ce pourra être grâce à un habit complexe, un gant de données ou alors un contrôleur qui résiste ou vibre quand on touche un objet dans le monde virtuel. »

Encore une fois, l'industrie de la simulation a de l'avance dans ce domaine. Chez CAE, qui dispose d'une division santé et de tout un catalogue de simulateurs chirurgicaux, nous avons pu faire descendre une caméra dans la gorge, puis l'estomac, d'un patient virtuel qui souffrait d'un ulcère. Un écran diffusait en temps réel ce que la caméra « captait » comme images et le tube résistait vraiment quand il rencontrait des tissus. En réalité, il n'y avait pas de patient ni de tissus, juste un trou dans un appareil où faire glisser le tube. Même portrait dans le simulateur de vol, où le volant du Boeing 737 opposait la résistance appropriée à la situation de l'appareil quand nous le manipulions. Des simulations plus vraies que nature!



Yan Cyr est PD.G. de Beam me up, une entreprise montréalaise qui crée des univers virtuels dans lesquels on se déplace réellement.

chercheurs de circuler à l'intérieur même de la pelote de laine, grâce à un casque de réalité virtuelle. À terme, des chercheurs sur des continents différents pourront s'y « promener » ensemble et discuter.

### LA COURSE À OBSTACLES CONTINUE

Si vous n'avez jamais enfilé de casque de réalité virtuelle, demeurez indulgents. Côté son, la technologie est prête. Mais les univers virtuels ne sont pas encore réalistes à 100 %, en raison de la qualité insuffisante de l'image. Recréer un environnement plus vrai que vrai exigera encore plusieurs années de recherche. « D'une certaine façon, la réalité virtuelle est dans sa phase ingrate d'adolescence », dit Linda Jacobson.

Autre défi, le fameux « cybermalaise ». « Quand on bouge, l'oreille interne signale au cerveau qu'il y a un mouvement, explique Bertrand Nepveu, président de Vrvana, une entreprise bien de chez nous qui développe un casque ultra performant, le Totem. Si le système visuel dit "Je bouge", mais que l'oreille interne dit "Je ne bouge pas", certaines personnes vont avoir la nausée. L'être humain a évolué de sorte que s'il y a discordance entre ses sens, il sera malade, parce qu'il croit à un empoisonnement. » C'est le même principe que celui qui cause le mal de mer.

Il serait possible de pirater l'oreille interne grâce à la stimulation vestibulaire galvanique. Une décharge électrique serait dirigée vers les nerfs du système vestibulaire qui transmettent au cerveau toute l'information liée aux mouvements du corps. Toutefois, cette technique demeure trop imprécise, quoique Samsung travaille à mettre au point une telle technologie: l'Entrim 4D, qui ressemble à une paire d'écouteurs.

« L'autre façon de régler ce problème, c'est de bouger pour vrai », rappelle Bertrand Nepveu. Comme dans les uni-

particularité des univers de Beam Me Up? On peut y circuler.

Il faut savoir que, habituellement, quand un utilisateur enfle un casque, ses pas n'ont aucune influence dans l'univers virtuel. Il aurait beau courir un marathon, il s'y trouverait toujours au même point. Mais Yan Cyr, lui, ajoute un système de capteurs aux casques Gear VR qu'il emploie. On peut ainsi circuler sur son bateau de pirate, depuis la barre, sur la dunette, jusqu'au gaillard d'avant. C'est-à-dire, en réalité, dans une salle vide du Technohub.

« On travaille aussi avec des docteurs en neurosciences de l'Université de Montréal pour que la salle s'adapte à l'utilisateur », signale-t-il. Des capteurs installés sur le crâne des utilisateurs scrutent les micro-impulsions électriques du cerveau pour décoder l'effort mental, l'engagement et les émotions. « La salle peut ensuite guider, apaiser ou stimuler l'utilisateur, selon son état d'esprit. On

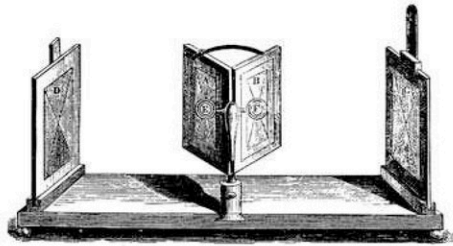
se demande aussi comment scénariser les expériences pour passer d'une émotion à l'autre », dit l'entrepreneur qui conserve précieusement un exemplaire de *Garage Virtual Reality*, le livre de Linda Jacobson.

Yan Cyr vient aussi en appui à Jérôme Waldispühl, professeur à l'École d'informatique de l'Université McGill. Ce dernier, un bioinformaticien, veut aider les généticiens à visualiser le génome humain, pour arriver à faire de nouvelles percées. « Le génome ressemble à une pelote de laine, explique le professeur. On sait depuis quelques années que le séquençage [NDLR: l'ordre des « lettres » dans l'ADN] ne suffit pas pour comprendre tout ce qui se passe dans le génome. Il faut aussi observer la structure de la pelote de laine. »

Jérôme Waldispühl et ses étudiants avaient déjà mis au point le 3D Genome Browser qui permet de visualiser le génome sur un ordinateur, mais la réalité virtuelle permettra bientôt aux

ALEN HOBBS

# LES ANCÊTRES DE L'OCULUS RIFT



Le **STÉRÉOSCOPE**, c'est le physicien anglais Charles Wheatstone qui l'a mis au point et breveté en 1838. La stéréoscopie est l'art de donner une impression de profondeur aux images en deux dimensions. Ce qui confère du relief aux objets que l'on voit, c'est la combinaison des deux images perçues par les yeux, sous des angles différents. Le stéréoscope offre donc deux images à son utilisateur, ce qui lui donne une impression de 3D.

Le **SWORD OF DAMOCLES** est mis au point en 1968 par Ivan Sutherland et



Bob Sproull à l'université Harvard. Il est si lourd qu'il est suspendu au plafond, d'où son nom d'épée de Damoclès. L'utilisateur peut bouger la tête dans un espace de trois pieds autour de l'axe central pour avoir une perspective différente sur l'objet. On en parlerait aujourd'hui comme d'un système de réalité augmentée, car il permettait d'ajouter des objets, un cube blanc par exemple, à l'environnement réel.



Le **POWER GLOVE**, produit par Mattel pour Nintendo en 1989, est l'ancêtre de la Wii, lancée en 2006. En bougeant le bras, l'utilisateur peut contrôler le personnage sur l'écran de la télé.



Mais son casque ne sera jamais mis en marché, en raison de problèmes techniques.

**SEGA VR** est un casque de réalité virtuelle qui devait sortir en 1993 au coût de 200 \$. L'entreprise promettait une révolution.



Le **TIGER R-ZONE**, produit par Tiger Electronics en 1995, sera un échec lamentable. Un projecteur diffuse des jeux sur un minuscule écran qui ne couvre que l'œil droit ! Sa production est abandonnée en 1997.



Le **SENSORAMA** est breveté en 1962 aux États-Unis; cet appareil immersif permet de visionner des vidéos stéréoscopiques agrémentées d'une bande sonore en stéréo, de l'émission de 10 odeurs différentes, de vents et de vibrations du siège. Son inventeur, Morton Heilig, pense révolutionner le cinéma. Il ne réussit malheureusement pas à convaincre les investisseurs et le Sensorama atterrit plutôt dans les arcades. Morton Heilig avait également breveté le Telesphere Mask, le premier casque de réalité virtuelle, en 1960.



Oculus Rift



Le casque **VIRTUAL BOY**, par Nintendo, sort en 1995. Ses jeux vidéo sont en 3D, mais seulement en rouge et noir. Il est lié à une manette et peut être posé sur une table, grâce à un support. Les ventes sont terriblement décevantes, si bien qu'il est abandonné l'année suivante.


Le **JAGUAR VR** est un casque développé pour la console Atari en 1995. Il ne sera finalement jamais lancé.



vers de Beam Me Up, mais aussi comme dans la réalité augmentée où l'utilisateur reste connecté à son environnement. C'est ce que permet le Totem, sur lequel Vrvana travaille depuis huit ans, grâce à des caméras qui retransmettent à l'écran l'environnement de l'utilisateur. L'expérience a de quoi étonner. Toujours conscient du décor réel, l'utilisateur peut diriger un petit avion de guerre virtuel à l'aide d'une manette – et faire feu accidentellement sur son voisin, comme cela nous est arrivé lors de notre passage chez Vrvana. (Rassurez-vous, personne n'a été véritablement blessé dans le cadre de ce reportage.)

« En tant que *gamer hardcore*, la réalité virtuelle m'excite plus, mais je constate que la réalité augmentée a peut-être davantage de potentiel, dit Bertrand Nepveu. Surtout que le délai entre le photon qui arrive sur la caméra du Totem et le photon qui arrive dans la rétine est minime : il est de 15 millisecondes, alors que le cerveau accepte ce qu'il voit comme étant réel à partir de 20 millisecondes. Si on ajoute un élément virtuel au portrait, le cerveau y croit aussi. »

Plusieurs observateurs pensent que c'est ça, l'avenir du virtuel : il doit s'ancrer dans la vraie vie. Selon des prévisions de Digi-Capital, une firme de consultants en fusion-acquisition dans le monde techno, implantée dans la Silicon Valley, le marché de la réalité augmentée sera trois fois plus gros que celui de la réalité virtuelle en 2020. L'immersion virtuelle pourrait, à terme, être reléguée au secteur du divertissement : jeu, cinéma, parc d'attractions, musées. « Dans la vie de tous les jours, on ne peut pas se couper de la réalité longtemps, fait remarquer Julien Coll, chargé du développement des affaires pour le Centre de développement et de recherche en imagerie numérique, basé à Matane. Je crois que les gens vont finir par s'en lasser et plutôt opter pour la réalité augmentée. »

Le défi technique consiste maintenant à faire interagir les éléments virtuels avec le décor réel. « Le casque ou les lunettes vont scanner l'environnement et les personnages vont interagir avec les objets réels – les HoloLens de Microsoft peuvent déjà le faire d'ailleurs [NDLR : et le Totem aussi], dit Julien Coll. Dans un jeu d'enquête créé par le studio Asobo, à Bordeaux, les personnages circulent dans la pièce où vous jouez et peuvent s'asseoir sur votre canapé. » Une nouvelle réalité entrera alors dans nos salons. 

## OUBLIER SES BLESSURES



« Je n'en reviens pas ! » C'est ce qu'a dit la physiothérapeute quand un grand brûlé âgé de 22 mois n'a pas pipé mot pendant son changement de pansements, lui qui, habituellement, hurlait de douleur quand venait le temps de traiter son abdomen et sa cuisse, touchés au deuxième degré. Mais ce jour-là, il était bien trop occupé à regarder les bulles attaquer les personnages colorés autour de lui.

