

LES ROBOTS S'INVITENT DANS NOTRE CHAMBRE À COUCHER



# QUÉBEC SCIENCE

JUIN 2017

PEUT-ON LIRE  
**L'AVENIR** DANS  
LES **GÈNES**  
DES BÉBÉS?

NOUVEAU  
LOOK,  
NOUVELLES  
RUBRIQUES



S'INSPIRER DU  
CORPS HUMAIN  
POUR CAPTER LE CO<sub>2</sub>

ENQUÊTE SUR LE  
DÉCLIN DU CRIME

QUE SONT DEVENUES  
LES INVENTIONS  
D'EXPO 67?



PRÉSENTE



FESTIVAL  
GO VÉLO MTL

EN COLLABORATION AVEC



Jean Coutu

**DÉFI  
MÉTRO-  
POLITAIN**  
DIM 28 MAI  
—  
50 À 150 KM

# ENSEMBLE

**TOUR  
LA NUIT**  
VEN 2 JUIN  
—  
20 KM

**TOUR  
DE L'ÎLE  
DE MONTRÉAL**  
DIM 4 JUIN  
—  
28, 50, 65 OU 100 KM



PROGRAMMATION  
OFFICIELLE



**INSCRIVEZ-VOUS!**



# SOMMAIRE

20



PHOTO DE LA PAGE COUVERTURE : ERIC BEAVY/GETTY

EN COUVERTURE

## 20 Lire l'avenir de bébé dans ses gènes

Voudriez-vous connaître le risque couru par votre poupon de souffrir d'un cancer du sein ou d'une maladie cardiaque?

REPORTAGES

## 26 La science futuriste d'Expo 67

Elle a permis à quelque 50 millions de visiteurs de se familiariser avec les nouveautés techniques et scientifiques.

## 32 Qui donc a tué le crime?

Ici et ailleurs, le taux de criminalité connaît une chute impressionnante. Pourquoi?

## 37 S'inspirer du corps humain pour capter le CO<sub>2</sub>

L'entreprise québécoise CO<sub>2</sub> Solutions compte utiliser une enzyme pour conquérir la planète.

## 40 Au septième ciel avec mon robot

Les automates s'immisceront bientôt dans nos chambres à coucher, pour le meilleur et pour le pire.

## 44 Tabagisme: l'Afrique contre-attaque

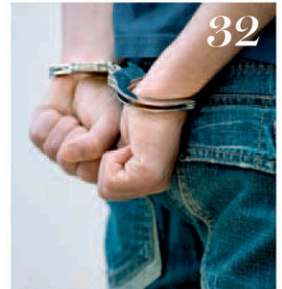
Déterminé à éviter la catastrophe, le Sénégal prend les devants dans la guerre contre le tabac.



16



32



26



44

SUR LE VIF

## 6 CABINET DES CURIOSITÉS

Astronautes recherchés: des tests d'embauche étonnants.

## 8 IMPRÉVISIBLE ZIKA

Une épidémie qu'on peine à cerner.

## 10 UN REFROIDISSEMENT SUBIT DE L'ATLANTIQUE NORD?

C'est ce que des modèles prédisent.

## 16 MÈRES PORTEUSES: PRATIQUE NOBLE OU IMMORALE?

Entrevue avec la sociologue Maria De Koninck.

CHERCHEUR EN VEDETTE

## 52 À TABLE, LES NEURONES!

Mélanie Plourde vérifie si les oméga-3 préviennent le déclin cognitif.



Pssst! Nous avons de nouveaux chroniques. À lire absolument!

ÉDITORIAL 4 **Québec Science se transforme** Par Marie Lambert-Chan

CHRONIQUES 9 **Pour en finir avec l'IMC** Par Jean-François Cliche 11 **Mon meilleur ami est un robot**

Par Catherine Mathys 14 **Les semeurs d'ignorance** Par Normand Baillargeon 54 **Culture** Par Émilie Folie-Boivin

56 **Le rock'n'roll de l'Univers** Par Serge Bouchard 58 **Rétrovisseur** Par Saturnome



MARIE LAMBERT-CHAN  @MLambertChan

## Éditorial

# Québec Science se transforme

Au menu, de nouveaux chroniqueurs, un look rafraîchi et des rubriques inédites.

« **R**ien ne se perd, rien ne se crée; tout se transforme. » Le célèbre principe de Lavoisier décrit bien le *Québec Science* que vous tenez entre vos mains. Fruit d'une réflexion de plusieurs mois, ce numéro se veut à la fois différent des précédents et respectueux de l'ADN de votre magazine qui fête cette année ses 55 ans. L'équipe de rédaction a repensé chaque page, mais l'objectif reste le même: expliquer et raconter la science, ainsi que la technologie, avec rigueur et passion.

Sans doute avez-vous déjà remarqué que la facture visuelle a subi une cure de jouvence. On la doit à notre formidable directeur artistique François Émond qui n'a rien laissé au hasard. La police, les colonnes, la disposition

Fruit d'une réflexion de plusieurs mois, ce numéro se veut à la fois différent des précédents et respectueux de l'ADN de votre magazine

des images, les touches de couleurs: tous ces éléments ont été minutieusement revus pour améliorer votre expérience de lecture.

L'ancienne section « Actualités » se métamorphose. Nous l'avons rebaptisée « Sur le vif ». Nous y privilégions de courts articles sur des recherches qui ont attiré notre attention par leur originalité, leur pertinence, ainsi que leur côté novateur ou amusant. Pour les nouvelles brûlantes, nous vous invitons à visiter notre site Web. Tous les jours, nous y rapportons ce qui se trame dans le monde effervescent de la science et de la techno. (Si ce n'est déjà fait, nous encourageons les lecteurs à s'abonner à nos réseaux sociaux pour ne rien manquer!)

NICOLE ALINE LEGAULT

Nous proposons une nouvelle rubrique: « Le cabinet des curiosités » où est expliqué en images un objet, un lieu ou un événement qui pique l'intérêt.

Vous renouerez ensuite avec vos chroniqueurs préférés, Normand Baillargeon et Jean-François Cliche. Ce dernier répondait auparavant aux questions des lecteurs. Désormais, il se penchera plutôt sur la science qui fait controverse dans sa chronique bien intitulée « Polémique ». Soyez sans crainte, vous pouvez continuer à faire parvenir vos interrogations à l'adresse [courrier@quebecscience.qc.ca](mailto:courrier@quebecscience.qc.ca). Notre équipe se fera un plaisir d'y répondre sur notre site.

Autre nouveauté: la journaliste Catherine Mathys, connue entre autres pour sa collaboration à l'émission *La sphère*, sur les ondes d'ICI Radio-Canada Première, tiendra la chronique « Technopop » où, avec humour et panache, elle réfléchira à l'impact des technos sur nos vies.

Nous avons confié à la journaliste Émilie Folie-Boivin la rubrique « Culture » où elle déploiera son flair pour sélectionner le meilleur de la culture scientifique, qu'il s'agisse de livres, de balados, d'expositions, de documentaires, d'émissions ou d'événements.

À la toute fin du magazine, vous retrouverez, comme toujours, l'anthropologue Serge Bouchard et sa prose majestueuse... ainsi qu'un petit nouveau, Saturnome. Ce bédéiste revisitera des épisodes oubliés ou cocasses de l'histoire des sciences. De quoi terminer (ou commencer, selon vos habitudes) votre *Québec Science* avec un éclat de rire!

Nous espérons de tout cœur que cette transformation vous inspirera. N'hésitez pas à nous faire part de vos commentaires. Si *Québec Science* a su garder le cap depuis tout ce temps, c'est en bonne partie grâce à votre fidélité, vos attentes élevées et votre œil averti.

Bonne lecture! 

# Mots croisés

JUIN 2017  
VOLUME 55, NUMÉRO 8

## Rédactrice en chef

Marie Lambert-Chan

## Reporters

Marine Corniou, Mélissa Guillemette

## Collaborateurs

Normand Baillargeon, Maxime Bilodeau, Serge Bouchard, Jean-François Cliche, Émilie Folie-Boivin, Joël Leblanc, Catherine Mathys, Jean-Benoît Nadeau, Laurie Noreau, Guillaume Roy, Marc-André Sabourin, Saturnome, Marion Spée

Correcteur-réviseur Luc Asselin

Directeur artistique François Émond

Photographes/illustrateurs Sylvain Cherkaoui, Frefon, Nicole-Aline Legault, Ochara Hale, Jean-François Hamelin, Dusan Milic, Mireille Massouh, Christine Muschi, Renaud Philippe, Vigg

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 450 929-1921  
514 909-4601 cmailloux@velo.qc.ca

Catherine Brochu 418 694-2363  
cbrochu@velo.qc.ca

Impression Transcontinental Interweb  
Distribution Messageries Dynamiques  
Parution: Mai 2017 (538<sup>e</sup> numéro)

Québec Science est publié par

Vélo Québec Éditions.

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

Envoi Poste-Publications Convention no 40065387.

© Copyright 2017 - La Revue Québec Science. Tous droits de reproduction, de traduction et d'adaptation réservés.

## Indexé dans repère

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

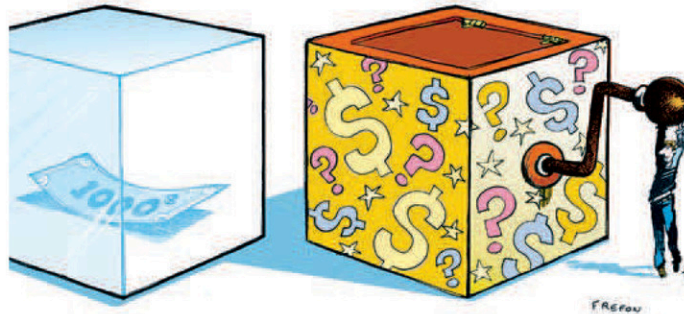


Le magazine Québec Science est imprimé sur du papier certifié FSC® (Forest Stewardship Council®), donc issu de forêts bien gérées et d'autres sources responsables.



Économie, Science et Innovation

Québec



## VOS SOLUTIONS AU PARADOXE DE NEWCOMB

Vous avez été nombreux à relever le défi lancé par notre chroniqueur Normand Baillargeon sur le paradoxe de Newcomb. Voici quelques-unes des solutions soumises :

«Je choisirais sans hésitation la boîte B, ce que le devin aurait prédit, et je recevrais ainsi 1 000 000 \$. Il me semble illogique de prendre les deux boîtes, puisque je recevrais seulement 1 000 \$. Par contre, si nous acceptons le fait que le prédicteur PRÉDIT l'avenir, son taux de réussite devrait être de 100% et non de 90%. Si nous introduisons une possibilité d'erreur de sa part, il s'agit d'une prévision et non plus d'une prédiction, et tout ce qui précède ne tient plus. Là est le paradoxe.»

— Robert Deschamps

«Pour l'explication psychologique, disons que le devin connaît votre personnalité et que si vous êtes du genre à vouloir le beurre et l'argent du beurre, il aura prévu votre choix des deux boîtes et vous

passerez à la caisse pour 1 000 \$. Si vous êtes du genre à jouer les probabilités et que votre choix est B, le devin aura aussi prévu votre choix et alors bienvenue parmi les millionnaires.»

— Raymond Brunelle

«Du point de vue logique, on ne peut pas dire en même temps qu'un tel pouvoir de prédiction est possible et, d'autre part, que nous avons le libre-arbitre pour effectuer un choix. Qu'arriverait-il si nous proposons de jouer la décision à pile ou face; le sort peut-il déterminer l'état de la boîte? Ma conclusion: le prédicteur n'existe pas.»

— Michel Jean

«Étant donné que, selon la description du paradoxe, le prédicteur ne se trompe à peu près jamais, il aura prédit mon choix et agi en conséquence. Si je prends les deux boîtes, il l'aura prédit et n'aura rien mis dans la boîte B. J'aurai donc en main 1 000 \$. Si je ne prends que la boîte B, il l'aura prédit aussi, et y aura mis 1 000 000 \$. J'aurai donc en main 1 000 000 \$.

L'erreur du deuxième rai-

sonnement qui nous suggère que le choix des deux boîtes peut être aussi intéressant consiste à ne pas respecter les règles du jeu; c'est-à-dire à ne pas prendre en compte que le prédicteur a prévu votre choix et a déjà agi en conséquence. Vous risquez de perdre 1 000 000 \$ dans l'espoir de gagner 1 000 \$ de plus. La cupidité perd son homme!»

— Laurent Ricard

Consultez notre site pour voir toutes les réponses de nos lecteurs.

## FATIGUE CHRONIQUE: RÉACTION

«En espérant que plusieurs personnes seront sensibilisées par cette explication [sur le syndrome de la fatigue chronique]. Ma fille est affligée de ce problème. Je souhaite que son état s'améliore avec le temps et qu'elle fasse partie du 5% des gens qui guérissent, avec l'aide du docteur Moreau, celle d'autres chercheurs et avec [l'octroi] de subventions.»

— Nicole Bertrand

## Québec Science honoré

Le magazine a remporté le prix du meilleur magazine dans la catégorie «Sciences, affaires et politique» lors de l'édition inaugurale des Canadian Magazine Awards/Grands Prix du magazine. «Ce prix reconnaît l'excellence de notre magazine qui, depuis 55 ans, raconte avec rigueur et passion l'actualité scientifique et technologique. Cette récompense nous fait au chaud au cœur et nous pousse à redoubler d'ardeur pour toujours mieux informer nos lecteurs», souligne la rédactrice en chef Marie Lambert-Chan.

## Écrivez-nous

courrier@quebecscience.qc.ca

1251, Rachel Est, Montréal (Qc) H2J 2J9

## Suivez-nous

www.quebecscience.qc.ca



## Abonnez-vous

www.quebecscience.qc.ca/abonnement

514-521-8356 poste 504  
1-800-576-8356

Un changement d'adresse: changementqs@velo.qc.ca

Le cabinet **des curiosités**

# Astronautes re

Le processus de recrutement des astronautes canadiens n'est pas de tout repos !



Pour tester leurs limites, les candidats sont soumis à des simulations de situations d'urgence. Un exemple? Colmater les fuites dans une pièce en train de se remplir d'eau ou redresser un radeau de sauvetage chaviré en mer.

**A**u cours des prochaines semaines, l'Agence spatiale canadienne annoncera le nom des 2 nouveaux astronautes sélectionnés au terme d'un concours qui aura duré près de 10 mois.

Au total, plus de 3 772 candidats ont envoyé leur CV, dont 881 Québécois (3 sont toujours en lice). Ils sont

ingénieurs, scientifiques, médecins... et prêts à déménager à Houston, au Texas, pour travailler au Centre spatial Johnson de la NASA, où s'entraînent les astronautes américains.

Il s'agit de la quatrième campagne de recrutement au pays, les précédentes

ayant eu lieu en 2009, en 1992 et en 1983. Au total, le Canada a recruté 12 astronautes, dont Marc Garneau et Julie Payette. De ceux-là, 10 sont aujourd'hui retraités. **M.G.**



Les six premiers astronautes canadiens recrutés en 1983



PHOTOS : AGENCE SPATIALE CANADIENNE

# cherchés

Les astronautes doivent absolument savoir nager, car l'entraînement pour les sorties dans l'espace se fait en piscine.



Un astronaute doit démontrer une certaine dextérité.



La capacité à travailler en équipe et l'esprit d'analyse des finalistes sont évalués sur ce mur d'escalade.



# Imprévisible Zika

Les études s'accumulent, mais le virus demeure difficile à cerner. Par Marine Corniou



CARLOS GIUSTI/LA PRESSE CANADIENNE

**D**epuis deux ans, les études scientifiques sur le virus Zika se multiplient, et leurs conclusions se rejoignent sur un point : la bête est difficile à cerner.

Le virus est-il plus dangereux que ce qu'on pensait? Continuera-t-il à se répandre ou ralentira-t-il sa course? « Tous les scénarios sont possibles. C'est de la spéculation, mais autant être prêt pour le pire », répond Gary Kobinger, directeur

du Centre de recherche en infectiologie de l'Université Laval, à Québec, qui mène actuellement un essai clinique avec un vaccin potentiel.

« C'est une épidémie complexe à appréhender, car il y a plusieurs souches virales, et on ne sait pas combien de temps les gens restent immunisés après une première infection », explique de son côté Cédric Yansouni, spécialiste des maladies infectieuses au Centre universitaire de santé McGill.

Découvert en Afrique en 1947 et

transmis par des moustiques, ce virus a fait les manchettes en 2014 lorsqu'il a atteint le continent américain (rien qu'au Brésil, plus de 100 000 cas ont été recensés en 3 ans). Généralement bénin, il peut néanmoins entraîner de graves malformations chez les fœtus, dont des microcéphalies (boîte crânienne sous-développée).

Malgré d'importants efforts de recherche, on ne sait pas encore précisément quel est le risque de malformation du bébé en cas d'infection de la mère.



JEAN-FRANÇOIS CLICHÉ @clicjf

Polémique

«Une femme enceinte court globalement 6% de risque de transmettre le virus à son fœtus si elle est infectée [11% au premier trimestre], explique Cédric Yansouni. Le risque de malformation qui en découle semble très élevé.» Celui-ci peut atteindre plus de 40% selon les études.

Le portrait est d'autant plus complexe qu'il «semble y avoir une association entre la probabilité de malformation fœtale et le fait que la femme ait pu contracter la dengue [aussi transmise par les moustiques] dans le passé».

Cédric Yansouni rappelle qu'il est toujours déconseillé de voyager dans les zones à risque (en gros, les Caraïbes, le Mexique et tous les pays d'Amérique centrale et du Sud) en cas de grossesse ou de projet de grossesse, le virus pouvant persister six mois dans le sperme et être transmis par voie sexuelle. Au Canada, environ 500 voyageurs ont été touchés, les symptômes étant le plus souvent légers.

Mais sur ce point, une étude récente, publiée par l'équipe de Cédric Yansouni dans le *Journal de l'Association médicale canadienne* (CMAJ), suscite l'inquiétude. Elle suggère que les complications liées à l'infection, notamment le syndrome de Guillain-Barré (une atteinte neurologique qui entraîne une paralysie temporaire), pourraient être plus fréquentes que ce qu'on pensait.

En suivant plus de 1 000 Canadiens ayant présenté une fièvre après un voyage à l'étranger entre octobre 2015 et septembre 2016, les chercheurs ont découvert que 41 personnes étaient infectées par le Zika; et que, dans ce groupe, tout le spectre des complications était présent. «On a eu deux cas de Guillain-Barré. L'échantillon est petit, mais ça demeure un signal surprenant», affirme le chercheur.

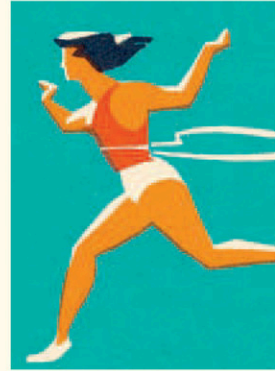
Le vaccin est donc attendu avec impatience. Et les premiers résultats obtenus par Gary Kobinger sont encourageants. La première phase, portant sur 40 patients (dont 15 Québécois), a montré que le vaccin était bien toléré et qu'il induisait une réponse immunitaire. La deuxième phase est en cours, notamment à Porto Rico sur 160 personnes. «Comme c'est une zone où le virus est présent, on devrait commencer à savoir à l'automne s'il y a des signes d'efficacité», précise-t-il.

# Pour en finir avec l'IMC

Imaginez un peu le scandale! Des chercheurs de Chicago ont mesuré le niveau d'activité physique de près de 2 000 personnes en leur faisant porter des accéléromètres pendant 7 jours, au début de l'étude, puis ils ont ensuite suivi le poids de ces gens pendant 3 ans. Au final, les sédentaires ont pris, en moyenne, 0,4 kg par année. Et les «actifs», eux... Eh bien non, ils n'ont pas perdu de poids. En fait, ils ont gagné 0,7 kg par année. Presque deux fois plus que les sédentaires!

L'étude, parue en février dans la revue savante *Peer J*, a connu un fort succès médiatique. «Le sport fait-il grossir ou maigrir?» ou encore «L'activité physique ne permet pas de contrôler le poids», a-t-on lu çà et là dans les médias. Remarquez que j'aime bien quand on bouscule les idées reçues, ne serait-ce que pour savoir si elles tiennent debout. Mais il y a tout de même quelques trucs qui me chicotent dans cette histoire.

D'abord, le design de l'étude n'était pas particulièrement bon pour mesurer l'effet du jogging et des autres formes d'«auto-torture» sur le tour de taille. Le niveau d'activité physique a bien été évalué, mais seulement en début de parcours. Ceux qui étaient sédentaires à ce moment-là pouvaient difficilement faire moins de sport par la



suite – ils ne pouvaient logiquement qu'en faire autant ou plus. À l'inverse, un participant sportif au départ, mais qui se serait laissé aller ensuite, aurait quand même été considéré comme un «actif». Tout cela a pu brouiller les résultats.

Cela ne reste jamais qu'une seule étude. Quand on agrège les résultats de toutes les recherches pertinentes, on se rend compte que l'exercice aide à perdre du poids.

Néanmoins, il y a un problème «de taille» avec la plupart des études qui suggèrent que l'exercice ne fait pas maigrir: elles prennent comme mesure principale le fameux indice de masse corporelle (IMC, soit le ratio du poids sur le carré de la taille). Or «ce n'est tout simplement pas une bonne cible thérapeutique», estime, à l'instar de plusieurs collègues scientifiques, Benoît Arsenault, chercheur à l'Institut universitaire de cardiologie et de pneumologie de Québec.

L'IMC n'est pas dénué

de valeur: l'embonpoint (IMC entre 25 et 30) et l'obésité (IMC de plus de 30) sont bel et bien liés à divers problèmes de santé. Mais il reste une mesure grossière. Que l'on prenne 10 kg de muscle en s'entraînant ou 10 kg de «poignées d'amour», l'indice n'y voit que du feu.

«Les gens qui ne font aucun sport et s'alimentent mal ne sont pas nécessairement les plus lourds, mais leurs habitudes malsaines auront un effet sur la distribution de la graisse à l'intérieur du corps. Ils ont davantage de dépôts de graisse ectopique, c'est-à-dire la graisse située ailleurs que dans le tissu adipeux sous-cutané, comme dans le foie ou autour de l'intestin, et même du cœur. Cette graisse ne pèse pas beaucoup sur la balance, mais elle augmente grandement le risque de diabète de type 2 et des maladies du cœur», explique M. Arsenault.

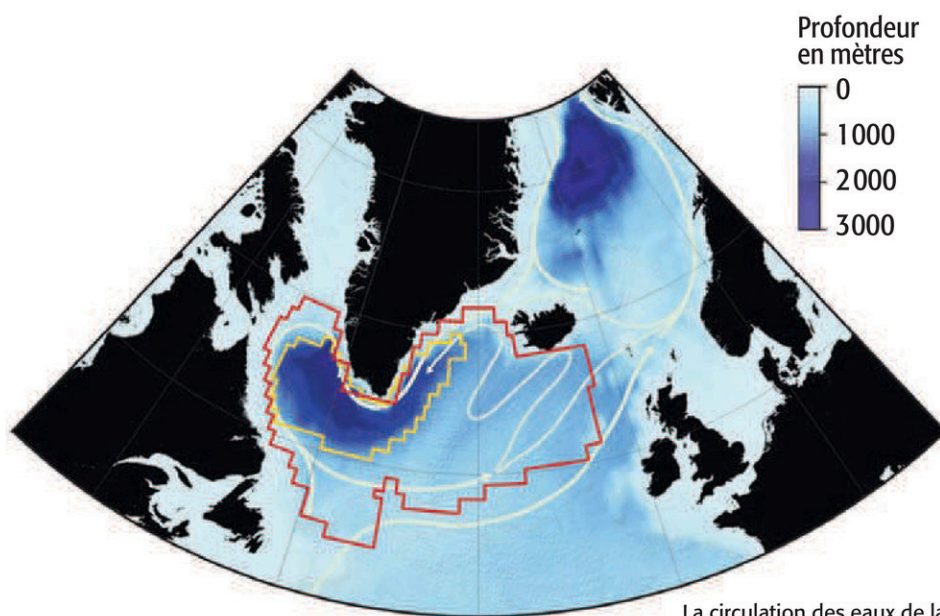
En fait, c'est la «pire» de toutes les graisses et plusieurs études démontrent que l'exercice, en plus d'aider (un peu) à amincir la silhouette, est particulièrement efficace pour s'en débarrasser.

