



# NOUS INNOVONS POUR LE MIEUX-ÊTRE EN SOCIÉTÉ

De gauche à droite :

**ALEXANDRE  
CAMPEAU-LECOURS**

Professeur à la Faculté des sciences  
et de génie

**PAULE HALLEY**

Professeure à la Faculté de droit

**CATHERINE BÉGIN**

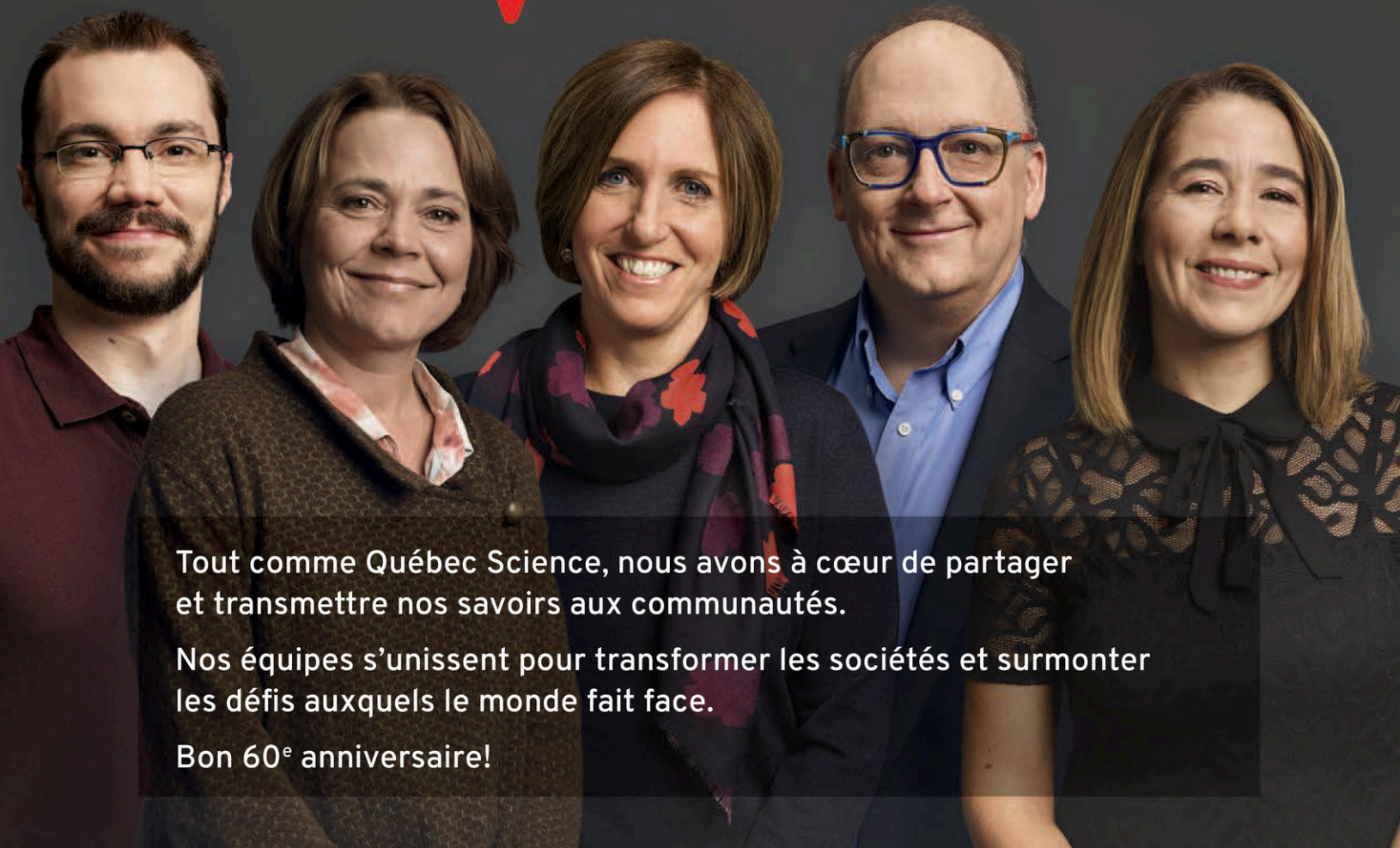
Professeure à la Faculté  
des sciences sociales

**FRANÇOIS BERNARD MALO**

Professeur à la Faculté  
des sciences sociales

**MARIE-PIERRE GAGNON**

Professeure à la Faculté  
des sciences infirmières



Tout comme Québec Science, nous avons à cœur de partager  
et transmettre nos savoirs aux communautés.

Nos équipes s'unissent pour transformer les sociétés et surmonter  
les défis auxquels le monde fait face.

Bon 60<sup>e</sup> anniversaire!

# SOMMAIRE

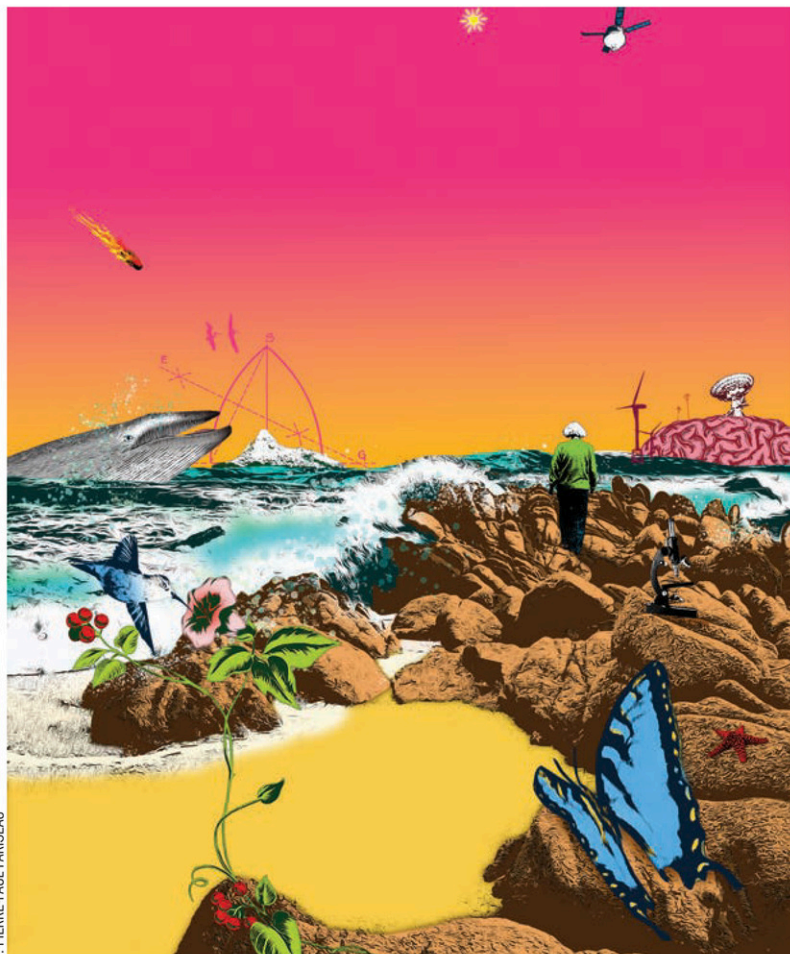


ILLUSTRATION DE LA COUVERTURE : PIERRE-PAUL PARISEAU

## EN COUVERTURE

### 19 60 ans à raconter la science

Pour souligner les 60 ans de *Québec Science*, notre équipe a plongé dans les archives pour en tirer des moments marquants, des bijoux et autres faits cocasses.

## REPORTAGES

### 35 Dans les dédales de la honte

La honte est une émotion universelle et puissante. Apprenons à la connaître pour la désamorcer.

### 44 L'art de la mesure

Si le monde tourne à peu près rond, c'est parce que l'humanité mesure tout ce qui est mesurable avec les mêmes unités.



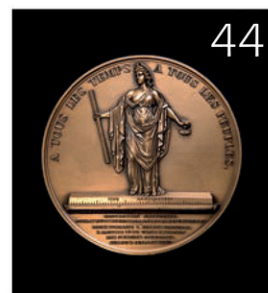
6



11



35



44

## SUR LE VIF

### 6 LE CABINET DES CURIOSITÉS

Dans les sols et montagnes du Québec, des pierres fines se cachent.

### 8 VERS DES GINS ENCORE PLUS QUÉBÉCOIS

La recherche se mobilise pour que voie le jour une culture locale des baies de genièvre.

### 10 L'ÉQUILIBRE DE LA VIE MARINE BRISÉ

La surpêche a ébranlé une loi fondamentale : le spectre de Sheldon.

### 11 DU FROID POLAIRE AU CHAUFFE-EAU SOLAIRE

Pour réduire la demande en électricité l'hiver, une équipe se penche sur le chauffage de l'eau.

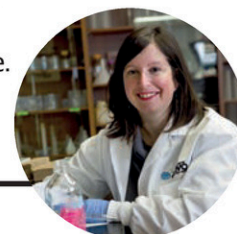
### 14 MEDICAGO: PETITE POUSSE DEVENUE GRANDE

Entrevue avec la directrice principale des affaires scientifiques et médicales de Medicago, Nathalie Charland.

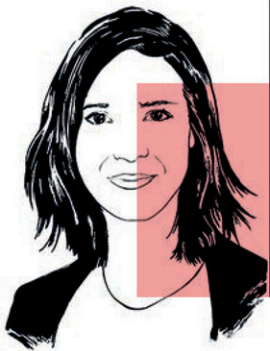
## CHERCHEUSE EN VEDETTE

### 54 LA DÉPRESSION, CE N'EST PAS QU'ENTRE LES DEUX OREILLES

Caroline Ménard s'évertue à mieux comprendre la réponse au stress chronique.



4 **Éditorial** Par Mélissa Guillemette | 5 **Babillard** | 9 **En image** Par Marine Corniou | 11 **Technopop** Par Chloé Freslon | 12 **Polémique** Par Jean-François Cliche | 56 **Culture** Par Émilie Folie-Boivin  
61 **Anthropocène** Par Jean-Patrick Toussaint | 62 **Rétroviseur** Par Saturnome



MÉLISSA GUILLEMETTE  @mguillemett

Éditorial

# Si la vie vous intéresse

Toute personne qui a travaillé pour *Québec Science* vous le dira : la simple mention du magazine peut susciter une émotion vive chez un interlocuteur.

**S**cénario classique : notre journaliste se présente avant de commencer une entrevue ou notre directrice artistique mentionne son occupation dans une soirée entre voisins. Aussitôt, le visage dudit interlocuteur s'illumine, ses yeux et son sourire s'agrandissent. Puis il s'exclame « J'ai commencé à militer quand j'ai lu un reportage de *Québec Science* sur les pluies acides dans les années 1980! », « Je ne serais pas biologiste sans *Québec Science!* », « J'ADORE les trous noirs! » ou encore « Mon père était abonné à *Québec Science* et je l'ai lu religieusement toute ma jeunesse! Tant de beaux souvenirs! » (Gâtez-vous et abonnez-vous à votre tour, que je réponde aux derniers!)

Pourquoi tant d'émotions pour des articles traitant de chimie, de médecine, de psychologie, d'astronomie, de mathématiques, d'anthropologie, de technologies? Parce que tout ça, c'est la vie!

Cela fait 60 ans que *Québec Science* anime des regards, bouleverse des convictions et allume les esprits. Au fil des décennies, le magazine y est parvenu aussi bien en abordant des avancées scientifiques qu'en éclairant les grandes questions d'actualité à la lumière de la recherche. Ses 60 volumes font le récit de quêtes collectives et individuelles – parfois réussies, parfois ratées – pour un environnement plus sain, pour un tableau plus clair, pour un changement de paradigme. Ils parlent de l'origine même de l'Univers, du temps qui nous file entre les doigts, de ce qui grouille dans les océans et forêts, de l'air que nous respirons, des étoiles que nous admirons, de l'énergie qui propulse nos voitures, de notre assiette, du cancer de nos proches, de la famille, de la sexualité et de notre identité.

À fouiller les archives, l'équipe de *Québec Science* aussi a été émue. La variété des sujets couverts en profondeur est impressionnante, tandis que l'enfilade de grands noms du journalisme scientifique et de plumes talentueuses au fil des pages force l'admiration (de Fernand Seguin à Marie-Pier Elie en passant par Serge Bouchard, Yanick Villedieu et Bouchra Ouatik). Côté graphique, il faut avouer que la modernité des pages frontispices des années 1970 est particulièrement saisissante – comme l'est l'originalité de celles des années 1980 d'ailleurs.

Nous avons ri devant des prédictions qui se sont avérées totalement erronées, comme celle-ci : « Les vols humains vers Mars devraient s'effectuer au cours des années 1980 et l'on parle même de 1979. » Nous avons aussi été fâchées devant le sexisme ouvert qui prévalait en science il n'y a pas si longtemps encore (voir le segment sur la place des femmes dans les laboratoires en page 21 de ce numéro). Le courrier des lecteurs, qui s'étendait sur plusieurs pages à une certaine époque, révèle à quel point la publication a toujours intéressé à la fois les érudits et les néophytes, ce qui nous réjouit.

Depuis le début de la pandémie, les webinaires ou autres conférences signalant l'importance de la science et de la culture scientifique se sont multipliés. Des experts y affirment qu'expliquer les résultats de la recherche ne suffit pas : il faut aussi faire connaître la démarche et contextualiser les débats. Les coulisses de la science représentent justement notre pain et notre beurre. Les équipes successives du magazine sont allées sur le terrain, d'un bout à l'autre du Québec (et de la planète!), pour raconter des

histoires marquantes. C'est la force du format magazine, construit dans la durée et pour durer.