Le bambin participait au pilote d'une étude sur la réalité virtuelle qui sera menée cet automne au CHU Sainte-Justine sous la supervision de Sylvie Le May, professeure à la faculté des sciences infirmières de l'Université de Montréal. Chaque année, une centaine d'enfants y atterrissent en raison d'une grave brûlure. « Pour soulager leur douleur et leur anxiété pendant le changement de pansements, on administre des opioïdes et des sédatifs, dit la chercheuse. Ce n'est pas sans risque. À très forte dose, ces médicaments rendent les enfants léthargiques et peuvent affecter leurs signes vitaux. »

L'équipe veut vérifier si une expérience immersive réduirait les besoins pharmacologiques de ces petits. « Le clown et la musique, ce n'est pas suffisant pour eux, ajoute la doctorante Christelle Khadra. L'idée est de transporter l'enfant loin de l'hôpital, vers un endroit plus plaisant où il peut s'amuser et oublier sa douleur. »

Cette expérience s'inspire des travaux du chercheur états-unien Hunter Hoffman qui a créé le jeu *SnowWorld* à l'intention des vétérans grands brûlés. Il l'a adapté pour les enfants mais, au CHU Sainte-Justine, ce sera la première

fois qu'il sera testé chez des enfants aussi jeunes (entre quatre et neuf ans). Pour ceux entre un et trois ans, un univers différent a été développé, *Bubbles*, en collaboration avec David Paquin, professeur à l'UQAT.

« Quand notre système nerveux est très sollicité par plusieurs sens en même temps, on constate qu'il ne traite qu'une seule partie de l'information; c'est la théorie du portillon, explique le chercheur. La réalité virtuelle a justement la capacité de stimuler les sens de façon très dynamique. »

Il leur fallait tout de même trouver un système sans contact avec la peau du visage, puisque la plupart sont brûlés au haut du corps. Pas de casque, donc. La Société des arts technologiques a aidé l'équipe à trouver la solution parfaite : un dôme Cobra d'une valeur de 15 000 \$. Il entoure le bain où le changement de pansements a lieu, sans gêner les mouvements du personnel soignant.

« Ça va plus loin que la distraction passive, comme quand on regarde la télé, explique Christelle Khadra. Nos jeux immersifs ont un aspect interactif. » Dans *Bubbles*, par exemple, l'enfant peut créer plus de bulles en pressant une poire. S'il ne peut pas interagir avec ses mains, en raison de ses blessures, l'environnement interagit avec lui.

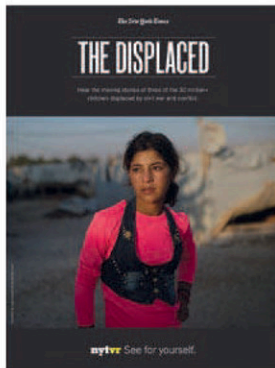
Il faudra attendre un moment pour obtenir les résultats de cette étude. « Mais, jusqu'à maintenant, ça semble très prometteur », dit la professeure Le May. Et pas seulement lors de la première expérience des petits. Ils semblent aussi captivés lors des changements de pansements suivants.

## UNE MACHINE À EMPATHIE

Difficile de ne pas avoir une boule au ventre en visionnant *The Displaced*. Ce film de 11 minutes, réalisé par le *New York Times Magazine* et la compagnie de production *Urse.works*, et présenté au Centre Phi l'été dernier, suit trois enfants qui ont fui leur maison en raison de la guerre : une Syrienne, un Ukrainien et un Sud-Soudanais. Produité avec des caméras de réalité virtuelle, le documentaire nous plonge carrément dans leur misère.

Depuis toujours, le cinéma, la littérature et les reportages ont cette faculté de nous faire ressentir ce que les personnages vivent. Mais la réalité virtuelle serait plus efficace. « Le sentiment de présence permet de susciter beaucoup plus d'empathie qu'à travers un média traditionnel », explique David Paquin, professeur à l'UQAT.

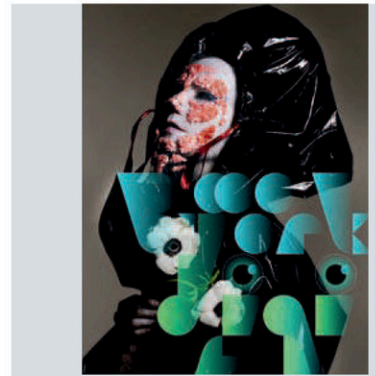
Il a d'ailleurs un projet sur sa table à dessin : une visite des communautés autochtones du Québec. « On veut se servir du virtuel pour que les gens soient plus sensibles à leur réalité. On peut habiter Rouyn-Noranda et ignorer que, juste à côté, dans la réserve de Lac-Simon, c'est le tiers-monde. »



La méthode a fait ses preuves. Même les psychopathes éprouvent de l'empathie dans un environnement de réalité virtuelle. Ce n'est pas peu dire ! En effet, le professeur Paquin a conçu des contenus pour une équipe de l'Institut Philippe-Pinel, qui voulait mesurer le niveau de compassion des personnes en examinant leur activité cérébrale. Ils ont confronté des délinquants violents à un avatar d'eux-mêmes gémissant de douleur. « Chez certains prédateurs, ça a été le premier contact avec l'empathie », raconte David Paquin. L'équipe espère arriver à entraîner des patients qui n'en éprouvent que peu, ou même pas du tout, à enfin ressentir de la compassion.

Tout un lot d'applications est imaginable. Une étude a déjà révélé que voir un avatar de nous-mêmes à 65 ans nous pousse à économiser pour la retraite. D'autres chercheurs et entrepreneurs veulent faire découvrir au public ce que c'est que d'être handicapé ou encore de souffrir de maladie mentale ou de migraines.

Quant aux vidéos comme *The Displaced*, elles peuvent certainement sensibiliser les donateurs, les politiciens et les représentants des Nations unies.



## JE VEUX L'ESSAYER !

Pour tester des expériences de réalité virtuelle, rendez-vous dans le Vieux-Montréal. Du 15 octobre au 12 novembre, le centre DHC/ART Fondation pour l'art contemporain présente *Björk Digital*, une série d'œuvres numériques et vidéo réalisées par l'auteure-compositrice-interprète islandaise et des collaborateurs. Le Jardin de réalité virtuelle du Centre Phi occupe quant à lui les locaux du Centre d'histoire de Montréal jusqu'au 20 novembre. C'est l'occasion de visionner gratuitement la trilogie *Nomads* de Felix & Paul Studios, une boîte de production québécoise spécialisée dans les contenus immersifs.

OSER + INNOVER

Participez à l'élaboration de la prochaine

## STRATÉGIE QUÉBÉCOISE DE LA RECHERCHE ET DE L'INNOVATION

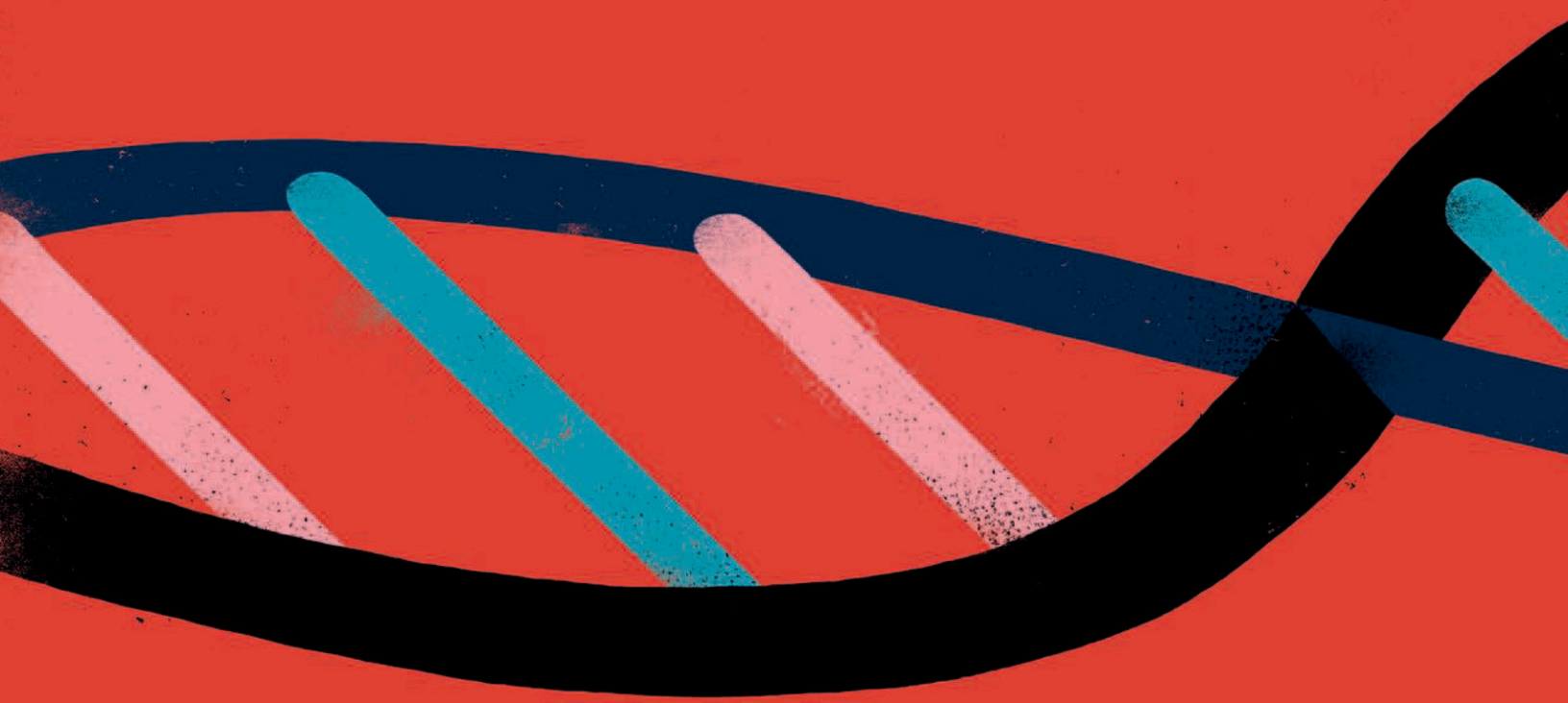
Soumettez votre vision et vos idées sur la plateforme collaborative

[economie.gouv.qc.ca/SQRI](http://economie.gouv.qc.ca/SQRI)

ENSEMBLE   
on fait avancer le Québec

Québec 

# Un scalpel génétique tout-puissant



**CRISPR; SIX LETTRES QUI DÉSIGNENT  
DES CISEAUX GÉNÉTIQUES APPELÉS  
À CHANGER LA FACE DU MONDE.  
POUR LE MEILLEUR ET PEUT-ÊTRE  
POUR LE PIRE.**

ILLUSTRATION - SÉBASTIEN TRIBAULT

Par Joël Leblanc

**A**u début des années 2010, n'entraît pas qui voulait dans le laboratoire d'Emmanuelle Charpentier. De toute façon, personne ne voulait y aller. Sous haute sécurité et soumis à des protocoles très stricts, l'endroit hébergeait des colonies de *Streptococcus pyogenes*, l'infâme « bactérie mangeuse de chair ». La chercheuse française, alors à l'université d'Umeå, en Suède, a confronté la bête pendant plus de trois ans. Le jeu en valait la chandelle, car le microbe cachait dans ses gènes un outil moléculaire ultra puissant que la professeure a réussi à dompter. D'une



bactérie capable de tuer, elle a soutiré une biotechnologie qui sauvera des vies et qui est déjà au cœur d'une incroyable révolution dans le monde de l'ingénierie génétique : CRISPR/Cas9 – ou plus familièrement, dans l'intimité des labos, « CRISPR ».

Prononcé à l'anglaise *crisper*, le nom sonne comme une marque de croustilles ou de chocolat. Il s'agit pourtant de l'outil le plus précis jamais conçu pour modifier les gènes à volonté. Depuis déjà trois ans, il est utilisé dans tous les laboratoires de biologie moléculaire du monde. Percée capitale, découverte fondamentale ou révolution, ces expressions surutilisées en science deviennent des euphémismes quand il est question de CRISPR qui a fait passer le génie génétique de l'âge de pierre à l'ère spatiale.