Bref, analyser les bienfaits du sport uniquement à travers le prisme de l'IMC équivaut à dessiner un arc-en-ciel avec des crayons d'une seule couleur: on perd trop d'information pour que l'exercice soit vraiment parlant.

# Vers un refroidissement subit de l'Atlantique Nord ?

Alors que les températures mondiales sont en hausse, des modèles prédisent un refroidissement des régions côtières de l'Atlantique Nord.

Par Marion Spée



La circulation des eaux de la mer du Labrador et le gyre subpolaire (en rouge).

tra plus le mélange des eaux pendant la période hivernale. Cette nouvelle donne pourrait tout bonnement causer un arrêt du phénomène de convection, et sérieusement affecter les températures de la région Atlantique Nord. « On a créé un algorithme capable de sélectionner, parmi les 40 modèles climatiques pris en compte par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, ceux qui reproduisaient une stratification réaliste dans la mer du Labrador pour les conditions climatiques actuelles », précise le professeur à l'Université de Bordeaux. Onze modèles ont répondu aux exigences et, de ce florilège, 45% prévoient un arrêt de la fameuse convection.

Cette modification entraînerait un refroidissement de 2°C à 3°C de la mer du Labrador qui, à son tour, rafraîchirait les régions côtières environnantes.

Pas de panique! « On parle de 45%; c'est donc que plus de la moitié des modèles sélectionnés ne prédisent pas de refroidissement », nuance Daniel Bourgault, professeur en océanographie physique à l'Institut des sciences de la mer de Rimouski.

Il souligne que, même si ce refroidissement avait lieu rapidement, le climat planétaire, en moyenne, serait tout de même à la hausse. « La distribution géographique des changements de température peut être hétérogène, avec une majorité des régions qui se réchauffent et d'autres qui se refroidissent », précise le professeur.

Dans *Le jour d'après*, le président américain regrette de ne pas avoir voulu regarder en face la menace climatique que les scientifiques prévoient pourtant. Reste à voir si cette partie précise de l'histoire se transposera aussi dans la réalité. **B**

**L**e film catastrophe *Le jour d'après*, sorti en 2004, avait pour élément déclencheur une modification drastique du climat dans l'hémisphère nord qui se retrouvait carrément recouvert de glaces! C'était un peu fort de café, scénario hollywoodien oblige. Il reste que la possibilité d'un refroidissement du climat autour de l'Atlantique Nord est bien connue, même si les prévisions l'annoncent progressif et, a priori, pas pour le XXI<sup>e</sup> siècle.

Mais le revirement pourrait être plus abrupt que les scientifiques le croyaient. Des chercheurs français et britanniques ont réévalué le risque en ciblant un élément local bien précis. « Nous nous

sommes concentrés sur le phénomène de convection en mer du Labrador », explique Giovanni Sgubin, premier auteur de l'étude parue dans la revue savante *Nature Communications*.

Quel est ce phénomène? En hiver, les eaux de surface de la mer du Labrador se refroidissent et deviennent plus denses que celles des profondeurs; elles plongent donc vers le fond. La chaleur des eaux profondes remonte alors vers la surface et empêche la formation de banquises.

Mais la hausse des précipitations et la fonte des glaciers associées au réchauffement climatique diminueront la salinité des eaux de surface; cela a même déjà commencé. Cette dilution diminuera la densité en surface, ce qui ne permet-

# Du Saran Wrap réfrigérant!



UNIVERSITÉ DE BOULDER

À première vue, le matériau ne paie pas de mine. On dirait un film plastique étirable, disponible sous forme de gros rouleaux blanchâtres. Il s'agit en fait d'une petite merveille; ce polymère est capable de refroidir n'importe quelle surface, sans consommer la moindre énergie. Une sorte de climatiseur futuriste qui pourrait faire baisser la température d'un toit, d'une auto ou d'un panneau solaire de 10 °C par rapport à la température ambiante, même en plein soleil.

Son secret? Il évacue la chaleur directement dans l'espace, au-delà de l'atmosphère! Mis au point par des ingénieurs de l'université de Boulder, au Colorado, ce matériau a été en fait inspiré par un phénomène naturel bien connu: le refroidissement radiatif, soit l'émission de rayonnement infrarouge.

Ainsi, tous les objets ou êtres vivants dissipent de la chaleur sous forme d'infrarouges, à des longueurs d'onde comprises entre 5 et 15 micromètres ( $\mu\text{m}$ ). Mais il existe une «fenêtre thermique» un peu magique, entre 8  $\mu\text{m}$  et 13  $\mu\text{m}$ . À ces longueurs d'onde, le rayonnement infrarouge n'est pas absorbé par l'atmosphère et s'échappe directement dans l'espace. C'est de cette

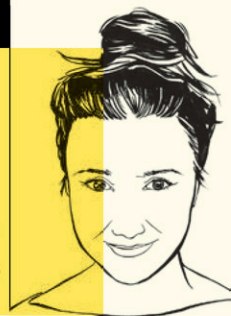
façon que les déserts, brûlants le jour, tombent parfois la nuit sous le point de congélation!

Pour «absorber» la chaleur de la surface sur laquelle il se trouve et l'évacuer sous forme de rayonnement infrarouge de 10  $\mu\text{m}$ , le matériau compte sur des microbilles de verre dispersées dans un polymère transparent. Ces sphères ont un diamètre de 8  $\mu\text{m}$  qui leur permet d'émettre des radiations dans la fenêtre thermique. Pour qu'il puisse fonctionner en plein jour, le matériau agit aussi comme un miroir: la face inférieure est tapissée d'une fine couche d'argent qui reflète 96 % du rayonnement solaire. Résultat, il ne chauffe pas, même en été, ce qui permet d'optimiser cet «effet de serre inversé».

L'équipe de Boulder n'est pas la première à exploiter le rayonnement radiatif pour mettre au point un matériau réfrigérant. En 2014, des scientifiques de l'université Stanford avaient produit un film équivalent, mais composé de matériaux photoniques onéreux. Cette fois, les auteurs affirment que leur film peut être produit en grande quantité à un prix compris entre 0,25 \$US et 0,50 \$US par mètre carré. On s'équipe? **M.C.**

CATHERINE MATHYS  @Mathysc

**Technopop**



## Mon meilleur ami est un robot

On a longtemps voulu robotiser les humains; voilà maintenant qu'on veut humaniser les robots. L'informatique affective amène les machines à reconnaître, interpréter et même exprimer des émotions quand on entre en contact avec elles. Il y a 20 ans, on s'est attaché à Clippy, le petit trombone de Microsoft Office. Mais ce ne fut pas réciproque. Maintenant, on aimerait bien que les assistants virtuels de la trempe de Clippy s'attachent aussi à nous ou, à tout le moins, qu'ils se soucient de notre bien-être.



Selon des experts, l'avenir ressemble beaucoup plus au film *Her* qu'on ne le pense. L'émotion est un langage universel que tout le monde possède (sauf votre ex, bien sûr); normal d'en équiper nos machines, disent-ils. Mais dans quelle galère nous embarquons-nous? Vous n'aimez pas que GAFA (Google, Amazon, Facebook et Apple) recueille vos données? Qu'est-ce que ce sera quand elle collectera vos émotions?

C'est pourtant là qu'on semble se diriger. Imaginez le scénario. «Aurais-tu envie d'un bon café?» me demande Mario (nom de mon robot personnel fictif) qui sait que, habituellement, j'ai une petite baisse de régime à cette heure-ci. «Le meilleur latte en ville se trouve à 850 m», me conseille-t-il en fonction des notes attribuées par ma communauté en ligne. «Et n'oublie pas d'appeler ta tante pour son anniversaire. Je sais qu'elle est importante pour toi. Ne t'en fais pas, je m'occupe des fleurs.» Sacré Mario!

Vous ne le savez pas encore, mais c'est ce que vous voulez. En tout cas, c'est le résultat d'une expérience menée par Huga, une agence de marketing américaine, qui a découvert qu'une majorité d'utilisateurs des systèmes Amazon Echo ou Google Home espèrent une relation amicale avec les machines. Depuis la simple empathie jusqu'au soutien émotif, en passant par le conseil, l'assistant virtuel est appelé à remplir un rôle bien plus complexe que Clippy, que j'aime encore, même s'il n'a jamais su le déceler. Je vais me reprendre avec Mario.

NICOLE ALINE LEGAULT

En kiosque  
le 1<sup>er</sup> juin

50 ANS DE VÉLO QUÉBEC

Hors série

# vélo **mag**

## *Histoire du vélo au Québec*

En 50 ans, nous sommes passés du bicycle à pédales au vélo.  
Suivez le parcours de la petite reine dans ce numéro spécial !

- Les batailles gagnées
- La pratique d'hier à aujourd'hui
- La naissance du cyclotourisme
- Le vélo, outil d'émancipation
- Les grandes compétitions
- La vision de l'avenir





**Onze** C'est le nombre de nouvelles sortes de nuages ajoutées dans l'*Atlas international des nuages*. Parmi elles se trouvent le monstrueux « asperitas », fait d'ondulations chaotiques dignes des plus grands films d'apocalypse; et le « fluctus », moins effrayant et caractérisé par de belles vagues sur le dessus du nuage. Créé par l'Organisation météorologique mondiale (OMM), l'*Atlas* était resté inchangé depuis 1987, à une époque où Internet n'existait pas encore. Pour souligner en grand son entrée dans l'ère numérique, l'OMM a créé un portail web répertoriant la centaine de formes de nuages existantes. [www.wmocloudatlas.org](http://www.wmocloudatlas.org) **L.N.**

## Un cœur d'épinards



Jusqu'à présent, les délicats vaisseaux sanguins de notre cœur n'ont jamais pu être reproduits. La solution se trouverait peut-être dans les feuilles d'épinards! Le système vasculaire de ce légume vert ressemble à s'y méprendre au nôtre: un réseau complexe de veinules s'occupe d'acheminer l'eau et les nutriments jusqu'aux cellules. Des chercheurs du Worcester Polytechnic Institute, au Massachusetts, ont donc utilisé ces réseaux pour reproduire le mouvement du sang dans les petits capillaires humains.

En laboratoire, ils ont retiré les cellules de la feuille d'épi-

nards pour ne garder que sa structure en cellulose. Ce matériau est déjà utilisé en médecine, notamment pour créer du cartilage et certaines parties de l'os, ou pour aider à la cicatrisation.

Les chercheurs ont ensuite plongé cette membrane cellulosique dans des cellules humaines. Un tissu s'est formé autour de la structure, puis autour des petites veines, créant ainsi l'architecture d'un cœur. Du colorant rouge a été injecté et les circuits vasculaires se sont gorgés de liquide, empruntant le même chemin que celui des cellules et des nutriments du sang envoyés au cœur. Les résultats de cette expérience ont été publiés dans la revue *Biomaterials*.

Pour l'heure, ces travaux ne sont qu'une preuve de concept. Ils laissent toutefois entrevoir la possibilité de remplacer certains tissus cardiaques endommagés par ce réseau de veines végétales. Les idées ne manquent pas pour utiliser les plantes afin de réparer le corps humain: pour quoi ne pas profiter du réseau vascularisé du bois pour réparer certains os? **L.N.**

## La longue histoire du nez

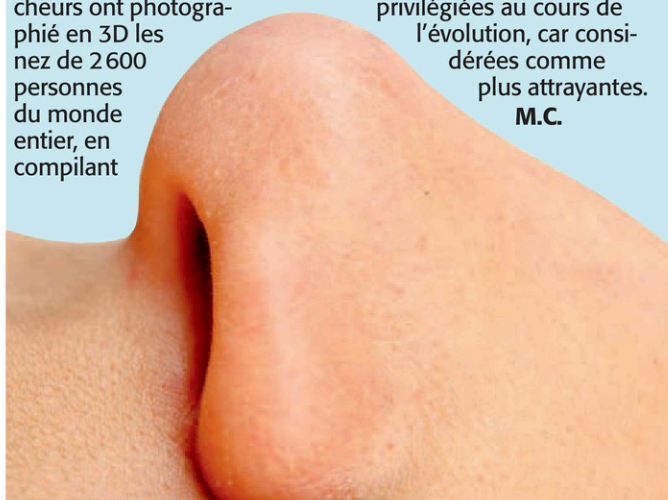
Long, fin, retroussé, épaté, large ou pointu, notre nez nous vient de nos parents, mais sa forme résulte aussi de milliers d'années d'adaptation au climat dans lequel vivaient nos ancêtres. C'est ce qu'affirment des anthropologues de l'université d'État de Pennsylvanie dans une étude publiée par *PLOS Genetics*.

Partant de l'hypothèse que le nez permet de tempérer l'air que l'on inspire, « pour qu'il se réchauffe et s'humidifie avant d'atteindre les voies respiratoires », les chercheurs ont photographié en 3D les nez de 2 600 personnes du monde entier, en compilant

aussi les données climatiques des différentes régions où elles se trouvaient.

Leur conclusion? Certains aspects de la forme du nez (la largeur des narines, surtout) sont en effet liés à une adaptation au climat. Ainsi, les narines étroites faciliteraient l'humidification de l'air par le mucus nasal, alors que les nez larges et courts seraient mieux adaptés à l'air chaud et humide.

Mais ce n'est pas tout. Notre pif serait aussi un atout sexuel: certaines formes de nez auraient été privilégiées au cours de l'évolution, car considérées comme plus attrayantes. **M.C.**





NORMAND BAILLARGEON  @nb58

**Je doute donc je suis**

# Les semeurs d'ignorance

Des individus et des industries se muent en marchands de doute pour contester le savoir scientifique.

**L'**étude de ce qu'on ignore. C'est l'étrange définition de l'« agnotologie », un mot créé il y a une vingtaine d'années pour désigner à la fois l'étude de l'ignorance et celle des stratégies mises en œuvre pour la propager.

Car on parle ici d'une ignorance systématiquement et délibérément fabriquée, notamment par diverses industries, comme celles du tabac ou du pétrole. Leurs stratégies, de mieux en mieux connues, visent à nier que le tabac cause le cancer ou que brûler des énergies fossiles contribue au réchauffement climatique.

Prenez le cas, amplement documenté, d'ExxonMobil. Comptant des milliers de scientifiques dans ses rangs et disposant de données cruciales sur les ressources exploitables, cette compagnie connaissait depuis longtemps l'essentiel de ce qu'il y a à savoir sur le réchauffement climatique anthropique.

Mais elle s'est employée à propager l'ignorance, en mettant en doute les données scientifiques que des chercheurs tentaient de porter à l'attention du public et des politiciens. (Une information stupéfiante, en passant: le président Trump a nommé l'ex-patron d'ExxonMobil, Rex Tillerson, à la tête de la diplomatie américaine.)

Cette stratégie, inspirée des actions de l'industrie du tabac, est construite autour de l'idée qu'on retrouve dans un mémo rédigé en 1969 par une firme de relations publiques à l'intention d'un fabricant de cigarettes: « Notre produit, c'est le doute. »

Ce doute, fabriqué et entretenu, concerne les vertus épistémiques.



ILLUSTRATION : VIGG

L'honnêteté intellectuelle, la curiosité, la capacité à changer d'idée quand les faits le commandent en sont des exemples. Ce sont des qualités que les scientifiques et la science (mais aussi, et autant que possible, le commun des mortels) devraient incarner.

On le sait, les pseudosciences se drapent souvent de ces vertus épistémiques pour réclamer qu'on leur accorde, à elles aussi, un statut scientifique.

Ainsi, le magicien israélien Uri Geller prétend avoir validé en laboratoire l'existence de ses pouvoirs paranormaux. Ou

encore, certains adeptes de croyances « mystico-nouvel-âgistes » en réfèrent parfois, de manière typiquement obscurantiste, à la mécanique quantique qui viendrait confirmer leurs idées.

Les procédés agnotologiques des entreprises comme ExxonMobil sont cependant distincts.

Cette fois, il s'agit de se parer des vertus épistémiques de la science pour s'en réclamer, mais aussi pour contester la valeur d'un savoir scientifique pourtant établi! Cette perversion est bien plus pernicieuse et efficace que la précédente.

NICOLE ALINE LEGAULT

Le doute est une vertu épistémologique cruciale en science. Il conduit à rester critique, à admettre que tout ce qu'on sait est en soi révisable.

Cet esprit critique, ce sain scepticisme, c'est la posture que prennent les semeurs d'ignorance, mais pour la pasticher... et la pervertir! Ainsi, leur doute n'est pas engendré par les preuves, mais les précède et commande leur sélection intéressée. Dans la foulée, ils accuseront les scientifiques de manquer de cette vertu et se positionneront comme incarnant ce que doit véritablement être la science.


Autre vertu travestie: le caractère institutionnalisé de la science. Ce dernier n'est pas tant une affaire de génie solitaire que de collaboration et de débats entre scientifiques, à coups d'articles revus par les pairs. Les promoteurs d'ignorance l'ont compris et mettent donc sur pied des institutions bidon qui parodient celles de la science: revues, instituts, groupes de recherche, qui réclament ensuite de prendre part au débat public, au nom de cette nécessaire ouverture aux positions dissidentes.

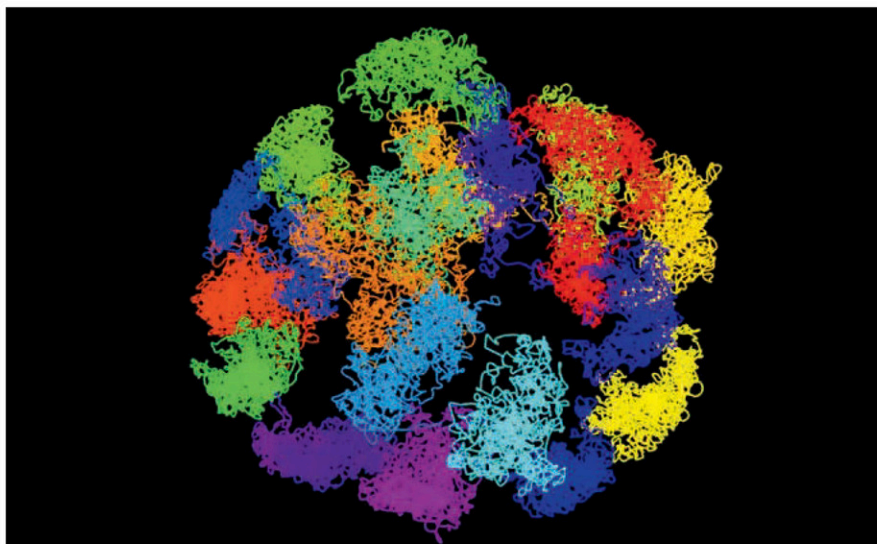
## QUESTION D'IDÉOLOGIE

Une troisième perversion notable concerne le rapport de la science au politique. Visant l'objectivité, la recherche scientifique œuvre à se prémunir contre toute contamination: les objets de recherche, les méthodes, les conclusions défendues, tout cela ne doit en aucun cas être le fruit de pressions politiques ou dicté par l'idéologie.

Cette fois, la stratégie des propagateurs d'ignorance sera d'accuser les scientifiques d'avoir un « agenda caché » ou d'être motivés par une quête de subventions publiques. Ou encore, et c'est une stratégie redoutablement efficace, on transportera le débat sur le terrain politique en accusant les scientifiques de promouvoir, sans l'avouer, des valeurs dont on pense qu'elles répugnent au public qu'on veut tromper. Fumer devient ainsi non pas tant une affaire de santé publique qu'une question de liberté, que les ennemis du tabac veulent entraver.

Vous l'avez deviné: la thèse du réchauffement climatique est, de ce point de vue, une attaque en règle contre « nos » valeurs, « notre » mode de vie, « nos » idéaux politiques; et menée par des ennemis.

Des faits que nous ne pouvons pourtant nous permettre d'ignorer passent ainsi à la trappe dans le débat démocratique. 



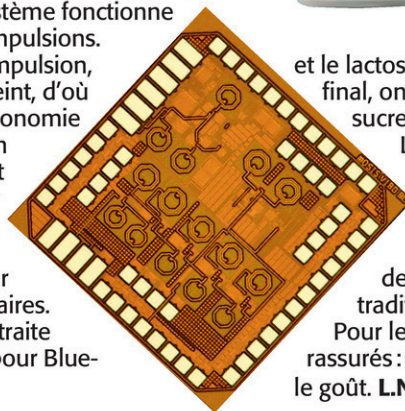
## Première carte 3D du génome

Comment la molécule d'ADN, qui mesure plus de 1 m de long, s'enroule-t-elle pour tenir dans le minuscule noyau des cellules? C'est ce qu'a voulu savoir une équipe de l'université de Cambridge, au Royaume-Uni, qui a scruté le matériel génétique d'une cellule souche embryonnaire de souris. En prenant une série de clichés et en étudiant plus de 100 000 zones de contact au sein de la molécule, ils ont produit la première carte 3D du génome, mettant en lumière tous ses plis et replis dans la revue *Nature*. **M.C.**

## De la compétition dans les ondes

La technologie Bluetooth n'a qu'à bien se tenir. Des professeurs de l'Université du Québec à Montréal ont mis au point une puce qui pourrait révolutionner le système de communication sans fil de courte portée. L'appareil consommerait de 35 à 40 fois moins d'énergie que son plus proche concurrent. Exit les batteries déchargées en quelques heures à peine.

Frédéric Nabki et Dominic Deslandes ont fondé Spark Microsystems avec l'intention de réinventer la transmission d'ondes. Au lieu d'envoyer une onde continue comme dans les appareils actuels, leur système fonctionne sous forme d'impulsions. Entre chaque impulsion, le système s'éteint, d'où cette grande économie d'énergie. Selon eux, on pourrait même éliminer la pile de l'appareil pour la remplacer par des cellules solaires. L'heure de la retraite a-t-elle sonné pour Bluetooth? **L.N.**



## Pas besoin de tirer ma vache



Après le burger sans viande, voici maintenant le lait de vache sans vache. Une nouvelle entreprise californienne a créé le lait Perfect Day à l'aide de la bio-impression 3D.

Comment y parvient-on? En insérant une séquence d'ADN de vache imprimée en 3D dans une souche de levure appelée Buttercup. La levure fermente avec le sucre pour fabriquer les vraies protéines du lait, la caséine

et le lactosérum. Pour obtenir le produit final, on y ajoute des graisses, des sucres et des nutriments végétaux.

L'impact environnemental de ce lait nouveau genre serait minime. Il utiliserait 98 % moins d'eau et émettrait 65 % moins de gaz à effet de serre que la production traditionnelle du lait de vache.

Pour les amoureux du lait, soyez rassurés: il n'y aurait aucun impact sur le goût. **L.N.**

SUIVEZ TOUTES NOS ACTUALITÉS SUR [WWW.QUEBECSCIENCE.QC.CA](http://WWW.QUEBECSCIENCE.QC.CA) >

A pregnant woman with dark hair tied back, wearing a blue dress with colorful polka dots, stands in profile. She is in a room with a sewing machine in the background. The title 'Mères porteuses pratique' is overlaid on the right side of the image.

# Mères porteuses pratique

# noble ou immorale ?

La gestation pour autrui est permise au Canada, si elle n'est pas rémunérée. Au Québec, en revanche, les ententes entre mères porteuses et parents d'intention n'ont aucune valeur légale. Doit-on légaliser la pratique ?

Le gouvernement provincial travaille présentement à clarifier le flou juridique autour de la gestation pour autrui, alors que deux décisions récentes de la cour ont forcé la province à reconnaître l'adoption de bébés par des parents d'ici ayant eu recours à des mères porteuses en Asie, pour le bien des enfants. Il faut savoir que, si certains couples trouvent dans leur entourage ou sur le Web une Québécoise prête à porter leur enfant, d'autres se tournent vers des cliniques de fertilité controversées dans les pays en voie de développement. Est-ce une instrumentalisation du corps des femmes ? Ou un contrat louable qui fait le bonheur de toutes les parties ? La sociologue Maria De Koninck, professeure émérite à la faculté de médecine de l'Université Laval, estime qu'il faut bannir cette pratique à tout prix.