Ces événements, auxquels nous participons souvent, sont sources de motivation pour nous : en plus de confirmer ce que *Québec Science* martèle depuis 60 ans, ils soulignent combien notre travail est important. Mon souhait est de voir ce discours se traduire en de nouvelles actions pour soutenir les organisations comme la nôtre qui répondent à un besoin toujours plus évident de compréhension de notre monde. Beaucoup pensent que nous sommes une armée à *Québec Science*, mais nous sommes en réalité une minuscule équipe qui se dévoue corps et âme pour accomplir cette mission.

Si l'heure est à la science, elle est aussi à la célébration. Pour moi, recevoir un nouveau magazine, c'est toujours une fête. Mes enfants vous diront la même chose avec *Les Explorateurs* (de nos amis *Les Débrouillards*, qui fêtent leurs 40 ans en même temps que nous célébrons nos 60 ans, sorte de cumul de 100 ans de journalisme scientifique!). Je souhaite donc à *Québec Science* encore une tonne de numéros fouillés et de sourires au sortir de la boîte aux lettres ou de la messagerie.

Longue vie à *Québec Science* et à l'émerveillement et l'engagement qu'il suscite!

\*\*\*

Au nom de toute l'équipe, je remercie Marie Lambert-Chan, qui était rédactrice en chef depuis l'été 2016. Elle a non seulement écrit des éditoriaux percutants, mais a aussi soulevé des montagnes ces dernières années pour faire briller le magazine. Merci, Marie! ●

MARS 2022  
VOLUME 60, NUMÉRO 6

**Rédactrice en chef**  
Mélicha Guillemette

**Journaliste**  
Marine Corniou

**Journaliste Web et médias sociaux**  
Annie Labrecque

**Collaborateurs**  
Maxime Bilodeau, Chloé Bourquin,  
Jean-François Cliche, Émilie Folie-Boivin,  
Chloé Freslon, Sophie Grenier-Héroux,  
Rachel Husserr, Saturnome, Jean-  
Patrick Toussaint

**Correctrice-révisure** Sophie Cazanave

**Directrice artistique** Natacha Vincent

**Photographes/illustrateurs/graphiste**  
Françoise Abbate, Louise Bilodeau, Nicole  
Aline Legault, Christine Muschi, Pierre-  
Paul Pariseau, Sébastien Thibault, Vigg

**Éditeur** Jean-François Rheault

**Vice-présidente marketing,  
communications et partenariats**  
Marie-Hélène Juneau

**Comptabilité** Mimi Bensaïd

**Chargée de projets, communications  
marketing** Maryvonne Charpentier

**Conseillère, relations de presse  
et marketing** Stéphanie Couillard

**SERVICE AUX ABONNÉS :**

514 521-8356, poste 504, ou  
1 800 567-8356, poste 504  
serviceclient@velo.qc.ca

**PUBLICITÉ :**

**Claudine Mailloux**  
514 909-4601 cmailloux@velo.qc.ca

**Impression** Solisco

**Distribution** Messageries Dynamiques

Parution : 24 février 2022 (576<sup>e</sup> numéro)

**Abonnement** Canada, 1 an : 41 \$ + taxes  
États-Unis, 1 an : 84 \$  
Outre-mer, 1 an : 126 \$  
*Québec Science* est publié  
par Vélo Québec Éditions

Dépôt légal : Bibliothèque nationale du Québec,  
Bibliothèque nationale du Canada :  
ISSN-0021-6127  
Envoi Poste-Publications Convention  
n° 40065387.

© Copyright 2021 - *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 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.



**Québec**

# Babillard

## NOTRE COUVERTURE

Pour notre couverture portant sur les 60 ans de *Québec Science*, j'ai fait appel à Pierre-Paul Pariseau. Cet illustrateur est reconnu internationalement pour sa touche singulière et colorée. Ses œuvres sont teintées de surréalisme et s'inspirent du mouvement pop art. Ce dernier courant a pris son essor dans les années 1960, comme notre revue. Notre collaborateur avait donc le style parfait pour traverser les âges!

Sa mission artistique était de produire un paysage dans lequel la faune, la flore, l'espace et différents symboles associés à la science ajouteraient du relief. Sous un ciel ardent, le résultat est tout simplement magnifique!

Sa seconde illustration, qui introduit le dossier sur nos 60 ans, en page 19, est la suite harmonieuse de sa proposition. Bon voyage à travers le temps, mais aussi à travers ces deux paysages, chers lecteurs, et bon anniversaire, *Québec Science*!

— **Natacha Vincent**,  
directrice artistique



## CE QUE NOUS AVONS LU OU ENTENDU AU COURS DE CE NUMÉRO

À quoi bon toujours améliorer notre façon de mesurer les choses? Un argument convaincant est venu de Patrizia Tavella, physicienne au Bureau international des poids et mesures, sous la forme d'un exemple, celui de la détection des ondes gravitationnelles en 2015. Imaginez un peu la précision requise : sur les détecteurs LIGO, qui font quatre kilomètres de long, le passage d'une onde gravitationnelle représente une compression ou un étirement d'environ un millionième de milliardième de millimètre, soit 1 000 fois moins que la taille d'un proton!

— **Marine Corniou**, journaliste

Pour le Cabinet des curiosités, j'ai rencontré un couple de Québec passionné de minéraux : Lise Lepage et Denis Villeneuve. Ils accumulent tellement de belles pièces chez eux que certaines finissent par atterrir dans des bacs à fleurs en bordure de leur maison, qu'ils ont renommés « bacs à roches »! Pourquoi pas?

— **Mélicha Guillemette**, rédactrice en chef

## À LIRE SUR NOTRE SITE WEB

### Les hivers plus doux favorisent la survie des tiques porteuses de la maladie de Lyme

L'hiver venu, les tiques ne vont malheureusement pas se cacher pour mourir.

### Retrouver son odorat après la COVID-19 : possible?

Des chercheurs tentent d'aider celles et ceux chez qui ce sens n'est pas encore revenu.

Rendez-vous au  
[www.quebecscience.qc.ca/babillard](http://www.quebecscience.qc.ca/babillard)

### Abonnez-vous

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

514 521-8356, poste 504  
1 800 567-8356, poste 504

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

### Écrivez-nous

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

Magazine *Québec Science*  
1251, rue Rachel Est  
Montréal (QC) H2J 2J9

### Suivez-nous

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



# LE QUÉBEC SEMI-PRÉCIEUX

Dans les sols et montagnes du Québec, de magnifiques pierres fines se cachent. S'ils finissent rarement montés sur une bague, ces minéraux ne sont pas moins l'objet de convoitise.

Par Mélissa Guillemette

Quand Jacques Cartier est passé devant les falaises de ce qui a plus tard été appelé Québec, il a cru apercevoir des diamants, d'où le nom donné au cap sur lequel s'élève la citadelle de la ville. Les reflets scintillants étaient finalement... ceux du quartz. C'est d'ailleurs de cette anecdote que vient l'expression *Faux comme un diamant du Canada*!

Le territoire québécois abrite néanmoins une multitude de pierres précieuses et semi-précieuses, qu'on appelle aujourd'hui pierres gemmes. Il y a même des diamants — et pas faux du tout ! Une seule mine est en activité présentement, la mine Renard dans les monts Otish, à 350 km au nord de Chibougamau. D'autres diamants ont aussi été découverts lors de travaux d'exploration dans les monts Torngat (baie d'Ungava), dans le secteur de Wemindji (baie James) et dans le Témiscamingue. Le diamant compte parmi les quatre pierres dites précieuses, avec le saphir, le rubis et l'émeraude.

Côté semi-précieux, «une mine d'agate et deux mines de quartz sont exploitées de façon artisanale et seulement durant une période bien définie de l'année», indique un porte-parole du ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles du Québec. Il s'agit de la Mine d'agates du mont Lyall, en Gaspésie, et des mines de quartz Cristal du lac, au Lac-Saint-Jean, et Mine Cristal, en Estrie, qui offrent des excursions ou leurs

produits en boutique. Mais de l'Outaouais à la Côte-Nord, bien plus de pierres ont été trouvées par des prospecteurs, des collectionneurs ou des fonctionnaires : aigue-marine, tourmaline, jade néphrite, apatite, pyrope, labradorite, microline, scapolite, gaspéite...

Mais d'abord que veulent dire ces termes *précieux* et *semi-précieux* sur le plan scientifique ? Rien du tout ! Ce sont avant tout des classifications pour l'industrie des pierres ornementales. Le cas du saphir est particulièrement éloquent. «Le vrai nom du saphir, c'est le corindon, un oxyde d'aluminium, explique Olivier Rabeau, conservateur du Musée de géologie René-Bureau de l'Université Laval. C'est le minéral le plus dur après le diamant. Dans sa version translucide et bleue, c'est le saphir. Dans sa version translucide et rouge, c'est le rubis. Et dans sa version brune et opaque, ça donne du papier sablé !» Du corindon bleu a été découvert au Québec, mais il n'était pas suffisamment translucide et beau pour susciter un intérêt, dit le géologue.

Pour tailler de la pierre, la dureté est importante. La présence de plans de clivage dans le minéral est quant à elle nuisible. Ce sont des angles dans la pierre qui sont en quelque sorte prêts à casser. Olivier Rabeau en a un exemple à portée de main — son bureau a tout d'une galerie. «Ici, c'est de la fluorite. On voit des plans déjà dessinés dans la pierre. Si je la frappe, ça va probablement casser à ces endroits. Pour les tailleurs, cela ajoute un défi supplémentaire. Ils polissent la pierre avec une machine spéciale ; si le plan de clivage saute, ils perdent toute la face !»

Côté minéral joli, le mont Saint-Hilaire est une Mecque. Il recèle plus de 400 minéraux. «Les collectionneurs japonais connaissent le mont Saint-Hilaire !» assure M. Rabeau.

Les collectionneurs d'ici aussi, comme en font foi les morceaux de sérandite et d'analcime recueillis dans ce lieu par Lise Lepage et Denis Villeneuve, un couple de Québec qui se passionne pour les minéraux depuis 20 ans. Mais pour eux, tailler les cristaux revient à les gaspiller. Ils préfèrent les exposer dans leur salon et leur sous-sol dans des présentoirs soignés.

Ils ont trouvé eux-mêmes la plupart des éléments de leur collection. Leurs trouvailles locales préférées ? M. Villeneuve sort deux pièces de vésuvianite vert pomme ramassées à la mine Jeffrey, en Estrie, à une époque où elle était encore accessible. M<sup>me</sup> Lepage attire plutôt notre attention sur des grenats vert émeraude originaires de la mine de Black Lake, dans la région de Chaudière-Appalaches, puis une pièce de pyrite étincelante, cueillie dans le fleuve, à Québec. «À marée basse, on fouille !» mentionne-t-elle.

L'homme et la femme montrent une roche de la grosseur d'un boulet de canon récoltée à la mine Lyall. «Là-bas, vous ramassez [les boules] comme des pommes tombées à terre, dit Denis Villeneuve. Les petites, la plupart du temps, il n'y a rien dedans. Mais celle-là, c'en est une grosse.» De retour à la maison, ils l'ont coupée en deux pour y trouver une magnifique agate mauve. Pour eux, ce souvenir est un trésor. ●



De la de  
pyrite trouvée  
à marée basse  
dans le fleuve  
Saint-Laurent



Olivier Rabeau  
présente des  
morceaux de quartz du  
Cap-Diamant. Ils font  
partie de la collection  
du Musée de géologie  
René-Bureau de  
l'Université Laval.



Grâce à un don de Jean  
Beaudin, la collection  
du Musée comprend  
également cette  
serandite, l'espèce la  
plus convoitée du mont  
Saint-Hilaire.



Un cristal de cubanite  
tiré de la mine Hender-  
son 2 de Chibougamau.  
Il fait aussi partie de la  
collection du Musée.



Une roche coupée en  
deux qui a révélé une  
agate à Denis Villeneuve  
et Lise Lepage.

# Vers des gins québécois encore plus québécois

Devant la multiplication des gins d'ici et leur popularité grandissante, la recherche se mobilise pour que voie le jour une culture locale des baies de genièvre. Par Rachel Husherr



**L** en 2021, sur 167 gins québécois vendus à la Société des alcools du Québec, 29 seulement portaient la mention Origine Québec, qui certifie que les produits sont faits d'ingrédients exclusivement locaux. Cette contradiction, Maxim Tardif l'avait déjà relevée en 2011, à l'arrivée du premier gin local sur les tablettes. Ce codirecteur de l'innovation et du transfert de technologie pour les produits forestiers non ligneux chez Biopterre, un centre de recherche affilié au Cégep de La Pocatière et à l'Institut de technologie agroalimentaire du Québec, compte bien corriger la situation.

« À l'époque, j'avais remarqué que la baie de genièvre utilisée dans ce gin était importée des Balkans alors qu'elle pousse au Québec à l'état sauvage. Pour un produit qui se vantait d'employer des aromates du terroir québécois, c'était un non-sens », raconte cet adepte de la consommation locale. Essentielles à la fabrication d'un

gin, 90 % des baies de genièvre dont se servent les distilleries d'ici sont importées d'Europe. Et pour cause : aucun producteur du fruit aromatique n'existe actuellement en Amérique du Nord.

Il y a bien 10 % de ces baies qui sont cueillies dans la nature. Mais cela ne représente pas une solution pour l'ensemble des distilleries du Québec, pense Maxim Tardif. Le genévrier pousse dans des milieux hostiles, où peu de plantes parviennent à s'établir, notamment à flanc de falaise sur les bords du fleuve Saint-Laurent.

« En huit heures de cueillette, vous récolterez peut-être un litre de baies, ce qui n'est pas efficace si vous en avez besoin de plus d'une tonne », plaide de son côté Joël Pelletier, cofondateur de la Distillerie du St. Laurent, à Rimouski. De plus, ces milieux sont sensibles au piétinement et difficiles d'accès, même si « les entreprises qui effectuent les récoltes ont généralement une éthique de cueillette très stricte », souligne Sam

Chaib, coordonnateur de l'Association pour la commercialisation des produits forestiers non ligneux (ACPFNL).