Emmanuelle Charpentier, qui est maintenant directrice de l'Institut Max-Planck de biologie infectieuse de Berlin, a codéveloppé cette biotechnologie avec Jennifer Doudna, professeure

Emmanuelle Charpentier (à gauche) et Jennifer Doudna ont révolutionné la biologie, en détournant un système immunitaire bactérien pour en faire un scalpel génétique universel. Déjà lauréates de nombreux prix, elles sont pressenties pour recevoir, bientôt, un prix Nobel.



à l'université de Californie à Berkeley. On n'hésite pas à leur prédire un Nobel avant longtemps.

C'est que CRISPR ouvre toutes les portes aux généticiens. Se rendre à un endroit précis dans l'ADN de n'importe quel organisme vivant et modifier, éliminer ou ajouter un gène, ou même une petite partie d'un gène, est devenu un jeu d'enfant. Jamais de telles interventions n'ont été aussi rapides, précises et faciles – sans compter leur coût 100 fois moins élevé qu'avec les méthodes préexistantes. Au point même d'accélérer tout un mouvement de bio-pirates qui peuvent désormais s'amuser à faire du génie génétique dans leur sous-sol (voir l'encadré « Biologistes de garage » à la page 38).

### ARME NATURELLE

« Nous n'avons pas inventé cette technologie, concède Emmanuelle Charpentier. Le mécanisme existait déjà dans la nature, chez de nombreuses bactéries. Nous l'avons simplement détourné de sa fonction première qui est de défendre ces dernières contre les virus. » Il faut savoir que les bactéries, tout comme nous, peuvent être assaillies par des virus. On appelle ces virus des bactériophages, ou simplement des « phages ».

Lorsqu'un phage attaque une bactérie, il s'y fixe et injecte son matériel génétique à l'intérieur, pour « pirater » la cellule. Cet ADN viral est lu par la machinerie cellulaire de la bactérie qui fabrique alors des centaines de copies du virus. De 20 à 30 minutes plus tard, la cellule détraquée, trop pleine, finit par éclater et libérer dans les environs tous ces nouveaux phages qui s'en prendront à leur tour aux bactéries voisines.

Mais plusieurs bactéries savent se défendre. Leur « système immunitaire » mémorise les tentatives d'agressions passées et les mate lorsqu'elles se présentent de nouveau. Ce système, c'est le fameux CRISPR, dont le mécanisme a été compris et décrit en 2007 par l'équipe de Sylvain Moineau, professeur

titulaire au département de biochimie, de microbiologie et de bio-informatique de l'Université Laval, à Québec, et directeur de la Chaire de recherche du Canada sur les bactériophages.

Dans son laboratoire, au sous-sol du pavillon de médecine dentaire de l'Université Laval, quelques bouteilles de champagne vides trônent sur une étagère, souvenirs de ces moments « eurêka » qui ont ponctué l'histoire récente de l'équipe. « Il y a presque 30 ans, rappelle Sylvain Moineau, des chercheurs japonais avaient repéré des séquences étranges dans l'ADN de bactéries *E. coli*. Il s'agissait de courtes sections d'ADN qui se répétaient à l'identique en plusieurs exemplaires dans le génome. Et toutes ces sections identiques étaient séparées par des sections tout aussi courtes, mais variables, qu'on a appelées *spacers*. Dans une même cellule bactérienne, on pouvait trouver 10, 15, 30 répétitions de la même section, toutes séparées par des séquences variables. On a par la suite trouvé cette même zone étrange chez d'autres espèces de bactéries, mais personne ne savait à quoi elle servait. »

Cette zone bizarre a reçu différentes appellations avant qu'on lui donne définitivement le nom de CRISPR, acronyme anglais pour *Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats* ou, en français, « courtes répétitions palindromiques regroupées et régulièrement espacées ». Le qualificatif « palindromique » indique que les séquences d'ADN répétées sont identiques, qu'on les lise dans une direction ou dans l'autre, comme le mot kayak.

« En 2005, se rappelle Sylvain Moineau, j'ai été contacté par des microbiologistes de Danisco, la compagnie danoise de fromage et yogourt. Ils avaient repéré une zone CRISPR dans le génome des bactéries utilisées pour la fabrication de leurs produits. Mais surtout, ils avaient découvert que les *spacers*, entre les séquences identiques, correspondaient parfaitement à des séquences génétiques

**CRISPR ouvre toutes les portes aux généticiens. Se rendre à un endroit précis dans l'ADN de n'importe quel organisme vivant et modifier, éliminer ou ajouter un gène, ou même une petite partie d'un gène, est devenu un jeu d'enfant.**

de virus qui attaquent couramment ces souches bactériennes. Ils soupçonnaient qu'il s'agissait d'un système immunitaire des bactéries et ils me demandaient d'en trouver le mécanisme. »

Deux ans plus tard, en 2007, les chercheurs de Danisco et de l'équipe de Sylvain Moineau publiaient le résultat de leurs travaux dans la prestigieuse revue *Science*. Dans l'ADN d'une bactérie, CRISPR est



MIGUEL RIOPA/AFP/GETTY IMAGES

en fait une banque d'ADN viraux, stockés en mémoire par les ancêtres de la bactérie et transmis depuis plusieurs générations. « Ce mécanisme est possible parce que certains virus peuvent être défectueux, explique Sylvain Moineau. Une bactérie agressée par un virus défaillant ne meurt pas. Elle intègre l'ADN du virus dans son propre génome, en le plaçant entre deux sections identiques d'ADN CRISPR. » Les différents *spacers* constituent donc, en quelque sorte, un archivage génétique des anciens ennemis. Ils sont tous « copiés » par la cellule, et y dérivent, comme autant de petits patrouilleurs. Mais ils ne patrouillent pas seuls. « Nous avons aussi découvert que, sur le même brin d'ADN bactérien, un peu avant la zone CRISPR, se trouvent des gènes qui servent à produire des protéines particulières. Comme elles sont associées au CRISPR, ces protéines sont nommées Cas, pour *CRISPR associated*. Il en existe plusieurs, dont la Cas9 », poursuit-il.

Or, ces protéines sont de véritables scalpels à ADN. Chaque « patrouilleur » (aussi appelé ARN-guide) s'associe à une protéine Cas9, formant un formidable attelage. Si un virus connu se pointe et injecte son ADN dans la bactérie, le complexe CRISPR/Cas9 correspondant s'y attache. La protéine Cas9 fait alors son travail : elle sectionne l'ADN viral, ce qui le rend inopérant.

« La protéine Cas9 est redoutable pour couper avec précision un brin d'ADN, mais elle est aveugle : c'est son brin d'ARN-guide

## Comment CRISPR réécrit le génome

Cas9 est une protéine capable de cisailier l'ADN

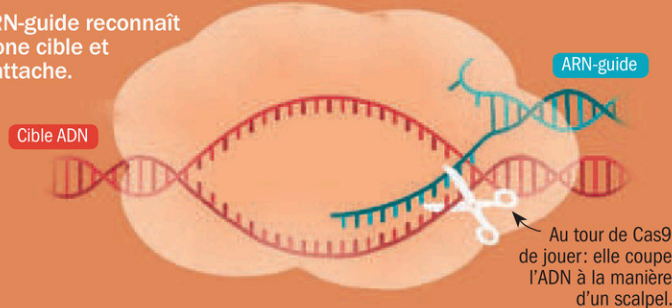
ARN-guide: il conduit Cas9 jusqu'à la région du génome qu'on veut modifier.



Ces deux éléments s'associent et « scannent » le génome à la recherche de leur cible.



L'ARN-guide reconnaît la zone cible et s'y attache.



L'ADN ainsi coupé peut être inactivé, ou peut être réparé avec un nouveau gène fourni par les scientifiques.



qui la positionne à l'endroit où il faut couper», précise Sylvain Moineau.

C'est ainsi que le chercheur de l'Université Laval a ouvert la voie au désormais célèbre outil génétique d'Emmanuelle Charpentier et de Jennifer Doudna. « Nous avons trouvé comment remplacer l'ARN-guide du complexe CRISPR/Cas9 par la séquence d'ARN de notre choix, afin qu'elle puisse s'apparier précisément n'importe où dans le génome de n'importe quel organisme, explique la professeure Charpentier, dont le travail a été publié dans *Nature* en 2011. Une fois à la bonne place, la protéine Cas9 fait son travail et coupe l'ADN à l'endroit voulu. » Un peu à la manière de la fonction « rechercher » dans un texte, qui permet de repérer un mot bien précis au milieu d'un paragraphe.

Très vite, dès 2013, plusieurs scientifiques s'emparent de ces ciseaux génétiques et montrent leur efficacité chez les souris, les levures, les plantes... et les cellules humaines.

En cisailant ainsi l'ADN, l'outil permet

SEBASTIEN THIBAUT/SOURCE : CANCER RESEARCH UK



Le microbiologiste Sylvain Moineau (ici avec l'étudiante au doctorat Siham Ouennane), de l'Université Laval, a compris le mode de fonctionnement de CRISPR/Cas9 chez la bactérie. Sans ses travaux, l'outil CRISPR n'aurait peut-être pas vu le jour.

LIPMAN STILL PICTURES/ORSING

« C'est là la grande force de CRISPR. On va enfin pouvoir connaître le rôle et la fonction des gènes pris un à un. »

de désactiver n'importe quel gène. Mais pas seulement : si on fournit en même temps un nouveau gène à la cellule, elle réparera son ADN brisé en y insérant ce nouveau code. De quoi modifier à volonté les génomes, réparer les gènes malades, les remplacer, ou permettre à un organisme de produire des protéines totalement nouvelles. Une véritable chirurgie génétique!

### LA PANACÉE

Bien sûr, les chercheurs n'ont pas attendu CRISPR pour manipuler les génomes. Il y a quelques décennies déjà, ils y parvenaient en bombardant les cellules de microparticules enrobées d'ADN, en espérant que ce dernier se loge dans le génome. Un taux de succès de 1 sur 1 000 était considéré comme excellent. Par la suite sont arrivées des techniques plus pointues, comme les enzymes à doigts de zinc ou les TALENs (en 2010), qui permettaient d'agir à des endroits précis du génome. Mais chaque nouvelle manipulation génétique né-

cessitait des mois, voire des années de travail. Pour exécuter une nouvelle modification, même minime, il fallait chaque fois repartir de zéro.

« L'avantage de CRISPR, explique Sylvain Moineau, c'est que la protéine Cas9 est toujours la même. Tout ce qui change, c'est le brin d'ARN-guide. Et ça, c'est facile à obtenir. Lorsqu'on connaît le gène à cibler, on peut acheter la séquence d'ARN appropriée et la recevoir en une ou deux semaines. »

Voilà pourquoi la méthode s'est propagée comme une traînée de poudre. Les *start-ups* n'ont pas tardé à bourgeonner, attirées par d'éventuels profits, et les annonces se sont multipliées. Une firme chinoise a modifié le génome d'un cochon afin de désactiver certains gènes responsables de sa croissance; destiné au marché des animaux de compagnie, l'animal ne dépasse pas la taille d'un beagle. En Californie, on veut immuniser des porcs contre la peste porcine africaine en insérant dans leur génome des gènes de phacochères, animaux qui portent le virus sans développer la maladie. Ailleurs, on tente de rendre des abeilles plus résistantes aux maladies pour renverser leur déclin. Dans un centre de recherche australien, on travaille à modifier le génome des poules afin qu'elles pondent des œufs ne causant pas d'allergies chez l'humain. À Boston, un chercheur ambitieux veut transformer des éléphants d'Asie en mammoths laineux, rien de moins.