Propos recueillis par Mélissa Guillemette

**A** quand remontent les débuts de la pratique ?  
**Maria De Koninck** Cela fait à peu près 40 ans. J'ai écrit sur les mères porteuses pour la première fois en 1985. J'étais professionnelle de recherche au ministère de la Santé du Québec et on avait eu vent de cette nouvelle pratique, rendue possible avec la fécondation in vitro. C'était marginal, mais ça s'est répandu, depuis.

**QS Quelle est l'ampleur du phénomène ?**

**MDK** On n'a pas beaucoup d'information, puisque ce n'est pas permis au Québec. On ne détient pas vraiment de données pour le Canada non plus. Des chercheurs tentent d'en obtenir des cliniques de fertilité.

**QS Pourquoi condamnez-vous la pratique ?**

**MDK** Selon moi, un être humain ne doit jamais faire l'objet d'un échange.

**QS Mais pour les mères porteuses canadiennes, il n'y a jamais d'argent en jeu.**

**MDK** Quand on fait appel à une femme pour porter un enfant, et qu'elle accepte, sans être rémunérée, il y a quand même une entente qui prévoit que la femme va donner l'enfant après sa naissance. Le bébé est pourtant un être humain et

sa dignité fait en sorte qu'il ne doit pas faire l'objet d'un don.

**QS L'adoption est également faite d'échanges. Condamnez-vous cette pratique ?**

**MDK** Il y a une distinction fondamentale entre un enfant qui est confié, une fois né, à des personnes qui ne sont pas ses parents biologiques et le fait de décider à l'avance qu'il ne restera pas avec sa mère. Pour toutes sortes de raisons, il peut arriver que les parents ne soient pas en mesure d'éduquer un enfant.

Avec le recours aux mères porteuses, on crée un grand paradoxe. On choisit cette option en général pour avoir un enfant qui est lié génétiquement au père. Mais, de plus en plus souvent, on achète l'ovule d'une femme, on le fait féconder avec le sperme du père et on le fait porter par une autre femme. Le père, lui, a un lien génétique avec sa progéniture. Mais l'enfant n'y a droit qu'à moitié puisqu'on lui refuse de connaître ses origines maternelles.

**QS Qu'en est-il des couples qui intègrent la mère porteuse à la famille ?**

**MDK** Un cas d'arrangement est souvent évoqué : celui de l'artiste Rufus Wainwright qui, marié à un homme, a eu une fille avec Lorca Cohen [NDLR, fille de Leonard Cohen]. L'enfant porte

le nom de sa mère ainsi que de son père et la garde est partagée. M. Wainwright insiste pour dire que Mme Cohen n'est pas une mère porteuse, mais bel et bien la mère de l'enfant. Il définit le rôle de son conjoint comme celui d'un second père.

Dans un tel cas, il n'y a ni don ni abandon. Je ne considère pas que la dignité humaine de l'enfant est mise en cause.

Quant à la femme qui accepte de porter un enfant dans la perspective d'un don pour des connaissances ou des ami(e)s, et qui accepte de ne pas assumer de responsabilités maternelles ensuite, même si son intention est noble, elle est instrumentalisée.

**QS Mais ces femmes ont pris la décision elles-mêmes, non ?**

**MDK** D'abord, précisons que je ne pose pas de jugement sur les femmes qui décident de le faire. Je pose un jugement sur la pratique.

Ses défenseurs disent que les mères porteuses sont « autonomes ». L'autonomie des femmes est effectivement un principe important. J'ai fait partie de l'équipe de rédaction de la politique d'ensemble sur la condition des femmes *Pour les Québécoises : égalité et indépendance*, rendue publique en 1978. Le principe qui a guidé tous nos travaux est justement l'autonomie des femmes.

Mais ce terme peut être galvaudé... La mère porteuse devient un moyen pour d'autres personnes d'avoir un enfant. Quand on dit que les femmes le veulent, c'est un détournement du discours.

**QS La pratique a-t-elle un impact sur l'enfant ?**

**MDK** Il y a eu quelques études, menées chez des enfants relativement jeunes, car le phénomène est encore assez nouveau. À ce jour, le constat est qu'ils se portent bien et ont une bonne famille.

Mais à l'âge adulte, il n'y a pas d'étude. Or on sait que des enfants adoptés se mettent en quête de leurs origines à l'âge adulte, parfois même très tard dans leur vie.

Ceux qui voient là une atteinte aux



Maria De Koninck

« Il y a une construction sociale du désir d'enfant à tout prix – de son enfant à tout prix – qui s'accompagne d'une détresse. J'appelle ça la « pathologisation » et la médicalisation du désir d'enfant. »

droits de l'enfant se posent la question : l'enfant, une fois adulte, ne va-t-il pas se demander pourquoi sa mère a accepté ça ? Il faut lui donner toutes les chances pour évoluer de façon harmonieuse.

D'ailleurs, la science ne cesse de démontrer que la relation entre l'enfant et la mère commence pendant la grossesse : le cerveau de la mère se modifie pendant cette période, apprenait-on récemment. Également, le stress vécu a un impact sur le poids du bébé.

On peut penser à la santé des femmes aussi : la stimulation ovarienne n'est pas sans impact. La grossesse comporte aussi certains risques. Et le tout se termine parfois par une césarienne exigée par les parents « commanditaires ».

Surtout, c'est un morcellement de

l'expérience humaine qu'est la grossesse : la conception, la gestation et l'enfantement. Ce faisant, on la dépouille de son sens. Nous sommes des êtres humains et le symbolisme est important, non ?

**QS Vous estimez qu'il faut un débat sur la question, mais qu'il est difficile à tenir. Pourquoi ?**

**MDK** Les arguments font en sorte que le débat n'a pas lieu. La question des droits nuit beaucoup à la réflexion. Ces dernières décennies, on a développé les droits individuels, ce qui est une excellente chose, mais on est rendu à un moment où ceux-ci prennent le dessus sur la discussion autour du bien commun.

On parle maintenant du « droit à l'enfant » et c'est fortement contestable. Quand on évoque ça, la porte du débat est fermée; on peut difficilement s'opposer.

D'autre part, il y a une confusion autour du respect des droits des homosexuels dans ce dossier. Est-ce qu'interdire le recours aux mères porteuses est une négation de leurs droits parce que cette pratique leur permet d'avoir des enfants ?

L'enfant n'est pourtant pas une « chose » à laquelle on a droit !

**QS Mais le désir d'avoir un enfant peut certainement être fort.**

**MDK** Il y a une construction sociale du désir d'enfant à tout prix – de son enfant à tout prix – qui s'accompagne d'une détresse. J'appelle ça la « pathologisation » et la médicalisation du désir d'enfant. Puisque la médecine a rendu possible de se reproduire malgré l'infertilité d'un des membres du couple, les gens ne peuvent plus faire leur deuil. On peut travailler là-dessus, comme société. Mais c'est une question délicate...

**QS Malgré tout, n'est-ce pas un devoir d'encadrer la pratique pour protéger la mère porteuse et l'enfant ?**

**MDK** Je m'oppose catégoriquement à cette pratique au nom du respect de la dignité humaine des femmes et des enfants. Je trouve qu'on n'a pas assez cherché la façon de régler le problème. ☺

MARC ROBITAILLE



**VENEZ EN DÉBATTRE AVEC NOUS !**  
 Maria De Koninck comptera parmi les invités du **Bar des sciences Radio-Canada/Québec Science** portant sur la gestation pour autrui, le 23 mai, à 17 h 30 au bar montréalais **L'Barouf**. La séance sera diffusée à l'émission radiophonique *Les années lumière*, le 28 mai. **L'entrée est gratuite.**

# VIVE LA VIE!



espace  
pour la  
vie montréal



## SAULE GUÉRISSEUR

Les arbres ne sont pas seulement beaux. Ils soignent. Pour preuve, la phytoremédiation, une technique de décontamination des sols intimement liée à leurs racines.

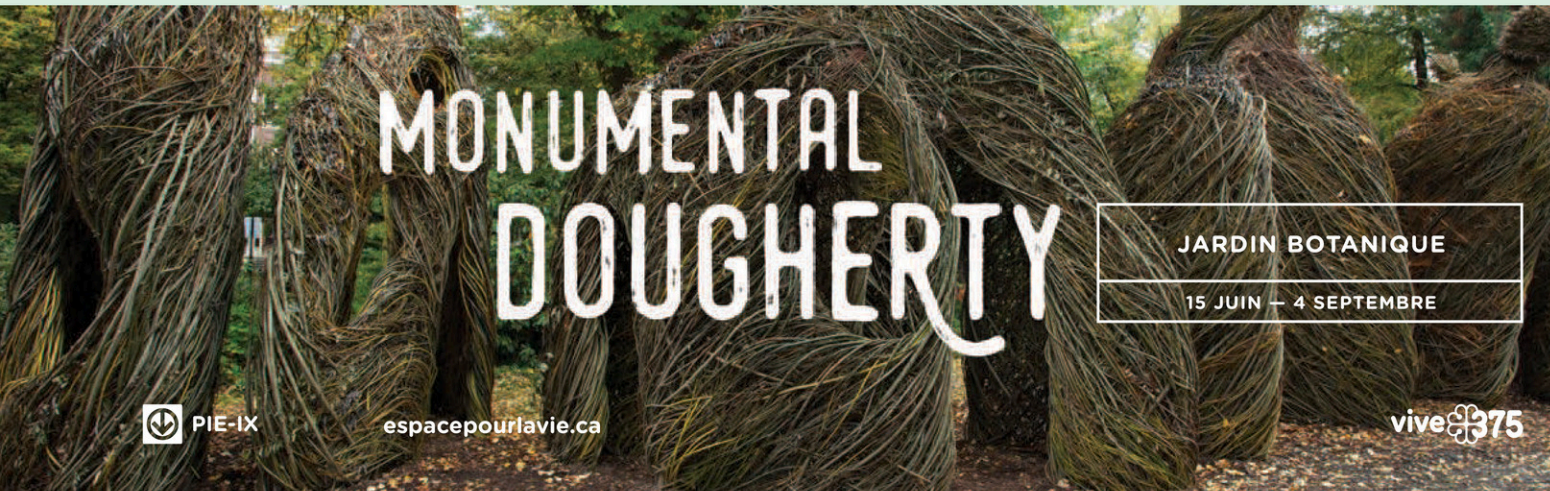
Michel Labrecque, responsable de la recherche au Jardin botanique de Montréal, travaille avec les saules à croissance rapide depuis plusieurs années. Il les utilise pour restaurer des friches industrielles et des sites contaminés. Il leur faut deux ou trois ans pour s'adapter au sol — pauvre en nutriments, mais riche en métaux lourds — qui les accueille.

Petit à petit, les saules aspirent les contaminants (la phyto-extraction) et les accumulent dans leurs tissus (la phyto-stabilisation). Ils réussissent ainsi à produire suffisamment de biomasse pour extraire les substances dangereuses. En effet, certains cultivars de saule ont la capacité de concentrer dans leurs tissus des métaux lourds, comme le cadmium et le zinc, dans un facteur de 8 à 10 par rapport

au sol environnant. Et tout cela dans une saison de croissance aussi courte que celle qui prévaut au Québec. Ainsi, en récoltant chaque année leurs tiges et leurs feuilles, on voit baisser la concentration en polluants. Cette technique de décontamination des sols par les plantes est peut-être lente, mais elle s'avère bien plus durable et moins coûteuse que la méthode traditionnelle : déplacer le problème en l'enfouissant ailleurs.

**Au Jardin botanique,  
les saules inspirent  
autant les chercheurs  
que les artistes.**

Les saules inspirent plus que les chercheurs ! Ainsi, Espace pour la vie les met à l'honneur cet été au Jardin botanique avec le maître américain du land art Patrick Dougherty. L'artiste créera deux œuvres *in situ* tandis que le public participera à une œuvre collective. Faites de tiges de saules tressées, ces structures organiques invitent à la contemplation d'une nature riche et souveraine, qui nous comble et qui nous soigne. ☒



# MONUMENTAL DOUGHERTY

JARDIN BOTANIQUE

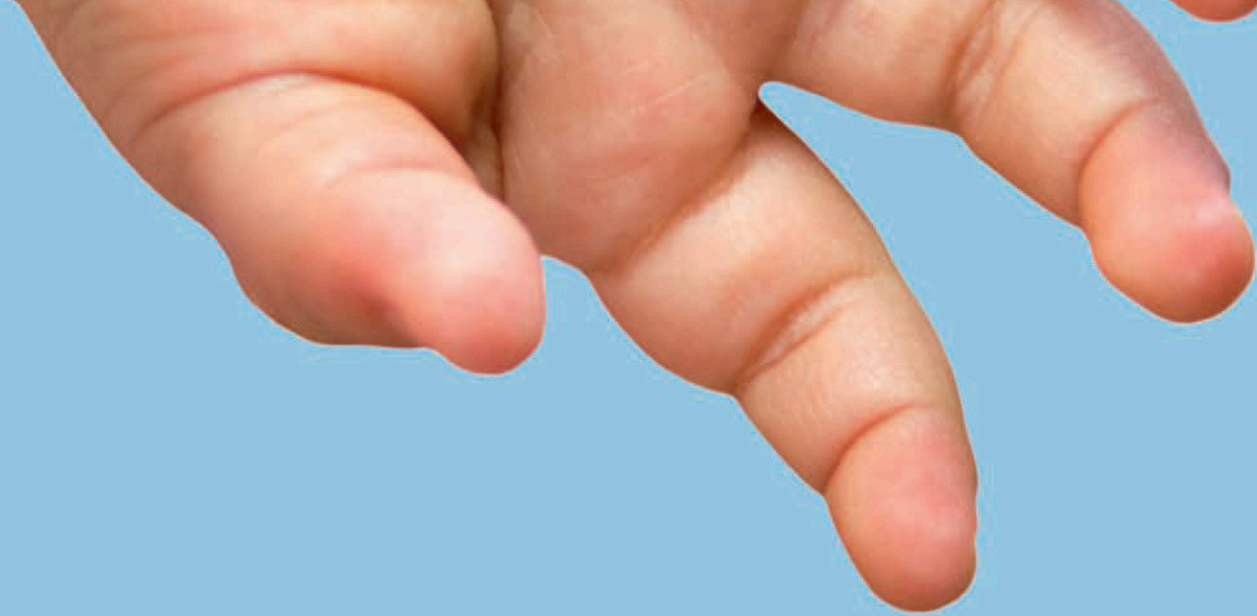
15 JUIN — 4 SEPTEMBRE



PIE-IX

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

vive 375



# Lire l'avenir de dans ses gènes

**A** l'heure qu'il est, je suis énorme. Bébé est sur le point de pointer son nez. Dans les heures qui suivront sa naissance, ma sage-femme prélèvera du sang à son frêle talon pour qu'il soit analysé dans le cadre du programme québécois de dépistage néonatal qui permet de détecter cinq maladies congénitales, graves et traitables. Au bout de trois semaines, c'est un échantillon d'urine que nous enverrons sur du papier buvard vers le laboratoire désigné pour dépister une quinzaine d'autres maladies métaboliques rares. Mais est-ce assez d'information pour assurer un avenir en santé à la prunelle de mes yeux ?

Récemment, je me suis retrouvée à clavarder avec un représentant de Baby Genes, une jeune entreprise basée au Colorado. Pour 330 \$US, il peut m'envoyer une trousse pour prélever un échantillon de cinq gouttes de sang de mon enfant après sa naissance, à condition qu'un médecin donne son accord pour la requête. C'est à lui que seraient envoyés les résultats du survol de 92 gènes, à la recherche de 3 100 mutations différentes impliquées dans 71 maladies, principalement métaboliques, mais aussi diverses anémies et neuropathies génétiques. Je peux aussi choisir de recevoir toute information sur d'autres mutations repérées par hasard au fil de l'analyse.

Ainsi, quelques jours après avoir accouché, épuisée par les

nuits blanches, je pourrais déjà savoir que mon enfant est plus à risque de développer la maladie de Pompe, un trouble neuromusculaire qui peut apparaître à l'enfance ou à l'âge adulte. Bien qu'inquiétants, ces résultats n'en demeurent pas moins très incertains. En effet, si le programme québécois repère les maladies qui affectent déjà la biochimie de l'organisme, le séquençage proposé par Baby Genes, lui, identifierait les régions de l'ADN contenant des erreurs qui *pourraient* provoquer des maladies.

Et ce n'est rien, car Baby Genes ne s'intéresse qu'à 92 gènes sur un total d'environ 21 000. Dans les faits, les technologies permettent déjà d'établir la séquence de l'entièreté d'un génome et d'y repérer toutes les failles. La technique est d'ailleurs déjà utilisée pour diagnostiquer des maladies rarissimes chez des enfants (voir l'encadré « En finir avec "l'odyssée diagnostique" », à la page 24).

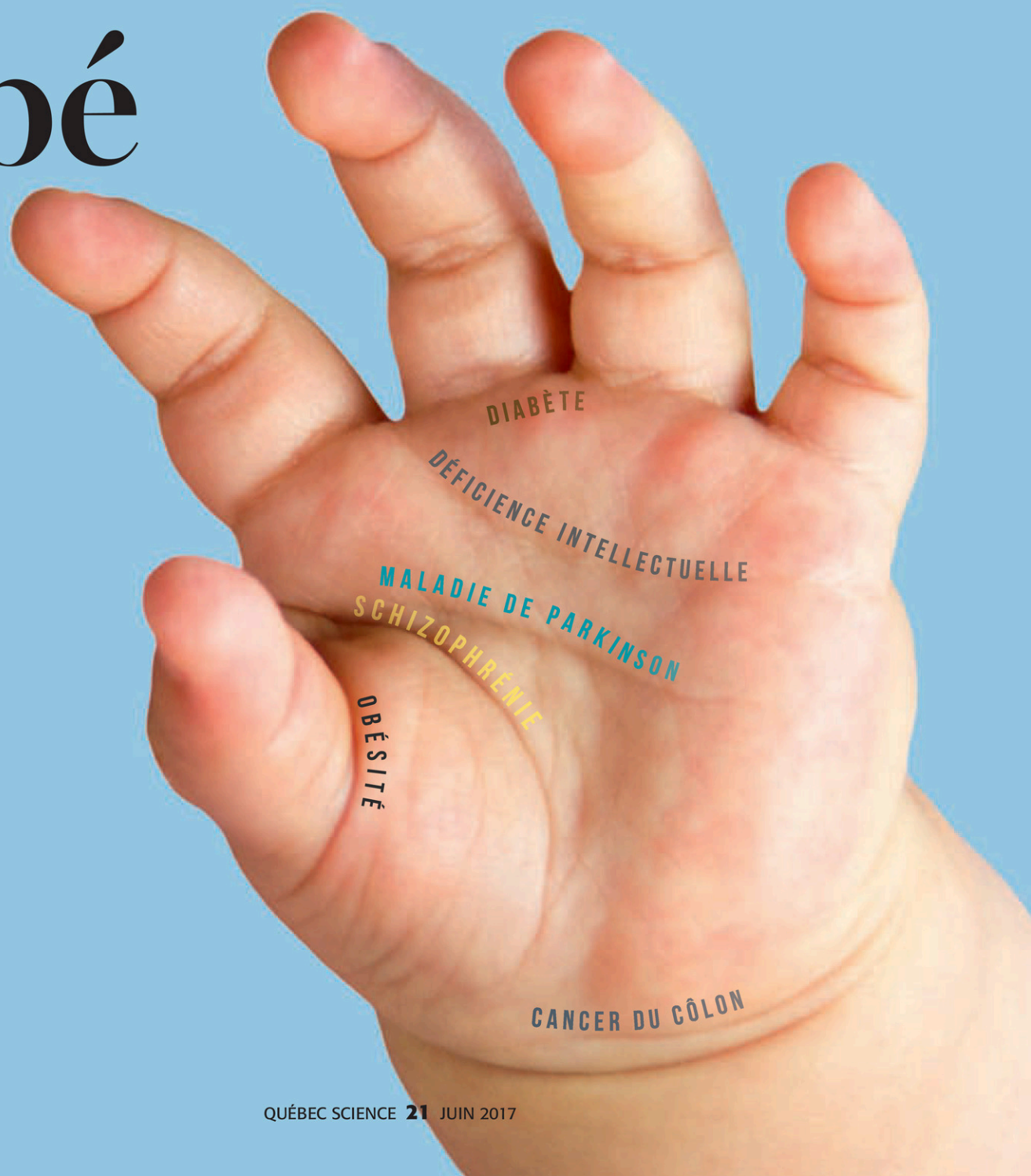
Dès lors, la question se pose : devrait-on remplacer le programme de dépistage actuel par le séquençage d'un groupe de gènes déterminés, voire même de tout le génome des bébés à la naissance ?

Après tout, le coût du survol d'un génome entier ne cesse de baisser, bien qu'il demeure au moins 10 à 100 fois supérieur à celui de n'importe quel programme de dépistage néonatal. Un leader dans le marché des séquenceurs, Illumina, parle d'une machine qui fera le boulot pour 100 \$ d'ici 3 à 10 ans. Dire que le séquençage du premier génome humain – achevé en 2003 – a coûté 3 milliards de dollars US !

Voudriez-vous connaître le risque couru par votre poupon de développer un cancer du sein ou une maladie cardiaque ? C'est ce que pourraient vous révéler les nouvelles techniques de séquençage du génome, riches de promesses, et de questions.

Par Mélissa Guillemette

# bébé





VIRGINE GOSSELIN

**« La technologie est déjà présente dans les unités de soins intensifs néonataux pour des enfants malades, et c'est fantastique. Le problème serait de l'utiliser pour le dépistage chez tous les nouveau-nés. » – Bartha Knoppers**

**D**epuis plusieurs mois, les nouveaux parents à la maternité de deux hôpitaux de Boston sont interpellés pour participer à un essai clinique qui évalue la pertinence de séquencer les gènes de leurs petits. L'équipe recherche des mutations pathogènes ou susceptibles de l'être dans un « panel » d'un peu plus de 1 000 gènes bien connus et liés à des maladies monogéniques, soit des affections dues à une anomalie dans un seul gène. Les spécialistes identifient aussi des variants associés à des réponses particulières à certains médicaments, ce qu'on appelle des données « pharmacogénétiques ».

La moitié des bébés seront soumis à ce séquençage, en plus du dépistage classique au talon; et l'autre moitié, au test traditionnel seulement, explique Robert C. Green, l'un des deux directeurs de l'étude BabySeq, avec Alan H. Beggs. Il rappelle que cette méthode soulève des questions éthiques importantes pour lesquelles il y a encore bien peu de réponses. « Si on utilisait le séquençage pour des millions de bébés, leur ferions-nous plus de mal que de bien? Comment les praticiens utiliseront-ils ces informations?

Ci-haut : La bioéthicienne et professeure à la faculté de médecine de l'Université McGill Bartha Knoppers

Influenceront-elles le lien affectif entre les parents et l'enfant? Nous voulons étudier tout ça avant que son usage se répande dans la société. »

La bioéthicienne et professeure à la faculté de médecine de l'Université McGill Bartha Knoppers suit attentivement ces travaux. Elle adore les enfants – comme en témoigne sa porte de bureau entièrement

couverte de photos des bébés de l'équipe du Centre de génomique et de politiques qu'elle dirige – et pense qu'il faut s'assurer d'agir dans leur intérêt. « C'est l'avenir; les avancées dans le séquençage de génomes individuels concernent surtout les nouveau-nés. La technologie est déjà présente dans les unités de soins intensifs néonataux pour des enfants malades, et c'est fantastique. Le problème serait de l'utiliser pour le dépistage chez tous les nouveau-nés. Pourquoi? Parce qu'on ne comprend pas les trois quarts de ce qu'on voit dans un génome. C'est indéchiffrable! »

En effet, tout le monde porte en soi des centaines de mutations génétiques. Lesquelles causeront vraiment des maladies ou des troubles? C'est ce qu'on appelle la « pénétrance ».

On la sait élevée pour le gène BRCA2, associé à un risque accru de cancer du sein et de l'ovaire, et elle atteint même 100% pour la fibrose kystique. Mais pour de nombreuses autres mutations, on l'ignore toujours.

C'est ce flou qui a poussé Bartha Knoppers et des collègues à critiquer l'offre de Baby Genes dans un article d'opinion publié dans *JAMA Pediatrics* en 2016. « Le panel de Baby Genes inclut des maladies (telles que les maladies de Pompe, de Krabbe et de Fabry) qui ont été évaluées par des organisations professionnelles ou des agences de la santé et dont le dépistage n'est pas présentement recommandé en raison de taux élevés de faux positifs, de la variabilité de l'apparition des maladies, du manque de traitement et des difficultés en matière de conseil », écrivent-ils.