De ces constats a germé l'idée d'une culture du genévrier adaptée au sol québécois. Le projet est lancé en 2017 par Biopterre en collaboration avec plusieurs acteurs de la région du Bas-Saint-Laurent. Deux objectifs sont initialement au menu. D'abord, mettre au point un protocole de multiplication du genévrier à partir des espèces indigènes : *Juniperus communis* et *Juniperus horizontalis*, les plus répandues dans le Bas-Saint-Laurent. Ensuite, tester la qualité aromatique des baies sauvages et comparer le résultat avec les produits élaborés à partir des baies importées.

Franchies avec succès, ces deux étapes ont permis au projet de passer à la vitesse supérieure en 2019. Huit producteurs agricoles du Bas-Saint-Laurent ont été sélectionnés pour accueillir des plants de genévriers en pleine terre. Et comme les données scientifiques sont maigres concernant la culture de ce conifère utilisé surtout comme plante ornementale, l'équipe de Biopterre a préféré explorer plusieurs options. Par exemple, « même si la littérature indique que le genévrier en Europe aime moins les sols argileux, on a quand même testé la plantation dans ce type de sol », mentionne Béatrice Perron, professionnelle de recherche dans l'équipe.

## RÉCOLTER DANS 10 ANS

Se lancer dans une telle aventure en partant de zéro n'est pas sans risque. Le genévrier, dont la croissance est lente, ne serait mature qu'à partir de cinq à sept ans. Ensuite, les cônes (qu'on appelle baies à tort) mûrissent sur l'arbre pendant trois ans. « On a de 7 à 10 ans de travail avant d'arriver à une production digne de ce nom », prévient Maxim Tardif. Le

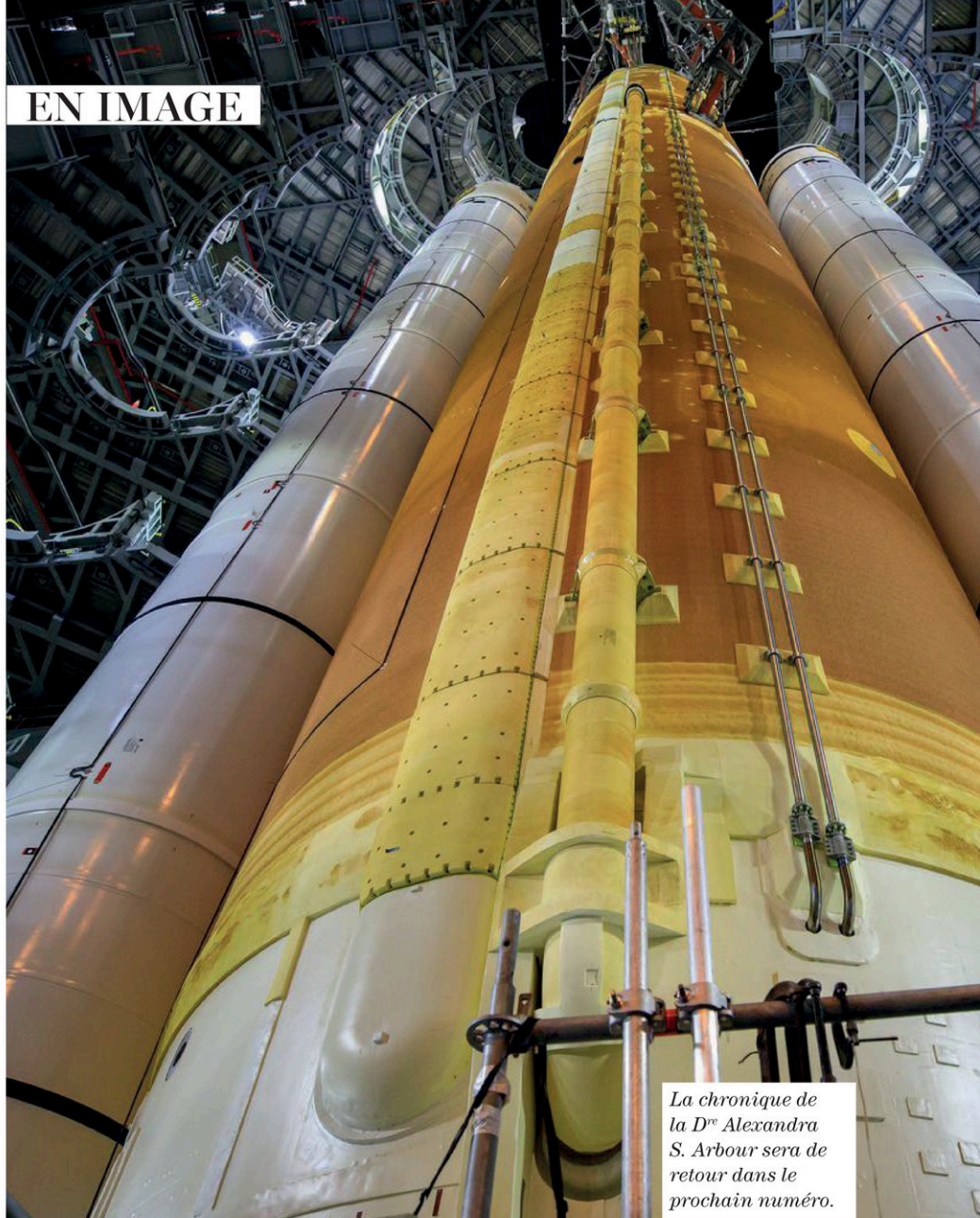
rendement en champs sera donc décisif pour la viabilité du projet à long terme.

De nombreux facteurs pèsent dans la balance. « Avec les quatre années de sécheresse consécutives qu'a connues la région, l'irrigation est essentielle pour l'enracinement des jeunes plants, mais difficile dans les sols légers et bien drainés que les genévriers préfèrent », expose Béatrice Perron.

Pour Sam Chaib, de l'ACPFNL, adapter une plante sauvage à une culture agricole en champs est un défi en soi. « Les principes actifs de la plante, qui lui donnent son goût, sont souvent plus importants en milieu hostile, car la plante est stressée. Est-ce qu'une fois domestiquée la plante deviendra fainéante et perdra certaines de ses qualités ? » La question reste ouverte.

Si le projet de Biopterre est un succès dans quelques années, l'ACPFNL veut être prête à soutenir les producteurs motivés à entreprendre cette culture. L'Association travaille actuellement sur un plan stratégique à l'échelle de la province afin d'étudier la viabilité d'une telle culture et de favoriser le transfert des connaissances. Et quand on lui demande si ce n'est pas trop tôt pour entamer une telle démarche, le coordonnateur répond que « le meilleur moment pour planter un arbre, c'était hier ».

Les baies sauvages demeurent un incontournable pour les microdistilleries qui proposent des produits fins, comme c'est le cas de la Distillerie des Marigots, en Gaspésie. Pour son fondateur, Joseph Boulanger, il est hors de question de s'approvisionner outre-mer. « Douze des 14 aromates que j'utilise viennent du terroir gaspésien, les autres du reste du Québec », signale-t-il avec fierté. Si les baies sauvages de Gaspésie venaient à manquer, se fournir dans le Bas-Saint-Laurent serait une option intéressante pour ce passionné qui caresse aussi l'idée d'implanter la culture du genévrier en Gaspésie. ●



*La chronique de la D<sup>re</sup> Alexandra S. Arbour sera de retour dans le prochain numéro.*

## Objectif Lune

C'est la fusée la plus puissante du monde : le SLS, pour Space Launch System, devrait être testé au printemps (à moins d'un nouveau report) pour un vol inhabité en direction de la Lune, dans le cadre de la phase 1 du programme Artemis de la NASA.

Conçu pour expédier dans l'espace des charges lourdes et des équipages, le SLS entièrement assemblé est un colosse de 98 m, couronné par la capsule *Orion*. L'étage principal, contenant de l'hydrogène et de l'oxygène liquides, est flanqué de deux propulseurs qui fourniront 75 % de la poussée. L'ensemble est propulsé à la base par quatre moteurs RS-25, chacun de la taille d'une voiture — les mêmes que ceux qui équipaient les navettes spatiales américaines. Les différents essais d'allumage du SLS, dans les derniers mois, ont essuyé leur lot d'échecs : arrêt prématuré des moteurs, problème de contrôleur d'un des moteurs, composant défectueux... Autant dire que le coup d'envoi de 2022 suscite des craintes.

D'autant que les Américains ne sont pas les seuls à convoiter la Lune. Au total, neuf nouvelles missions devraient s'y poser ou se placer en orbite autour du satellite en 2022, menées par l'Inde, le Japon, la Russie, la Corée du Sud et les Émirats arabes unis.

Mais avec le SLS, la NASA voit loin. Elle travaille déjà avec ses partenaires sur le second SLS, qui lancera la phase 2 d'Artemis, avec des astronautes à son bord, en 2023. « La fusée SLS est conçue pour évoluer, ce qui lui permettra de remplir plusieurs types de missions, incluant des missions humaines vers Mars et des missions scientifiques vers la Lune, Mars, Saturne et Jupiter », espère l'agence. ● M.C.

# L'équilibre de la vie marine brisé



La surpêche a ébranlé le spectre de Sheldon, une loi fondamentale qui régit l'équilibre des espèces dans l'océan.  
Par Sophie Grenier-Héroux

Saviez-vous que, lorsque l'on compare leurs biomasses, toutes les formes de vie marine – du plancton à la baleine – pèsent la même chose? Autrement dit, plus les organismes sont petits, plus ils sont nombreux, et chaque groupe totalise au final une sorte de constante : environ un milliard de tonnes. Cette hypothèse, avancée dans les années 1970 par le scientifique R. W. Sheldon, vient d'être testée à l'échelle planétaire sur toutes les catégories de taille. Les résultats publiés récemment dans la revue *Science Advances* démontrent que non seulement Sheldon disait vrai, mais que l'équilibre est maintenant brisé.

Le « spectre de Sheldon » est à la biologie ce que la gravité est à la physique : une loi naturelle qu'on ne remet pas en question. Mais elle n'avait été validée jusqu'ici que de façon partielle, à l'échelle locale, principalement sur des bancs de plancton. « Sheldon avait fait le tour des Amériques à bord d'un navire de recherche. Il recueillait des échantillons d'eau et mesurait, à l'aide d'une machine sophistiquée pour l'époque, le nombre de particules microscopiques. Pour la première fois, il voyait l'abondance des organismes selon leur taille. Il a constaté qu'il n'y avait pas de

concentration [prédominante] de certains d'entre eux, mais plutôt un équilibre », détaille Eric Galbraith, professeur au Département des sciences de la Terre et des planètes de l'Université McGill, qui a entrepris de valider cette théorie de façon plus globale.

Avec son équipe de chercheurs basés un peu partout dans le monde, il a travaillé pendant près de trois ans à dénombrer les 12 grands groupes d'organismes marins selon leur taille grâce à des données issues de nombreuses études récentes. Les données en question avaient été obtenues par satellite, d'autres au moyen de filets scientifiques ou à partir des statistiques de pêche. L'équipe a aussi prélevé directement plus de 200 000 échantillons partout sur la planète pour quantifier la taille des organismes microscopiques (bactéries, phyto- et zooplancton).

Ce travail colossal a permis de valider l'hypothèse de Sheldon, qui fonctionnait... au temps de Sheldon, souligne le professeur. Car une fois toutes les informations réunies, l'équipe a noté une cassure dans le spectre de Sheldon due aux ravages d'un grand prédateur : l'être humain. Les dommages sont surtout visibles à l'extrémité du spectre, du côté des espèces marines que l'humain

consomme ou dont les habitats ont été fragilisés par les activités humaines, notamment plusieurs types de poissons et de baleines, qui ont connu une perte de biomasse par rapport à l'époque préindustrielle pouvant atteindre 90 %.

Philippe Archambault, professeur de biologie à l'Université Laval qui n'a pas pris part à l'étude, est abasourdi par ces résultats. « Soudainement, les gros organismes sont moins nombreux, on n'a plus la même biomasse. Quelles en seront les conséquences sur le réseau trophique? On ne peut pas le savoir, dit-il. Ce n'est pas seulement la biodiversité qui change, mais les relations entre les espèces. Cela va modifier tout le réseau alimentaire », dont le nôtre.

Eric Galbraith affirme que ce que nous avons fait à la vie marine est plus dommageable que les changements climatiques. « Mais pour moi, il y a un message d'espoir! Il n'est pas trop tard pour régler les choses. Il faut simplement beaucoup moins pêcher. Politiquement, c'est une décision difficile, car de très nombreux travailleurs dépendent de la pêche. J'espère qu'on la considérera dans une vision à long terme, que les jeunes entendront le message et qu'on arrivera à modifier nos habitudes. » ●

# Du froid polaire au chauffe-eau solaire

Par Chloé Bourquin



**C**haque hiver, c'est la même chose : en fin de journée, beaucoup de Québécois montent le chauffage et utilisent de l'eau chaude pour faire la vaisselle ou prendre une douche. Plus les températures dégringolent, plus le réseau électrique est sollicité, et parfois jusqu'à saturation. « C'est ce qu'on appelle les pointes hivernales », précise Martin Bourbonnais, titulaire de la Chaire TERRE du Cégep de Jonquière. Hydro-Québec peine alors à répondre à la forte demande, ce qui peut entraîner des pannes de courant, en particulier lors des jours les plus froids de l'année.

Le chercheur et son équipe ont proposé une solution qui à la fois diminuerait ces pointes hivernales et pourrait être appliquée tout au long de l'année : chauffer l'eau avec des panneaux solaires.