Les espoirs suscités par CRISPR/Cas9 vont bien au-delà des espèces animales. Des levures pourraient être altérées pour produire efficacement des biocarburants à partir de déchets agricoles et limiter, voire éliminer, notre dépendance aux combustibles fossiles. En agriculture, on teste des céréales, des légumes et des légumineuses ayant le potentiel de résister aux ravages des insectes, des maladies et des sécheresses. Un champignon modifié par CRISPR pour brunir moins rapidement a déjà obtenu en avril le feu vert du gouvernement états-unien.

Et en médecine, tous les espoirs sont permis. Par exemple, CRISPR/Cas9 donne des munitions aux chercheurs qui, depuis des décennies, explorent l'idée de modifier génétiquement

# Gène éthique



UNIVERSITÉ DE DALHOUSIE

Françoise Baylis est philosophe et bioéthicienne à l'université Dalhousie à Halifax, en Nouvelle-Écosse. Directrice de la Chaire de recherche du Canada en bioéthique et philosophie, elle fait partie du comité qui a organisé la grande conférence éthique sur CRISPR/Cas9, à Washington, en décembre 2015.

## La technologie CRISPR/Cas9 suscite-t-elle de nouvelles questions éthiques ?

Le débat n'est pas nouveau. Ce sont des questions qui datent de 40 ans. En théorie, nous avons la capacité de modifier génétiquement l'humain depuis des décennies. En pratique, les méthodes n'étaient pas assez bonnes. Mais CRISPR/Cas9 change complètement la donne. Nous pouvons maintenant apporter une modification chez un humain et toute sa lignée. Est-ce que notre espèce peut s'autoriser à faire ça ? Peut-elle le permettre au moins dans un but thérapeutique ? Malgré la conférence de Washington, nous ne nous sommes pas entendus. Il y a différentes façons de percevoir l'humain selon les cultures, différentes valeurs éthiques qui dépendent de perspectives morales.

Alors que des chercheurs sont d'avis qu'on ne peut pas « jouer à Dieu » en modifiant la lignée humaine, d'autres avancent qu'il est de notre responsabilité de faire disparaître des maladies si ce nouvel outil nous le permet.

## Cette diversité dans les conceptions et les règles d'une nation à l'autre entraîne-t-elle des risques ?

Les scientifiques désireux de mener des travaux sur les embryons humains pourraient simplement émigrer dans un pays où la réglementation est plus permissive. Il faut arrêter ce tourisme scientifique et s'entendre sur des règles à suivre à l'échelle internationale. Pour le moment, il y a un semblant de moratoire, mais personne n'est dupe : on s'empêche encore de modifier

l'humain simplement parce que la technologie n'est pas parfaitement au point.

## Présentez-nous un scénario qui pourrait être considéré comme éthiquement correct.

D'abord, la recherche fondamentale que permet CRISPR/Cas9, elle, doit continuer. Il y a un grand intérêt à mieux comprendre le génome. Ensuite, il faut permettre la recherche clinique et les actions thérapeutiques. Modifier le génome d'un seul

individu pour lui permettre de régler un problème de santé ne pose pas vraiment de question éthique. Dans toutes les institutions, il y a déjà des comités d'éthique qui peuvent très bien gérer ces demandes. La réelle frontière est celle de la modification de cellules germinales : ovaires,

spermatozoïdes et embryons très jeunes. Des modifications apportées à ces cellules pourraient persister à jamais dans le patrimoine génétique de l'humanité. Il faut une conversation mondiale. Il faut que plein de gens se prononcent; les chercheurs, mais aussi le public. Il faudra finalement tenir compte des diversités éthiques et religieuses, et atteindre un consensus. Il faut discuter d'abord, et agir ensuite, pas l'inverse.

## Voyez-vous quand même une menace à courte échéance ?

Il va falloir faire attention au bioterrorisme. Si les instituts de recherche se donnent des règles éthiques et des limites à ne pas franchir, ce ne serait pas le cas d'un laboratoire clandestin qui pourrait se lancer dans la fabrication d'armes biologiques. CRISPR/Cas9 le permet déjà. J.L.





# Biologistes de garage

Mars 2015. Comme chaque année, le festival *South by South West* bat son plein à Austin, au Texas. Dans un bungalow loué, en banlieue de la ville, une vingtaine de personnes discutent, écoutent de la musique, prennent une bière. Sur la table de la cuisine, au milieu des verres à moitié vides, traînent des boîtes de Petri et des pipettes. Dans un coin du salon se trouve l'incubateur où croissent des colonies de bactéries modifiées génétiquement. L'événement, organisé par la start-up torontoise Synbiota, en est un de *biohacking*: on pirate des cellules vivantes afin de leur faire produire de nouvelles protéines.

Voici venue l'ère de la biologie de garage. « Des OGM maison, ça semble effrayant pour certains, explique Connor Dickie, P.D.G. de Synbiota. Mais notre mission est de démocratiser les biotechnologies. Rendre les technologies d'ingénierie génétique accessibles aux gens ordinaires permettra de créer de nouveaux produits auxquels on n'aurait même pas rêvé. »

La compagnie Synbiota vend déjà des kits de manipulation génétique à utiliser chez soi, reposant sur des techniques classiques. La version « débutant » consiste à prendre des bactéries *E. coli* inoffensives et à leur insérer un gène pour leur faire produire une protéine colorée; rose, bleue ou verte, à vous de choisir! Avec l'arrivée de CRISPR, le terrain de jeu n'aura bientôt plus de limites.

« Dans les années 1950 et 1960, les ordinateurs étaient programmés par des informaticiens. Les logiciels étaient avant tout pratiques et avalaient puis recrachèrent des colonnes de chiffres. Et ils étaient moches. Aujourd'hui, tout le monde peut s'improviser développeur de logiciels, plus besoin d'informaticien. Les biotechnologies sont en train de suivre la même voie: jusqu'à maintenant l'apanage presque exclusif des biologistes, elles seront bientôt à la portée de tous. Un *biohacker* pourra ainsi mettre au point un remède pour des maladies orphelines avec une fraction des sommes actuellement investies en recherche pharmaceutique. »

les moustiques dans le but d'empêcher la propagation de maladies comme la dengue, le paludisme ou le zika.

Au même moment, des laboratoires tentent de produire des cellules humaines résistantes au virus du sida. Ailleurs, on travaille sur la thérapie génique qui guérirait définitivement la fibrose kystique, l'hémophilie ou d'autres maladies génétiques. En juillet dernier, en Chine, un groupe de recherche annonçait

le début d'essais sur l'humain pour vaincre le cancer du poumon en injectant chez des volontaires des cellules modifiées génétiquement par CRISPR/Cas9. Des essais similaires devraient débuter en 2017 aux États-Unis. Leucémies, alzheimer, dystrophies et autres affections pourraient enfin perdre du terrain face aux offensives de CRISPR...

## RÊVES ET CRAINTES

L'outil est d'autant plus puissant qu'il est versatile, malléable à l'envi, à la manière d'un couteau suisse. Ce qu'il révolutionne donc en premier lieu, c'est la vie des chercheurs qui peuvent désormais comprendre les fonctions des gènes, fabriquer des modèles animaux, rechercher et tester de nouvelles cibles thérapeutiques en un tournemain... Certains ont remanié la protéine Cas9 pour qu'elle ne coupe pas le gène cible, mais qu'elle stimule son activité ou au contraire l'inhibe, ou encore qu'elle agisse uniquement sous certaines conditions chimiques. D'autres ont même rendu Cas9 lumineuse, pour visualiser certaines régions du génome par imagerie.

« C'est là la grande force de CRISPR, s'enthousiasme Sylvain Moineau. On va enfin pouvoir connaître le rôle et la fonction des gènes pris un à un. En éteignant et rallumant un gène, on peut découvrir à quoi il sert dans une cellule. Le génome humain compte quelque 24 000 gènes. Seule une petite partie de ce nombre a un rôle connu. Tout ça va changer rapidement. »

Parlez-en aux entreprises de biotechnologies pour lesquelles CRISPR est devenu le nouveau sésame. Feldan Therapeutics, par exemple, sise à Québec, exploite depuis peu le complexe CRISPR/Cas9. « Nous nous spécialisons dans les solutions permettant d'acheminer des substances à l'intérieur des cellules, explique David Guay, directeur de la recherche. Nous avons mis au point une molécule qui peut traverser la membrane d'une cellule et se retrouver intacte à l'intérieur. Le plus beau, c'est qu'on peut associer cette molécule à n'importe quoi, par exemple un complexe CRISPR/Cas9. »

Il faut savoir que le scalpel génétique a beau être efficace, les techniques permettant de l'administrer à l'intérieur des cellules sont encore imparfaites. Mais les choses progressent vite. C'est pourquoi François-Thomas Michaud, P.D.G. de Feldan, est convaincu que CRISPR est une mine d'or. « D'ici 20 ans, les retombées économiques mondiales de cette technologie se chiffreront entre 50 et 100 milliards de

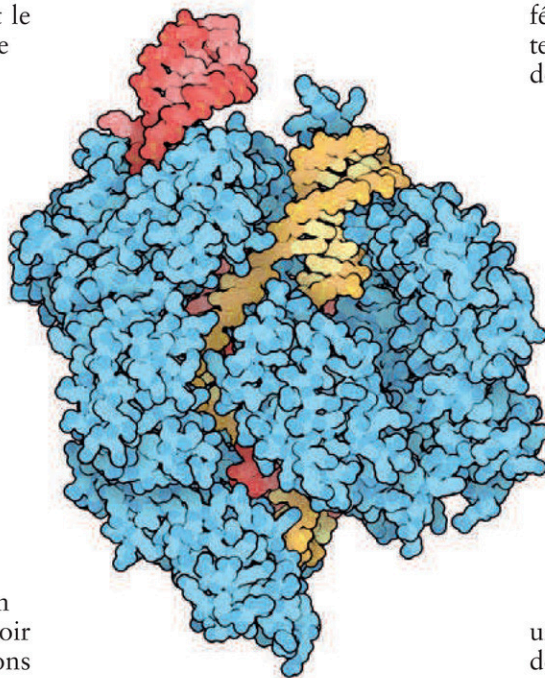
## Tout le monde s'entend sur une chose : il faudra s'assurer de l'efficacité de la technique et de son innocuité avant de modifier pour de bon le génome humain.

dollars par année », prédit-il. C'est le moins qu'on puisse attendre d'une technologie qui a le potentiel de tout guérir, ou presque.

Si l'engouement est immense, il amène son lot d'interrogations éthiques. Les manipulations génétiques ne sont pas sans conséquence, surtout si elles sont effectuées sur un embryon : la modification s'inscrit alors dans toutes les cellules, y compris les cellules reproductives, et elle est transmise aux générations suivantes.

Jouer avec le génome humain est-il acceptable ? Dans la « folie CRISPR », difficile de freiner les ardeurs. En avril 2015, après quelques semaines de rumeurs, des chercheurs de l'université Sun Yat-Sen à Canton, en Chine, ont confirmé avoir modifié génétiquement des embryons humains avec CRISPR/Cas9 afin de « corriger » les gènes responsables d'une grave maladie du sang, la bêta-thalassémie. Comme leur but n'était pas de créer des humains modifiés génétiquement, mais de tester l'efficacité de la méthode, ils ont mené leur expérience sur des embryons non viables. Ils ont démontré que l'outil reste imparfait : un nombre important de modifications génétiques ont surgi à des endroits non prévus.