Le généticien Robert C. Green abonde dans le même sens: « La vérité, c'est que, lorsqu'une mutation est détectée, à part pour de rares cas, il est très difficile de déterminer le risque que les individus développent la maladie au cours de leur vie. Est-il de 10%? De 20%? De 70%? »

Avec des collègues, il a mené récemment un autre essai clinique qui confirme ses doutes. Les résultats préliminaires sont percutants: en scannant plus de 4000 gènes chez 100 adultes, les chercheurs ont découvert que 18% des participants portaient une mutation pathogène liée à une maladie monogénique sans éprouver le moindre symptôme!

## DES MUTATIONS ANODINES

« La biologie humaine est pas mal plus compliquée qu'on l'imagine, remarque François Rousseau, directeur du département de biologie médicale du Centre hospitalier universitaire de Québec et professeur à l'Université Laval. On voudrait que ce soit "un gène égale une maladie". Mais la réalité, c'est qu'on a 21 000 gènes et que, pour chaque mutation, il y a probablement des centaines de gènes qui interagissent. Des gènes modificateurs qui annuleront ou compenseront l'effet de la mutation... L'environnement joue aussi un rôle important. On est loin de tout comprendre. De plus, si on ouvrait les vannes pour tous les bébés, on ferait sauter le système de santé, avec tous les suivis qui seraient requis! »

C'est d'autant plus vrai pour les maladies communes, comme le diabète de type 2, la maladie d'Alzheimer, de Parkinson, certains cancers ou la maladie coronarienne, qui peuvent être favorisées par des bogues génétiques, mais qui dépendent aussi de nombreux autres facteurs.

Il serait d'ailleurs peu pertinent de scanner tous les individus à la naissance pour évaluer leurs risques de développer ce type de maladies, si l'on en croit une étude américaine publiée en 2012 qui a comparé les données génétiques de plus de 53 000 jumeaux identiques. L'équipe de Bert Vogelstein, professeur d'oncologie à l'université de médecine Johns Hopkins, a ainsi constaté que l'analyse des gènes ne peut vraiment prédire les risques de développer 24 maladies courantes, dont celles mentionnées plus haut. Un individu qui ne serait pas prédisposé à la majorité de ces 24 affections courrait tout de même un risque variant entre 50% et 80% de souffrir un jour d'une de ces maladies, comparativement au reste de la population, apprend-on dans l'article publié dans *Science Translational Medicine*. Mutation ou non, tout le monde court donc plus ou moins les mêmes risques.

En plus d'être difficiles à interpréter, les tests de génomique

# LE SÉQUENÇAGE D'ADN



① Au cœur de chaque cellule se trouve notre ADN, logé dans nos 23 paires de **CHROMOSOMES**.

② Notre code génétique, ou ADN, est écrit à partir de 4 composés : **ADÉNINE (A), THYMINE (T), CYTOSINE (C), GUANINE (G)**. C'est comme une recette qui indique aux cellules comment produire les protéines nécessaires au fonctionnement du corps.

③ L'ensemble du code est appelé **GÉNOME**.

④ Un gène est tout simplement une séquence précise du code qui a une fonction particulière. Si la « recette » d'un gène comporte une erreur, on parle alors d'une **MUTATION**.

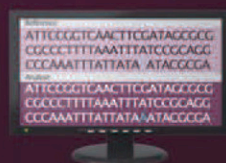
POUR VOIR SI LE GÉNOME D'UN PATIENT CONTIENT DES MUTATIONS, ON PEUT COMPTER SUR DES SÉQUENÇEURS ULTRA-PERFORMANTS.



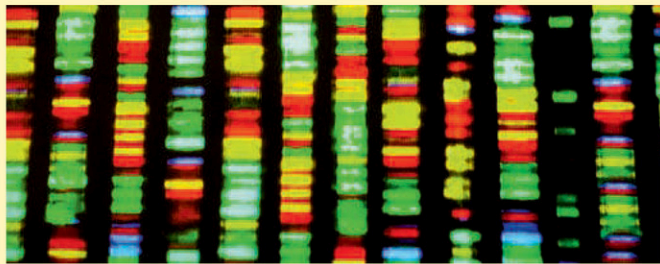
⑤ On fragmente d'abord l'ADN en millions de petits morceaux disposés sur une plaquette.



⑥ On insère cette plaquette dans le séquenceur qui lit les fragments en parallèle pour établir l'ordre des lettres A, T, C, G pour chacun.



⑦ Des bio-informaticiens doivent traiter la masse de données générée pour arriver à décoder les séquences recherchées et identifier les éventuelles mutations.



## En finir avec « l'odyssée diagnostique »

Pour plusieurs enfants, établir la séquence de leur ADN est la seule manière de mettre fin à une longue « odyssée diagnostique ».

« Je pense à un garçon qui avait perdu la capacité de marcher entre 1 et 2 ans. Il a vu trois neurologues dans trois hôpitaux et subi quatre résonnances magnétiques, deux ponctions lombaires, une biopsie de peau, 10 000 \$ de tests sur des gènes isolés, des tests biochimiques... Et rien n'avait été découvert. On a fini par trouver la cause en analysant tout son génome », raconte Jacques L. Michaud, chef du service de génétique médicale au CHU Sainte-Justine et professeur à la faculté de médecine de l'Université de Montréal.

Il est aussi le directeur scientifique du Centre intégré de génomique clinique pédiatrique du CHU Sainte-Justine et de Génomique Québec. Ce centre développe, valide et offre des tests depuis 2013; c'est d'ailleurs le seul endroit au Québec où des séquenceurs capables d'établir le code d'un génome entier sont utilisés dans un contexte clinique, c'est-à-dire dans la pratique médicale. Jusqu'à ce jour, seuls 500 patients, majoritairement des enfants, ont passé ce test dans le cadre de projets-pilotes.

Au moment de notre passage, un des deux séquenceurs de nouvelle génération HiSeq (de la compagnie Illumina), qui ressemblent à un hybride de mini-frigo et

d'imprimante surmonté d'un écran d'ordinateur, était justement en pleine action.

À l'intérieur, l'ADN d'un petit chez qui on soupçonne une maladie génétique rare. « On pense qu'environ 1 % à 2 % de la population a une maladie génétique rare et environ 80 % de ces maladies se présentent dans l'enfance ou l'adolescence. Mais, dans la moitié des cas, on ne trouve pas le diagnostic », dit Jacques L. Michaud.

Pour quelque 300 enfants malades ayant participé à un des projets-pilotes au CHU Sainte-Justine, l'analyse de leurs gènes a été fort utile. Dans 31 % des cas, elle a permis de trouver la cause de leur état (précisons que l'équipe explore principalement des gènes déjà associés à des maladies monogéniques).

Trouver un diagnostic ne signifie pas nécessairement qu'un traitement existe, mais, au moins, il met fin au doute « très lourd et anxiogène » des parents.

Le docteur Michaud pense qu'on aurait intérêt à utiliser la technologie dès le départ chez les enfants malades pour lesquels on soupçonne une maladie génétique: « Le taux de diagnostic serait peut-être de 50 % dans ce cas. »

Il participe d'ailleurs présentement à une étude pour évaluer le rapport coûts/bénéfices d'une telle idée. Elle semble prometteuse, à en croire les données compilées jusqu'à présent.

peuvent aussi ouvrir une boîte de Pandore, au gré des « découvertes fortuites ». Ce terme réfère à une mutation repérée sans qu'elle ait de lien avec le but visé par le test. Robert C. Green y a été confronté dans le cadre de l'essai clinique en cours à Boston. « Nous recherchons uniquement des maladies qui apparaissent dans l'enfance, mais on a repéré chez un bébé une mutation sur le gène BRCA2. On avait aussi des échantillons des parents et on a découvert que la mère portait aussi cette mutation, sans le savoir. Notre protocole ne nous permettait pas de révéler cette information. On a dû retourner devant notre comité d'éthique pour obtenir la permission d'offrir la possibilité à ces parents de connaître l'information. Bien sûr, ils étaient à l'envers, mais tout de même contents de le savoir. »

Les parents, grands curieux, seraient même fous des données génomiques ! C'est du moins ce qui ressort d'une petite étude qualitative de Bartha Knoppers et de ses collègues. Ils

**« Les parents estiment qu'ils sont en droit de savoir et que c'est à eux de gérer toutes ces informations. »**  
– Bartha Knoppers

ont analysé la réaction de 11 parents à l'idée qu'on leur communique des découvertes fortuites à la suite d'un séquençage du génome de leur enfant. Le constat ? Qu'il s'agisse d'une maladie incurable ou d'une mutation pouvant mener – ou non – au développement d'un trouble de comportement ou d'apprentissage, ils préfèrent tout savoir. Quitte à vivre avec une anxiété inéluctable. « Je vais pouvoir me préparer mentalement, physique-

ment, financièrement, de manière organisationnelle aussi », a justifié un participant. Certains parents ont toutefois convenu que de telles révélations pourraient « changer totalement la façon d'éduquer les enfants ».

Mais toute vérité est-elle bonne à dire ? Peut-elle porter préjudice aux enfants ? À tout le moins, une loi vient d'être votée à la Chambre des communes pour protéger les citoyens canadiens de la discrimination génétique (voir l'encadré ci-contre). Au-delà de ces considérations, en général, les spécialistes estiment qu'il ne faut transmettre que des données qui ont une utilité dans le traitement des patients pour leur éviter des soucis face auxquels ils seront bien impuissants. « Ces balises répondent aux préoccupations des experts plutôt qu'à celles de participants, selon Bartha Knoppers. Les parents estiment qu'ils sont en droit de savoir et que c'est à eux de gérer toutes ces informations. »

Il n'empêche, tous les parents ne sont pas aussi curieux. Une étude canadienne publiée en 2014 dans le *European Journal of Human Genetics* montre que les quelque 2 000 participants sondés seraient moins enclins à ce que leur rejeton participe à un programme national de dépistage néonatal s'il se faisait par séquençage du génome (80 %) plutôt qu'à l'aide des techniques actuelles (94 %).

Dans un avenir pas si lointain, la même question taraudera les futurs parents : souhaiteront-ils connaître les secrets du

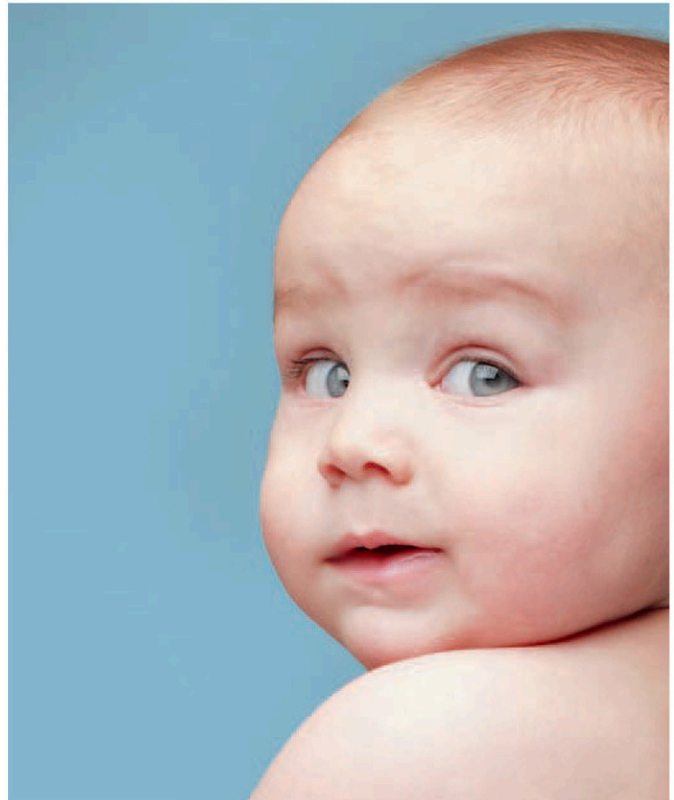
## « Les jeux sont faits : le séquençage du génome personnel sera réalisé sur plusieurs individus, peu importe les arguments théoriques au sujet de sa valeur » – Bert Vogelstein

génomique de leur bébé à naître ? Cela ne relève pas de la fiction : en 2012, deux équipes de scientifiques sont parvenues à reconstruire les premiers génomes de fœtus, notamment en séquençant l'ADN présent dans le sang de la mère (dont une petite fraction provient du fœtus).

Et d'autres techniques émergent. « Des chercheurs ont découvert des cellules du fœtus sur le col de l'utérus de la mère. Il y a peut-être moyen de les amplifier pour les analyser », illustre le docteur François Rousseau qui achève justement une étude de la validité du dépistage prénatal de certaines maladies génétiques dans le sang maternel plutôt que par amniocentèse. « Mais ces techniques n'échapperont pas aux mêmes questions de coût-efficacité : cela aurait-il un véritable impact, par exemple en allongeant l'espérance de vie de la population ? » Voilà ce qu'il faut déterminer pour convaincre les décideurs d'intégrer – ou non – le séquençage dans le programme national de dépistage, qu'il soit prénatal ou néonatal.

Pour Bert Vogelstein, qui a fait l'étude sur les jumeaux, il est inutile de se perdre en conjectures, car le train est déjà en marche. « Les jeux sont faits : le séquençage du génome personnel sera réalisé sur plusieurs individus, peu importe les arguments théoriques au sujet de sa valeur », estime-t-il. L'enthousiasme est trop fort.

Pour ma part, j'ai encore quelques jours pour réfléchir à l'offre de Baby Genes. J'ai beau être au fait de toutes les incertitudes qui l'accompagnent, ma curiosité de parent est piquée... <sup>05</sup>



## Une loi contre la discrimination génétique

En mars dernier, les députés canadiens ont voté une loi pour interdire l'utilisation des résultats de tests génétiques dans le cadre de contrats de biens ou de services. La législation intègre aussi la génétique comme motif de discrimination dans la Loi canadienne sur les droits de la personne et dans le Code du travail. Avec ces modifications, les entreprises (assureurs et employeurs) ne pourraient forcer un citoyen à se soumettre à des tests génétiques ou génomiques ni exiger de connaître le résultat de tels examens. Le gouver-

nement a toutefois l'intention de se tourner vers la Cour suprême pour déterminer la constitutionnalité de cette loi.

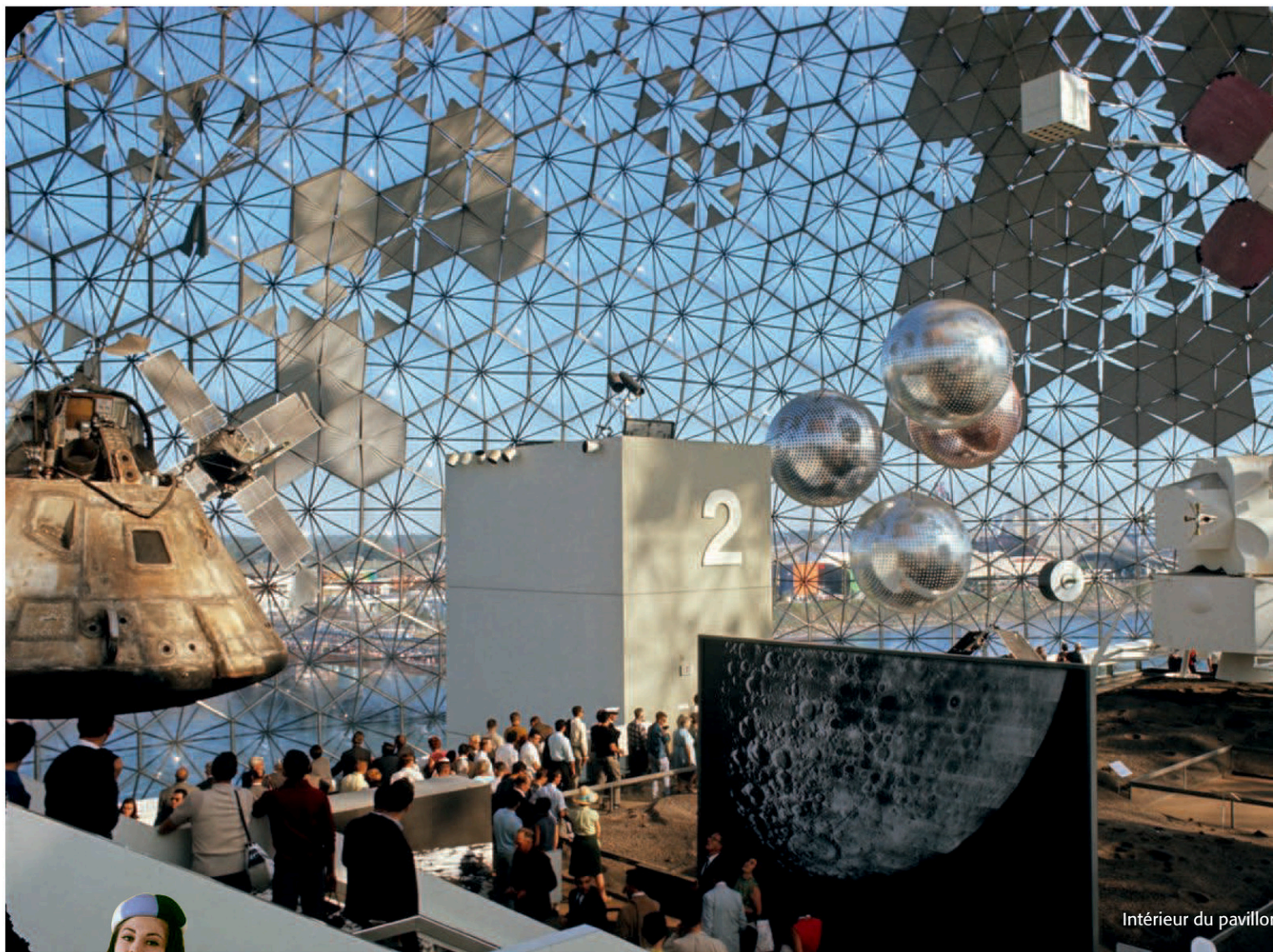
Le sénateur libéral retraité et avocat James Cowan, qui a déposé le projet de loi en 2013, explique que non seulement les citoyens et la communauté médicale, mais aussi le monde de la recherche accueillent favorablement cette loi : « Pour mener les études et les essais cliniques, la menace de la discrimination pouvait être un frein au recrutement. »

Yann Joly, directeur de recherche au Centre de gé-

nomique et de politiques de l'Université McGill, explique qu'il est important de protéger le petit groupe de personnes atteintes de maladies monogéniques à forte pénétrance qui sont plus vulnérables, comme les porteurs du gène associé à la maladie de Huntington (une grave maladie neurodégénérative). Pour les autres : « Chacun est porteur de nombreuses mutations, certaines augmentant le risque de développer des affections et d'autres diminuant ce risque. La signification de la plupart de ces mutations est encore incertaine. Ainsi, les

assureurs ne sauraient pas quoi faire devant toutes ces données prédictives ! »

Par ailleurs, ces derniers étaient déjà prudents, dit-il. L'Association canadienne des compagnies d'assurances de personnes avait mis en place un code de l'industrie sur les tests génétiques en 2015 interdisant d'exiger des tests génétiques. Les assureurs ont ajouté une clause en janvier dernier pour stipuler que les résultats de tests génétiques ne pourront être imposés au consommateur pour les assurances vie de 250 000 \$ et moins à compter de janvier 2018.



# La science futuriste

# expo

PAR JEAN-BENOÎT NADEAU



Expo 67, c'était bien plus que La Ronde! En son temps, elle aura été la première exposition universelle à vocation éducative, culturelle et scientifique sur le continent américain à recevoir la caution officielle du Bureau international des expositions, à Paris. Pendant six mois, elle a permis à quelque 50 millions de visiteurs de se familiariser avec les nouveautés techniques et scientifiques – aussi bien celles qui faisaient alors les manchettes que celles dont on entendait vaguement parler. Avec 50 ans de recul, et malgré leur petit côté rétro, certaines avancées étaient de réels progrès dont on profite encore aujourd'hui.



Le Centre de contrôle des opérations

## 1 Tour de force

La réalisation d'Expo 67 fut en soi une prouesse d'ingénierie et d'informatique. Les organisateurs n'ont eu que 1015 jours pour construire 847 pavillons et bâtiments, 27 ponts, 17 km de rails, 75 km de routes et trottoirs, 200 km de canalisations. Au plus fort des travaux, le chantier comptait plus de 10000 ouvriers. Tout a été terminé avec quelques mois d'avance grâce à un nouveau procédé appelé « méthode du chemin critique », qui a été mis en application presque simultanément par Expo 67 et la NASA. Ce système de contrôle informatique par carte perforée permettait de réaliser des projets complexes en coordonnant l'ensemble des échéances à rencontrer.

Si Expo 67 n'a eu à déplorer que peu d'accidents, c'est parce que l'informatique aura été largement utilisée pour contrôler le site durant l'événement. Commandité par la Canadian General Electric, le Centre de contrôle des opé-

rations utilisait plusieurs ordinateurs pour superviser les guichets d'entrée, la billetterie, les horloges officielles, les panneaux d'affichage électroniques, les caméras de surveillance, les coefficients d'utilisation des stationnements et les trains robotisés.

## 2 Objectif Lune

La course à l'espace battait alors son plein et le sujet occupait tous les esprits. À tel point que le pont entre les pavillons américain et soviétique s'appelait *Passerelle du cosmos* ! Au pavillon des États-Unis, l'astronautique constituait la section la plus appréciée, avec ses deux capsules historiques : *Freedom 7*, du programme Mercury, premier engin américain à emporter un homme dans l'espace, et *Gemini 7*, une sorte de « répétition » avant *Apollo*, puisqu'elle a établi le record du plus long séjour dans l'espace, 14 jours, et le premier rendez-vous spatial (avec *Gemini 6*).

# 67

## HISTOIRE

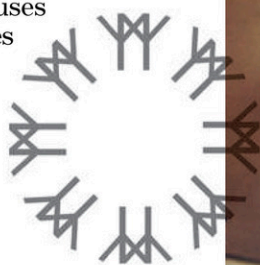
S'il a fallu ensuite attendre deux ans avant que le rêve lunaire se concrétise, le pavillon présentait déjà un modèle du futur module lunaire *Apollo* et une reconstitution du sol de la Lune. On y montrait quelques scaphandres et même un exemple de repas servis dans l'espace.

Les Soviétiques n'étaient pas en reste. Outre la réplique du *Vostok 3KA* à bord duquel Youri Gagarine a réalisé le premier vol orbital humain en 1961, on pouvait observer plusieurs prototypes de satellites et admirer le panorama de la Lune dans la « salle lunaire ». Grâce à un petit planétarium de 70 places, il était même possible d'expérimenter les sensations d'un vol interplanétaire !

Nombre d'autres pavillons nationaux mettaient de l'avant leur contribution à l'astronautique, dont celui de la République fédérale d'Allemagne avec ses appareils photo utilisés par les astronautes. Les organisateurs de l'Expo avaient aussi dédié à l'espace une partie du pavillon thématique *L'homme interroge l'Univers*. Dès l'entrée, on y voyait une photo géante de la Terre, inédite, et qui inspirera quelques années plus tard la naissance du Jour de la Terre.

### 3 Au top, il sera exactement 9h30

Le matin de l'ouverture, le 28 avril 1967, 50 000 personnes ont participé à un compte à rebours devant une horloge suisse d'un genre nouveau, puisqu'elle était reliée à une horloge atomique. C'est la Fédération de l'horlogerie suisse qui donnait « l'heure officielle » de l'Expo à partir d'une « centrale horaire électronique » installée dans le pavillon de la Suisse. Une horloge au césium (variant de moins de un millionième de seconde par jour) contrôlait et coordonnait la centaine d'horloges officielles du site – une première ! La Suisse fournissait également tous les chronomètres servant aux nombreuses compétitions sportives en marge de l'Expo.



### 4 Allo, la boucherie Sanzot ?

Le *Pavillon du téléphone*, commandité par l'Association du téléphone du Canada, faisait étalage des prodiges à venir, tels le téléphone à clavier, qui allait remplacer le bon vieux téléphone à roulette, et la possibilité inouïe de parler à trois sur la même ligne ! Des hôtes animaient une présentation où l'on exposait de nouvelles fonctions futuristes : le main-libre, le sans-fil, le contrôle à distance d'appareils domestiques (préfigurant l'Internet des objets), le paiement de transactions à distance par carte perforée et même le vidéophone. On y présentait également quelques applications nouvelles, comme le larynx artificiel.