Malgré la chute de leur coût ces dernières années, les panneaux solaires classiques ne sont pas encore assez compétitifs par rapport à l'hydroélectricité en raison des nombreux composants électroniques qui les accompagnent pour alimenter toute la maison. Mais pour seulement chauffer de l'eau, nul besoin de tout cela : il suffit de brancher une simple résistance électrique, placée dans le chauffe-eau, à une dizaine de panneaux solaires

installés sur le toit. « En enlevant tout ce matériel électronique superflu, on réduit de 75 à 90 % le coût du système », ajoute Martin Bourbonnais. D'après ses simulations, les coûts d'installation et d'entretien des panneaux solaires seraient amortis en une vingtaine d'années d'utilisation sur une durée de vie de 40 ans environ.

Mais comment cela fonctionne-t-il exactement ? « On se sert du chauffe-eau comme d'une batterie de stockage thermique », explique le chercheur. L'eau y est maintenue à 60 °C par Hydro-Québec. Pendant la journée, la résistance chauffe grâce à l'électricité produite par les panneaux solaires et l'eau emmagasine un surplus de chaleur (elle peut atteindre 85 °C). Le soir venu, cette eau très chaude est utilisée en quantité moindre que si elle avait été à 60 °C seulement ; et même si elle refroidit dans le chauffe-eau durant la nuit, tant qu'elle se maintient au-dessus de 60 °C, Hydro-Québec n'a pas besoin de prendre le relais. Évidemment, il faut déneiger les panneaux solaires en hiver.

Un prototype a déjà été implanté dans deux résidences début 2022, en Montérégie et au Saguenay-Lac-Saint-Jean. « On veut le faire fonctionner un an auprès de vrais consommateurs avant d'analyser les résultats, souligne Martin Bourbonnais. On espère lancer un projet pilote à plus grande échelle aux alentours de 2023. » ●

CHLOÉ FRESLON  @f\_chloe

**Technopop**



## Les nouveaux restos fantômes

**Q**ui n'a pas vu sa consommation de repas livrés augmenter pendant la pandémie? Le marché a doublé depuis l'arrivée de la COVID-19 et le chiffre d'affaires devrait atteindre plus de 10 millions de dollars en 2025, une hausse de près de 70 %, par rapport à 2021. Rien d'étonnant à cela, mais vous êtes-vous déjà demandé d'où vient votre poulet au beurre favori? Il pourrait avoir été préparé dans un restaurant virtuel!

Il s'agit d'un établissement qui propose un menu complet, mais qui n'existe pas dans un lieu physique. Il n'a ni salle à manger ni serveurs. En général, il n'a même pas de vitrine, même s'il possède une cuisine où des chauffeurs viennent chercher les repas commandés par des clients par l'entremise d'applications de livraison comme Uber Eats. En avril 2021, le Groupe St-Hubert s'inspirait de ce concept pour lancer MALGAM La centrale bouffe : plusieurs enseignes populaires cuisinent dans un même endroit des plats destinés à être livrés à domicile ou récupérés sur place par des clients.

Pourquoi cette ruée sur la restauration virtuelle? Parce que le modèle est hyperflexible. Le fait d'exister uniquement sur le Web signifie qu'on peut modifier le concept d'un restaurant à l'envi sans y laisser sa peau d'entrepreneur. Si un ingrédient devient trop cher ou si un produit n'est plus de saison, on peut changer la carte sans avoir à réimprimer le menu. Grosses économies! Pas besoin de dépenser pour des décorations, de la vaisselle, de la verrerie et du mobilier, ni d'embaucher serveurs et maîtres d'hôtel. Les exploitants se concentrent seulement sur le recrutement et le maintien en poste des cuisiniers, de même que sur l'achat d'ingrédients et d'appareils de qualité.

Cela étant dit, il y a des inconvénients à ce modèle, entre autres les coûts liés à la mise en place d'un service de livraison financièrement viable. La plupart des restaurants virtuels font appel à des sous-traitants qui prélèvent de 15 à 30 % du prix de chaque commande. Les services de livraison rendent ces établissements virtuels complètement dépendants : ces derniers n'ont pas de contrôle sur leur position dans les résultats du moteur de recherche interne — à moins de payer pour, évidemment — et ils ne possèdent pas les données des clients (les noms, adresses courriel, préférences de consommation, etc.).

Il reste à voir si ces restaurants conserveront leur popularité. M'est avis que ce sera le cas : l'industrie de la restauration risque d'avoir du mal à se relever de la pandémie, laissant toute la place à ce modèle économique fantôme pour s'implanter solidement. ●



JEAN-FRANÇOIS CLICHE  @clicjf

## Polémique

# La puissance de la désinformation antivaccin

**C**ommençons par une devinette. Aux États-Unis, seulement 38 % des garçons et des filles ont reçu leurs deux doses de vaccin contre le virus du papillome humain (VPH) lorsqu'ils atteignent l'âge de 13 ans. À quelle proportion croyez-vous qu'on passe chez les enfants dont la mère a déjà eu un diagnostic de cancer du col de l'utérus ?

Et chez celles qui ont subi une biopsie du col utérin et qui ont donc craint d'avoir ce cancer ?

À première vue, on se dit que ce pourcentage doit être beaucoup plus élevé. Après tout, le VPH est responsable d'une vaste majorité des cancers du col de l'utérus : à eux seuls, les sous-types 16 et 18 de ce virus causent pas moins de 70 % de ces cancers. Faut-il rappeler que ceux-ci tuent environ le quart des femmes qui en souffrent ?

C'est l'hypothèse qu'avaient faite des chercheurs de l'Université Harvard. Dans une étude parue en décembre dernier dans le *JAMA Network Open*, ils ont épluché les données d'assurance maladie de plus de 750 000 enfants et adolescents américains. Les mères d'environ 38 000 de ces jeunes avaient subi une biopsie du col utérin dans le passé – biopsies qui avaient révélé un cancer chez les mamans de 1 100 enfants. Et les résultats sont frappants (bien qu'un peu décourageants) : non, les enfants dont la mère a combattu un cancer du col de l'utérus ne sont pas plus nombreux à recevoir leurs vaccins anti-VPH. Les écarts trouvés par l'étude n'étaient « statistiquement significatifs » ni pour les garçons ni pour les filles. Le fait d'avoir eu une biopsie était, pour sa part, associé à une légère augmentation de la vaccination, mais l'effet était très mince – environ 40 % de vaccination au lieu de 38 %.

Il est possible, supputent les auteurs, qu'une partie de ces mères n'aient pas été au courant que le VPH est la principale cause de cancer du col utérin, en plus d'être un facteur important pour plusieurs autres cancers (bouche et gorge, anus, pénis, etc.). Cela pourrait expliquer pourquoi certaines d'entre elles n'ont pas fait vacciner leurs enfants. Mais il serait étonnant que cela représente une grande partie de ces mères : l'information sur le VPH est abondamment disponible et les autorités médicales

font campagne pour accroître la couverture vaccinale, ce qui implique que le personnel soignant est sensibilisé et communique l'information aux patients. À l'évidence, il faut chercher ailleurs.

En un sens, cette étude ne fait que rappeler ce qu'on savait déjà : la menace de conséquences graves pour la santé ne suffit pas à convaincre tout le monde de se faire vacciner. Si cela avait été le cas, il y a longtemps qu'on aurait atteint une couverture de 100 % pour des maladies comme la diphtérie (qui peut tuer), la poliomyélite (qui peut entraîner une paralysie permanente) ou la rougeole (qui peut causer des dommages permanents au

cerveau et un retard mental dans 0,1 % des cas). Or, il y a encore et toujours autour de 5 % des enfants qui ne reçoivent pas ces vaccins chez nous, d'après un rapport récent de l'Institut national de santé publique du Québec.

Bref, avoir l'information est une chose. Ce qu'on en fait en est une autre – et ici les fausses croyances sur les vaccins peuvent avoir une forte influence sur leurs taux d'administration, jusqu'à « tasser » complètement l'information scientifiquement valide. Mais l'article du *JAMA Network Open* fait plus que démontrer cela. En regardant le comportement des mères ayant déjà dû combattre un cancer du col de l'utérus ou qui ont craint



d'en avoir un, les auteurs ont fait jouer un biais bien connu en neurosciences : le biais de saillance, qui fait en sorte qu'on remarque certaines choses mieux que d'autres, notamment celles qui sont plus près de nous. Par exemple, le fait d'être directement témoin de l'incendie chez un voisin immédiat risque fort de marquer davantage quelqu'un – et d'influer sur sa décision future de contracter une assurance – que de simplement lire dans le journal qu'une maison a brûlé quelque part.

Ce biais de saillance aurait donc dû pousser ces mères à faire vacciner leurs enfants davantage. Mais elles ne l'ont pas fait. C'est soit parce qu'elles sous-estimaient les avantages du vaccin, soit parce qu'elles croyaient à certaines fables sur les « dangers » des vaccins, ou alors un mélange des deux. Dans tous les cas, le résultat est le même : le biais de saillance a été carrément annulé à grande échelle. Ce qui montre, de manière spectaculaire, la puissance de la désinformation. ●

60

BRAVOS À

QUÉBEC SCIENCE

Polytechnique Montréal  
est heureuse de souligner  
les 60 ans du magazine de  
référence en vulgarisation  
scientifique au Québec

# Medicago : petite pousse devenue grande

Dans la course effrénée au vaccin contre la COVID-19, Medicago a plutôt bien tiré son épingle du jeu. Car même si elle accuse un peu de retard, son «vaccin sur plantes» démontre avec brio la faisabilité de cette approche novatrice.  
Par Marine Corniou

# « P

our une société qui a commencé en 1999 dans un garage, nous avons de quoi être fiers du chemin parcouru!» lance Nathalie Charland. Depuis deux ans, la directrice principale des affaires scientifiques et médicales de Medicago enchaîne les entrevues dans les médias, toujours avec le sourire. Son enthousiasme et sa fierté sont contagieux. Il faut dire qu'après quelques embûches, dans un contexte extrêmement stressant, le vaccin mis au point par l'entreprise de Québec a fait la preuve de son efficacité. Du même coup, il assoit la pertinence de la «pharmaculture», une approche originale qui consiste à utiliser des plantes pour produire des médicaments et des vaccins. Avec une usine de production à grande échelle en construction à Québec, Medicago n'aura bientôt rien à envier aux grandes compagnies pharmaceutiques.

**Québec Science** : En décembre, Medicago annonçait les résultats de la phase III de l'essai clinique avec son vaccin candidat contre la COVID-19. Verdict : 71 % d'efficacité contre les infections symptomatiques. Êtes-vous satisfaite de ce résultat?

**Nathalie Charland** : C'est vraiment une bonne nouvelle! Nous avons beau arriver après d'autres, nous faisons tout de même

partie des 10 compagnies qui ont terminé un essai de phase III.

L'efficacité de notre produit est concurrentielle. Attention, toutefois : il ne faut pas comparer nos résultats avec les premières données annoncées par Moderna et Pfizer fin 2020 [l'efficacité de leurs vaccins tournait alors autour de 95 %]. Au moment de ces essais initiaux, seul le virus original circulait. Lors de notre essai, les variants Gamma et Delta étaient en circulation – Omicron est apparu plus tard.

Contre le variant Delta, notre vaccin candidat a atteint 75 % d'efficacité, ce qui est comparable et même supérieur à la protection offerte par les vaccins déjà commercialisés.

**QS Quelle est la particularité de votre vaccin?**

**NC** J'aime dire que c'est un beau mélange de technologie traditionnelle et novatrice. Le produit final n'est pas à base d'ARN messager, mais bien de protéines, ce qui ressemble beaucoup à des vaccins connus, comme ceux contre l'hépatite B ou le virus du papillome humain. Mais il s'agit du premier «vaccin sur plantes» à usage humain au monde, ce qui est très innovant.

Les plantes servent de miniusines de production. Ce ne sont pas les plantes en tant que telles qui constituent le vaccin, mais nous les forçons à produire des

protéines étrangères en leur faisant croire que le matériel génétique inséré est leur propre matériel génétique. Nous leur jouons un tour!

Dans le cas du vaccin contre la COVID-19, nous leur faisons produire des protéines S de coronavirus [la protéine de surface qui permet au virus de s'ancrer à nos cellules]. Ces protéines s'assemblent pour former une sorte de capsule sphérique, comme un faux virus. C'est pourquoi on parle de pseudoparticules virales.

**QS Comment se passe la production concrètement?**

**NC** Nous utilisons de petits «facteurs» pour livrer la recette du vaccin à l'intérieur des plantes. Il s'agit de bactéries du sol qui ont la capacité de transférer n'importe quel matériel génétique – ici le gène qui code pour la protéine S – à l'intérieur des cellules végétales. Les plantes sont trempées la tête en bas dans la solution qui contient ces bactéries. Le vide est fait pour enlever l'air des feuilles; celles-ci absorbent ensuite la solution bactérienne comme une éponge. Cette étape-là prend deux minutes; après, nous laissons les plantes faire leur travail. Pendant quelques jours, elles produisent la protéine, jusqu'à ce que leur système de défense se rende compte de la supercherie et détruise le matériel génétique intrus.

Les protéines se rassemblent dans la membrane de la cellule et vont bourgeonner comme de vrais virus. Mais elles sont bloquées par la paroi de cellulose rigide qui entoure toutes les cellules de plante. Il ne reste plus qu'à récupérer les feuilles, les broyer et digérer la cellulose avec des enzymes pour récupérer les pseudoparticules virales [qui viendront déclencher la réaction immunitaire chez les vaccinés]. Il y a bien sûr une étape de purification pour avoir un produit de grade pharmaceutique.