Leur avancée a ravivé le débat éthique dans la communauté scientifique. En décembre dernier, à Washington, une conférence internationale a rassemblé des chercheurs ainsi que des philosophes états-uniens, canadiens, britanniques et chinois afin que tous puissent partager leur point de vue et parvenir à un consensus. Un rapport est attendu cette année (voir l'encadré « Gène éthique » à la page 37). Mais pour l'heure, les règles varient d'un pays à l'autre. Le Canada, par



Chez certaines bactéries, la protéine Cas9 s'associe à un ARN CRISPR (ici en rouge) pour neutraliser le virus correspondant (en jaune).

exemple, interdit toute recherche sur des embryons humains. Aux États-Unis, aucun financement public n'est accordé à la recherche sur ceux-ci, mais aucune loi ne l'empêche non plus; alors que, au Royaume-Uni, l'édition génétique sur des embryons humains peut être autorisée en recherche, mais pas en clinique.

Cela dit, tout le monde s'entend sur une chose : il faudra s'assurer de l'efficacité de la technique et de son innocuité avant de modifier pour de bon le génome humain. Des animaux modifiés par CRISPR/Cas9 semblent parfaitement normaux, mais le nombre d'essais demeure faible et les observations ne s'étirent que sur un ou deux ans. Les chercheurs en sont conscients et les comités d'éthique de leurs institutions veillent. Toutefois, il y a un réel danger que des cliniques de

fécondation in vitro tentent d'utiliser la technique prématurément pour éliminer des risques de maladie, mais aussi pour « améliorer » des traits aussi banals que la taille de l'enfant ou la couleur de ses yeux. Dans certains pays, incluant les États-Unis, ce ne serait pas illégal.

« La science n'est pas rendue là, tempère Sylvain Moineau. Pour modifier un caractère précis d'un organisme, il faut savoir quels sont le ou les gènes impliqués, et les remanier de la bonne façon. On est encore bien loin de posséder ce savoir. Prenez la taille : elle est probablement régie par plusieurs gènes, lesquels s'influencent les uns les autres, et il y a peut-être des mécanismes qui prennent la relève si un gène s'éteint. Pour le moment, cela demeure de la science-fiction. »

Qu'en pense la découvreuse de CRISPR/Cas9 ? « Les scénarios extrémistes présentés dans certains médias ne me font pas sourire, même s'ils sont souvent risibles, admet Emmanuelle Charpentier. Cette technologie très puissante est à la portée de plusieurs. J'espère une certaine sagesse de la part de l'humanité. »

À plus court terme, celle qui a déjà reçu une quinzaine de prestigieux prix pour ses accomplissements poursuit ses travaux, consciente qu'il n'y aura sûrement pas de deuxième moment CRISPR/Cas9 dans sa carrière. « Lorsque nous avons créé cette nouvelle technologie, nous savions que nous avions touché là quelque chose de gros, que ça aurait un impact sur la communauté scientifique et sur la recherche. Mais je n'étais pas prête à ce qui a suivi. Tous les médias du monde ne cessent d'en parler. » Preuve que CRISPR/Cas9 n'a pas fini de chatouiller les rêves et les peurs de l'humanité.



# Le retour de l'eugénisme?

*La technique de modification génétique CRISPR/Cas9 ouvre la porte aux ambitions eugénistes.*



**V**ous le savez peut-être, je suis un grand admirateur du philosophe et mathématicien Bertrand Russell (1872-1970). Or, quand j'ai commencé, très jeune, à le fréquenter, j'ai été stupéfait d'apprendre que Russell, homme de gauche, avait aussi été un temps eugéniste. J'allais découvrir rapidement qu'il n'avait pas été le seul dans ce cas. L'eugénisme, même si on l'oublie parfois, a été prôné dès la fin du XIX<sup>e</sup> siècle par un nombre grandissant de personnes, y compris des intellectuels (conservateurs ou progressistes), et mis en œuvre par des politiciens, eux aussi de toutes allégeances.

## DE GALTON À NOUS

Tout cela commence avec le cousin de Charles Darwin, Francis Galton (1822-1911). Anthropologue, psychométricien et statisticien, ce savant polyvalent, père de la psychologie

différentielle et de la statistique moderne, soutenait que les meilleurs individus produisent les meilleurs rejetons et les moins bons... les moins bons ! Aussi, la société devrait-elle viser à obtenir plus d'enfants des premiers et moins d'enfants des seconds. Le mot « eugénisme », qui vient du grec *eu* (bien) et *gennaô*, (engendrer), signifie d'ailleurs « bonne naissance ». Inspirés par cette idée, de nombreux pays vont mettre en place des politiques eugénistes.

Pour aller à l'essentiel, disons que ces programmes comprennent généralement deux volets. D'une part, un eugénisme positif qui encourage les personnes jugées les meilleures (selon telle ou telle acception ou critère) à se reproduire entre elles; d'autre part, un eugénisme négatif qui limite, et même empêche – parfois par stérilisation forcée –, la reproduction des personnes jugées inférieures, parmi lesquelles, bien entendu,

celles souffrant de handicaps ou de déficiences de toutes sortes.

Cette histoire est fort laide et, sans doute en partie pour cela, on ne la raconte guère. D'autant que, comme chacun sait, l'Allemagne nazie, par ses politiques racistes d'extermination, a achevé, dans nos esprits, de repousser l'eugénisme dans la catégorie des idées absolument inacceptables. D'où mon étonnement devant l'épisode eugéniste de Russell.

Mais le concept pourrait bien s'imposer de nouveau d'ici très peu. C'est par un étrange acronyme qu'il ferait son retour : CRISPR/Cas9 (Voir l'article «Un scalpel génétique tout-puissant», à la page 32).

## UNE RÉVOLUTION EN GÉNIE GÉNÉTIQUE

Le système CRISPR/Cas9 désigne une méthode précise, peu coûteuse et efficace, qui agit comme une sorte d'outil à couper-coller permettant de modifier le génome des cellules germinales humaines.

Les espoirs qu'il suscite sont immenses. Sur le plan de la connaissance, il devrait notamment permettre de mieux comprendre le rôle exact d'un gène dans l'apparition de tel trait ou caractère. Sur le plan technique, il ouvre des possibilités réellement extraordinaires : éradiquer diverses maladies, par exemple le paludisme, en modifiant les moustiques qui les portent; en traiter d'autres (alzheimer, cancer, sida, etc.) plus efficacement; ressusciter des espèces; produire des animaux transgéniques pour consommation humaine. Et j'en passe.

Mais, théoriquement, la technique permettra aussi, peut-être avant une dizaine d'années, de favoriser chez les enfants à naître l'expression de certains traits et qualités jugés désirables.

Cette perspective de « bébés à la carte » et de perfection sur mesure de la nature humaine est tellement réelle – mais tout aussi inquiétante pour certains – que des scientifiques, des philosophes et des éthiciens se sont réunis, fin 2015, pour en discuter. Au programme, les enjeux, scientifiques et moraux, de CRISPR/Cas9 et l'opportunité d'un moratoire sur son utilisation.

Devant cette possibilité d'amélioration de l'être humain, la question de l'eugénisme devrait très probablement ressurgir. Mais il faut savoir que, déjà, elle est abondamment débattue, notamment par des philosophes et des partisans ou des adversaires du « transhumanisme ». Elle l'est sous le nom d'eugénisme dit « libéral », par lequel le nouvel eugénisme – consenti – se distingue de l'eugénisme classique.

## QUELQUES ENJEUX PHILOSOPHIQUES

Dans ces débats, des thèmes éthiques sont récurrents.

Une première préoccupation, cruciale, concerne les inégalités de toutes sortes que pourraient engendrer ces technologies qui risquent bien entendu de n'être accessibles qu'à celle ou celui qui peut se les payer.

Aux grandes inégalités de fait et de chance que représente l'accès aux biens et services que, souvent, seuls les privilégiés peuvent se procurer (comme des écoles privées, des livres, des facilités ou des ressources de toutes sortes), s'ajouterait le fait de naître avec des capacités et des traits avantageux.


On pourra alors être tenté de limiter ou même d'interdire à tous le recours à ces technologies. Mais une telle entrave à la liberté doit être justifiée. On se retrouve alors devant un de ces cas, fréquents, où une valeur (la liberté) entre en opposition avec une autre (l'égalité des chances, disons). Justifier une certaine limitation de la liberté n'est pas impossible, mais pas facile non plus.

Pour y arriver, une piste envisageable est de considérer les effets, sur l'ensemble de la société, du recours à ces technologies par certains de ses membres. Si on arrive à raisonnablement suggérer qu'une technologie menacera la stabilité sociale, la démocratie ou le bien-être de l'ensemble de la population, on sera alors tenté de conclure que certaines restrictions sont justifiables. On rappellera sans doute dans ce contexte que la recherche médicale répond déjà à la « loi du 90/10 » : en raison de la capacité de payer des clients potentiels, cette recherche concentre en effet 90 % de ses activités et produits à des maladies qui n'affectent que 10 % des personnes. Ce que cette manière de faire laisse présager, en ce qui concerne des pratiques d'eugénisme libéral et l'allocation des ressources en recherche médicale, se

laisse aisément deviner...

Le contre-argument consisterait ici à soutenir que tous pourront bénéficier des avantages que procure l'amélioration de certains. Toutefois, les raisons invoquées pour défendre cette conclusion devraient être examinées avec le plus grand soin.

Les pratiques d'eugénisme libéral sont sans doute à nos portes. Elles soulèvent des questions de faisabilité technique que l'on estime énormes; mais elles suscitent aussi, on le voit, des questions éthiques tout aussi considérables.

Il n'est pas trop tôt pour commencer à y réfléchir sérieusement. 

**Théoriquement, la technique permettra peut-être avant une dizaine d'années, de favoriser chez les enfants à naître l'expression de certains traits et qualités jugés désirables.**

# L'actualité scientifique à la portée de tous !



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

**1 an**  
**35 \$\***

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

\* Prix avant taxes

**2 ans**  
**63 \$\***

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

**3 ans**  
**86 \$\***

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



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



**PROCUREZ-VOUS ÉGALEMENT**

les autres magazines publiés par Vélo Québec Éditions



ILLUSTRATION : MICHAEL BYERS

# L'ABOMINABLE *HUM*

*Un son grave et inexpliqué casse les oreilles du monde d'un bout à l'autre de la planète. Enquête pour trouver ce qui cause cet abominable hum.*

Par Méli<sup>ssa</sup> Guillemette

**U**n bruit étrange met sur les nerfs une partie de la population de Ranchlands, un quartier résidentiel de Calgary. Ce bruit, on l'appelle *hum* (prononcer « homme »).

Dana Negrey se souvient de la première fois qu'il l'a entendu, en 2008. Cet acteur spécialisé en narration travaillait dans son studio d'enregistrement, chez lui, quand un bruit de basse fréquence, accompagné d'une vibration, s'est mis à chatouiller son oreille. « Je croyais que ma femme avait activé le ventilateur à l'étage. » Mais non. Et le grondement ne s'est plus jamais arrêté.