De leur côté, les Japonais permettaient aux gens d'essayer le visiophone de Sony. Et au pavillon australien, on pouvait participer à l'expérience immersive des très populaires « chaises parlantes » : 250 bergères munies d'écouteurs transmettant des dialogues préenregistrés et commandées par un interrupteur situé dans le siège. Moderne !



Le visiophone dans le Pavillon du téléphone





Exposition dans le pavillon de l'Allemagne

## 5 Soigne ton corps

En raison de la fascination qu'exerçaient alors la médecine et la biologie, l'Expo leur consacra deux pavillons. Dans celui baptisé *L'homme et la vie*, un étage entier reproduisait une cellule et ses composantes, grossies un million de fois. Et c'est l'Hôpital Royal Victoria qui a supervisé l'installation d'un gigantesque modèle illuminé de cerveau en plastique illustrant la perception des stimuli. Fortement inspirées par le nouveau concept d'interactivité, plusieurs démonstrations permettaient au public de faire des expériences sensorielles



Dans le pavillon *L'homme et la vie*, un étage entier reproduisait une cellule et ses composantes, grossies un million de fois.

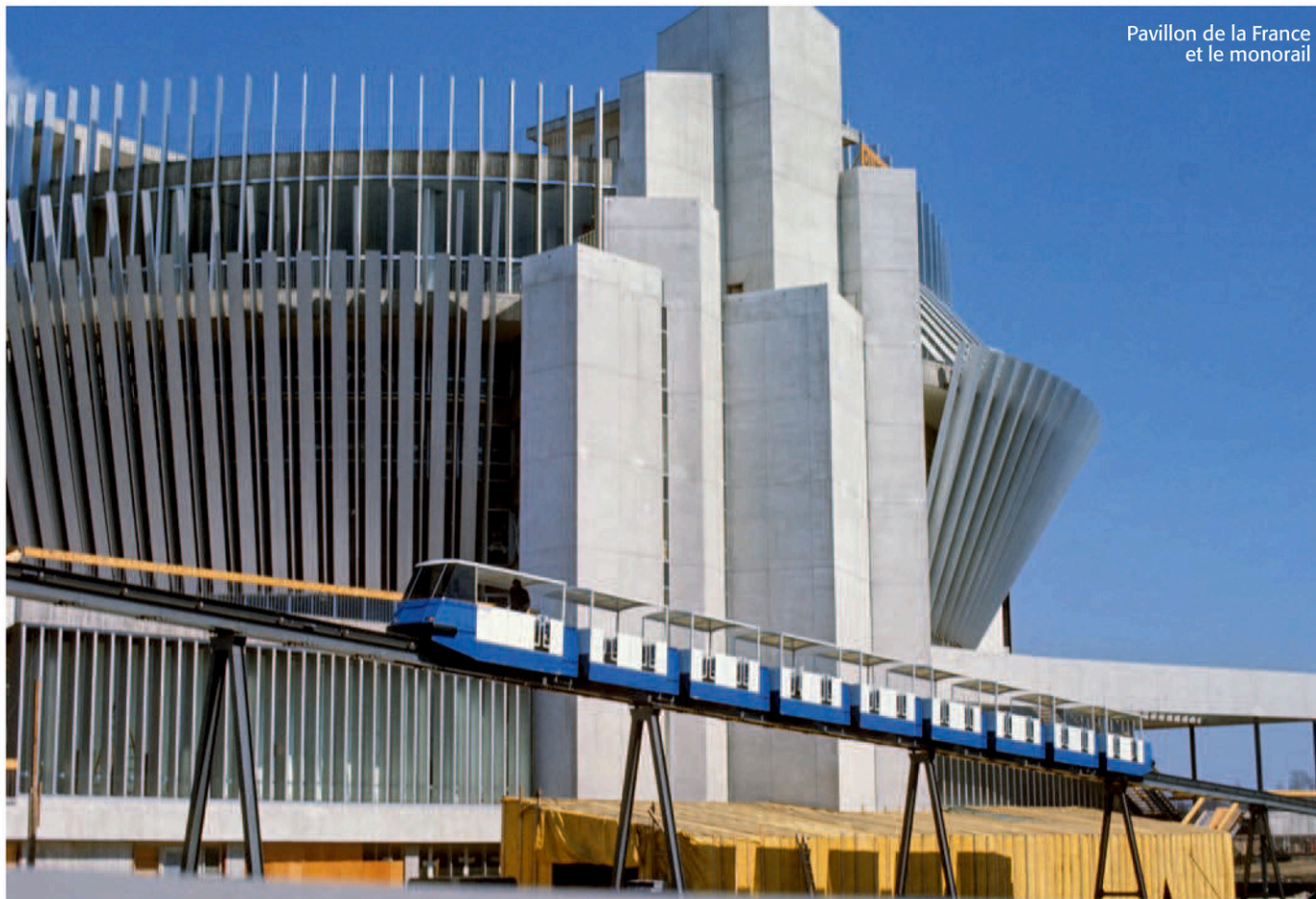
ou d'observer au microscope le fourmillement d'organismes unicellulaires.

Le pavillon de *L'homme et la santé*, tout aussi pédagogique, se distinguait par un film qui a fait sensation, *Miracles de la médecine moderne*. En 20 minutes très réalistes, le cinéaste Robert Cordier y montrait des images jamais présentées aux profanes : séquences d'un accouchement, opération à cœur ouvert, introduction de longues aiguilles dans le système nerveux central. Deux millions de personnes verront ce film qui provoquera plus de 200 évanouissements, nécessitant la présence d'une équipe d'ambulanciers en permanence au pavillon...

## 6 Le monde du silence

En 1967, on explorait les profondeurs du grand bleu depuis peu. Présenté dans le pavillon allemand, le bathys-

caphe du professeur Piccard, un engin capable de plonger dans les abysses, suscitait beaucoup d'intérêt, tout comme l'Aquarium Alcan et son cirque marin. Un pavillon entier avait pour thème *L'homme et la mer*. La pièce de résistance était un aquarium géant où les curieux assistaient à des démonstrations de plongée autonome. On pouvait également observer de près deux nouvelles inventions du commandant Cousteau : ses fameuses soucoupes plongeantes. Une autre section permettait de se familiariser avec les techniques de navigation par radar et par satellite. En ces années de gloire industrielle, une grande maquette animée, fournie par le gouvernement néerlandais, montrait également les travaux de reconquête des polders [NDLR : étendues artificielles de terres situées sous le niveau de la mer et protégées par des digues].



Pavillon de la France et le monorail



## 7 24 images... et plus !

Dans l'histoire du multimédia montréalais, l'un des premiers chapitres fut certainement Expo 67. Car au-delà de l'expérience cinématographique exceptionnelle (5 000 films à l'affiche!), l'événement a dévoilé de nombreux tours de force techniques qui requéraient des capacités de coordination à la limite des machines de l'époque. Ainsi, le *Labyrinthe*, conçu par l'Office national du film, superposait plusieurs types de projections, ce qui en fait l'ancêtre de la technologie Imax. Le pavillon du Canadien National présentait un film en 70mm sur grand écran incurvé, autre procédé récupéré par la technologie Imax. Le pavillon tchécoslovaque faisait la démonstration du premier film interactif, le *Kinoautomat*, qui permettait

au public d'orienter la trame du récit en votant. De nombreux pavillons présentaient également des films multi-écrans: au pavillon des régions polaires, les spectateurs prenaient place sur une plateforme tournante entourée de 11 écrans fixes, permettant de visionner un documentaire décrivant l'environnement polaire sur 360 degrés.

## 8 Du point A au point B

Au temps de l'automobile triomphante, Expo 67 a osé dire non à la voiture. Les visiteurs avaient le choix de marcher ou d'emprunter les nouveaux moyens de transport mis à leur disposition, tels le métro de surface appelé Expo-Express (6 km), le monorail (10,7 km), le téléphérique et même deux aéroglisseurs. Ces derniers engins, d'invention récente à l'époque, soulevaient une telle curiosité

du public que leurs navettes régulières affichaient toujours complet. Mais ils causaient de sérieux maux de tête aux organisateurs, en raison du vacarme des turbines, qui forçait les dignitaires à interrompre leur discours pendant de longues minutes.



Le Pavillon du Venezuela



Les pavillons de la Thaïlande et de l'URSS



La passerelle du Cosmos

## 9 Science ou théologie ?

Bien présente dans l'ensemble d'Expo 67, la communication scientifique était tout particulièrement à l'honneur à l'auditorium Du Pont. Doté d'une salle de 372 places, ce pavillon a présenté 42 conférences de spécialistes, dont quelques prix Nobel, portant sur l'avancement des connaissances dans des domaines aussi variés que la préhistoire, l'utilisation des basses températures, l'électronique quantique, l'architecture, la philosophie de l'islam ou les progrès en rhumatologie. Dans un tout autre genre, le pavillon *Sermons de la science* projetait une trentaine de films scientifiques en sept langues. Commandité par l'Institut Moody, une société religieuse américaine, ce pavillon était voué à illustrer le rôle de l'homme et de la science... dans la création divine. <sup>05</sup>

*Nous remercions Les Productions de la ruelle et Bibliothèque et Archives Canada de nous avoir fourni les images publiées dans ce reportage. Pour obtenir plus d'informations sur leur nouveau documentaire Expo 67 Mission impossible et explorer des milliers de documents inédits, visitez EXPO-67.ca*



## 10 C'était avant le BAPE!

Le choix du site d'Expo 67 a tout de même représenté un petit désastre environnemental. En effet, les trois quarts des 4 km<sup>2</sup> du site étaient en fait des îles artificielles remblayées par-dessus un archipel d'îlots et de frayères à poissons où nichaient des dizaines de milliers d'oiseaux. C'est ainsi que l'on a doublé la taille de l'île Sainte-Hélène et fait surgir des eaux une île nouvelle, l'île Notre-Dame. Pour y arriver, près de 1 million de voyages de camions ont permis de transporter 25 millions de tonnes de roc en 11 mois à peine. Il faut dire que, moins de 10 ans plus tôt, on avait aménagé un canal géant, la Voie maritime du Saint-Laurent, sans trop se poser de questions quant à l'environnement!

VILLE DE MONTRÉAL

Ici et ailleurs, le taux de criminalité connaît une chute impressionnante. Pourquoi? Voilà un mystère que des scientifiques tentent d'élucider, comme d'authentiques Hercule Poirot des statistiques.

PAR MARC-ANDRÉ SABOURIN

# Qui donc a tué le CRIME?

**B**obby Pellicano, 26 ans, poignardé. Pascal Cronier, 34 ans, poignardé. Tilus Saintilus, 20 ans, tué par balle. Jean-Benoît Doré, 51 ans, battu à mort. Charlie Cecillia Garcia Larez, 36 ans, étranglée. Alexandre Tremblay, 22 ans, tué par balle...

La liste des personnes assassinées en 2015 au Québec s'allonge encore de 71 noms. C'est trop, mais c'est tout de même 31 de moins qu'en 2012, 70 de moins qu'en 2000 et 136 de moins qu'en 1989. Car contrairement aux idées reçues, de façon générale, le crime recule depuis un quart de siècle dans la province, et même au pays.

En fait, le terme « dégringolade » décrit avec plus de justesse la situation observée au Canada. De 1991 à 2015, dernière année pour laquelle les données sont disponibles, le taux de criminalité a chuté de 49,7%. Et il n'y a pas que le nombre de délits qui diminue; leur

violence aussi. L'Indice de gravité de la criminalité est tombé de 41% depuis la création de cette échelle par Statistique Canada, en 1998.

Le phénomène n'est pas unique au pays. En regardant l'évolution du taux d'homicides – la mesure de la criminalité la plus facile à comparer –, une courbe semblable apparaît en Australie, en Suède, en Allemagne, en Italie et dans une quinzaine d'autres pays occidentaux, y compris – oui, oui – les États-Unis. Une tendance encourageante... que les experts ne s'expliquent pas!

Or, ce ne sont pas les théories qui manquent. Comme dans tout bon roman policier, la liste des suspects est longue et certains éveillent plus facilement les soupçons. Mais aucune des hypothèses, seule ou même combinée à d'autres, ne permet de développer un modèle statistique qui explique les données récoltées par les policiers, que ce soit au Canada ou ailleurs. « Je ne crois pas que qui que

ce soit ait une bonne explication », dit Manuel Eisner, un professeur de criminologie à l'université de Cambridge, au Royaume-Uni, qui étudie la variation de la violence dans l'histoire. « C'est plutôt gênant. »

Dans les faits, la propension des humains à s'entretuer est en déclin depuis des siècles, quoique de façon très graduelle. En étudiant les causes de décès de 1513 rois et reines entre le VII<sup>e</sup> et le XIX<sup>e</sup> siècle, Manuel Eisner a non seulement découvert que la « vocation de monarque » était particulièrement dangereuse – les régicides étaient près de 2000 fois plus communs que les meurtres en Angleterre aujourd'hui –, mais aussi que le risque d'être assassiné pour sa couronne a graduellement décliné au fil de l'histoire.

« Une fois que les élites changent de comportement, il y a un effet sur le reste de la population », explique Manuel Eisner. La diminution des régicides a ainsi été suivie d'une régression du taux



d'homicide dans la société en général. Alors qu'un coup porté avec une pierre, une masse ou une épée avait longtemps été la seule façon de se faire justice, les individus pouvaient désormais compter sur des institutions étatiques de plus en plus stables.

Cette tendance à la baisse en Occident s'est poursuivie jusqu'au début des années 1960. Le baby-boom, la montée en puissance de la société de consommation, la popularisation des drogues et les tensions sociales de l'époque, notamment, ont alors propulsé la criminalité à la hausse.

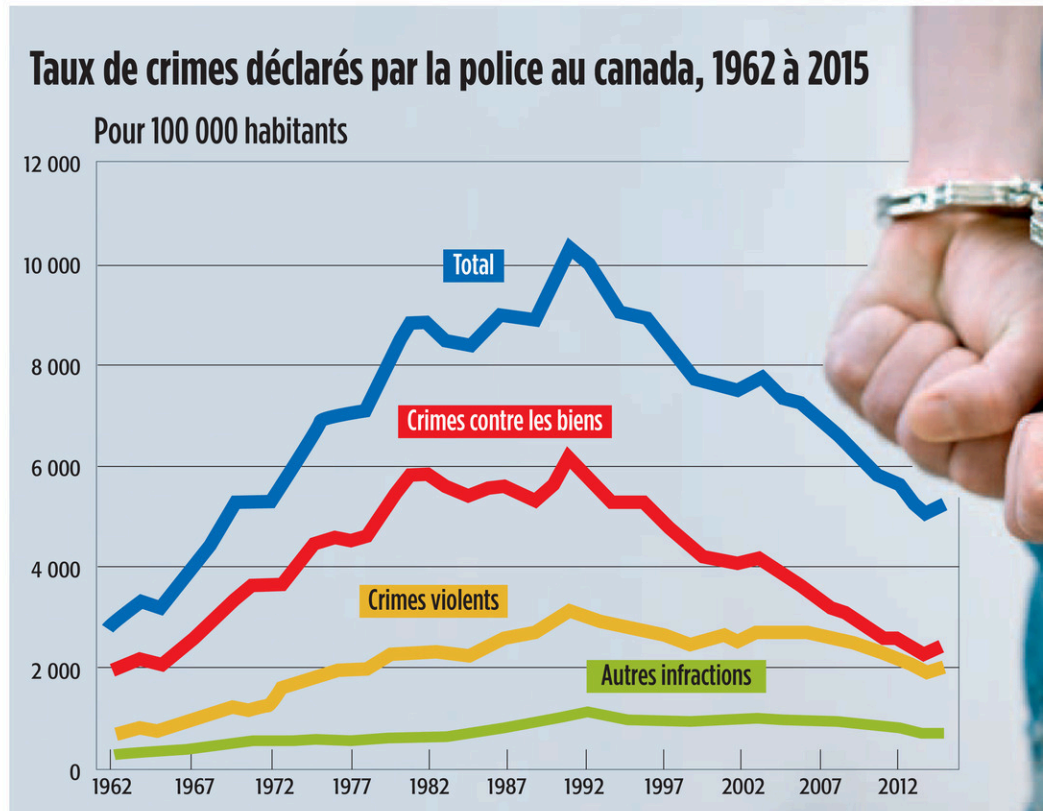
Plutôt que de se stabiliser avec le temps, la situation n'a cessé d'empirer au point où, au début des années 1990, des analystes ont annoncé l'arrivée imminente de « super-prédateurs », des adolescents déviants, impulsifs et violents qui causeraient bientôt un « bain de sang » dans les grandes villes américaines. Alors même que ces prédictions apocalyptiques étaient prononcées, le crime a reculé une première année. Puis une deuxième et une autre encore, laissant tous les experts avec la même question : pourquoi ?

### AU BANC DES ACCUSÉS

Étonnamment, peu de chercheurs s'intéressent aux variations du taux de criminalité et à ses causes. « C'est un sujet qui, par nature, repose énormément sur les statistiques, et ce n'est pas ce qu'il y a de plus sexy aux yeux des étudiants, explique Richard Rosenfeld, professeur de criminologie à la University of Missouri-St. Louis. Nous sommes peut-être une vingtaine dans le monde à se pencher sérieusement sur la question. »

Richard Rosenfeld les connaît bien; il suit non seulement leurs travaux attentivement, mais il a aussi collaboré avec la quasi-totalité d'entre eux lors de la Roundtable on Crime Trends. De 2013 à 2015, cette table ronde de l'Académie nationale des sciences des États-Unis a approfondi les principales théories avancées pour expliquer le déclin récent du crime. Il s'agit, à ce jour, du plus ambitieux effort pour percer ce mystère scientifique.

La hausse des incarcérations figurait sans surprise sur la liste des pistes abordées. Entre 1980 et 2009, la population carcérale américaine a augmenté de



## « Historiquement, on n'amassait pas pour les analyser, mais pour accuser – Francis Cossette

377%. Mais cette mesure de contrôle du crime est loin de faire l'unanimité dans le monde politique.

La littérature scientifique, elle, est beaucoup moins divisée; selon les études, les prisons auraient contribué de 10% à 20% à la baisse du crime observée aux États-Unis au cours des années 1990. Cependant, l'effet s'amenuise au fur et à mesure que les tribunaux envoient davantage d'accusés derrière les barreaux, si bien que certains chercheurs estiment que la détention a eu un impact minime sur la criminalité au cours des années 2000.

Le plomb est aussi pointé du doigt, bien que les résultats s'avèrent plus ambivalents. Ce métal lourd, qui nuit au développement neurologique des enfants, causant notamment des troubles de comportement, a été retiré graduellement de l'essence à la fin des années

1970 aux États-Unis et au Canada. Les premières cohortes de jeunes moins exposés ont ainsi atteint l'adolescence – l'âge de la criminalité – au début des années 1990.

Hélas, les données disponibles sont incomplètes et même des régions qui étaient encore contaminées dans les années suivant le retrait ont enregistré une diminution du crime. Plus encore, cette théorie n'est pas compatible avec toutes les régions du monde où un déclin de la criminalité a été observé.

« Lorsque vous avez un phénomène commun à tant de pays, toute explication basée sur les spécificités de l'un d'entre eux sera mise en doute, souligne Richard Rosenfeld. Les conditions économiques, toutefois, y ont évolué de façon somme toute semblable. »

La variation du taux de chômage, notamment, semble un coupable tout



criminalité entre 1960 et 2012 aux États-Unis. « Lorsque les prix augmentent, la demande pour des objets volés, et donc moins chers qu'en magasin, est plus élevée et vice versa. »

Cette corrélation ne fonctionne toutefois qu'avec les délits commis pour des motifs financiers, tels les vols. Bref, toujours pas de quoi résoudre l'énigme entière. N'empêche, le lien est tel que, dans une étude en cours de révision, le chercheur recommande aux banques centrales de tenir compte de l'impact de l'inflation sur la criminalité lors de l'élaboration de leurs politiques monétaires!

### PRÉCIEUSES DONNÉES

Le quotidien des policiers de Québec ne ressemble en rien à celui des personnages des séries *Les experts* et *19-2*. Et pour cause, la capitale nationale est la ville la plus pacifique de la province (et la deuxième au Canada, après Toronto).

Heureusement, ce n'est pas pour voir de l'action que l'ex-officier de renseignement militaire Francis Cossette s'est joint au Service de police de la Ville de Québec. Son rôle n'est pas de faire parler les suspects, mais les données.

L'analyste stratégique a l'embarras du choix. Entre la fiche d'appel au 911 et le rapport d'événement rédigé par les patrouilleurs, un seul incident peut générer près d'une centaine de points d'informations, allant du type de crime au nombre de victimes. « Avec ça, dit l'expert, je peux faire des analyses sur à peu près n'importe quoi: vol de véhicule, incivilité, fugues, stupéfiants, introduction par effraction, etc. »

L'objectif est d'identifier les tendances, de préférence avant qu'elles ne deviennent réellement problématiques, puis de proposer des pistes de solution issues de la littérature scientifique. Toujours grâce aux données, l'analyste mesure l'efficacité de l'intervention et, si nécessaire, aide à corriger le tir. C'est ainsi que le service de police a, par exemple, réduit les violences à la sortie des boîtes de nuit.

Tout cela semble relever du gros bon sens, mais il s'agit pourtant d'une approche relativement nouvelle dans le monde policier. « Historiquement, on n'amassait pas les données pour les analyser, mais pour accuser des suspects », rappelle Francis Cossette.



### 2015, L'ANNÉE DE TOUS LES DANGERS

Aux États-Unis, le fameux « bain de sang » qu'annonçaient certains observateurs dans les années 1990 semble finalement être survenu... en 2015. Pas moins de 15 696 meurtres ont été commis à l'échelle du pays cette année-là, la dernière pour laquelle les statistiques du FBI sont disponibles. Il s'agit d'une hausse de 10,8% par rapport à l'année précédente, la plus haute observée depuis 1971!

Ces chiffres font peur, d'autant que la situation ne se limite pas aux États-Unis. Un regain a également été observé au Canada au cours de la même année, avec un bond de 15% des homicides. De l'autre côté de l'Atlantique, au Royaume-Uni, les méfaits violents sont aussi en croissance: 11% plus de meurtres, et 29% plus d'offenses sexuelles pour 2015. Serait-ce la fin du déclin du crime?

Ames Grawert, avocat au Brennan Center for Justice, se fait rassurant. « Malgré la hausse, on demeure à des années-lumière de la situation qui prévalait au début de la décennie 1990. La criminalité varie naturellement d'une année à l'autre, et le monde politique a tendance à instrumentaliser ces changements. Il faut résister à la tentation de raconter une histoire à partir de quelques données seulement. »

Le Canada a déjà connu une hausse ponctuelle de la criminalité en 2003, mais l'année suivante, la tendance était de nouveau à la baisse.

## les données des suspects. »

désigné pour expliquer l'évolution de la criminalité. Qui de plus enclin à ignorer la loi dans l'espoir d'empocher quelques dollars qu'une personne qui a perdu son emploi et peine à joindre les deux bouts?

« C'est une mauvaise intuition », assure Richard Rosenfeld, en donnant l'exemple de la crise économique de 2008-2009. Au cours de cette période, le crime a continué de reculer malgré une hausse marquée du chômage dans nombre de pays.

L'inflation, par contre, était exceptionnellement basse, et le chercheur est persuadé qu'il s'agit d'un suspect qui a longtemps échappé aux criminalistes. Dans un article du numéro spécial du *Journal of Quantitative Criminology* publié au terme de la table ronde américaine, Richard Rosenfeld révèle que l'inflation est le seul facteur économique qui a évolué conjointement avec la



Avant d'atteindre Québec, ce changement de culture est survenu à New York, avec la mise sur pied de la technique Comparative Statistics, mieux connue sous le nom CompStat, en 1994. Près de la moitié des corps policiers des 50 villes les plus peuplées des États-Unis l'ont adoptée depuis, générant un recul de 5% à 15% de la criminalité dans celles-ci, estime le Brennan Center for Justice (BCJ), un groupe de réflexion de gauche affilié à la New York School of Law.