**QS Vous vous êtes lancés très rapidement dans la course au vaccin, en janvier 2020. Quels ont été les principaux obstacles ?**

**NC** Le déroulement de la phase III a été perturbé par l'arrivée des autres vaccins commerciaux [Pfizer, Moderna, Astra-Zeneca] au printemps 2021. Lorsque nous avons commencé à recruter les sujets pour notre essai, la vaccination de masse commençait, notamment au Canada, aux États-Unis et au Royaume-Uni, où nous avions prévu conduire le test. Difficile, dans ce contexte, de trouver des volontaires pour tester un vaccin dont on ne connaissait pas l'efficacité! Nous nous sommes donc tournés vers l'Amérique centrale et l'Amérique du Sud, notamment le Brésil et l'Argentine, pour compléter le recrutement.

Au total, nous avons recruté 24 000 personnes dans six pays; 20 000 ont participé à l'entièreté du protocole – deux doses de nos protéines combinées avec un adjuvant de GSK [une grande compagnie pharmaceutique], le tout administré avec un intervalle de 21 jours.

Malgré tout, le processus a été plutôt rapide, considérant que Medicago compte à peine 500 employés, dont une petite équipe responsable de l'essai clinique. Mais je peux vous dire que les fins de semaine et les soirées n'existent plus chez nous depuis quelques mois!

**QS Aviez-vous vu venir le succès des vaccins à ARN messenger? N'est-ce pas décourageant pour vous, qui misez sur une autre technique?**

**NC** C'est quelque chose que nous surveillions avant la pandémie, mais l'avancement de la science a été complètement fou! Et soyons clairs, je suis très heureuse qu'il y ait eu plusieurs vaccins efficaces contre la COVID-19 en un an, même si le nôtre n'est pas arrivé premier!

Vous allez trouver que je pêche pour ma paroisse, mais je crois qu'il y a de la place pour plusieurs vaccins dans notre boîte à outils, notamment pour améliorer la durée de protection. Il nous reste encore beaucoup à apprendre sur l'immunité.

De plus, des études récentes ont montré que le fait de changer de vaccin entre la première et la seconde dose permet d'avoir une meilleure réponse immunitaire et une durée de protection accrue.

Une option pourrait être de recevoir d'abord un vaccin à ARN messenger, puis un vaccin à base de protéines comme le nôtre en guise de dose de rappel. D'ailleurs, s'il me faut une nouvelle dose de rappel dans l'avenir, j'aimerais bien qu'elle soit de Medicago!

**QS La production de vaccins par des plantes est très rapide, soit moins d'un mois; mais avec l'arrivée des vaccins à ARN, eux aussi très rapides à fabriquer, cet argument perd de sa force. Comment la «pharmaculture» peut-elle se démarquer?**

**NC** C'est une technologie transférable et exportable. Si un pays est capable d'avoir de grandes serres, alors il peut se lancer dans la production de vaccins sur plantes. La partie en amont de la production est elle aussi plus abordable que d'autres techniques de fabrication de vaccins, qui nécessitent des biofermenteurs de plusieurs milliers de litres par exemple.

**QS Quelles sont les prochaines étapes pour Medicago ?**

**NC** Après l'approbation de Santé Canada [pas encore accordée au moment de mettre sous presse], nous lancerons des essais de doses de rappel. Car malheureusement, je ne crois pas que le coronavirus va disparaître demain matin. Va-t-il devenir endémique comme la grippe? Faudra-t-il reformuler le vaccin chaque année, ou tous les deux ans, en fonction des variants circulants? Quoi qu'il en soit, nous avons une équipe qui suit quotidiennement l'évolution des variants et une autre qui produit de nouvelles pseudoparticules virales avec les séquences génétiques de ces variants. Nous avons des banques d'Alpha, de Gamma et d'Omicron pour être prêts à nous adapter.

Nous sommes également en discussion pour commencer au printemps un essai clinique chez les moins de

18 ans. Il y a un intérêt pour des vaccins protéiques dans cette tranche d'âge, puisqu'on a davantage de recul quant à leur innocuité.

En parallèle, nous souhaitons proposer le vaccin aux participants qui étaient dans le groupe placebo de notre essai; les discussions sont en cours à ce sujet avec les autorités réglementaires des pays où ils ont été recrutés. D'ailleurs, nous serons toujours reconnaissants envers ces personnes qui ont aidé à faire avancer la science. Mais notre premier marché reste le Canada. Nous avons signé un contrat avec le gouvernement fédéral pour livrer jusqu'à 76 millions de doses.

**QS Justement, reste-t-il de la place pour un nouveau vaccin?**

**NC** D'une part, il y a une petite partie de la population qui ne voulait pas recevoir les vaccins à ARN messenger par décision personnelle ou qui ne pouvait pas les recevoir, par exemple pour des questions d'allergie. Notre vaccin pourrait leur être proposé. Nous avons également communiqué avec les agences réglementaires américaines et britanniques.

D'autre part, le gouvernement du Canada est en discussion avec le groupe COVAX [collaboration visant à assurer un accès équitable aux vaccins dans le monde] pour distribuer des doses dans les pays qui n'ont malheureusement pas reçu d'autres vaccins jusqu'à maintenant. Cela pourrait être un débouché pour nous.

**QS Quelles sont les ambitions de Medicago à court terme?**

**NC** Nous travaillons fort pour construire notre siège social, où pourront être produites un milliard de doses de vaccins pandémiques par année, dans l'est de la ville de Québec. Pour l'instant, notre usine principale est en Caroline du Nord, mais nous voulions que notre centre de production mondiale soit ici. Il sera fonctionnel dès 2024.

Nous avons toujours cru à notre plateforme et nous pouvons dire que nous jouons maintenant dans la cour des grands. La pandémie nous a rappelé qu'il est nécessaire d'avoir plusieurs cordes à son arc, d'avoir plusieurs options pour la population et les gouvernements à travers le monde. Ce qui est sûr, c'est que nous ressentons une immense fierté de faire partie de la solution à cette crise. Et de faire partie de l'histoire. ●

Marie-Claude Rousseau,  
professeure à l'Institut  
national de la recherche  
scientifique



## LE VACCIN BCG PROTÈGE-T-IL CONTRE LA COVID-19 ?

Par Chloé Bourquin

« Suis-je vacciné contre la tuberculose ? » Cette maladie a beau ne toucher que de 200 à 280 personnes par année au Québec, c'est une question que se sont posée de nombreuses personnes au début de la pandémie. Et pour cause : plusieurs médias avaient alors relayé les résultats d'études révélant une corrélation entre le taux de vaccination contre la tuberculose par le vaccin BCG (bacille de Calmette-Guérin) et la prévalence de la COVID-19. Plus précisément, les pays qui administrent le plus de vaccins BCG paraissent mieux s'en sortir que les autres durant les premiers mois de la pandémie.

À première vue, le vaccin BCG semble effectivement être un bon candidat pour protéger contre la COVID-19, car il permet d'activer l'immunité « innée ». « Cette première ligne de défense du système immunitaire est générale, contrairement à la réponse par anticorps, qui est ultraspécialisée », explique Marie-Claude Rousseau, professeure d'épidémiologie à l'Institut national de la recherche scientifique. En stimulant cette première ligne, le vaccin BCG pourrait aider le système immunitaire à mieux lutter contre d'autres maladies que la tuberculose.

Cependant, entre corrélation et causalité, il y a un monde, et la chercheuse l'a

bien montré dans ce dossier. Il se trouve qu'elle est la gestionnaire scientifique du registre québécois de vaccination au BCG, qui comprend 4,2 millions de certificats vaccinaux. Son équipe s'est attachée à vérifier l'hypothèse d'une protection à très long terme contre la COVID-19 en épluchant les dossiers des années 1956 à 1976. Durant cette période, un programme de vaccination contre la tuberculose a été mis en place au Québec, dont ont bénéficié de 40 à 50 % des tout-petits.

Plus de 3 000 personnes nées entre 1956 et 1976 ont ainsi été interrogées entre mars et octobre 2020 : 920 d'entre elles ayant reçu un test PCR positif à la COVID-19 et 2 123 n'ayant pas été contaminées. Pour que les deux groupes soient comparables, l'étude a tenu compte de plusieurs facteurs comme l'âge, le sexe biologique et l'emploi occupé. Le résultat, paru dans la revue *Vaccine* en 2021, est sans appel : dans le groupe positif à la COVID-19, 54 % avaient reçu le vaccin BCG d'après le registre, tandis que cette proportion s'élevait à 53 % dans le second groupe – une différence minime. Le vaccin contre la tuberculose n'a donc pas d'effet protecteur à long terme contre la COVID-19. De plus, l'étude n'a révélé aucun lien entre le fait d'avoir reçu le vaccin BCG dans l'enfance et le fait d'avoir été hospitalisé en raison de la COVID-19 ou d'en être décédé.

Cependant, cette étude ne portait que sur des individus ayant été vaccinés il y a plus de 40 ans. « Il se pourrait que la vaccination BCG au début de la pandémie ou très récemment ait un effet protecteur », indique la professeure Rousseau. D'autres recherches sont en cours pour examiner cette question.

Prudence, donc, avec les études qui établissent des corrélations. « Elles permettent de formuler des hypothèses, mais il faut poursuivre ensuite avec des études qui sont un peu plus structurées et mieux contrôlées pour voir si ces hypothèses tiennent la route, ajoute la chercheuse. Il est important d'éduquer les gens et de leur expliquer ce que veulent dire les résultats de ces études. »

Une protection contre la COVID-19 n'est pas le seul élément qui intéresse la communauté scientifique quant au vaccin BCG. « Il y a des recherches qui sont conduites aussi sur le diabète, la sclérose en plaques et plusieurs infections, souligne Marie-Claude Rousseau. On en apprend encore sur ce vieux vaccin et sur ses effets non spécifiques. Malgré ses 100 ans, il est encore d'actualité ! »

*La production de cet article a été rendue possible grâce au soutien de l'Institut national de la recherche scientifique.*

# 60 ans

**de contribution au développement  
des talents et de la passion des sciences.**

60 ans d'articles scientifiques de qualité qui font  
de Québec Science un partenaire de choix pour  
le ministère de l'Économie et de l'Innovation.

**Félicitations!**

Votre   
gouvernement

Québec 



# 60 ans

Il y a 60 ans, un premier Américain effectuait un vol en orbite, la construction du métro de Montréal commençait, le premier réacteur CANDU était mis en service au pays... et un magazine scientifique naissait au Québec. Pour souligner cet anniversaire, notre équipe a plongé dans les archives pour en tirer des moments marquants, des bijoux et autres faits cocasses. Les milliers de pages publiées retracent non seulement l'histoire du magazine, mais également celle de l'avancement des sciences, des technologies et de la société québécoise.

**Bon voyage dans le temps !**



ILLUSTRATION :  
PIERRE-PAUL PARISEAU  
DIRECTION ARTISTIQUE :  
NATACHA VINCENT

1962-1971

# IL ÉTAIT UNE FOIS... LE JEUNE SCIENTIFIQUE

En 1962, *Québec Science* tel qu'on le connaît n'existe pas encore. Le magazine s'appelle alors *Le Jeune Scientifique* et lui-même vient tout juste d'adopter ce nom : de 1950 à 1962, on le connaissait plutôt comme *Le Jeune Naturaliste*. Les Clercs de Saint-Viateur du Collège de Joliette en cèdent la propriété à l'Association canadienne-française pour l'avancement des sciences (Acfas). En novembre 1962, le tout premier numéro est imprimé. Tout comme le magnifique monarque qui orne la couverture, le magazine déploie ses ailes pour s'adresser «à l'étudiant de la deuxième moitié du 20<sup>e</sup> siècle, à ce jeune témoin d'une montée scientifique spectaculaire», écrit dans son mot d'introduction le directeur de la publication, Léo Brassard.



# 2,50 \$

Le coût d'un abonnement  
d'un an à la revue



## PEUR DE RIEN

Prédire l'éradication d'une maladie est un pari risqué. Pourtant, c'est ce que fait le magazine en 1963 en affirmant que le paludisme sera bientôt chose du passé grâce au «révolutionnaire» DDT, qui vient à bout des moustiques porteurs du parasite responsable de la maladie. Cet insecticide avait pourtant été sévèrement critiqué un an plus tôt par la biologiste américaine Rachel Carson dans le célèbre ouvrage *Silent Spring*, où elle déclarait que le produit était nocif pour la santé humaine et pour la biodiversité. L'avenir lui donnera raison et le DDT sera interdit au début des années 1970.

## ÉCRASEZ !

En 1963, alors que la cigarette est partout, Roger Ghys, chercheur au Département de biochimie de l'Université Laval, signe un texte où il se demande si la consommation de nicotine nuit à la santé. Il y résume de nombreuses études et conclut que «l'effet nocif de la cigarette est démontré par les statistiques, la pathologie et l'expérimentation».



## DES MACHINES EFFRAYANTES

Dans un article de 1966 retraçant l'histoire des mathématiques, on évoque l'apparition des «machines à calculer électroniques». «On ne sait s'il faut éprouver de l'effroi ou de l'enthousiasme devant ces monstres d'acier doués de mémoire qui effectuent en quelques minutes des opérations qui prendraient un mois à un savant et sont même capables de corriger les erreurs de l'être humain.» La photo ci-dessus est tirée d'une édition de 1964 et présente «le tiers environ du grand calculateur électronique de grande performance qui sera bientôt installé à l'Université de Montréal».

## PLACE À QUÉBEC SCIENCE

«Comment doit-on appeler une revue jeune, dynamique, pour les gars et les filles intéressés aux sciences en 1970 et même pour ceux de l'an 2000?» demande l'équipe de *Jeune Scientifique*, qui souhaite faire peau neuve en 1969. La publication vient de passer aux mains des Presses de l'Université du Québec. La rédactrice en chef Jocelyne Dugas souhaite non seulement éveiller la jeunesse aux progrès des sciences pures et appliquées, mais elle veut aussi couvrir les avancées dans le champ des sciences humaines. À celui qui trouvera le nouvel intitulé de la revue, on promet un voyage en France. Le gagnant sera Michel Dubuc, 17 ans, de Verdun. Pourquoi *Québec Science*? «Pour personnaliser, pour animer la science qui dort encore ici, au Québec. Pour revaloriser le contexte social dans lequel nous vivons.»