Seule une partie de la population l'entend, a-t-il découvert à

force d'en parler avec ses voisins, ce qui ajoutait au mystère. « Quand les pompiers sont venus chez moi pour déterminer la source du bruit, quatre d'entre eux le percevaient, mais pas leur capitaine, raconte Dana Negrey. Les premiers s'étonnaient : "Comment peux-tu ne pas entendre ça ?" »

Les Calgariens ne sont pas les seuls à entendre ce drôle de vrombissement. Le *hum* de Bristol, au Royaume-Uni, est connu depuis les années 1970 – certains affirmaient à l'époque qu'il engendrait de l'insomnie, des maux de tête et même des saignements de nez ! À Taos, au Nouveau-Mexique, on parle du mystérieux son depuis le début des années 1990. Puis il y a le *hum* de Kokomo, en Indiana, et celui de Largs,



## LE HUM SERAIT PARTOUT, SI L'ON SE FIE À UNE CARTE PARTICIPATIVE, APPELÉE WORLD HUM MAP AND DATABASE,

en Écosse. Chaque fois qu'un article sur le sujet est publié, les médias reçoivent des tonnes de témoignages (à suivre dans le prochain courrier des lecteurs de *Québec Science* ?).

En réalité, le *hum* serait partout, si l'on se fie à une carte participative, appelée World Hum Map and Database, mise en ligne en 2012. Plus de 10 000 points rouges y ont été ajoutés par des internautes.

Même le Québec n'échappe pas à ce bruit qui n'a rien à voir avec le mantra *om* des adeptes de yoga. « C'est comme si un titan marchait près de la maison », écrit un citoyen de Longue-Pointe, à Montréal, sur la World Hum Map and Database. Ou « comme un train interminable qui passerait sous ma maison », dit une femme de Magog. Ou encore « comme si un cellulaire vibrait sur une table », dit un homme de Sainte-Victoire-de-Sorel.

Pas étonnant que la plupart se plaignent d'avoir de la difficulté à s'endormir... D'autant plus que, en général, on entend mieux le *hum* à l'intérieur que dehors, où le bruit ambiant le masque.

### UNE ÉNIGME SONORE

On en sait malheureusement très peu sur le phénomène. C'est d'ailleurs ce manque d'information qui a mené Glen MacPherson, un Britanno-Colombien qui entend le *hum*, à créer la carte participative pour, à tout le moins, donner une idée de son étendue. « Je ne prétends pas être un scientifique, dit l'enseignant en mathématiques au secondaire. D'ailleurs, tout ce que je souhaite, c'est que mon projet soit repris par des chercheurs. Car à ce jour, il n'y a pas eu de véritables études sur le sujet dans les universités. Il faut dire qu'il n'y a pas vraiment d'argent à faire là. »

L'aura de mystère qui entoure le *hum* n'aide pas à sa crédibilité. Les théories les plus loufoques ont toutes été déjà avancées : signaux extraterrestres, écho du big-bang, ondes délibérément émises destinées à contrôler les pensées des citoyens, etc.

Soyons rationnels. Un son envahissant est parfois tout sim-

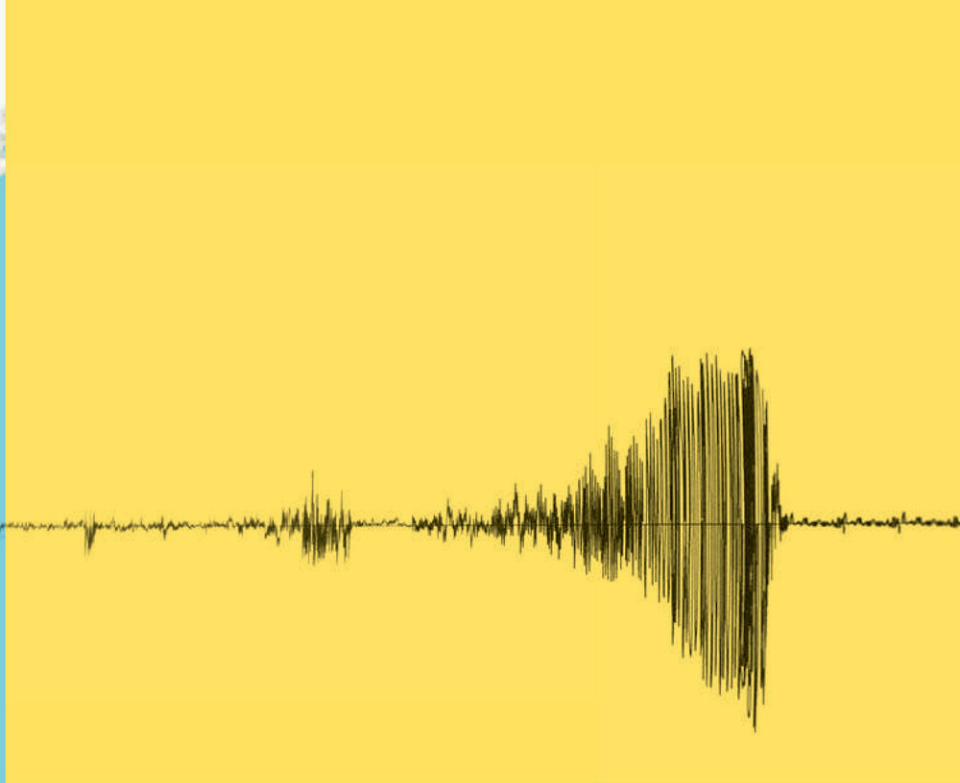
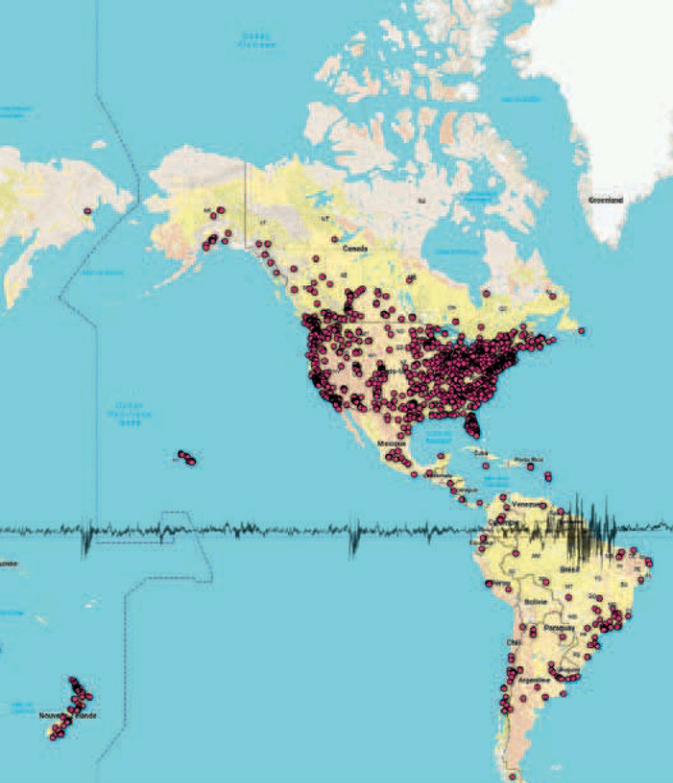
plement lié à un problème auditif. Le bruit ne provient alors pas de l'environnement, mais du corps. « Le premier réflexe de ceux qui l'entendent devrait être de consulter un médecin pour s'assurer qu'ils ne souffrent pas d'un problème de santé ou d'audition », dit Mike Smith, professeur au département de génie électrique et informatique à l'université de Calgary, qui supervise la création d'une application mobile pour enregistrer le *hum*.

Cette application sera justement une bonne façon pour les personnes touchées de prouver à leurs proches qu'il ne s'agit pas d'un acouphène et qu'elles ne deviennent pas marteau. « Il faut toutefois utiliser un micro externe, car ceux des téléphones ne sont pas sensibles à ces basses fréquences », indique Orchisama Das, une étudiante d'origine indienne qui a contribué à la conception de l'application.

Restera encore à trouver ce qui cause ce bruit. Est-ce un phénomène géologique ? C'est ce qu'ont titré une panoplie de journaux et de magazines en 2015 quand une étude expliquant le « *hum* de la Terre » est parue dans la revue scientifique *Geophysical Research Letters*.

Éléonore Stutzmann, sismologue française et coauteure de l'étude, explique que les journalistes avaient tout faux ! Le *hum* qu'elle étudie correspond à l'oscillation de la Terre causée par le choc de vagues de longue période sur la côte des continents. Mais pas moyen de l'entendre... à moins d'être un sismographe ! « C'est le mouvement du sol, pas le mouvement de l'air, rappelle-t-elle. Et de toute façon, la fréquence est trop basse : entre 0,05 Hz et 0,005 Hz, très loin de la sensibilité de l'oreille. » Rappelons que l'humain perçoit les ondes sonores entre 20 Hz (son très grave) et 20 000 Hz (son suraigu).

Autre explication logique, le bruit industriel ; surtout que la plupart des victimes du *hum* vivent en ville. À Windsor, en Ontario, par exemple, le gouvernement fédéral n'a ménagé aucun effort pour trouver la source d'un bourdonnement infernal de 35 Hz. Il a fait ses propres recherches en 2011 et commandé une étude à des chercheurs des universités de Western Ontario et de Windsor en 2013.



**MISE EN LIGNE EN 2012. PLUS DE 10 000 POINTS ROUGES Y ONT ÉTÉ AJOUTÉS PAR DES INTERNAUTES.**

Résultat, il y a bien un *hum* et il semble venir de Zug Island, une île industrielle située en face de Windsor, sur la rivière Detroit. Le hic, c'est qu'elle se trouve dans l'État du Michigan, aux États-Unis. « On est bloqué, maintenant, explique Gary Grosse, un citoyen engagé qui administre la page Facebook Windsor/Essex County Hum. On sait que ça vient probablement de la chaudière d'une entreprise en particulier, mais elle réfute l'hypothèse, sans nous laisser entrer pour vérifier. » Là où il y a le *hum*, il y a de l'hommerie...

Dans Ranchlands, à Calgary, la cause est moins évidente. Marcia Epstein, professeure spécialisée en écologie acoustique à l'université de Calgary, a réalisé un sondage auprès de la population: « Trois groupes de maisons du quartier étaient touchés. Pour le premier, on a trouvé la source: un transformateur près d'un centre commercial alors que le très fort courant électrique fait vibrer l'appareil. Un *hum* électrique, d'ailleurs, est très caractérisé, continu, avec des aigus. » Mais pour les deux autres, où on entend plutôt des sons graves ressemblant au ronronnement d'un moteur de camion tournant au ralenti au loin, il fallait investiguer davantage.

Deux foyers ont accepté de tenir un agenda du *hum*. La chercheuse et des bénévoles ont alors pu comparer les manifestations du bruit avec les activités de la gare ferroviaire et celles de la station de pompage, à proximité. Il n'y avait pas de concordance. « En ce qui concerne la station de pompage, on nous a expliqué que, puisque les voisins ouvrent les robinets quand bon leur semble, il serait difficile de confirmer ou d'infirmier que le *hum* vienne de là. Pour en être sûr, il faudrait que tout le monde ouvre et ferme les robinets en même temps! »

## LES ONDES ÉLECTROMAGNÉTIQUES COUPABLES?

Les ondes radio de très basses fréquences (entre 3 000 Hz et 30 000 Hz) sont peut-être coupables, selon Glen MacPherson qui s'appuie sur un article de 2004 du géophysicien états-unien David Deming, publié dans le *Journal of Science Exploration*, une revue qui diffuse des articles sur des sujets non conventionnels. Il s'agit d'ondes électromagnétiques;

nous ne sommes donc pas sensés les percevoir. Elles sont notamment utilisées pour la diffusion de signaux horaires et pour les télécommunications avec les sous-marins.