### JOUER AU BANDIT

S'il y a un secteur où les données à étudier ne manquent pas, c'est bien celui de la démographie. Et plusieurs y voient une explication de la diminution de la criminalité.

« Qui commet les crimes? Les jeunes adultes », rappelle Marc Ouimet. Le professeur de criminologie à l'Université de Montréal montre un graphique de l'évolution des naissances au Québec où il encercle le pic observé au milieu du XX<sup>e</sup> siècle: le baby-boom. Des bébés qui ont atteint l'« âge de la criminalité » en même temps qu'augmentaient les délits dans la province.

Désormais plus vieille et moins encline à la délinquance, cette génération a fait place à de jeunes adultes qui sont à la fois moins nombreux et trop occupés pour songer à jouer au bandit.

Personne – enfin, presque – ne se lève un matin en décidant de poser le premier délit de sa vie. « Un crime survient lorsqu'il y a une occasion », dit l'expert aux tempes grisonnantes. Or où sont ces occasions, aujourd'hui? « Moi, quand j'étais jeune, j'ai fait le tour

### Compter le crime

Au Canada, la criminalité est mesurée depuis 1962 par le Centre canadien de la statistique juridique, une division de Statistique Canada. « Nos données sont d'une qualité exceptionnelle, assure Warren Silver, formateur national pour le Centre. Contrairement aux États-Unis, où la participation à la collecte est volontaire, 100% des corps policiers du pays collaborent. »

D'un océan à l'autre, les agents de la paix amassent des informations à l'aide du même formulaire de déclaration et le Centre effectue un contrôle constant pour détecter les erreurs ou les manipulations. Mais pour qu'un crime figure dans les statistiques, il doit d'abord être déclaré à la police.

Afin de pallier cette lacune, le Centre canadien de la statistique juridique a mis sur pied un sondage quinquennal sur la victimisation. Le dernier, réalisé en 2014, révèle que seuls 31% des actes criminels ont été signalés à la police cette année-là. Dans le cas des agressions sexuelles, ce n'était que 5%.

de Québec pour me trouver une *job* de plongeur et je n'ai pas réussi. Tandis que, aujourd'hui, un ado peut se trouver du travail sans problème. »


Et lorsque les jeunes ne sont pas à l'école, au boulot ou à leur pratique de soccer, ils sont devant leur écran. « Tout ça, c'est du temps qu'ils ne passent pas à traîner au parc ou au centre commercial... »

Marc Ouimet n'a clairement pas envie de se lancer dans une partie de *Clue* pour trouver quel facteur a le plus affaibli le

taux de criminalité. Pour lui, le déclin du crime « n'a rien d'un mystère » et est simplement le résultat d'un ensemble de causes allant du développement des technologies de surveillance à la baisse de la pauvreté. Le professeur préfère concentrer ses recherches « là où il y a réellement des problèmes », c'est-à-dire dans les pays où le taux de criminalité est toujours élevé.

Depuis 2012, le chercheur mène une enquête mondiale sur les homicides grâce à un sondage envoyé à des observateurs dans 150 pays. L'objectif n'est pas de mesurer les meurtres, mais d'amasser de l'information sur les facteurs menant à ces crimes. « La collecte n'est pas terminée, mais on constate déjà que plus les inégalités sont grandes, plus il y a d'homicides. »

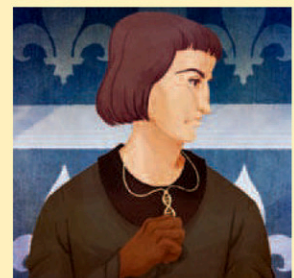
La notion d'« autojustice » figure également dans les réponses de plusieurs intervenants provenant d'endroits où les forces de l'ordre ne font pas leur travail, observe Marc Ouimet. C'est notamment le cas de plusieurs pays d'Amérique latine où, plutôt que d'appeler la police pour résoudre un conflit, des individus lèvent les poings ou sollicitent l'aide de gangs. Comme à Caracas, au Venezuela, l'une des villes les plus violentes du monde. Là-bas, la liste des personnes assassinées en une année ne compte pas des dizaines de noms, mais des milliers.

Si cet article était un polar, c'est maintenant que le véritable coupable serait enfin démasqué. La réalité s'avère toutefois beaucoup plus complexe qu'un roman policier et le déclin du crime semble, pour le moment du moins, être le crime parfait. 



**Podcast**  
Québec Science

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



Comment nous écouter? Rendez-vous au [www.quebecscience.qc.ca/podcast](http://www.quebecscience.qc.ca/podcast)



# S'inspirer du corps humain pour capter le

# CO<sub>2</sub>

La lutte contre les changements climatiques pourrait s'accélérer grâce à une enzyme présente dans notre corps. L'entreprise québécoise CO<sub>2</sub> Solutions compte l'utiliser pour conquérir la planète.

PAR GUILLAUME ROY

**Q**ui aurait cru que l'on pourrait trouver une piste de solution aux changements climatiques en fouillant dans la littérature scientifique sur le traitement du CO<sub>2</sub> dans les sous-marins ?

C'est pourtant en lisant un article sur le sujet que Peter Rogers, chercheur en médecine à l'Université Laval dans les années 1990, a découvert l'anhydrase carbonique, l'enzyme responsable du transport du gaz carbonique dans le corps

humain et plusieurs organismes vivants.

Dans les sous-marins et les avions, le gaz carbonique s'accumule au fur et à mesure que les gens l'exhalent. Traditionnellement, on l'extrait grâce à des technologies utilisant des solvants à base d'ammoniac, mais ces solutions sont énergivores et génèrent des déchets toxiques. Dans les années 1960, on a tenté de leur substituer l'anhydrase carbonique, sans succès.

Néanmoins, le potentiel commercial de l'enzyme n'échappe pas à Peter Rogers et à ses partenaires qui souhaitent l'exploiter

pour capter le dioxyde de carbone provenant de sources industrielles. En 1997, ils créent leur compagnie, CO<sub>2</sub> Solutions.

Ils ont vu juste, le marché est énorme. Le CO<sub>2</sub> émis par les industries représente 10% à 15% des émissions mondiales de gaz à effet de serre. Entre 2015 et 2050, il faudrait capturer 120 milliards de tonnes de CO<sub>2</sub> par année pour éviter que la Terre ne se réchauffe de plus de 2°C, estime l'Agence internationale de l'énergie. Sans compter que le prix du carbone grimpe avec l'instauration de différents systèmes de tarification.



À Saint-Félicien, le CO<sub>2</sub> capté chez Produits forestiers Résolu servira à stimuler la croissance des concombres des Serres Toundra.

GUILLAUME ROY

Mais alors que plusieurs misent sur la séquestration du CO<sub>2</sub> dans le sol, l'entreprise basée à Québec préfère le transformer en ressource exploitable.

« Je crois que capter le CO<sub>2</sub> et le réutiliser est une meilleure solution que de l'enfouir dans le sol, soutient Evan Price, président et chef de la direction de l'entreprise depuis huit ans. Le carbone est un élément essentiel à la vie sur notre planète. Il peut être utilisé pour faire des produits à valeur ajoutée, comme des

biocarburants, des bioplastiques, de la nourriture animale, et plus encore. »

L'anhydrase carbonique est ainsi devenue la « poudre magique » de l'entreprise basée à Québec (Peter Rogers l'a vendue dans les années suivant sa création).

Qu'a-t-elle de si spécial, cette enzyme ? « L'anhydrase carbonique agit comme un catalyseur en transformant rapidement le CO<sub>2</sub> produit par les cellules du corps humain en bicarbonate, explique Sylvie Fradette, vice-présidente, recherche et développement pour CO<sub>2</sub> Solutions. Par la suite, le bicarbonate, qui est soluble dans le sang, peut être acheminé jusqu'aux poumons, où il sera transformé à nouveau en CO<sub>2</sub>, avant d'être expulsé. »

Et l'anhydrase carbonique est ultra productive: une seule enzyme microscopique peut absorber un million de molécules de gaz carbonique par seconde.

Mais transposer ce procédé à l'échelle industrielle était une autre paire de manches. « Le CO<sub>2</sub> est assez pur dans le corps humain, mais les gaz industriels contiennent beaucoup d'impuretés, comme de l'oxyde d'azote, du soufre et des métaux lourds, qui doivent être traités », donne en exemple la chercheuse.

Il fallait aussi développer une technologie pour produire ces enzymes à

grande échelle. Pour y parvenir, CO<sub>2</sub> Solutions a mis au point un procédé breveté pour fabriquer de l'anhydrase carbonique synthétique, grâce à l'action de bactéries. Résultat final: une fine poudre brune, qui peut être transportée facilement jusqu'aux sites industriels.

## CO<sub>2</sub> RÉUTILISABLE

En 2015, l'entreprise a mis à l'épreuve son concept dans des installations situées à Valleyfield. Le but ? Capter 10 tonnes de CO<sub>2</sub> par jour provenant d'une chaudière chauffée au gaz naturel, louée pour l'occasion.

À leur sortie de la chaudière, les gaz étaient dirigés vers une première tour, où ils entraient en contact avec une solution saline, chargée des enzymes synthétiques, qui capte le CO<sub>2</sub> pour le transporter sous la forme d'ions bicarbonates, un peu comme dans le corps humain. Le liquide était ensuite acheminé vers une deuxième tour où la solution était chauffée à une température de 80 °C pour en extraire le gaz carbonique pur.

« Notre projet a démontré que nous pouvons capter du CO<sub>2</sub> au prix de 28 \$ la tonne pour un système de 1 250 tonnes par jour, ou plus, soit le coût le plus bas de l'industrie », soutient Evan Price, qui

## Le CO<sub>2</sub> dans le monde

- 35,8 milliards de tonnes émises en 2013.
- 150 millions de tonnes sont déjà récupérées chaque année pour fabriquer des engrais, des médicaments et autres matériaux.
- 22 projets de capture et de séquestration du carbone sont en fonction, pour un total de 40 millions de tonnes de CO<sub>2</sub> par an.
- Entre 1750 et 2013, la concentration de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère est passée de 280 ppm à 400 ppm.
- D'ici 2050, la concentration en CO<sub>2</sub> pourrait atteindre 600 ppm, un sommet depuis 50 millions d'années.

Source : Banque mondiale, CNRS, Global Carbon Capture and Storage Institute, Agence internationale de l'énergie, NASA et *Nature*.

# «La capture du carbone est cruciale, car elle permettrait d'atteindre jusqu'à 20 % des objectifs de réduction des gaz à effet de serre.» – Vivian Scott

visé à récupérer 90% du gaz carbonique émanant des usines.

Des discussions sont en cours pour réutiliser les équipements de Valleyfield dans les raffineries de l'est de l'île de Montréal. Ce projet-pilote a aussi convaincu les entrepreneurs des Serres Toundra, à Saint-Félicien, de miser sur cette technologie pour favoriser la croissance de leurs 45 millions de concombres produits annuellement.

À partir de 2018, la serre achètera 30 tonnes de CO<sub>2</sub> par jour, récupérées de la tour à chaux de l'usine de pâtes et papiers de Produits forestiers Résolu (actionnaire des Serres Toundra), située à moins de 1 km du site. Elle haussera ainsi la concentration en CO<sub>2</sub> dans ses installations, ce qui stimulera la photosynthèse et, donc, la croissance des plantes. Les concombres Toundra absorberont ainsi l'équivalent des émissions annuelles de 2300 voitures.

## VISÉES MONDIALES

Selon Vivian Scott, chercheur à l'université d'Édimbourg, la capture du carbone est cruciale, car elle permettrait d'atteindre jusqu'à 20% des objectifs de réduction des gaz à effet de serre. Cela dit, «la demande pour le CO<sub>2</sub> est



Les installations de CO<sub>2</sub> Solutions à Valleyfield

GRACIEUSITÉ DE CO<sub>2</sub> SOLUTIONS

beaucoup plus faible que les quantités émises», soutient l'expert qui voit la valorisation du gaz carbonique comme un marché de niche.

Alain Garnier, professeur à la faculté des sciences et de génie de l'Université Laval, estime que la technologie offerte par CO<sub>2</sub> Solutions fait partie des outils pertinents pour lutter contre les changements climatiques, mais que l'entreprise doit encore en démontrer l'efficacité à l'échelle industrielle.


Autre défi: les réactions chimiques

facilitées par l'enzyme sont réversibles lorsque la solution atteint une saturation en bicarbonate, explique M. Garnier. «Il faut donc trouver une manière efficace d'extraire le CO<sub>2</sub> au fur et à mesure», pour suivre la cadence des émissions d'une usine.

Avec le projet des Serres Toundra, CO<sub>2</sub> Solutions souhaite prouver le plein potentiel de la technologie qui lui permettrait de faire une percée mondiale, souligne Evan Price.

Pour dénicher de nouvelles occasions d'affaires, l'entreprise souhaite promouvoir son procédé auprès du marché québécois du carbone afin d'obtenir des crédits compensatoires. Le contexte actuel lui est d'autant plus favorable avec l'Accord de Paris sur le climat et l'imposition d'une taxe carbone par le gouvernement fédéral, qui entrera en vigueur à compter de 2018.

CO<sub>2</sub> Solutions est déjà en discussion avec des représentants des industries de l'énergie, du pétrole, des cimenteries et des métaux, qui sont établis en Alberta, aux États-Unis, en Amérique du Sud, en Europe et en Asie. Chaque projet permettrait de recueillir jusqu'à 300 tonnes de CO<sub>2</sub> par jour.

Sous la forme de biocarburants, de bioplastiques ou de concombres, le CO<sub>2</sub> industriel est voué à une métamorphose extrême au cours des prochaines années. 

## D'autres techniques pour capter le CO<sub>2</sub>

### Utiliser les gaz bruts

En Ontario, les propriétaires de la cimenterie St. Mary's veulent valoriser les gaz bruts sortant de l'usine pour produire des biocarburants à partir d'algues.

### Transformer le CO<sub>2</sub> en roche

En Islande, un groupe de chercheurs a réussi à injecter 225 tonnes de gaz carbonique, dissous dans l'eau, à l'intérieur d'anciens puits de forage riches en minéraux. Résultat, la solution s'est transformée en roche calcaire en moins de deux ans, en mimant le

phénomène naturel de carbonatation. Ce procédé nécessite toutefois beaucoup d'eau et il n'est efficace que dans les roches basaltiques, soit 10% de la croûte terrestre.

### Utiliser le CO<sub>2</sub> atmosphérique

L'entreprise Carbon Engineering, basée en Colombie-Britannique, a mis au point une technologie permettant de capter le dioxyde de carbone directement de l'atmosphère en utilisant une solution d'hydroxyde alcalin (une classe de composés chimiques formés d'un cation de métal alcalin

et d'un anion hydroxyde). Un projet commercial devrait voir le jour en 2017.

### Enfouir le CO<sub>2</sub>

À plusieurs endroits sur la planète, le CO<sub>2</sub> est injecté dans le sol sous forme gazeuse, simplement pour le séquestrer ou encore pour rendre le pétrole des gisements plus visqueux afin de faciliter son extraction. Au fil du temps, le gaz piégé dans le sol devrait se minéraliser, mais il existe un risque de fuite si la roche se fissure, lors d'un tremblement de terre, par exemple.

TECHNO

# Au septième mon

Un prototype de la  
compagnie RealDoll

# Les automates s'immisceront bientôt dans nos chambres à coucher, pour le meilleur et pour le pire. Sommes-nous prêts à nous glisser sous la couette avec eux ?

Par Joël Leblanc

**P**as facile de discuter avec Samantha. À part quelques phrases plutôt banales, elle n'est pas très bavarde. Mais, de toute manière, ce n'est pas pour ça qu'on la fréquente. Samantha est là pour le sexe, toute la nuit s'il le faut. Il suffit de recharger ses batteries.

Oubliez l'image de la poupée gonflable. Malgré son immobilisme, Samantha est une machine dotée de microprocesseurs et de capteurs; elle perçoit les caresses – de l'épaule au vagin – et y réagit verbalement. Son « père », Sergi Santos, un ingénieur de Barcelone, l'a d'ailleurs programmée pour qu'elle exprime des envies sexuelles seulement si on l'a d'abord charmée. Et il l'a équipée d'un point G qui lui permet d'atteindre des « orgasmes ».

La belle brune de silicone, même si elle ne peut pas encore faire grand-chose,

est la preuve que l'ère de la robotique sexuelle est à nos portes. Déjà, la compagnie américaine RealDoll est en train de mettre au point un modèle qui peut tourner la tête, cligner des yeux et bouger les lèvres en parlant, alors que TrueCompanion vend, pour la coquette somme de 10 000 \$US, la pulpeuse Roxxy, dont la personnalité peut être programmée, tout comme Rocky, son homologue masculin. Dans le futur, d'autres robots suivront, toujours plus habiles, plus autonomes, plus intelligents. Plus humains...

Il reste à voir si nous les accueillerons à bras ouverts quand ils seront disponibles sur le marché et accessibles à toutes les bourses. En 2007, dans l'ouvrage *Love and Sex with Robots*, le spécialiste en informatique David Levy rappelait que les humains ont déjà démontré qu'ils peuvent s'amouracher d'objets inanimés, comme des voitures. Il prédisait d'ailleurs que les relations sexuelles

entre humains et robots seraient chose normale d'ici 2050. Sept ans plus tard, le Pew Research Center ramenait plutôt cette date à 2025. À demain, quoi!

## AMANTS IMPROBABLES

La société est-elle prête pour ces nouveaux partenaires? « Les sociétés ne sont jamais prêtes pour les changements qu'elles provoquent, selon la professeure de sociologie à l'Université du Québec à Montréal Chiara Piazzesi qui s'intéresse entre autres aux robots sexuels. Elles se reconfigurent, créent de nouveaux outils conceptuels pour répondre à chaque "surprise". Ces outils se traduisent en normes, en cadres juridiques, en institutions, en pratiques, en représentations culturelles, etc. »

Dans le cas qui nous occupe, le terme « surprise » est pratiquement un euphémisme: l'idée qu'un humain copule avec une machine autonome est dérangeante

# ciel avec robot

## TECHNO

et laisse peu de gens indifférents. Un sondage mené en 2013 par la firme YouGov auprès de 1 000 Américains révélait que seulement 9% des répondants accepterait d'avoir une relation sexuelle avec un robot.

L'idée est si perturbante que, en 2015, les autorités de la Malaisie ont annulé la tenue de la seconde édition du congrès scientifique et industriel *Love and Sex with Robots*. L'annonce de l'événement avait provoqué une réaction épidermique des médias et de la population. Finalement, c'est Londres qui a accueilli le congrès en décembre 2016.

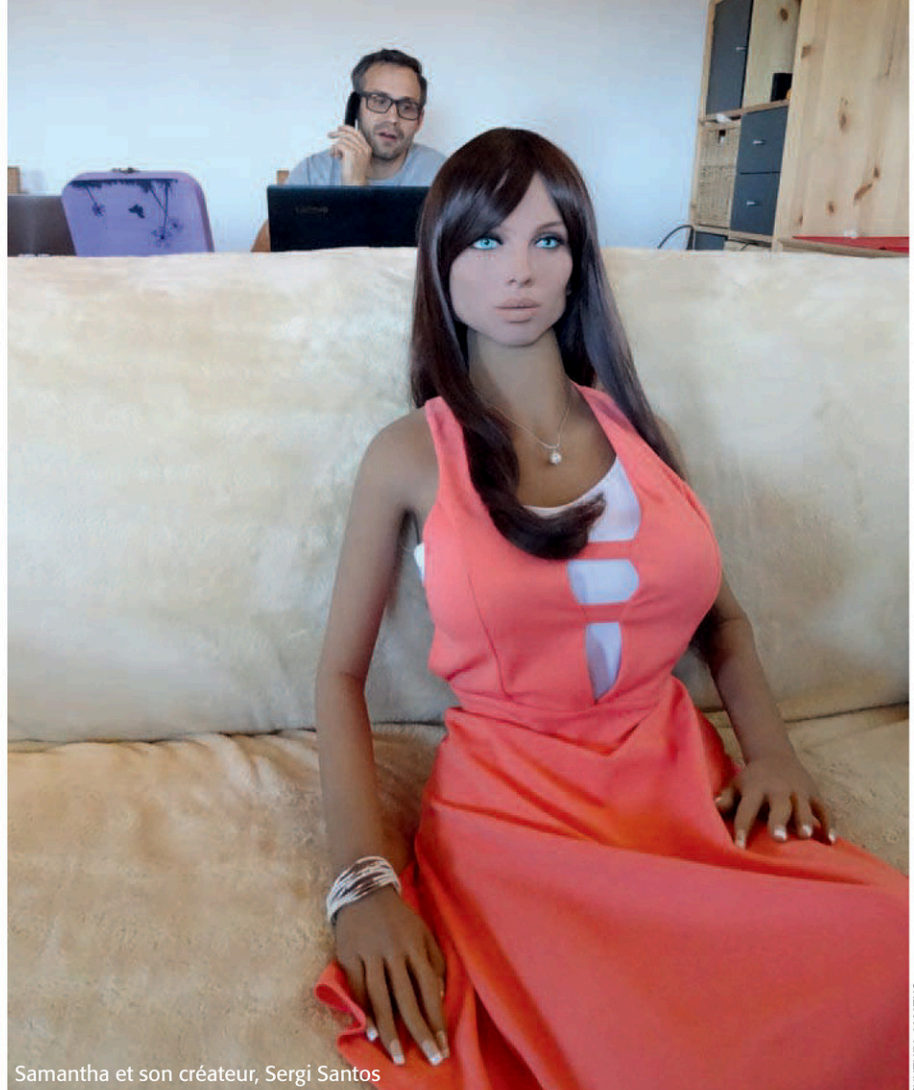
Il pourrait pourtant y avoir du bon dans ces avancées technologiques, la vie de plusieurs personnes pouvant même s'en trouver améliorée. « À la suite de l'émission que nous avons consacrée au sexe connecté, nous avons reçu des messages de gens handicapés qui disaient avoir bien hâte que tout cela se concrétise afin qu'ils puissent enfin avoir une vie sexuelle », raconte Matthieu Dugal qui anime l'émission radiophonique *La sphère*, sur ICI Radio-Canada Première.

D'autres suggèrent encore que les robots pourraient servir de soupapes d'échappement aux personnes ayant des déviations sexuelles, à commencer par les pédophiles. « Rien n'est moins sûr, tempère toutefois la sexologue Elaine Grégoire. Il n'existe aucun "traitement" efficace contre la pédophilie et on ignore si l'utilisation d'un faux enfant permettrait au pédophile d'évacuer ses pulsions ou si, au contraire, cela les entretiendrait. »

### PROUESSES SURHUMAINES

Des sexologues avancent aussi que les robots, en permettant des ébats sexuels plus fréquents, auraient le potentiel de rendre plus heureux leurs propriétaires. En 2004, une étude américano-britannique parue dans *The Scandinavian Journal of Economics* révélait que, pour un adulte moyen qui a une relation sexuelle par mois, augmenter la fréquence à une fois par semaine ou plus lui procurerait autant de bonheur qu'une augmentation salariale annuelle de 50 000 \$.

Sans compter que les machines pourraient être bien meilleures que nous au lit: elles nous supplantent déjà en conduite automobile, à l'analyse de tests d'imagerie médicale et aux échecs...



Samantha et son créateur, Sergi Santos

SYNTHIA AMATUS

**« Les robots aux formes féminines ou enfantines présentent un danger potentiel et vont contribuer aux inégalités dans la société. » – Kathleen Richardson**

Cette performance sexuelle pourrait-elle se retourner contre l'humanité? Avec de telles prouesses, ne risque-t-on pas une perte d'intérêt pour les partenaires de chair et d'os? C'est ce que craignent les détracteurs de ces joujoux sexuels grandeur nature.