## LA TERRE S'ÉCROULE

Le 4 mai 1971, un glissement de terrain se produit à Saint-Jean-Vianney. Trente et une personnes y perdent la vie. *Québec Science* est aux premières loges en la personne de Jean-Yves Chagnon, géotechnicien au ministère des Richesses naturelles du Québec dépêché sur les lieux, qui écrit un texte exclusif qu'il livre en mains propres à la rédaction. L'expert aborde les conséquences du drame sur la psyché collective. «La presse écrite et parlée rapportait chaque jour des faits et des opinions alarmants pour la population. Il me fallait empêcher la panique. La situation devint plus intolérable encore lorsqu'on chercha à en attribuer la responsabilité au gouvernement québécois. Or, [...] la science s'avère impuissante à prédire de telles coulées avec les moyens dont elle dispose à l'heure actuelle.»

«Ni le prestige de ton sujet et la puissance de tes instruments, ni l'étendue de tes connaissances et la précision de tes plans ne pourront jamais remplacer l'originalité de ta pensée et l'acuité de ton observation.»

— Hans Selye, pionnier de l'étude du stress, qui, dans un essai sur sa vision de la recherche, cite les mots inscrits à l'entrée de l'Institut de médecine et de chirurgie expérimentale de l'Université de Montréal, qu'il a fondé en 1945.

## LES FEMMES AU LABO

«Peut-on être femme de science au Québec?» s'interroge la journaliste Paule Sainte-Marie en 1971. La réponse est en demi-teinte, les préjugés sur les compétences des femmes étant tenaces. Selon une psychologue de l'Université Stanford citée dans l'article, «la capacité de créer, dans un domaine quelconque, est étroitement liée à trois qualités : initiative, indépendance, affirmation de soi, que les garçons semblent posséder naturellement plus fréquemment que les filles, et que l'éducation réprime sévèrement chez les filles au nom de la "féminité". Les femmes qui réussissent sur le plan intellectuel auraient généralement été des garçons manqués». On revient de loin...

# 108

C'est le nombre de roches lunaires rapportées par l'équipage d'*Apollo 14* en 1971. Lorsque les astronautes amerrissent dans l'océan Pacifique avec leur butin, le personnel du centre spatial de Houston explose de joie, rapporte le journaliste de *Québec Science* Michel Gauquelin, qui était sur place.



## PAS NÉS POUR UN PETIT PAIN

Louis Berlinguet, biochimiste qui a grandement contribué au développement du système de recherche et d'innovation du Québec, signe un plaidoyer pour que la province se dote d'une politique scientifique. «L'effort de recherche du Québec reste limité et ne représente qu'environ 0,7 pour cent du produit national brut», souligne-t-il, alors que le Canada y consacre 1,4 % et les États-Unis 2,9 %. Il remarque que les francophones accusent un certain retard. «Il nous semble inacceptable que le Québec, peuplé de six millions d'habitants, doté d'un niveau de vie relativement élevé, riche d'immenses territoires inexploités, ne se donne pas de politique scientifique.»

1972-1981

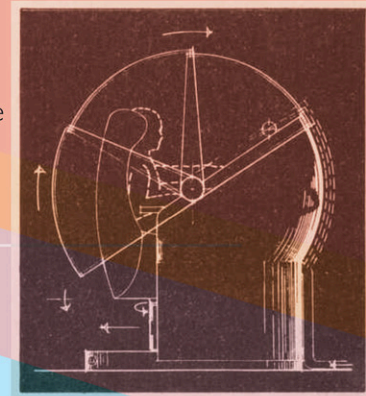
## PLUS VRAI QUE JAMAIS ?

« Dans les salles de rédaction, les journalistes scientifiques sont considérés comme les parents pauvres. Le plus souvent, on utilise simplement les dépêches d'agences qui insistent sur des aspects sensationnels. Il y a pourtant là une éducation populaire absolument indispensable à faire. S'ils ne connaissent rien à la science et la technique, qu'est-ce que le public et les politiciens peuvent comprendre aux problèmes actuels? »

— Fernand Seguin, premier vulgarisateur de la télévision francophone au Canada, en 1972.  
Il signera des chroniques dans *Québec Science* entre 1987 et 1988.

## CHACUN DANS SA BULLE

En 1972, l'Université de Montréal et Bell Canada imaginent un bureau nouveau genre : une sorte de supercabine téléphonique sphérique en plexiglas, haute de deux mètres et entièrement équipée d'appareils de télécommunication. « Est-ce là rêver en couleurs? S'agit-il d'un concept révolutionnaire, mais inapplicable? » se demande le journaliste Gilles Provost. Une idée à recycler en cette ère pandémique?

INNOVATIONS  
MADE IN QUÉBEC

En mai 1973, l'organisme Invention Québec tient un salon à la Place-Bonaventure pour souligner « le bien-fondé de l'aide apportée aux inventeurs ». Au programme, des objets sérieux... et moins sérieux, dont un marteau aimanté pour fixer un clou d'une seule main, un tremplin de golf à hauteur réglable pour frapper la balle sans abîmer le gazon et une moustiquaire pour vitres d'auto... Selon le compte rendu, l'exposition a connu un vif succès!



## LA FIÈVRE DU HOCKEY

En 1972, l'équipe canadienne a décroché une victoire contre l'URSS au cours de l'inoubliable Série du siècle. Deux ans plus tard, le but de Paul Henderson est encore frais dans la mémoire des Québécois... et de Gaston Marcotte, de l'Université Laval, qui crée un groupe de recherche voué au hockey avec l'aimable collaboration des Nordiques. Il brosse le portrait type du joueur offensif : il mesure 175,2 cm et pèse 75,9 kg, dont 10 % de graisse.



## OÙ VA LE CLIMAT ?

C'est la question posée par le magazine en couverture de son numéro de septembre 1974, qui souligne déjà l'influence des activités humaines sur les « sautes d'humeur » du climat. « Grâce à la climatologie, il est permis d'espérer que dans l'avenir l'homme agira plus intelligemment. Du moins, agira-t-il en meilleure connaissance de cause lorsqu'il implantera de nouvelles usines, construira de nouveaux barrages hydroélectriques ou créera de nouvelles villes. » Cet article ne s'est pas avéré prescient.

## EMPLOI D'ÉTÉ DEMANDÉ

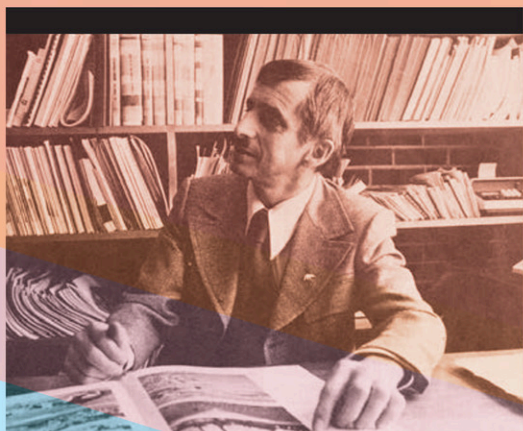
« Je vous félicite pour votre revue et je voudrais vous demander un service. Si jamais vous entendez parler d'un emploi d'été, soit en biologie, en géologie ou en océanographie, faites-le-moi savoir s'il vous plaît. » Publié dans le courrier des lecteurs en 1974, ce message est signé par nul autre que Rémi Quirion, qui est aujourd'hui scientifique en chef du Québec!



## LA QUESTION TRANS

Sous la plume de Yanick Villedieu, les lecteurs découvrent en 1975 comment des chercheurs québécois étudient la transsexualité. La conclusion de l'article est toujours d'actualité :

« Pour reprendre les mots [du chercheur de l'Université du Québec à Montréal] Jules Bureau, tous sans doute admireront “le courage des transsexuels, leur incroyable et tenace volonté de passer à travers problèmes et difficultés pour enfin être eux-mêmes”. Tous admireront cette “belle leçon d’humanité”. »



## ET LA NORDICITÉ FUT

« [La nordicité] est un mot très jeune : je l'ai trouvé un matin, à Yellowknife, en 1965. Au début, j'en avais besoin pour désigner une réalité géographique, puis [...] il m'a été utile pour aller jusqu'au fond des choses. “Nordicité” est devenu un ami avec qui j'ai conversé... si je puis dire. J'ai essayé de le dépouiller, de l'approfondir, de le retourner dans tous les sens. Et je me suis rendu compte que son champ d'application était beaucoup plus vaste que prévu... qu'il exprimait “l'état du Nord”. »

– Louis-Edmond Hamelin, pionnier des études nordiques à l'Université Laval, en 1975



## À BAS LA VOITURE !

En mai 1977, le magazine annonce à ses abonnés qu'il ne leur reste « qu'une vingtaine d'années, voire une dizaine d'après les pessimistes » pour se servir de leur voiture. Pourquoi? « Il est certain que c'est avant la fin de ce siècle que l'essence, l'huile à chauffage et les autres dérivés du pétrole commenceront à manquer. » Finalement, il en reste...

# 22 tonnes

C'est le poids du télescope de l'Observatoire du Mont-Mégantic, qui ouvre ses portes au printemps 1978.

## LA BOSSE DES SCIENCES

« La question la plus importante aujourd'hui, au Canada, [...] c'est le développement de la science. C'est d'elle que dépend tout notre mode de vie futur. Et pourtant, allez demander aux passants dans la rue ce qu'ils pensent de la science. Ils vous répondront qu'ils n'ont jamais eu la “bosse des mathématiques” et qu'ils n'y comprennent rien... et ça ne semble pas les déranger. »

– David Suzuki, vulgarisateur scientifique, en 1979

## À QUAND LE PREMIER BÉBÉ-ÉPROUVETTE DU QUÉBEC ?

« Nous comptons bien en avoir un dès 1981 », annoncent en 1980 dans nos pages le gynécologue Jacques-Émile Rioux et le biologiste Raymond Lambert, tous deux affiliés au Centre hospitalier de l'Université Laval. Finalement, ils accueilleront ce nouveau-né le 12 août 1985, soit sept ans après le tout premier bébé-éprouvette, Louise Brown, née en Grande-Bretagne.



1982-1991



## LES ANNÉES SIDA

Le sida est mentionné pour la première fois dans nos pages en novembre 1982 : «Une véritable épidémie d'une maladie que les médecins américains ont baptisée déficience immunitaire transmissible (*Acquired Immunodeficiency*) qui, jusqu'à présent, a surtout été diagnostiquée chez les homosexuels mâles semble sur le point de se répandre à l'ensemble de la population.» Le magazine y consacrera deux couvertures dans les années suivantes, en 1983 et en 1986. *Québec Science* parle de la stigmatisation des communautés homosexuelle et haïtienne, à qui l'on fait porter l'étiquette de «groupes à risque». «Ce sont les droits acquis par les gais depuis les années 1970 qui sont en jeu. La discrimination et la répression ressortent», se désole alors le Dr Réjean Thomas, de la clinique L'annexe (aujourd'hui L'actuel). Certains experts affirment qu'il faudra peut-être «apprendre à vivre avec le sida». Un discours familier en ces temps de COVID-19, n'est-ce pas ?

## LA MENACE NUCLÉAIRE

L'ombre de la guerre froide s'infiltré depuis un moment dans les pages du magazine. En février 1983, la journaliste Liliane Besner rapporte par le menu une conférence donnée à l'Université McGill sur les aspects médicaux de la guerre nucléaire. On y étudie les conséquences d'une bombe qui serait lâchée sur le centre-ville de Montréal. «C'est précisément dans cette zone que sont concentrés 80 % des services médicaux et 50 % des médecins de toute la province. Il va de soi que les rares médecins ou infirmières qui survivront ne pourront traiter le très grand nombre de brûlés au premier ou au deuxième degré», écrit-elle. Quelques semaines plus tard, le président américain Ronald Reagan annonçait son programme de défense antimissile, la Guerre des étoiles.



## GRAVITÉ ZÉRO

« Certaines personnes ont mentionné que la première impression que l'on a en apesanteur est celle de tomber indéfiniment. Dans mon cas, je me suis senti à l'aise dès le début. Je regardais le mur devant moi et, même si j'avais la tête en bas, je n'en éprouvais pas de malaises. J'ai défait mes sangles et j'ai quitté mon siège. »

— L'astronaute Marc Garneau, qui raconte sa mission à bord de *Challenger* dans un article de 1985.



## UNE GRANDE DAME DE LA NEUROPSYCHOLOGIE

En 1984, c'est en ces termes que le magazine présente la chercheuse Brenda Milner, alors directrice du laboratoire de neuropsychologie de l'Institut neurologique de Montréal et professeure à l'Université McGill. Collaboratrice du célèbre Dr Wilder Penfield, la scientifique a acquis une réputation sur la scène internationale grâce à ses travaux pionniers sur la mémoire — en particulier son étude de cas d'un patient devenu amnésique après une ablation de parties du cerveau pour diminuer ses crises d'épilepsie.

## EN ATTENDANT HALLEY

Le passage de la comète de Halley est prévu pour le mois d'avril 1986 et ne réjouit pas que les astronomes. Les commerçants multiplient les occasions d'affaires : livres, teeshirts, croisières à thème, etc. Pierre Bastien, astronome à l'Université de Montréal, explique la raison de cet engouement : «Historiquement, la comète de Halley a été la première dont on a prédit le retour. Ensuite, il s'agit de la seule comète périodique brillante dont toutes les parties sont en activité. Enfin, comme son retour est prévu depuis longtemps, les scientifiques ont eu le temps de se préparer.» Verra-t-on pareil emballement lors du retour de la comète en 2061 ?