Glen MacPherson a fabriqué une boîte métallique, assez grande pour qu'un humain puisse s'y enfermer, laquelle est censée bloquer les radiations électromagnétiques. C'est le professeur Deming qui avait évoqué cette méthode pour éprouver l'hypothèse. « Il me faut tester la boîte dans un endroit où le bruit ambiant n'est pas trop élevé, car ce dernier masque le *hum*, dit le Britanno-Colombien. Je vais déménager bientôt avec ma famille dans un coin reculé et je pourrai installer la boîte dans le garage pour faire le test sous de bonnes conditions », raconte-t-il, totalement absorbé par son projet.

Dominic Grenier, professeur au département de génie électrique et de génie informatique de l'Université Laval, est pour le moins sceptique. « Une onde électromagnétique, c'est complètement différent d'une onde acoustique qui est une onde de pression. Comment la première pourrait-elle produire la seconde? Car pour faire vibrer un tympan, on n'a pas le choix: il faut une pression. »

Il est vrai qu'un haut-parleur réussit à convertir un signal électrique en onde de



**Des ondes électromagnétiques, ou encore des infrasons ou des ultrasons, réussissent peut-être à stimuler le nerf auditif de certaines personnes.**

pression en faisant vibrer une membrane. L'onde électromagnétique devrait donc agiter un objet conducteur pour créer une onde sonore. « Mais il faudrait de très grandes puissances pour y arriver, ajoute le professeur. Et théoriquement, si la source est à 3 000 Hz, ce qui est par ailleurs une très basse fréquence pour produire une onde électromagnétique, elle ne pourrait pas faire autrement que de faire vibrer le conducteur de 3 000 Hz et produire un son à cette fréquence », lequel serait audible pour tous, sans équivoque. On serait alors très loin d'un *hum* à 35 Hz.

Marcia Epstein, qui prépare justement un livre sur l'audition et le bruit, estime qu'il ne faut tout de même pas négliger cette hypothèse. Des ondes électromagnétiques, ou encore des infrasons ou des ultrasons (respectivement trop graves et trop aigus pour être perçus par l'oreille humaine), réussissent peut-être à stimuler le nerf auditif de certaines personnes. « Ce serait le même principe qu'un acouphène, dit-elle; le bruit serait interne. Il faudrait que des audiologistes collaborent avec nous et fassent des tests pour vérifier l'activité du nerf auditif de personnes qui entendent un *hum*. »

Au fil de ses recherches, elle a découvert que les oreilles diffèrent d'une personne à l'autre: « J'ai fait mesurer mes canaux auditifs et j'ai appris, à ma grande surprise, qu'ils sont tout en courbes, très différents des dessins anatomiques. Tout le monde a des oreilles différentes, de la même façon qu'on a des yeux différents. » Marcia Epstein avance que la taille et la forme du canal ont peut-être une influence

sur la capacité à entendre les bruits de basses fréquences, à développer des acouphènes ou à percevoir les ondes électromagnétiques.

Mike Smith, de l'université de Calgary, et un groupe d'étudiants ont pour leur part tenté de trouver une solution pour masquer complètement le *hum*, du moins la nuit. Ils ont mis au point le SSSH! (SHARC based Sound Suppression System for the Home), une technique qui requiert un système de cinéma maison. « On s'inspire de ce qui se fait dans les voitures de luxe pour réduire les bruits dans l'habitacle; c'est ce qu'on appelle le contrôle actif du bruit », explique le professeur Smith.

En résumé, il s'agit de produire un son inverse de celui qui agresse le dormeur: une onde de la même amplitude et de la même fréquence, mais déphasée d'une demi-période. Le résultat de la rencontre entre les deux ondes sera le silence, dans un espace défini: 1 m<sup>3</sup> autour de l'oreiller.

Mais – disons-le – cette solution n'est pas simple. Imaginez une chambre à coucher dans laquelle une armée de micros capte le bruit embêtant, pour le transmettre à un processeur qui détermine ensuite le son à diffuser dans une série de haut-parleurs disposés pour annuler le *hum*.

« Il y a plusieurs étapes pour y arriver. Ça risque donc d'en décourager plusieurs, reconnaît Mike Smith, indiquant qu'il s'agit avant tout d'un exercice théorique. Tout ce que je peux dire, c'est qu'il y a plusieurs *hums*, et que je suis bien heureux de ne pas en avoir un chez moi... »



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

À découvrir dans la nouvelle version de l'application :

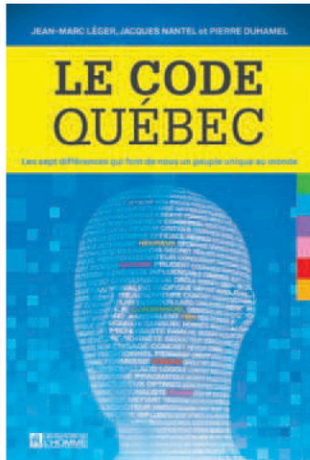
- Une interface revisitée
- Une lecture intuitive dans un environnement épuré
- L'actualité bonifiée : des photoreportages saisissants

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

Télécharger dans l'App Store

DISPONIBLE SUR Google play

## L'ADN QUÉBÉCOIS DÉCRYPTÉ



Qu'est-ce qui fait la spécificité du peuple québécois? Qu'est-ce qui nous distingue de nos voisins canadiens ou états-uniens, ou de nos cousins français? Ces questions, le publicitaire Jacques Bouchard y avait répondu en 1978 dans son célèbre ouvrage les *36 Cordes sensibles des Québécois*, concocté après 10 ans de documentation et de travail de terrain.

Presque 40 ans plus tard, il était temps de mettre à jour la photo de famille. C'est chose faite avec le *Code Québec*, un ouvrage coécrit par Jean-Marc Léger, président de la firme de sondage Léger, Jacques Nantel, professeur de marketing à HEC Montréal, et Pierre Duhamel, journaliste.

Sondages exclusifs et analyses statistiques à l'appui, les auteurs ont identifié sept traits identitaires qui font de nous un peuple unique au monde, bien que loin d'être homogène. Un avant-goût du portrait? Les Québécois se déprécient souvent et détestent le risque; ils sont consensuels, créatifs et...heureux!

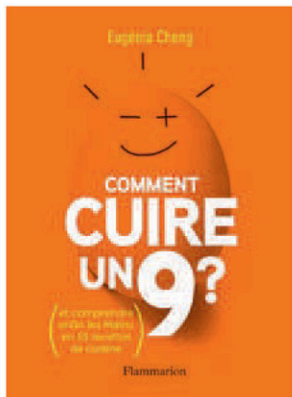
Si cet exercice a avant tout des visées marketing permettant de mieux définir le profil des consommateurs, il offre une analyse sociologique profonde de la société d'aujourd'hui. Avec, à la clé, une « compréhension plus scientifique, plus fine et plus intime de nous-mêmes », mais aussi la mise en lumière de nos paradoxes. Comme, par exemple, le fait que nous soyons préoccupés par l'environnement, tout en étant de gros pollueurs, ou que nous nous disions plus croyants que le reste des Canadiens, bien que moins pratiquants. Complexe, la « québécutude »? **M.C.**

*Le Code Québec*, Éditions de l'Homme, 248 p. (Parution le 26 septembre 2016)

## MANGER DES MATHS

Eugénia Cheng, mathématicienne britannique spécialiste de la théorie des catégories, n'a qu'un but dans la vie: vous faire maîtriser les maths afin de mieux jongler avec les chiffres et les concepts. Un peu comme le ferait un cuisinier qui, bien au fait des techniques de base, est capable de modifier des recettes ou d'en inventer.

L'analogie entre la cuisine et les mathématiques est même la marque de commerce de la chercheuse; elle dit l'utiliser pour rendre les maths digestes!



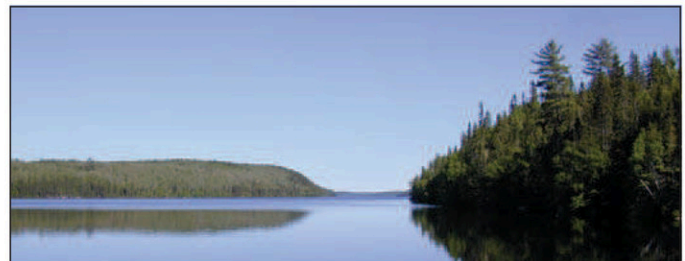
Après avoir investi YouTube avec ses gâteaux et ses formules, elle a écrit *How to Bake Pi* en 2015, publié aujourd'hui en français sous le titre *Comment cuire un 9?*

Avec sa recette de pudding au chocolat, elle nous invite à questionner la méthode de préparation, pour la comprendre, plutôt que de l'exécuter machinalement. On pourra alors faire de même avec les tables de multiplication, pour saisir la manière dont elles sont conçues. Son cake aux prunes sert quant à lui à illustrer le concept mathématique de « généralisation », soit l'élargissement de la définition d'un concept pour englober le plus grand nombre de situations. Sans sucre ni farine ni lait, son cake est une généralisation de cake.

On y réalise que les mathématiques sont partout autour de nous, pas juste en cuisine, et qu'on peut trouver des failles logiques facilement. Par exemple, à quoi sert-il de nous présenter la distance entre deux lieux « à vol d'oiseau » si nous n'avons pas d'ailes? Et si l'on nous donne une distance sur route, c'est celle du point A au point B ou l'inverse? La différence peut être notable, ne serait-ce qu'en raison des rues à sens unique.

Eugénia Cheng livre un essai amusant sur l'importance des maths. Seul hic, il ouvre l'appétit! **M.G.**

*Comment cuire un 9?* Eugénia Cheng, Flammarion, 2016, 272 p.



## Développer une vision multidisciplinaire de l'environnement

### Baccalauréat en sciences naturelles appliquées à l'environnement

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

Possibilité de poursuivre aux cycles supérieurs

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

UQAM

# À lire dans notre prochaine édition



## SANTÉ

### LE SORT DES GRANDS PRÉMATURÉS

La médecine sauve aujourd'hui des prématurés à 24 semaines. Un exploit! Malheureusement, plusieurs restent avec de graves séquelles. Que fait-on pour les aider? Notre journaliste a passé une nuit à l'unité de néonatalogie du Centre hospitalier de l'Université

Laval pour mieux comprendre les défis et les craintes du personnel soignant et des nouveaux parents.

## ENVIRONNEMENT

### SÉCHERESSE DE VENT

Il y a eu une baisse importante des vents en 2015 et 2016, en Amérique du Nord. Du jamais vu depuis 1979! Certains parlent de *wind drought*, une sécheresse de vent. Comment explique-t-on ce phénomène? Et surtout, quelles sont les répercussions pour l'industrie de l'énergie éolienne? Comment peut-on l'aider à surmonter ce problème?



## AGROALIMENTAIRE

### LA FIN DU MASSACRE DES POUSSINS MÂLES

Chaque année, des millions de poussins mâles sont tués dès leur naissance. Incapables de pondre, ils n'ont aucune valeur pour l'industrie avicole. Devant la pression des groupes de défense des animaux, les producteurs se tournent vers différentes techniques pour déterminer le sexe de poussins in vitro plutôt qu'in vivo. Des scientifiques d'Allemagne et des Pays-Bas se font concurrence. À l'Université McGill, le chercheur Michael Ngadi planche sur sa propre technique.