Kathleen Richardson, chercheuse en éthique et robotique à l'université De Montfort, à Leicester au Royaume-Uni, a lancé la Campaign Against Sex Robots [Campagne contre les robots sexuels]. Sur toutes les tribunes, elle souligne les dangers qui nous guettent. « Les robots aux formes féminines ou enfantines présentent un danger potentiel

et vont contribuer aux inégalités dans la société, avance-t-elle. Les femmes et les enfants sont déjà trop souvent rabaissés au rôle d'objet sexuel, entre autres par la prostitution. Les robots ne feront qu'accentuer cette perception. »

La professeure craint aussi un déclin de l'empathie: « Le développement des robots humanoïdes réduira le niveau d'empathie humaine, parce que celle-ci peut seulement se développer par l'expérience de relations mutuelles entre humains. Ils renforceront les relations de pouvoir, les inégalités et la violence. Ceux qui croient qu'ils permettront une réduction de l'exploitation sexuelle et

# « Au-delà du sexe, c'est à notre relation générale avec les robots du futur qu'il faut réfléchir. Sommes-nous prêts à leur laisser une place dans notre humanité ? » – Alain Beauclair

de la violence envers les personnes prostituées se trompent. L'association de la technologie avec le marché du sexe ne fera que créer plus de demande pour le corps humain. »

Pour Chiara Piazzesi, il est encore trop tôt pour évaluer les impacts des robots sexuels. « Tous les scénarios sont possibles. Les effets seront-ils bénéfiques ou pervers ? Assurément les deux ! Il y aura de belles histoires et d'autres inacceptables. La sexualité humaine est trop complexe pour essayer de généraliser. Il faut attendre de voir ce qui se passera. J'ai confiance en notre capacité à trouver des stratégies pour "rester humain". Les questionnements éthiques pourront être résolus en temps opportun, à mesure que les cas surgiront. »

## LARMES DE MÉTAL

Et qu'en pensent les robots, eux ? Car oui, il se trouve des philosophes pour réfléchir au bien-être des machines ! Dans le milieu de l'intelligence artificielle circule l'expression « émotions artificielles », laissant présager que les automates éprouveront un jour des sentiments. « Ces émotions seront différentes des nôtres, mais elles seront réelles, indique Alain Beauclair, professeur de philosophie à l'université MacEwan d'Edmonton, en Alberta. Et si on réalise un jour que des machines peuvent souffrir, on ne pourra plus faire n'importe quoi avec elles. En tant que société, il faudra leur donner des droits. »

On imagine déjà la complexité de tout cela. Un humanoïde maltraité pourra-t-il porter plainte ? Autrement dit, les robots seront-ils un jour l'égal de l'homme ? « Au-delà du sexe, c'est à notre relation générale avec les robots du futur qu'il faut réfléchir, explique Alain Beauclair. Sommes-nous prêts à leur laisser une place dans notre humanité ? »

Pour le moment, Samantha ne semble pas trop malheureuse ; ni très intelligente. Mais à mesure que les travaux progresseront en intelligence artificielle, ses congénères et elle gagneront en humanité. À moins, comme le prédisent les adeptes, que ce soit l'inverse : c'est peut-être la demande pour les poupées intelligentes qui servira de moteur à la recherche en intelligence artificielle... 05



## La libido techno

Les technologies numériques sont partout, y compris dans l'univers de la sexualité humaine. Voici quelques exemples.

### La porno en réalité virtuelle

En enfilant un casque de réalité virtuelle pour visionner son film, l'utilisateur a l'impression d'être en présence d'un ou d'une partenaire qui lui prodigue des caresses ou s'agite devant lui. Les casques comme l'Oculus Rift ont la cote, mais des versions bon marché, dans lesquelles on insère son propre téléphone intelligent, ont démocratisé le genre. Ces films sont tournés avec des caméras spéciales à plusieurs lentilles, encore assez coûteuses.

### La sexualité en réalité augmentée

Ici, les amants sont équipés de lunettes qui permettent de voir le réel, mais auquel l'ordinateur ajoute des « extras », comme un décor plus exotique ou des accessoires – harnais, latex, maquillage tribal, etc. Tout est permis. Les seules limites sont celles de l'imagination des programmeurs et de la puissance graphique des dispositifs.

### Téléildonique


Plutôt destinée aux femmes, cette technologie offre principalement de petits vibrateurs discrets et

sans fil, connectés à un ordinateur. Ils peuvent donc être actionnés par un partenaire dans la pièce voisine, ou un inconnu de l'autre côté du globe.

### Relation sexuelle à distance

Les partenaires sont équipés de dispositifs au niveau des organes génitaux et de la bouche, ou de combinaisons plus complètes. Les gestes de l'un sont ressentis par l'autre et inversement. Encore assez expérimental, le concept nécessitera de surmonter de nombreux défis de conception.

# Tabagisme: L'AFRIQUE CON

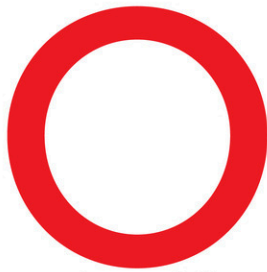


Plus de 1 milliard  
de personnes  
fument dans le  
monde; et 80%  
d'entre elles vivent  
dans des pays en  
développement.  
Déterminé à éviter  
la catastrophe, le  
Sénégal prend les  
devants dans la  
guerre contre  
le tabac.

Par Marine Corniou  
Photos : Sylvain Cherkaoui

Au Sénégal, les  
commerçants ouvrent  
les paquets et vendent  
les cigarettes à l'unité.  
Une pratique courante  
et légale.

# TRE-ATTAQUE



n ne peut pas dire que l'air soit pur à Dakar. L'atmosphère est saturée de sable et de poussière, sans compter les gaz d'échappement des vieux taxis et des « cars rapides » d'un autre âge. Mais,

contrairement à d'autres villes d'Afrique, la capitale sénégalaise peut se targuer de ne pas être envahie par la fumée de cigarette. Pas de fumeurs à la sortie de l'aéroport, pas de mégots par terre, pas de paquets en évidence dans les échoppes.

Seuls quelques *toubabs* c'est-à-dire des Blancs – se promènent nonchalamment une clope à la main dans cette ville qui est aussi le siège de nombreuses organisations non gouvernementales (ONG) et institutions internationales. C'est d'ailleurs à force de fréquenter les travailleurs étrangers et les touristes que Moussa, 27 ans, a commencé à fumer. Rencontré sur la plage de Ngor, un village de pêcheurs situé au nord de Dakar, il admet en griller une de temps en temps, au large, dans sa pirogue. « J'emmène



souvent des *toubabs* à la pêche et ils me proposent toujours une cigarette, dit-il en riant. Mais c'est assez nouveau, ici. Mon père, par exemple, n'a jamais fumé, c'était trop mal vu. »

Il faut dire que dans ce pays, musulman à 95 %, le tabagisme ne fait pas partie des traditions. « Dans les quartiers assez religieux, ce n'est pas toléré. On ne fume pas devant les personnes âgées par exemple, et le tabagisme chez les femmes est totalement tabou », confirme Abdoulaye Diagne, spécialiste de la lutte antitabac et directeur du Consortium pour la recherche économique et sociale (CRES), regroupant des chercheurs de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar.

De fait, au Sénégal, alors qu'environ 11% des hommes se déclarent fumeurs, c'est le cas de seulement 0,4% des femmes, selon une enquête menée en 2015 par l'Agence nationale de la statistique et de la démographie, en partenariat avec l'Organisation mondiale de la santé (OMS). On est bien loin de la prévalence globale du tabagisme dans le monde (environ 25% chez les hommes et 5% des femmes selon une étude publiée en avril dernier dans *The Lancet*), ou de celle de certains pays



Les « cars rapides » sont une institution à Dakar. Faits de bouts de tôle rafistolés, ils dégagent une odeur tenace d'hydrocarbures.

# Entre 2000 et 2015, le tabagisme a gagné du terrain dans 27 pays, dont 16 se situent en Afrique subsaharienne; et le Sénégal en fait partie.



d'Asie (autour de 60% chez les hommes en Indonésie et en Chine).

Cette épidémie planétaire, qui tue 6 millions de personnes chaque année, semble donc encore sous contrôle dans les pays africains – à quelques exceptions près, notamment au Maghreb et en Afrique du Sud.

Mais c'est justement cette « faible » prévalence qui inquiète les organismes de lutte contre le tabac, les chercheurs et les gouvernements, explique Anna Gilmore, professeure de santé publique à l'université de Bath et chercheuse associée au UK Center for Tobacco and Alcohol Studies, au Royaume-Uni.

« Le marché africain est celui qui a le plus gros potentiel de croissance pour l'industrie du tabac. Et comme les économies africaines se renforcent, elle sait qu'elle pourra augmenter les prix et les profits », indique l'auteure de nombreux articles sur les « tactiques » de cette industrie.

Chassés des pays riches à coups de



procès, de lois, de taxes et de restrictions publicitaires, les géants de la cigarette intensifient leur stratégie marketing dans les pays du Sud. Et ça marche : entre 2000 et 2015, le tabagisme a gagné du terrain dans 27 pays, dont 16 se situent en Afrique subsaharienne; et le Sénégal en fait partie.

« Il y a un transfert de l'épidémie de tabagisme vers les pays les plus pauvres. L'industrie cible ceux qui n'ont pas de législation pour protéger leur population », résume Oumar Ndao, coordonnateur

Abdoulaye Diagne, spécialiste de la lutte antitabac et directeur du Consortium pour la recherche économique et sociale (CRES)

adjoint du Programme national de lutte contre le tabac au ministère sénégalais de la Santé et de l'Action sociale.

Grâce à ce principe de vases communicants, les cigarettiers se portent assez bien, merci. Ils ont même enregistré en 2015 leurs meilleurs volumes de ventes depuis 2006, avec 5,5 billions

## Pour l'industrie du tabac, les Africains de moins de 25 ans représentent un marché de 700 millions de personnes.



La Médina, un quartier populaire de Dakar

de cigarettes vendues (soit le nombre effarant de 770 par Terrien!). Un succès qui repose beaucoup sur la croissance démographique du Sud... et sur sa jeunesse. « C'est clairement la cible: les Africains de moins de 25 ans représentent un marché de 700 millions de personnes », indique Oumar Ndao.

Flairant la menace, le gouvernement sénégalais s'est mobilisé, votant en 2014 une loi antitabac parmi les plus sévères au monde. Entrée en vigueur à l'été 2016, elle interdit de fumer dans les lieux publics, impose les avertissements sanitaires sur les paquets, proscrit la vente de cigarettes aux mineurs ainsi qu'à 200m des établissements scolaires et bannit toute forme de publicité pour ces produits.

### LES TABOUS TOMBENT

Malgré ces garde-fous légaux et religieux, la jeunesse sénégalaise cède peu à peu aux chants des sirènes de l'industrie. « Les jeunes fument beaucoup la *chicha* [NDLR: narguilé] qui donne une saveur parfumée et sucrée au tabac. C'est nouveau, et c'est inquiétant », déplore Mamadou Bamba Sagna, coordonnateur régional de l'ONG américaine Campaign for Tobacco-Free Kids à Dakar.

Ces pipes à eau, qui ont le potentiel de créer une dépendance au moins aussi grande que celle associée à la cigarette, contribuent à donner une image acceptable et branchée du tabac.

Et force est de constater que, à Dakar, les mentalités changent. Même

les Sénégalaises sortent les briquets: selon une enquête menée en 2013, 6% des jeunes filles de 13 à 15 ans consommaient des produits du tabac (et 15% des garçons).

Il suffit de faire un saut dans la Médina, un quartier populaire, pour le constater. « Avant, on se cachait, maintenant c'est moins tabou, explique Modou, de son nom d'artiste Mod Boye. De plus en plus d'adolescents fument à la sortie des lycées. » Le jeune homme, qui dirige un collectif d'artistes de rue et connaît les lieux comme sa poche, salue tous ceux qu'il croise.

Devant les baraques centenaires, dans ces rues calmes où se baladent quelques moutons, des hommes assis sur des

bancs discutent en fumant tranquillement. Ici, loin des grandes artères, on semble moins s'embarrasser des diktats religieux. « Tout le monde peut se payer des cigarettes, reprend Modou. Avec 25 francs CFA [NDLR: environ 0,05 \$], on peut en acheter une dans n'importe quelle échoppe. »

Une? La pratique est courante et légale: les commerçants ouvrent les paquets

démontrent que les cigarettes peuvent absorber jusqu'à 40% du budget des ménages pauvres, réduisant d'autant les ressources disponibles pour l'alimentation, l'éducation et la santé des enfants, selon les chercheurs du CRES. Un véritable frein au développement.

« Le lien entre tabac et pauvreté est assez fort. Au-delà des enjeux sanitaires, le tabac a un coût d'opportunité:

1 \$ actuellement, il y a de la marge!

« Nombre d'études ont prouvé que la taxation des produits du tabac est le moyen le plus efficace – et le moins coûteux – de réduire le tabagisme. Cela retarde le moment de la première cigarette, rationne la consommation, voire motive l'arrêt, et génère des recettes fiscales pour l'État », poursuit Mme Baldé.



Nafissatou Baldé, économiste et coordonnatrice du projet tabac lancé au CRES en 2008.

et vendent les « tiges » à l'unité. Modou tend justement une pièce au marchand du coin, dont le comptoir est ouvert sur la rue, et repart avec une cigarette Excellence, la marque locale, « moins chère que les Marlboro ».

L'achat à l'unité rend ainsi le tabac accessible à toutes les bourses, et facilite la consommation chez les pauvres, les jeunes et les enfants. Et il n'en reste pas moins un piège financier, dans un pays où le salaire mensuel moyen équivaut à 125 \$ par mois. Plusieurs études de l'OMS

qu'aurait-on pu acheter à la place? Quel serait le gain en temps de travail? De plus, au Sénégal, une famille dépend généralement du gagne-pain d'une seule personne: si cette dernière tombe malade, le niveau de vie chute brutalement», explique Nafissatou Baldé, économiste et coordonnatrice du projet tabac lancé au CRES en 2008.

### LE LEVIER DE LA TAXATION

Le consortium, financé par le Centre de recherches pour le développement international (CRDI) du Canada, s'est donné une mission: rendre le tabac moins accessible. Autrement dit, convaincre le gouvernement d'augmenter les taxes. Avec un paquet qui ne coûte qu'environ

Sur papier, cette mesure semble simple à mettre en place. En pratique, toutefois, c'est un parcours du combattant. À preuve, selon l'OMS, seulement 10% de la population mondiale vit dans des pays où les taxes sur le tabac sont considérées comme dissuasives.

« Il existe divers systèmes de taxation: des taxes fixes (identiques pour tous les produits), des taxes correspondant à un pourcentage de la valeur du paquet (qui suivent donc l'inflation), ou une combinaison des deux. Pour être efficace, la taxe doit avoir un effet sur le prix, être simple à appliquer et prendre en compte l'inflation », énumère Nafissatou Baldé. Et surtout, elle doit séduire les décideurs, en leur prouvant que la hausse des prix compensera la baisse des ventes. Mieux encore, en leur montrant que la lutte antitabac peut renflouer les caisses de l'État.

« Pour établir cela, il faut connaître les coûts liés au tabagisme payés par l'État, par les patients, par la société en général », indique le professeur

Abdoulaye Diagne, directeur du CRES et lauréat en 2014 d'un prix de l'OMS pour sa contribution exceptionnelle au contrôle du tabac.

Son équipe vient justement de lancer une enquête pour évaluer les coûts de santé imputables au tabagisme, dans 15 hôpitaux du pays (voir l'encadré à la page 51). « Nous avons besoin de preuves solides, dit-il, car l'industrie du tabac fait valoir que les recettes tirées de la vente et les emplois créés l'emportent de loin sur les coûts liés aux soins de santé. » Interrogée sur ce point, l'entreprise Philip Morris International, qui fournit des produits à plus de 20 pays en Afrique de l'Ouest et en Afrique Centrale, n'a pas souhaité nous répondre.



Jim, grand fumeur  
devant l'éternel...

## Les cigarettiers sont passés maîtres dans l'art de soutenir de nobles causes. Ils misent sur la « responsabilité économique et sociale » pour redorer leur blason.

La rhétorique des industriels a beau être démontée point par point par de nombreuses études scientifiques, elle continue à faire mouche. « Les arguments de l'industrie sont ancrés dans la tête des décideurs : on craint les pertes d'emploi, alors que c'est une industrie très automatisée; on dit que les taxes augmentent le risque de fraude et de contrebande, or c'est une question de criminalité et de mesures douanières », soupire Nafissatou Baldé, ajoutant que l'« industrie a ses entrées dans les ministères ».

### UN COMBAT DÉLOYAL

Car pour conquérir de nouveaux marchés, les quatre géants du tabac (British American Tobacco, Philip Morris International, Imperial Tobacco et Japan Tobacco International) ne lésinent pas sur les moyens. Anna Gilmore a ainsi démontré que les communautés des pays en développement sont exposées à 81 fois plus de messages publicitaires relatifs au tabac que les habitants des pays développés.

Fin 2015, un documentaire britannique révélait en outre que British American Tobacco pratique la corruption à large échelle en Afrique de l'Est, arrosant les politiciens et la société civile de pots-de-vin pour qu'ils s'opposent à

La Convention-cadre de l'OMS pour la lutte antitabac est le premier traité international de santé publique. Elle est entrée en vigueur en 2005; 180 des 193 pays membres des Nations unies l'ont signée, ce qui les oblige à prendre des mesures pour freiner le tabagisme.

l'augmentation des taxes, entre autres. Au Sénégal, Philip Morris finançait jusqu'à récemment des événements sportifs, des soirées dans des bars, distribuait des teeshirts, etc. Et dans plusieurs pays, les jeunes de 13 à 15 ans se font offrir des cigarettes à la pelle par des représentants de l'industrie.

De manière plus subtile, les cigarettiers sont passés maîtres dans l'art de soutenir

de nobles causes. Financement d'équipement médical, soutien à l'éducation des enfants, amélioration de l'accès à l'eau : ils misent sur la « responsabilité économique et sociale » pour redorer leur blason. « Dernièrement, l'industrie a financé un groupe de 1 000 femmes maraîchères dans la région de Dakar », illustre Oumar Ndao.

Mais il y a de l'espoir. « En dépit du lobbying intense et de l'inconduite, qui rendent toute action incroyablement difficile, d'énormes efforts sont faits en Afrique pour renforcer le contrôle du tabac », reconnaît Anna Gilmore.

Avec sa loi (même si elle peine encore à être appliquée), le Sénégal fait figure de modèle sur le continent. Et la ténacité de l'équipe du CRES y est pour beaucoup. En 2014, le consortium a aussi réussi à faire adopter une déclaration contre le tabac aux 15 pays membres de la Communauté économique des États de l'Afrique de l'Ouest (CEDEAO) et



de l'Union économique et monétaire ouest-africaine (UEMOA). L'idée ? Harmoniser – et augmenter ! – les taxes sur le tabac dans toute la région. « Ce n'est pas simple d'impliquer 15 pays ! Surtout quand, à certains endroits, l'accès à Internet est incertain et que la crise d'Ebola nous a empêchés de faire des réunions », raconte Nafissatou Baldé.

« Notre avantage, c'est qu'on peut encore juguler le marché, contrairement aux marchés plus matures comme en Asie », dit-elle.

Mais il y a encore du chemin à faire pour que cette déclaration ne reste pas lettre morte. Dans des pays aux prises avec des taux alarmants de maladies infectieuses, de malnutrition et de situations politiques souvent instables, les maux chroniques causés par le

tabac semblent moins prioritaires aux yeux des décideurs. « Les pays pauvres sont des “court-termistes” », déplore Oumar Ndao.

## ÉVITER LA CATASTROPHE SANITAIRE

Pourtant, le tabagisme est une bombe à retardement. D'ici 2030, selon l'OMS, 80% des décès causés par le tabac auront lieu dans des pays à revenu faible ou intermédiaire.

« Ici, les systèmes de santé ne sont pas équipés pour traiter les maladies chroniques. On considère que, sur 10 personnes qui ont besoin d'une chimiothérapie, seules 3 peuvent l'avoir », explique le professeur Diagne.

Les pauvres sont évidemment les premières victimes. « Au Sénégal, tous les frais sont à la charge du patient, depuis la consultation jusqu'au traitement. Souvent, on passe à côté du diagnostic de cancer parce que le patient ne peut pas payer les examens. Il demande un calmant pour la douleur et on ne le revoit pas », observe le docteur Ulrich Combila, pneumologue au Centre Hospitalier National Universitaire Fann-Dakar.

Dans un rapport de 700 pages paru début 2017, l'OMS estime qu'environ 226 millions de fumeurs vivent dans la pauvreté. C'est avant tout pour les protéger que les mesures fiscales doivent être mises en place, affirme l'organisme, même si certains craignent une forme de double peine. « Les gens qui fument le plus, ce sont déjà ceux qui n'ont pas les moyens. Le degré de dépendance est tel que, quel que soit le prix, ils paieront ! » redoute le docteur Combila, rappelant qu'il faut aussi éduquer la population aux dangers du tabac et aider les accros à écraser.

À la Médina, Modou entre dans une petite construction en parpaings, fermée par un simple rideau, et présente Jim, un vieil ami au sourire édenté. Il est passé 10 h, il n'a pas encore pris son petit déjeuner et allume une énième cigarette. Quand on lui demande depuis quand il fume, il rit. « Depuis toujours ! Mais ça va, il me reste encore un peu de souffle, répond-il. Même si le paquet coûtait 2000 francs CFA [4,35 \$], je l'achèterais ! » Nul doute que l'industrie du tabac a encore de belles années devant elle. <sup>45</sup>

*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.*

# Les statistiques, le nerf de la guerre

À l'heure des « faits alternatifs », les chercheurs ont plus que jamais besoin de preuves, de chiffres, de statistiques sur lesquels s'appuyer. Or ces données font cruellement défaut en Afrique.

« À part en Afrique du Sud, il y a un manque généralisé de données nationales. La plupart des pays ne font pas d'enquêtes régulières auprès de la population, en dehors des écoles et des hôpitaux », explique Catherine Kyobutungi, épidémiologiste et directrice de la recherche au African Population and Health Research Center (APHRC), à Nairobi, au Kenya.

Cet organisme à but non lucratif, qui reçoit le soutien financier du Centre de recherches pour le développement international du Canada, conduit lui-même de nombreuses études sur le continent (notamment en santé et en éducation), et milite pour que les autorités s'appuient sur des preuves scientifiques afin de prendre des décisions.

C'est aussi l'objectif du Consortium pour la recherche économique et sociale (CRES), à Dakar, qui vient de lancer une enquête pour évaluer les coûts de santé liés au tabagisme au sein de 15 hôpitaux sénégalais. « Nous allons recenser les maladies cardiovasculaires et respiratoires, ainsi que les cas de cancer du poumon et du larynx, collecter les données sur le tabagisme des patients, et évaluer les coûts directs (médicaments, consultation, salaires du personnel, examens) et indirects (salaires non obtenus, mortalité précoce) », explique Papa Yona Mané, économiste responsable du projet au CRES.

La tâche est ardue, puisque les hôpitaux ne disposent pas de registres informatisés. La collecte de données se fera donc à la main pendant trois mois, avec l'aide de deux médecins par hôpital, sur des questionnaires papier. Pas le choix, si on veut convaincre le gouvernement que le tabagisme coûte cher. « Le “ventre mou” de la lutte anti-tabac, en Afrique, c'est les statistiques : nous n'avons quasiment pas de chiffres à avancer », déplore Oumar Ndao, du ministère de la Santé et de l'Action sociale du Sénégal.



Papa Yona Mané, économiste au CRES

De fait, même les statistiques officielles, qu'il s'agisse de celles des gouvernements, de la Banque mondiale ou de l'OMS, sont à prendre avec des pincettes. « Il s'agit le plus souvent d'extrapolations faites à partir de données partielles. Par exemple, si on a des chiffres sur le tabagisme au Kenya, l'OMS va proposer des estimations pour la Tanzanie, l'Ouganda, etc. », commente Mme Kyobutungi.

Au-delà de l'amélioration de la gouvernance, l'absence de statistiques est un frein pour évaluer le degré de pauvreté, l'état de santé ou l'accès aux services élémentaires d'une population et atteindre les objectifs internationaux de développement.

# À table, les neurones!

Les suppléments d'oméga-3 préviennent-ils vraiment le déclin cognitif? C'est ce que vérifie **Mélanie Plourde**. Son objectif ambitieux: formuler des recommandations nutritionnelles claires pour les aînés.