## AU CHEVET DE L'OZONE

Quelques mois après la signature du protocole de Montréal en septembre 1987, le journaliste Gilles Drouin rappelle que la destruction de la couche d'ozone est loin d'être renversée. La lutte contre les chlorofluorocarbones et les halons n'est pas simple. Leurs quantités dans l'atmosphère sont alors si importantes « qu'elles suffiraient à attaquer l'ozone pendant encore près d'une centaine d'années », écrit-il. Depuis, d'immenses progrès ont été accomplis, à tel point que l'on considère le protocole de Montréal comme l'un des accords environnementaux les plus efficaces.



## PLACE AUX FEMMES !

Au tournant des années 1990, à quelques mois d'intervalle, le magazine met en couverture des femmes scientifiques à deux reprises : la chercheuse en génétique moléculaire Mona Nemer et la primatologue Pascale Sicotte (qui, 30 ans plus tard, continuent de briller, la première étant devenue conseillère scientifique en chef du Canada et la seconde doyenne de la Faculté des arts et des sciences de l'Université Concordia). Au cours de cette période, la journaliste Claire Chabot se penche sur la place des femmes en science au Québec dans une série de reportages. Des chercheuses comme Karen Messing, Donna Mergler, Trang Hoang, Francine Descarries, Helga Guderley, Marie-Andrée Bertrand et Louise Filion lui racontent leur trajectoire, les défis de travailler dans un monde d'hommes et la difficile mais inévitable conciliation travail-famille. Tristement, pendant cette même période survenait la tuerie de Polytechnique, un drame pour les femmes en science.

## LA MUSÉOLOGIE SE FAIT SCIENTIFIQUE

L'Insectarium de Montréal ouvre ses portes le 8 février 1990. L'inauguration de l'intrigant Biodôme doit avoir lieu deux ans plus tard, mais déjà tout le monde parle de cette future « maison de la vie » qui sera un « véritable théâtre de la nature ». La muséologie scientifique et technique connaît alors un essor fulgurant au Québec.



## HALTE AUX ANTIBIOTIQUES !

Dans un reportage qui lui a valu des accolades par la suite, le journaliste Gérald Le Blanc soulève le problème des doses massives d'antibiotiques données aux animaux d'élevage et celui des résidus

médicamenteux qui finissent dans les assiettes des consommateurs. Il avertit le public du risque d'être un jour à court de traitements pour les animaux, mais aussi pour les humains.

1992-2001

## OPÉRATION DE SAUVETAGE

Québec Science a connu des hauts... et des bas. Le début des années 1990 est une période d'incertitude. Les ventes déclinent. Les revenus sont à la baisse. Le magazine « n'était plus que l'ombre de lui-même », se souviendra plus tard Jean-Marc Fleury, cité dans l'ouvrage *Il était une fois...* Québec Science (paru en 2012). Il est appelé en renfort avec son collègue Pierre Sormany. Tous deux sont des artisans de la première heure de Québec Science et contribueront à la remise sur pied de la publication. En février 1992, les Presses de l'Université du Québec cèdent le magazine au Cégep de Jonquière pour la somme symbolique de un dollar.



## L'AVÈNEMENT D'INTERNET

De la banque de données de la NASA au Centre de recherche sur le cancer du Japon en passant par la bibliothèque de l'Université de Jérusalem, le journaliste Benoît Chapdelaine se promène dans le réseau informatique planétaire baptisé « Internet ». « Et cela, sans frais d'interurbain ! » s'étonne-t-il en 1993. Cela dit, même époustoufflé, le journaliste conserve son sens critique et cite des experts qui, déjà, cernent des enjeux toujours criants d'actualité, 30 ans plus tard. « Le plus difficile, c'est de concilier la liberté d'expression, la protection des renseignements personnels et le droit du public à l'information », remarquait alors Marcel Simoneau, bibliothécaire au Centre canadien de recherche sur l'informatisation du travail.

100 000

NOMBRE DE GÈNES HUMAINS que la communauté scientifique a entrepris de repérer en 1994. Le déchiffrement de notre génome est lancé et, avec lui, une véritable course contre la montre. Finalement, il compte quatre fois moins de gènes que les 100 000 initialement recherchés...



## QUÉBEC SCIENCE SUR « LES INTERNET »

L'année 1995 est une année « cyber » importante pour le magazine. Il est le premier média québécois à lancer son site Internet, cybersciences.com, piloté par Jean-Hugues Roy. Ce dernier inaugure également une chronique Internet dans les pages de la revue, en plus de publier un dossier spécial, en collaboration avec André Bélanger, pour mieux guider les lecteurs dans leur navigation sur l'autoroute de l'information. Au menu entre autres : un glossaire (que veut dire l'expression *babillards électroniques*?) et un carnet d'adresses pour explorer la science sur le Web.



## LE SPECTRE D'UNE MARÉE NOIRE

L'épave de l'*Irving Whale*, pleine de mazout et de biphényles polychlorés, gît au fond du golfe du Saint-Laurent depuis 1970. On la considère comme une bombe écologique à retardement, car la coque et les tuyaux sont ravagés par la corrosion. Québec Science documente le feuilleton de son renflouage, d'abord prévu en 1995, puis effectué le 30 juillet 1996.



## DES JEUX OLYMPIQUES SOUS SURVEILLANCE

Aux jeux d'Atlanta, en 1996, les regards sont dirigés vers les performances, certes, mais aussi sur la lutte contre le dopage. La chimiste Christiane Ayotte est au front. Elle est directrice du laboratoire antidopage de l'Institut national de la recherche scientifique depuis cinq ans (elle y est toujours en 2022!), en plus de diriger la commission antidopage de la Fédération internationale d'athlétisme amateur. «Dans certains pays, les laboratoires testent des produits sur des athlètes pour déterminer le temps qu'il leur faut pour les éliminer! En fait, on les prépare à contourner les contrôles antidopages», affirmait-elle.

## DU « POT » MÉDICINAL ? NON MERCI !

À la fin des années 1990, on lève les sourcils à l'idée de légaliser la marijuana — et même d'en consommer dans un but thérapeutique. «Au Québec, il est difficile de trouver ne serait-ce qu'un seul partisan du "pot" dans les rangs des médecins», écrit-on dans le magazine. Les soignants interviewés déclarent que le débat autour des vertus de cette plante est «dépassé et inutile», que cette drogue «ne présente plus aucun intérêt».



## UNE TEMPÊTE CRUELLEMENT PARFAITE

«Pour obtenir une tempête de verglas comme celle de l'hiver dernier, il faut une conjugaison de plusieurs éléments : une masse d'air chaud fortement chargée d'humidité qui glisse sur une masse d'air froid relativement mince dans des conditions atmosphériques qui font en sorte que le système stagne au-dessus d'une région. C'est un peu comme si vous deviez avoir six dés qui tombent en même temps sur le chiffre cinq.»

— Alain Bourque, climatologue à Environnement Canada, dans un reportage sur la crise du verglas de 1998

## L'ANGOISSE DANS L'ASSIETTE

Antibiotiques, organismes génétiquement modifiés (OGM), pesticides, aliments biologiques : que mange-t-on? Que devrait-on manger? Voilà qui intéresse le magazine, qui a rarement autant jasé de nourriture qu'en 2001! Il faut se rappeler que, au cours des années précédentes, la maladie de la vache folle et la maladie du hamburger ont fait les manchettes. Les OGM sont devenus un épouvantail régulièrement agité. Le mode de production «biologique» est désormais une appellation réservée. *Québec Science* consacre un dossier aux pratiques agroalimentaires, en plus de publier les résultats d'un sondage inédit sur la confiance des Québécois à l'égard du contenu de leur assiette, mené en collaboration avec *Protégez-vous*. La principale source d'inquiétude (25 % des répondants) : les OGM... suivis de près par la contamination de la viande par des bactéries.



# L'HEURE EST GRAVE

Au tournant du nouveau millénaire, la prise de conscience des effets des activités humaines sur l'environnement se généralise. Dans un numéro de plus de 100 pages de 2002 réalisé à l'occasion des 40 ans de Québec Science, l'équipe dresse le bilan de santé de notre planète, du climat aux océans en passant par la

perte de biodiversité, la déforestation et les inégalités sociales... Le tout parsemé d'entrevues de grands noms de l'écologie : Pierre Dansereau, Hubert Reeves, Laure Waridel, pour n'en citer que quelques-uns. Le numéro suivant sera consacré aux «S.O.S. de nos lacs et de nos rivières». Bref, le ton est à l'image de la gravité des constats : pessimiste.

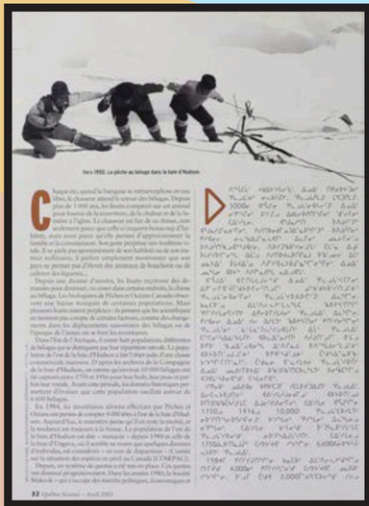


## PRÉDICTION RATÉE

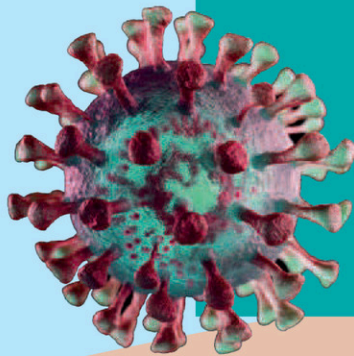
En mars 2002, soit quelques mois après les événements du 11 septembre, le magazine affirme que les contrôles seront bientôt allégés dans les aéroports. «Le jour n'est pas si loin où l'on pourra monter à bord d'un avion sans avoir à se soumettre à 36 contrôles de sécurité ni même à s'arrêter à un comptoir pour s'identifier», prévoit-on alors. «Dans 15 ou 20 ans», la vérification de l'identité se fera à l'insu des voyageurs, grâce à la biométrie. C'était sans compter la pandémie, le passeport sanitaire, les tests PCR...

## UN PREMIER TEXTE EN INUKTITUT !

À l'occasion d'un dossier sur le Nunavik, en 2003, le magazine publie un texte de Lisa Koperqualuk, de la Société Makivik, une organisation inuite, sur deux colonnes : l'une en français et l'autre en inuktitut.



## AVERTISSEMENT PANDÉMIQUE



Alors que l'épidémie de SRAS a éclaté en février 2003 à Hong Kong et que le Canada compte plusieurs dizaines de cas, le magazine prédit la mise au point dans les années suivantes de médicaments et de vaccins ciblés. Dommage que le financement de la recherche sur les coronavirus se soit tari presque immédiatement, dès que la menace a été écartée. On s'en mord les doigts aujourd'hui.



## FRAGILE SYSTÈME DE SANTÉ

«Pas assez de lits, pas assez de médecins, pas assez d'infirmières, pas assez d'argent. Ritournelle trop bien connue qui éclipe les autres malaises dont souffre le système de santé québécois.» C'est en ces mots que le rédacteur en chef Raymond Lemieux entame son éditorial dans un numéro de 2004 consacré aux épidémies modernes que sont les cancers, le diabète et les maladies cardiovasculaires.

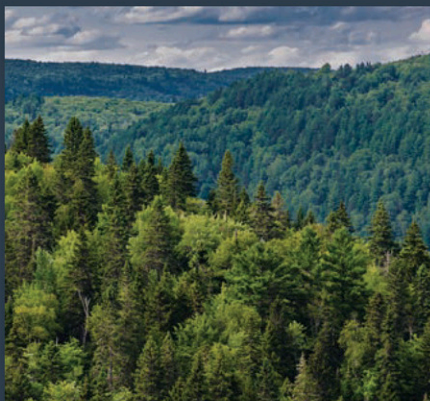
# Trois lettres qui rendent tous les progrès possibles : ADN



Optimiser la prévention, le diagnostic et la sélection des traitements



Fier d'être la ressource fiable et crédible en génomique depuis plus de 20 ans



Planter aujourd'hui les arbres adaptés au climat de demain



Produire une alimentation saine pour les générations futures



Comprendre la richesse de la biodiversité dans ses moindres détails



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

## LA FIN DE LA GUEULE DE BOIS ?

La chimie peut-elle nous concocter des drogues et alcools sans risque pour la santé et tout aussi *tripants*? Dans un article iconoclaste de 2007, des chercheurs à contre-courant proposent de troquer notre verre de bourgogne contre un cocktail à base de benzodiazépines qui n'abîmerait ni le foie, ni le cerveau, ni le cœur. Bizarrement, 15 ans plus tard, on trinque encore au champagne.



## LA SCIENCE À VÉLO

En février 2008, *Québec Science* devient la propriété de Vélo Québec Éditions, un éditeur indépendant dont les valeurs de promotion de la santé et de l'environnement rejoignent celles du magazine. À l'été, le numéro spécial sur les 400 ans de la ville de Québec fracasse tous les records de ventes en kiosque de l'histoire du magazine!



## HOMMAGE AUX DERNIERS DE CLASSE

Pourquoi l'école réussit-elle aux uns et pas aux autres? C'est la question posée en 2005 dans un numéro spécial sur l'éducation. Dans leur «Éloge des cancrès», les anthropologues Bernard Arcand et Serge Bouchard, qui font une chronique commune depuis un an en clôture du magazine, livrent un plaidoyer vibrant pour que les enseignants prennent par la main tous les élèves, pas seulement les plus «scolarisables» d'entre eux. «Car à quelqu'un qui a la tête dans les étoiles, il ne doit pas être si difficile d'enseigner la chimie de l'Univers (sa composition), sa physique (sa dynamique), sa mathématique (son langage), sa biologie (son évolution), son histoire (sa durée), sa conscience (son humanité), sa beauté (sa poésie) et sa gravité (sa philosophie)», écrit Serge Bouchard.