AUSSI: LES CHRONIQUES DE NORMAND BAILLARGEON, SERGE BOUCHARD, JEAN-FRANÇOIS CLICHE ET JEAN-PIERRE ROGEL



## À VÉLO QUÉBEC VOYAGES

# L'ÉTÉ SE POURSUIT...

**EN NOVEMBRE** 13-20 CUBA HOLGUÍN EN BOUCLES  
14-2 THAÏLANDE  
19-26 CUBA VARADERO EN BOUCLES

**EN DÉCEMBRE** 30-6 CUBA HOLGUÍN EN BOUCLES  
31-7 CUBA VARADERO EN BOUCLES

### DESTINATIONS EN LIBERTÉ

Les îles de Guadeloupe vous sont également proposées en mars, ou au moment qui vous convient, en formule *En liberté*.



Vélo Québec  
VOYAGES

Titulaire d'un permis du Québec

**RÉSERVEZ MAINTENANT**

514 521-8356 • 1 800 567-8356, poste 506

[veloquebecvoyages.com](http://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](mailto:questionspourQS@gmail.com), et notre chroniqueur se fera un plaisir d'y répondre!

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



ILLUSTRATION : MICHAEL BYERS

# Un succédané de gravité

«Je me pose toujours la même question quand je regarde des astronautes flotter en apesanteur dans la Station spatiale internationale (SSI): pourquoi n'est-on pas capable de créer une gravité artificielle en faisant tourner la station à une certaine vitesse?», demande Germain Lajoie.

**P**our tout dire, créer une gravité de toutes pièces n'est pas difficile. Les manèges comme le Gravitron en sont la preuve. Ceux-ci sont des chambres rondes qui tournent rapidement sur elles-mêmes, au point où les occupants sont littéralement plaqués au mur. Et, habituellement, le clou du spectacle consiste à faire tomber le plancher, et tout le monde se trouve rivé à la paroi, les pieds dans le vide. C'est ce qu'on appelle la « force centrifuge »: lorsqu'on fait tourner un objet, tout ce qui se trouve à l'intérieur a tendance à s'éloigner du centre de rotation.

Dans une station spatiale ou un vaisseau de forme circulaire qui tournerait ainsi – mais un peu moins vite tout de même –, les astronautes pourraient marcher sur les murs. La NASA a d'ailleurs dans ses cartables les plans d'un petit module nommé *Nautilus X* qui pourrait imiter la gravité terrestre de cette manière. Cependant, il ne faut pas s'attendre à des miracles, car cela n'est pas dépourvu de problèmes.


Il faut garder en tête qu'on ne parle pas ici de véritable gravité, mais seulement d'un succédané. Quiconque a déjà mis les pieds dans un Gravitron sait à quel point ce manège peut donner la nausée. Le même inconvénient se poserait aussi dans l'espace.

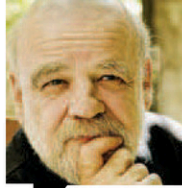
En outre, cela introduirait une série d'effets un peu étranges, parce que l'accélération centrifuge est directement liée au rayon de rotation. Quand vous êtes loin du centre, chaque tour vous fait parcourir une distance plus grande (ce qui implique une

vitesse plus élevée) que si vous en êtes près. Voilà pourquoi la force centrifuge est plus forte loin du centre de rotation.

Prenons un vaisseau qui tournerait sur lui-même et qui aurait un rayon de 10 m. Un objet qui, au « plancher » (donc sur les murs), pèserait l'équivalent de 10 kg sur Terre, ne pèserait plus que 8 kg s'il se soulevait à 2 m du sol. D'ailleurs, juste en se levant et en s'assoiant, les astronautes marchant sur les murs d'un tel « gravitron spatial » pourraient être déséquilibrés, puisque le haut de leur corps, soudainement plus proche du centre, « perdrait du poids », si l'on nous permet ce jeu de mots. Cela signifierait aussi qu'en faisant leur jogging dans le même sens que la rotation, ils deviendraient plus lourds; et, au contraire, plus légers s'ils couraient dans l'autre sens. Et disons que le spectacle serait assez désorientant, merci.

On pourrait éviter ces problèmes en faisant tourner le vaisseau plus lentement, mais il faudrait alors construire un engin gigantesque. Le seuil généralement admis pour minimiser les inconvénients de la rotation est de deux tours par minute. Pour imiter la gravité terrestre à cette vitesse, le bolide ou la station spatiale en rotation devrait mesurer 224 m de rayon, ou presque un demi-kilomètre de diamètre!

Pour revenir à la SSI, dont parlait M. Lajoie, on y étudie justement les effets de l'apesanteur sur différents phénomènes biologiques et chimiques. Y créer une gravité artificielle serait donc quelque peu contre-productif. 



# La machine à pinottes

Je me souviens d'un ours noir, vedette d'un zoo aujourd'hui disparu. Il s'appelait Brutus. Cet ours est mort depuis longtemps, mais il a quand même vécu une longue vie au sein du petit parc d'attractions. Les visiteurs ne pouvaient pas le manquer, sa cage se trouvait à l'entrée principale. C'était dans les années cinquante, à une époque où personne ne se posait de questions sur le bonheur, voire sur la santé des animaux sauvages enfermés. Il y avait à proximité de sa cage une machine à pinottes. Pour dix sous, on pouvait en obtenir une poignée. Bien assis derrière ses barreaux, Brutus observait le va-et-vient continu des visiteurs autour de la machine distributrice. Lorsque quelqu'un remplissait son plat, il jouait de la patte et faisait tourner une plaque afin de faire entrer dans sa cage l'écuelle bien remplie. Devant son assiette pleine, l'ours donnait un spectacle de force, toujours le même. Pendant quelques secondes, il se levait sur ses pattes arrière, montrait ses muscles et grognait, au grand plaisir des familles. Brutus était assez intelligent pour savoir que cette pitrerie allait lui assurer une autre portion de pinottes.


Cette mise en scène était devenue la raison de vivre de l'ours. Contre son gré assurément, on lui avait enlevé sa liberté en échange de cette cage et de ce manège. Quand tu as mangé une pinotte, tu en voudras une autre et puis une autre, sans jamais pouvoir t'arrêter. La pinotte comble le vide de nos déracinements et nostalgies. L'ours pouvait toujours rêver, à travers les gestes répétitifs qui lui faisaient tourner sa gamelle. Mais à quoi rêve un ours en cage ? Nous pourrions imaginer qu'il rêve de liberté. En réalité, il rêve peut-être d'une plus grosse machine à pinottes. Cela devrait nous rappeler quelque chose : l'homme descend de l'ourse\*. Nous lui ressemblons immensément. Nous construisons nous-mêmes les cages dorées dans lesquelles nous nous gavons de confort, obsédés de bouffe, repliés sur nos divertissements, épuisés de repos.

J'ai passé ces derniers jours sur les rives d'un beau lac. Les gens y font de la motomarine, du kayak, du pédalo, du catamaran, ils prennent l'apéro dans leur salon flottant ou encore, ils filent à pleine vitesse sur de puissants bateaux à moteur. Les villégiateurs nagent, plongent, font du ski nautique et de la « tripe » – comme dans « triper » –, il y a des quais devant chaque chalet. Ces chalets n'ont de chalet que le nom, ce sont

des maisons confortables, avec véranda et terrasse, arbres de pépinière, pelouse et fleurs cultivées, télévision satellite, spa, fontaine, brasero extérieur, foyer intérieur, barbecue et cinq modèles de chaises longues. L'autre jour, un hélicoptère est venu au lac. Ce grand dérangement, je dirais cette curiosité, n'était pas causé par un appareil des services aériens médicaux, ni par la garde nationale ou la police, il ne s'agissait pas d'une opération de recherche ou de sauvetage. C'était un particulier qui venait visiter la parenté. Aujourd'hui, nous voulons nos petits aérodromes privés, nos héliports, nos piscines, nos bains-tourbillon, nous voulons un lac parsemé de bouées comme des ballons roses, un lac où il n'est pas un mètre de berge qui ne soit réclamé par les empereurs des plaisirs de vacances.

Sur ce lac, sommes-nous surpris, les pédalos s'appellent Party !

Ce qui me fait penser à l'ours et à l'esprit de l'ours. Bien sûr, voilà le visage de la liberté sauvage. Ce qu'il est beau l'ours noir qui hante les vastes forêts vierges ! Mais il suffit d'un sac de pinottes pour le faire basculer dans le vide du premier dépotoir venu. C'est le syndrome du goéland qui est fait pour planer au-dessus de l'océan, mais qui finit par végéter sur l'asphalte d'un stationnement de centre commercial, à un coup d'aile d'un McDonald's ! Les anciens chasseurs algonquiens disaient que l'ours était la copie de l'homme, ou vice versa. Il aime tellement son plaisir, l'ours, il se gratte le dos en se frottant aux branches mortes d'une épinette rabougrie, mais son hédonisme va plus loin : pour une pastille de sucre il braderait sa liberté. Le lac sauvage n'est plus qu'un lointain souvenir : au fil de nos vacances, il est simplement devenu un parc aquatique. Et la nuit, quand le huard retrouve sa tranquillité, il chante. Sa plainte va comme ceci : ce lac est à moi, ce lac est à moi... donnez une chance à la liberté. En l'occurrence, la liberté n'a aucune chance. La machine à pinottes est une machine infernale que personne ne peut arrêter.

Brutus, dans sa cage, annonçait le monde à venir : l'humain se meurt des plaisirs qu'il se donne. Jamais l'expression « travailler pour des pinottes » n'a été aussi vraie. Des pinottes, je vous dis... des grosses pinottes. 

\* L'expression fait référence à l'essai *L'homme descend de l'ourse*, publié par notre chroniqueur aux Éditions du Boréal, en 2001.





## BESOIN D'UN COUP DE POUCE POUR FINANCER VOS ÉTUDES ?

Le programme de prix et bourses  
de la Fondation peut vous aider !



**BOURSES DE  
LA RELÈVE**

ÉTUDIANTS EN GÉNIE  
AU 1<sup>ER</sup> CYCLE

Plusieurs  
bourses de  
**3 000 \$**



PRIX  
UNIVERSITAIRE  
DU  
**MÉRITE**

ÉTUDIANTS EN GÉNIE  
AU 1<sup>ER</sup> CYCLE

1<sup>er</sup> prix » **7 500 \$**  
2<sup>e</sup> prix » **5 000 \$**  
3<sup>e</sup> prix » **3 000 \$**



BOURSE  
D'EXCELLENCE  
AUX ÉTUDES  
SUPÉRIEURES

ÉTUDIANTS EN GÉNIE  
AUX CYCLES SUPÉRIEURS

Une  
bourse de  
**7 500 \$**

Pour les critères d'admissibilités et soumettre votre candidature, rendez-vous sur le site de la Fondation de l'Ordre des ingénieurs du Québec.

\*Inscription facile, rapide et gratuite à [etudiants.oiq.qc.ca](http://etudiants.oiq.qc.ca)

DATE LIMITE :  
**30 NOVEMBRE  
2016**

[foiq.qc.ca](http://foiq.qc.ca)

## LES PRIX ET DISTINCTIONS EN GÉNIE

Faites-nous découvrir  
un ingénieur ou  
une de ses réalisations  
digne de mention !

[PRIXDISTINCTIONS.OIQ.QC.CA](http://PRIXDISTINCTIONS.OIQ.QC.CA)

**UQÀM** inspirée par la recherche



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