**D**ans le domaine de la nutrition, les études sont rarement bonnes; trop souvent mauvaises. Ce n'est pas l'auteur de ces lignes qui le dit, mais bien Mélanie Plourde, titulaire de la Chaire du Centre de recherche médicale de l'Université de Sherbrooke (CRMUS) sur le métabolisme des lipides lors du vieillissement. « Plusieurs chercheurs publient des articles de basse qualité qui sont méthodologiquement biaisés » avec pour résultat une avalanche de données contradictoires dont on ne peut rien tirer, souligne celle qui a obtenu l'International Life Sciences Institute (ILSI) North America Future Award 2017, un prix remis à une jeune chercheuse prometteuse du domaine de la nutrition et des sciences de l'alimentation.

Les recherches sur les oméga-3 n'échappent pas à cette tendance. Ces acides gras, qui ne peuvent pas être fabriqués par l'organisme, et que l'on trouve par exemple dans le poisson gras, ont été parés de toutes les vertus. Ils semblent avoir un effet protecteur contre les affections cardiaques et contre la maladie d'Alzheimer. Mais les études épidémiologiques menées sur le sujet sont difficiles à interpréter. Si certaines démontrent que manger quotidiennement deux portions de poisson gras diminue le risque de déclin cognitif jusqu'à 60%, d'autres n'observent aucun effet. Du tout au rien!

## Prédisposition génétique

Pourquoi? Selon Mélanie Plourde, ces études ne tiennent pas compte d'un variant génétique particulier qui prédispose au déclin cognitif et qui est présent chez 15% à 20% des Canadiens: la forme epsilon4 de l'apolipoprotéine E, ou ApoE4. « Chez les personnes qui ont ce variant génétique, le métabolisme des oméga-3 est dérégulé dans l'ensemble des organes, dont le cerveau. Lors de mon stage postdoctoral, vers la fin des années 2000, nous avons prouvé que cela contribue au développement de démences », explique la chercheuse.

Chez cette population, qui représente environ 3,5 millions de Canadiens âgés de 18 à 65 ans, les acides gras oméga-3 ne sont pas emmagasinés dans les cellules comme ils le devraient (ils sont normalement impliqués dans la transmission d'informations entre les neurones et dans l'expression de certains gènes). À la place, ils sont utilisés comme source énergétique. Cela les rend-il moins efficaces pour prévenir les maladies? Faudrait-il prescrire à ces personnes des



JEAN-FRANÇOIS HAMELIN

doses plus fortes d'oméga-3 pour obtenir le même effet ?

Afin d'en avoir le cœur net, Mélanie Plourde a mis sur pied une étude auprès de 200 personnes âgées de 20 à 80 ans. Le but : écarter de l'équation la variable confondante que représente ApoE4 en la contrôlant, et mieux comprendre les différences de métabolisme d'une personne à l'autre (concentration dans le sang des oméga-3, impact sur la neuro-inflammation, etc.).

« Certaines études ont démontré que les oméga-3 contribuent à réduire l'inflammation du système nerveux et à améliorer l'intégrité de la "barrière" qui protège le cerveau des agresseurs, ce qui contribue à freiner l'apparition de la démence. Nous pensons donc que la diète a un rôle à jouer », affirme celle qui est aussi membre de l'Institut des nutraceutiques et des aliments fonctionnels.

Elle en profitera pour vérifier l'influence de l'âge sur les bénéfices qu'on retire d'une consommation élevée d'oméga-3 (3 g par jour).

La collecte de données s'est conclue en février dernier après un suivi de six mois. À terme, la chercheuse espère émettre des recommandations nutritionnelles claires adaptées aux aînés.

« Par exemple, nous aimerions pouvoir affirmer qu'une supplémentation de X grammes d'oméga-3 par jour diminue le risque de développer la maladie d'Alzheimer de Y pour cent, allongeant ainsi la qualité de vie de Z années », illustre-t-elle. En 2010, une étude de la Société Alzheimer du Canada établissait que le fait de retarder l'apparition de ce trouble cognitif permettait d'allonger de quelques années la période d'autonomie des patients.

## Patrons alimentaires

Pour aller au bout de sa démarche, Mélanie Plourde pourra notamment compter sur la bourse de 40 000 \$ qui accompagne l'ILSI North America Future Award.

Son projet, retenu parmi la quarantaine de candidatures internationales reçues par l'ILSI, permettra aussi d'évaluer l'impact de différents « patrons alimentaires » sur la cognition. « Est-ce que la diète nord-américaine précipite le développement de démences ? Manger des fruits, des légumes et du poisson le prévient-il ? Nous allons pouvoir le déterminer à partir de questionnaires distribués lors de notre étude », dit-elle.

Le parcours sans faute de Mélanie Plourde n'étonne pas Marie-Claude Vohl, titulaire de la Chaire sur la génomique appliquée à la nutrition et à la santé de l'Université Laval, qui a encadré la jeune chercheuse pendant son stage postdoctoral. « Mélanie a la chance de pouvoir coupler une expertise fondamentale avec une solide expérience clinique. Être en mesure de couvrir un tel spectre est une véritable force chez un chercheur », fait-elle valoir.

Une qualité qui pourrait bien modifier le cours de plusieurs vies. Car, si rien ne change, 937 000 Canadiens souffriront d'alzheimer dans 15 ans, prévoit la Société Alzheimer du Canada. **Par Maxime Bilodeau**

# Les questions de Rémi Quirion

SCIENTIFIQUE EN CHEF DU QUÉBEC\*



CHRISTINNE MUSCHI

**R.Q. : Vous affirmez que, en nutrition, il serait difficile de trouver des études rigoureuses. Comment expliquez-vous cela ? Et comment peut-on le changer ?**

M.P. : En fait, il y a plusieurs études rigoureuses en nutrition. Cependant, la nutrition n'est qu'une des nombreuses composantes de nos habitudes de vie qui, elles-mêmes, varient d'un pays à l'autre. Cela complique la reproductibilité dans la façon de mener ces recherches. Les solutions ? Faire en sorte que les études nutritionnelles adoptent un processus standardisé. Je codirige un groupe de recherche international sur ce sujet et nous espérons que nos futures recommandations seront mises en pratique partout dans le monde.

**R.Q. : Qu'est-ce qui vous a menée à la recherche en nutrition ?**

M.P. : Je veux contribuer à faire évoluer la science de la nutrition différemment. Nous sous-estimons grandement le pouvoir de la nutrition dans la prévention ; et la recherche se préoccupe trop de l'aspect curatif. Si on injectait plus d'argent pour établir et mettre en place de véritables stratégies de prévention, on créerait un changement de paradigme dans notre société. Malheureusement, les Instituts de recherche en santé du Canada ne semblent pas adopter cette tendance, car ils octroient très peu de subventions aux chercheurs en nutrition ; et je ne fais plus partie du lot.

**R.Q. : Quelle sera la prochaine étape de votre carrière scientifique ?**

M.P. : La prochaine étape se déroulera en trois temps. Je dois trouver du financement pour soutenir le développement de mon laboratoire. Puis, il me faut établir un lien clair entre la consommation des oméga-3 et la santé du cerveau lors du vieillissement. Enfin, je dois rédiger des recommandations nutritionnelles, fondées sur des profils alimentaires et des suppléments, qui pourraient mieux soutenir le cerveau pendant le vieillissement.

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

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

 [scientifique-en-chef.gouv.qc.ca](http://scientifique-en-chef.gouv.qc.ca)  
 [facebook.com/RQuirion](https://facebook.com/RQuirion)

# CULTURE

ÉMILIE FOLIE-BOIVIN  @efolieb



## VISITER Agriculture cosmique

Il y a un peu de science spatiale dans la soupe aux lentilles ainsi que dans les craquelins au blé que vous mangez à l'heure du lunch. La toute nouvelle exposition **De l'espace à l'assiette** – conçue par le Musée de l'agriculture et de l'alimentation du Canada, en partenariat avec l'Agence spatiale canadienne – établit clairement le lien entre l'infiniment grand et l'appétissant. Ça vous en bouche un coin ?

À l'aide de la vidéo, de l'audio et d'écrans tactiles, on découvre comment le satellite de télédétection canadien **RADARSAT-2** alimente les cultivateurs d'ici en données qui leur permettent de pratiquer une agriculture de précision. Il désigne par exemple les zones d'un champ où des organismes nuisibles menacent les cultures afin de mener des interventions ciblées plutôt que d'arroser tout le champ de pesticides. Il fournit également des données sur la fonte des glaces ainsi que sur l'érosion et l'humidité des sols.

« Cela augmente l'efficacité et la durabilité des grandes fermes, leur permet d'économiser beaucoup de temps, d'argent et de carburant, tout en réduisant le recours aux pesticides », explique Renée-Claude Goulet, agente d'exposition et d'interprétation au Musée de l'agriculture et de l'alimentation du Canada. Les grandes fermes des Prai-

ries bénéficient davantage de ces savantes technologies que les fermes québécoises, puisque ces dernières sont en moyenne beaucoup plus petites (270 hectares comparativement à 1 000 hectares pour les Prairies). Les cultures de canola, de soya et de blé, par exemple, sont celles qui profitent le plus de ces connaissances bien « spatiales ».

Puisqu'elle est itinérante, l'exposition se concentre dans un tout petit espace.

Mais Mme Goulet nous assure qu'elle est servie en bouchées tout à fait digestes pour le commun des mortels.

*Présentée jusqu'au début 2019 au Musée de l'agriculture et de l'alimentation du Canada, à Ottawa. Et en tournée dans tout le Canada jusqu'en 2020.*

## 500 ans de robotique

Le mot « robot » a peut-être fait son apparition pour la première fois en 1920, mais,

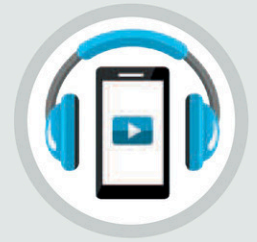
avant même que Jacques Cartier remonte le Saint-Laurent, les premières créatures automatisées « prenaient vie ». Si elles étaient loin de ressembler à Terminator, elles étaient néanmoins destinées à un avenir prometteur, d'après ce que nous apprend le Science Museum de Londres dans son audacieuse exposition **Robots**.

Le musée a réuni sous un même toit une centaine de robots – dont un automate du XVI<sup>e</sup> siècle, des robots aidant les enfants autistes ainsi que l'androïde Kodomoroid, la lectrice de nouvelles incroyablement réaliste. Le site Internet vaut le détour : en plus des photos, ne ratez pas les courtes vidéos (en anglais) sur les pièces maîtresses ainsi que le survol des 500 ans d'automatisation. Les chanceux qui passent par la capitale britannique pendant leurs vacances pourront voir les prototypes en fer et en caoutchouc (réservez votre billet tôt !).

*Au Science Museum de Londres, jusqu'au 3 septembre 2017, ou en ligne à [beta.sciencemuseum.org.uk/robots](http://beta.sciencemuseum.org.uk/robots).*



SCIENCE MUSEUM DE LONDRES



## ÉCOUTER

### Cellules souches sur la touche

Partout dans le monde, des cliniques de recherche sur les cellules souches proposent des traitements expérimentaux prometteurs (et onéreux) à des gens désespérés atteints de maladies incurables. Une fois les traitements terminés, l'état de santé de plusieurs se dégrade et les participants se sentent floués. Tiré du balado *The Documentary*, produit par le BBC World Service, le reportage audio **The Stem Cell Hard Sell**, fouillé, truffé d'entrevues et de témoignages poignants, pose la question : « Comment mieux protéger ces patients vulnérables ? »

À télécharger sur iTunes ou sur le site du BBC World Service (28 minutes, en anglais).



## Balades scientifiques

Il est toujours temps de monter dans le bolide des journalistes scientifiques Marie-Pier Elie (une ancienne de *Québec Science*) et Émilie Martin, dont la passionnante série **Sur les routes de la science** est déjà en partie diffusée. Du Vietnam à la Tasmanie, elles suivent les chercheurs sur le terrain afin de répondre aux questions brûlantes sur les enjeux de demain : « Comment nourrir neuf milliards d'humains ? » « Quel effet a le climat sur les séismes ? » Leur curiosité nous donne une petite heure de télé rafraîchissante, à ne pas rater.

À ICI Explora, jeudi 21 h (en rappel le dimanche, à 21 h). Chacun des épisodes sera en rattrapage gratuit durant sept jours sur ICI Tou.tv.



ICI EXPLORA

Marie-Pier Elie et Émilie Martin



## Tribus branchées

La techno est partout et s'infiltré même dans les coins les plus isolés de la planète. La série **Tribus XXI** part à la rencontre des populations reculées et observe comment elles réussissent à conserver leurs coutumes ancestrales tout en utilisant la science et la technologie modernes.

Dans l'épisode présenté le 2 juin, on visite un berger maasaï du Kenya qui se sert d'une technologie GPS pour étudier les déplacements des lions. Les données recueillies servent à guider l'installation de la population semi-nomade dans des zones sécuritaires, à aider les éleveurs à ne pas traîner trop près des félins avec leur bétail et à protéger le roi des animaux. Voilà un voyage télévisuel dépayant à tout point de vue.

À TV5 MONDE, le vendredi 19 h, dès le 19 mai (en rattrapage sur tv5.ca).

## LIRE

### Leçons de résilience

Épidémies, tsunamis, séismes, attentats, accidents nucléaires : les catastrophes ont de graves conséquences sur le monde, mais aussi sur les sociétés. Au moyen de la science et de la littérature, le physicien et anthropologue Yoann Moreau cherche à expliquer comment l'être humain parvient à redonner du sens à son existence lorsqu'elle devient, elle aussi, une zone sinistrée. Du pire, l'auteur parvient à tirer le meilleur.

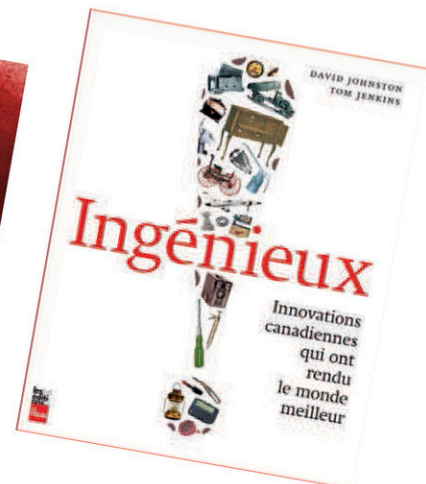
*Vivre avec les catastrophes*, par Yoann Moreau, Presses universitaires de France, 356 pages.



### Les lumières canadiennes

Les Canadiens sont brillants, et pas seulement parce qu'ils ont inventé l'ampoule à incandescence. Les étoiles zombies, la théorie du langage, le vaccin contre la méningite et le modem 56 K ne sont qu'une poignée des inventions et découvertes d'ici qui ont rendu le monde meilleur. *Ingénieux* les met en lumière et offre, en bonus, des trucs pour inspirer la prochaine génération de prodiges.

*Ingénieux : innovations canadiennes qui ont rendu le monde meilleur*, par David Johnston et Tom Jenkins, Les Éditions La Presse, 256 pages.





SERGE BOUCHARD  @Mammouthlaineux

## Notes de terrain

# Le rock'n'roll de l'Univers


**L**e vide. Ce n'est pas demain que nous le comblerons. L'Univers est tellement grand qu'il ne serait pas exagéré de plaindre la solitude des étoiles, de se désoler de leur insignifiance. Tout ce qui arrive à n'importe laquelle de ces sources lumineuses – qu'il s'agisse d'une naine blanche, d'une naine rouge, d'une géante, voire d'une galaxie ou d'un amas de galaxies –, toutes ces explosions, ces implosions, ces impacts, ces collisions intergalactiques, ces rayonnements intenses, ces naissances et ces morts d'étoiles, ces fusions thermonucléaires n'ont jamais eu une grande importance dans la réalité cosmique et ne risquent pas d'en avoir. Tout est trop grand, trop distant, trop espacé. Les étoiles sont des foyers perdus, de petits points chauds dérisoires, des microfornaises qui ne parviennent même pas à chauffer adéquatement leur système planétaire. Elles sont comme des tisons qui s'envolent dans le ciel noir de la nuit. Un feu à ciel ouvert, en hiver; un feu de bois qui tenterait de réchauffer la forêt glaciale. Et si le Soleil explosait demain matin, sa disparition soudaine ne ferait ni chaud ni froid à la Voie lactée. Puisqu'il y a des milliards de galaxies, nous pourrions dire la même chose à propos de la nôtre : un trou noir l'avalerait sur l'heure que l'Univers ne s'en porterait pas plus mal.

Dans le vide, il fait  $-273,15^{\circ}\text{C}$ , la température moyenne d'un Univers qui n'a jamais cessé de se refroidir depuis 15 milliards d'années. Toutes ces étoiles, tous ces soleils, tous ces enfers nucléaires s'enflamment en vain; la chaleur de chacun de ces monstres se perd vite dans son voisinage immédiat. L'intervalle est tellement froid, il a un cœur de glace. Pour résumer l'affaire, disons que l'Univers est le musée du vide, un vaste musée à l'intérieur duquel flottent des milliards et des milliards de débris. Certains brillent, brûlent, atteignent localement des chaleurs inimaginables. Mais la plupart ne s'illuminent pas, gelés dans l'obscurité, plus noirs que le noir qui les entoure, voyageant dans le

vide en mémoire de rien. On raconte même que l'Univers se meurt de vieillesse. Ses milliards d'années furent autant de distance, et autant de distance ne peut qu'agrandir le vide, un vide que même la lumière peine à franchir. Alors, cet univers incommensurable, dont on dit qu'il est en expansion, serait plutôt en perdition. En son intérieur, tout s'éloigne de tout à une vitesse vertigineuse. Elle viendra cette nuit où les étoiles seront tellement éloignées les unes des autres qu'il ne leur sera plus possible de seulement s'entrevoir. Alors, mes amis, il fera vraiment noir. Et ce, malgré l'existence de 2 000 milliards de galaxies, chacune composée de 1 000 milliards d'étoiles



La sonde *Voyager 1* connaît le froid de l'intervalle; elle en expérimente à chaque instant la vastitude, elle qui file à plus de 61 500 km/h dans le noir absolu depuis maintenant 40 ans. Elle atteindra une étoile proche dans 40 000 ans. La sonde transporte, rivé à sa structure, un disque de cuivre sur lequel on a enregistré des messages symboliques, des échantillons de cultures et d'activités humaines. Parmi ces échantillons, qui sont des cris lancés dans le vide, comme une bouteille à la mer interstellaire, on trouve une version de la chanson *Johnny B. Goode* de Chuck Berry, un chef-d'œuvre du rock'n'roll, l'une des 27 sélections musicales de ce qu'on pourrait


appeler l'émission de radio absolue. Dans tout ce froid, au plus profond de cette nuit, dans le creux de cette noirceur et dans le cœur de ce silence, l'âme de Chuck Berry voyage. Car oui, le grand rockeur est mort récemment, à un âge très vénérable. Il a finalement déposé sa guitare. Mais, selon toutes les apparences, il chantera encore dans le cosmos. Et nous pourrions, dans un futur aussi lointain que le pourtour de l'infini, entendre sur Terre, en provenance de l'espace, son *Johnny B. Goode* en écho, sans que plus personne ne se rappelle cette voix ni cette chanson. On découvrira alors deux vérités fort mystérieuses : 1) si nous allions aux confins de l'Univers, nous y retrouverions la trace de nos propres pas; 2) les messages des extraterrestres sont signés de notre propre main. Cela s'appelle la solitude sidérale. 

Du 5 au 11 août

Le **Grand Tour** 2017  
Desjardins

## Le scénario de vos vacances!

Imaginez une semaine de vacances à vélo, du Saint-Laurent aux Appalaches, entre Montmagny, Saint-Damien-de-Buckland et Saint-Georges. Être actif, respirer, profiter du moment présent. Le scénario de vos vacances!

en partenariat avec 



Photos : Magalie Dagenais, François Pointier.

- > Prix avantageux d'ici le 19 juin
- > Promotion En gang, on y gagne



**RÉSERVEZ**  
[veloquebecvoyages.com](http://veloquebecvoyages.com)  
514 521-8356 > 1 800 567-8356, poste 506

  
**Vélo Québec**  
VOYAGES  
Titulaire d'un permis du Québec

# LE DEVOIR MOBILE, MAINTENANT DANS VOS PANTALONS.

D

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



# RÉTROVISEUR

L'HISTOIRE DES SCIENCES VUE PAR SATURNOME

Au XIX<sup>e</sup> siècle en Europe, la mode était au vert.

Malgré ce que les photos peuvent laisser croire.

Tout cela grâce à deux nouveaux pigments qui étaient plus brillants que les précédents:

Salut Wilhelm!  
Hé Wilhelm!  
Yo Wilhelm!

Le vert de Scheele, de Carl Wilhelm Scheele (1775)

Le vert de Paris, de Wilhelm Sattler et Friedrich Wilhelm Russ (1814)

Ces deux verts étaient populaires pour les robes, les jouets et particulièrement les papiers peints.

Quel était leur secret, à ces couleurs?

Hm.

Hmm.

oh!

Elles sont faites avec de l'arsénite de cuivre!

C'est hautement toxique, ça!

Mais voilà le pire: les gens savaient que ces verts étaient toxiques!

C'est le XIX<sup>e</sup> siècle.

Tout est potentiellement toxique.

Enfin, presque tout le monde savait. En 1860, un chef cuisinier anglais a coloré son blanc-manger avec du vert de Paris.

Mon chef-d'œuvre! On ne rira plus du chef Rick Ardo!

Ça sent un peu bizarre, par contre.

Malgré tout, le consensus semblait être que, tant que personne ne léchait les murs, ça allait.

Slurp.

Miam.

Sauf que, bien sûr, avec le temps, l'arsénite contenu dans le papier peint s'échappait et l'air devenait toxique!

Bizarre.

Dès 1815, le chimiste Leopold Gmelin recommandait l'interdiction du vert de Scheele, mais il était de toute évidence trop en avance sur son époque.

Tss!

D'autres voix s'élevèrent avec les décennies, mais ce n'est qu'à la fin du siècle que le produit fut remplacé, entre autres, par le vert de cobalt, bien moins nocif.

Mais, peut être, subsiste-t-il encore dans le salon de votre grand-mère.

C'est pour une seule utilisation, déjà courante à l'époque, que ces verts ont persisté jusqu'au milieu du XX<sup>e</sup> siècle: Ce sont de formidables insecticides.

Quel beau vert! Je suis un peu jaloux.

Saturnome

# L'ACTUALITÉ SCIENTIFIQUE À LA PORTÉE DE TOUS



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

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

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

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

Économisez jusqu'à 48 % sur le prix en kiosque



# INNOVER POUR LA SANTÉ DES CANADIENS



## NANOTRANSPORTEURS À L'ASSAUT DES TUMEURS

Comment faire pour amener un médicament jusqu'aux cellules tumorales, et à elles uniquement, pour ne pas endommager les cellules saines ? Pour répondre à ce défi, le Pr Sylvain Martel développe une stratégie originale qui consiste à faire transporter le médicament par des robots miniatures circulant dans les voies sanguines. Tels des vaisseaux de guerre miniatures, ces nanorobots pilotés par champs magnétiques se rendent jusqu'à la tumeur où ils vont larguer leur chargement.



## DÉTECTION PRÉCOCE DES INSUFFISANCES CARDIAQUES

Les traitements du cancer par chimiothérapie peuvent abîmer les tissus cardiaques. Afin d'éviter de futures insuffisances cardiaques aux enfants atteints de leucémie, la Pr<sup>e</sup> Delphine Périé-Curnier développe des outils pour détecter les modifications du tissu cardiaque à un stade précoce. Ces outils pourront également être utilisés pour tester de nouvelles méthodes de prévention.



## PUISSANTS OUTILS DE DÉTECTION POUR INTERVENTIONS CHIRURGICALES PLUS FIALES

Le Pr Frédéric Leblond développe des outils qui permettent aux chirurgiens et aux radio-oncologues de discerner avec une grande précision les cellules cancéreuses des cellules saines lors de leurs interventions. Ainsi, le risque opératoire est moins élevé et les diagnostics sont plus fiables. Un de ces outils, une puissante sonde peropératoire, est capable de détecter en temps réel des cellules du cancer du cerveau durant l'opération chirurgicale.



**POLYTECHNIQUE  
MONTRÉAL**

LE GÉNIE  
EN PREMIÈRE CLASSE

Pour en savoir plus sur les projets de nos chercheurs  
[polymtl.ca/innovatio](http://polymtl.ca/innovatio)