## VOUS AVEZ DIT « BINAIRE » ?

Quelles sont les différences entre les hommes et les femmes? Que nous dit la science sur l'égalité des sexes? Le magazine s'attaque en 2006 à ce délicat sujet en se divisant en deux parties: l'une consacrée au féminin, l'autre au masculin. Côté femme, les titres évoquent le charme, la beauté et «Madame ovule qui attend son prince». Côté homme, on parle plutôt de superhéros et de virilité. Jouons-nous sur les clichés? Ou sautons-nous à pieds joints dans le piège binaire du bleu et du rose?

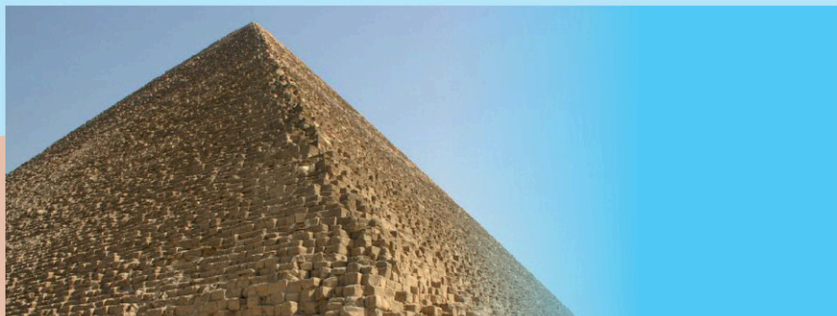
## ENCORE RATÉ...

D'ici 2026, le Québec pourra se passer des carburants fossiles. C'est ni plus ni moins ce qu'affirme un article de novembre 2006. La recette donnée pour y parvenir semble un peu dépassée: électrifier les transports, d'accord, mais miser sur l'éthanol issu du maïs pour produire du biocarburant, pas sûr...



## TOUS ESPIONNÉS

On découvre peu à peu l'envers de la médaille numérique. Internet sait tout de nous au point de pouvoir nous proposer des publicités sur mesure, d'archiver nos mots clés, de traquer nos activités en ligne et de collecter nos données personnelles, assure la journaliste Noémi Mercier en 2008. Quatre ans après le lancement du célèbre réseau social, le constat est clair: «La culture de Facebook est une culture du dévoilement.» Une tendance qui n'a pas fini de se développer, conclut la journaliste.



## LE MYSTÈRE DE KHÉOPS

Voir à travers la pierre des grandes pyramides: c'est la mission que se donne en 2010 une équipe de l'Université Laval spécialisée en thermographie infrarouge. La méthode a finalement permis de découvrir des anomalies, cachant peut-être deux cavités inconnues dans la pyramide de Khéops. Mais 10 ans plus tard, force est de constater qu'on n'a toujours pas compris comment les Égyptiens ont mené ce chantier colossal sans fer ni roue.

## DANS LE SECRET DES PARTICULES

En juillet 2012, la découverte du boson de Higgs, que les physiciens traquaient depuis 50 ans, est officiellement annoncée! Chez *Québec Science*, nous le savions déjà... Le bruit courait depuis quelques mois et nous avons extirpé certains aveux aux physiciens du CERN, l'Organisation européenne pour la recherche nucléaire, à Genève, en nous rendant sur place au printemps.



## DANS LES COULISSES DES SUPERHÔPITAUX

En 2014, la journaliste Dominique Forgette visite les chantiers du Centre hospitalier de l'Université de Montréal et du Centre universitaire de santé McGill, les futurs mégahôpitaux montréalais. Pour que tout soit fluide, de l'approvisionnement en matériel à la circulation des patients et des soignants, les ingénieurs se sont inspirés de Walt Disney World et de Toyota. «De quoi éliminer le temps d'attente à l'urgence?» se demande la journaliste... Visiblement, le problème n'était pas uniquement logistique!

## DRAME FERROVIAIRE

Le 6 juillet 2013, la tragédie de Lac-Mégantic bouleverse la province. Au lendemain de la catastrophe, malgré le peu de recul, nos journalistes tentent d'en comprendre les répercussions écologiques à moyen et à long terme.



## PORTRAIT DU FLEUVE

Le numéro de l'été 2016 est consacré à l'emblématique fleuve Saint-Laurent. C'est le dernier numéro du rédacteur en chef Raymond Lemieux, qui a connu le plus grand règne à la barre du magazine, soit 22 ans.



# 2016

**Annonce de la découverte des ondes gravitationnelles prédites par Albert Einstein**

## RÉVOLUTION EN ONCOLOGIE

Pour souligner l'arrivée de l'immunothérapie contre le cancer, la journaliste Marie-Pier Elie se rend aux États-Unis, auprès du Dr Steven Rosenberg, pionnier de ce traitement qui stimule les défenses immunitaires du malade contre les tumeurs. Elle en tire un émouvant reportage, paru en 2014, dans lequel on suit, entre autres, la rémission miraculeuse d'Emily Whitehead, âgée de six ans et atteinte de leucémie, première enfant dans le monde à être soumise à la thérapie expérimentale CAR T-cell. Ce traitement sera approuvé par Santé Canada en 2018.

## LE PHÉNOMÈNE TRUMP

La une sur Donald Trump, en novembre 2016, interrogeait la validité des modèles de prédiction électorale. À quelques jours des élections, alors qu'Hillary Clinton était donnée favorite, l'article se penchait sur la percée «surprise», et qualifiée d'improbable, du millionnaire.



## LA NAISSANCE D'UNE POUSSE

Une petite entreprise de Québec commence à faire parler d'elle en 2015 : c'est Medicago, qui compte utiliser des plantes pour mettre au point des vaccins. La jeune pharmacie nous ouvre les portes de sa serre expérimentale. Elle ne sait pas encore qu'elle sera sur le pied de guerre lors de la prochaine pandémie.

# OPTIMISTE MALGRÉ TOUT

## « La conscience humaine est l'antidote le plus efficace à l'autodestruction de notre planète. »

— L'astrophysicien Hubert Reeves qui, à 84 ans en 2017, figure pour une deuxième fois en couverture du magazine.



### La modeste révolutionnaire

L'automne dernier, la Canadienne Donna Strickland a remporté le prix Nobel de physique pour ses travaux sur les lasers.

Par Alexis Rippey

Quand elle était adolescente, Donna Strickland se passionnait pour la physique. Elle avait lu les livres de science-fiction de Jules Verne et de H.G. Wells, et elle avait lu les biographies de scientifiques comme Albert Einstein et Marie Curie. Elle avait même écrit une lettre à Albert Einstein pour lui dire qu'elle voulait devenir physicienne. Mais elle n'avait pas de professeur de physique à l'école, et elle n'avait pas de livres de physique à la maison. Elle avait donc écrit à son père pour lui dire qu'elle voulait devenir physicienne. Son père lui a répondu qu'elle devait d'abord aller à l'université pour étudier la physique. Elle a donc obtenu une bourse pour aller à l'université de Toronto, où elle a étudié la physique pendant quatre ans. Elle a obtenu un diplôme de premier cycle en physique et un diplôme de maîtrise en physique. Elle a ensuite travaillé pour la compagnie de son père, où elle a travaillé pendant dix ans. Elle a ensuite travaillé pour la compagnie de son père, où elle a travaillé pendant dix ans. Elle a ensuite travaillé pour la compagnie de son père, où elle a travaillé pendant dix ans.

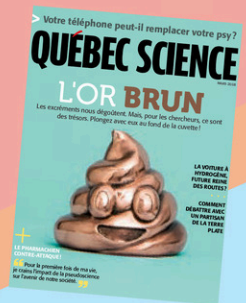
# UNE NOBÉLISÉE CANADIENNE

« Dans sa jeunesse, ma mère avait voulu poursuivre des études en mathématiques et en sciences mais, en tant que femme, elle n'en avait pas eu l'occasion. J'ai entendu cela haut et fort toute ma vie : "Tu devrais faire ce que tu veux et pas ce que les autres pensent que tu devrais faire. »

— Donna Strickland, lauréate du Nobel de physique 2018 et pionnière dans le domaine des lasers

# RUÉE SUR L'OR BRUN

Une sculpture plaquée or du célèbre émoji de matières fécales : voilà la mascotte du dossier osé et original de *Québec Science* en 2018 qui invite ses lecteurs à plonger au fond de la cuvette des toilettes. Si les excréments dégoûtent, gênent et inspirent des blagues douteuses, ils demeurent de véritables trésors pour les scientifiques. Sources de médicaments et d'énergie, ils ouvrent aussi une fenêtre sur notre microbiote. Aujourd'hui, ce numéro fait partie intégrante de l'exposition *Ô merde*, au Musée de la civilisation à Québec : il trône à l'accueil, bien en vue aux côtés d'une incontournable toilette.



# MON AMI ELPI

La découverte du premier fossile complet d'*Elpistostege watsoni* au parc national de Miguasha, en Gaspésie, a marqué les esprits. *Elpi*, pour les intimes, représente potentiellement la transition entre les poissons et les tétrapodes, avec des bourgeons de doigts dans ses nageoires. En 2014, le journaliste Joël Leblanc raconte les différentes étapes qui ont mené à l'identification du spécimen. Le professeur de l'Université du Québec à Rimouski Richard Cloutier y était cité, lui qui a également fait partie des découvertes de l'année 2020 de *Québec Science* pour une publication sur ce bon vieux *Elpi*.

# DES DÉCHETS OUBLIÉS

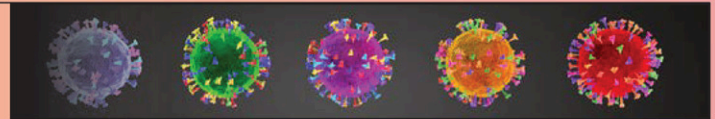
« À l'heure actuelle, personne ne connaît le taux exact de récupération des déchets électroniques au Québec. » Voilà l'un des principaux constats tirés d'une grande enquête menée en 2018 par la journaliste Mélissa Guillemette sur le destin obscur de nos vieux appareils électroniques. Elle découvre également un programme de récupération rodé, mais critiqué pour son manque de transparence ; un réseau parallèle de recycleurs qui échappe à tout contrôle ; et des exportations illégales.





Il n'y avait absolument rien de prémonitoire dans le numéro

d'octobre-novembre 2019 qui, en couverture, demandait « Prêts pour la prochaine pandémie? Elle pourrait arriver plus vite qu'on le pense. » L'équipe de *Québec Science* était plutôt au diapason de nombreux experts pour qui l'arrivée d'une pandémie n'était qu'une question de temps. La journaliste Marine Corniou avait notamment interviewé le directeur général de l'Organisation mondiale de la santé, Tedros Adhanom Ghebreyesus, qui estimait qu'un « virus respiratoire grave serait une catastrophe. Le monde n'est pas prêt à se défendre contre une telle maladie ».



## LES ANNÉES PANDÉMIQUES

En mars 2020, l'équipe sent que le devoir l'appelle. Depuis la maison, il faut couvrir la crise sanitaire et l'évolution des connaissances au sujet de ce nouveau virus qui met le monde sens dessus dessous. L'avalanche de prépublications (ces études qui ne sont pas encore révisées par les pairs), les fausses nouvelles et l'épuisement des chercheurs sont autant de facteurs qui compliquent le travail. Malgré tout, l'équipe fait preuve d'une détermination sans borne, s'attelant à comprendre la mécanique du SRAS-CoV-2, l'élaboration des vaccins et des traitements, la complexité de la réponse immunitaire, les secrets des modélisations, les conséquences de la crise sanitaire sur la santé mentale individuelle et collective...

Et la nécessité est la mère de la créativité. Sous l'impulsion de Gilles Carignan, alors directeur général du *Soleil*, une coalition de journalistes scientifiques est formée avec plusieurs collègues, dont Jean-François Cliche et Valérie Borde. Son objectif : répondre aux très nombreuses questions des lecteurs au sujet de la COVID-19. Le Dr François Marquis, chef de l'unité des soins intensifs de l'hôpital Maisonneuve-Rosemont, accepte de documenter son quotidien pour *Québec Science*, alors qu'aucun média n'avait accès aux hôpitaux ou aux CHSLD. Son récit a par la suite fait l'objet d'un livre. Ces années pandémiques ont été marquées par des hauts et des bas, mais elles ont fait la démonstration de la pertinence du magazine.

## LES ÉNIGMES QUANTIQUES




## INTRICATION, SUPERPOSITION D'ÉTATS ET QUBITS, VOUS CONNAISSEZ?

L'Institut quantique de l'Université de Sherbrooke vous invite à découvrir ces concepts en vous initiant au monde extraordinaire de la programmation quantique par l'entremise d'une série originale animée : *Les Énigmes quantiques*.

Au cours de cette série de capsules, plongez dans un univers où vous approfondirez des notions propres aux sciences quantiques et testerez votre logique.

Saurez-vous relever le défi? ►





Le bien-être de nos communautés est au cœur des préoccupations de Lily Lessard et de Marie-Hélène Morin, co-titulaires de la Chaire CIRUSSS sur la santé et les services sociaux pour les populations rurales. Les recherches poursuivies par la chaire vont de la création d'une trousse d'outils pour répondre aux impacts psychosociaux des populations touchés par des événements extrêmes (météorologiques, pandémie) à la recherche-action sur le Bien-vieillir chez-soi.

L'UQAR une université d'excellence connectée à son milieu.

L'UQAR se classe à nouveau au sommet du classement des meilleures universités canadiennes de sa catégorie en recherche. Pour une troisième fois en dix ans, l'UQAR a été désignée comme université de l'année par la firme indépendante Research Infosource Inc.

**UQAR**  
**UNIVERSITÉ**  
**DE L'ANNÉE**  
**EN RECHERCHE**  
**AU CANADA**

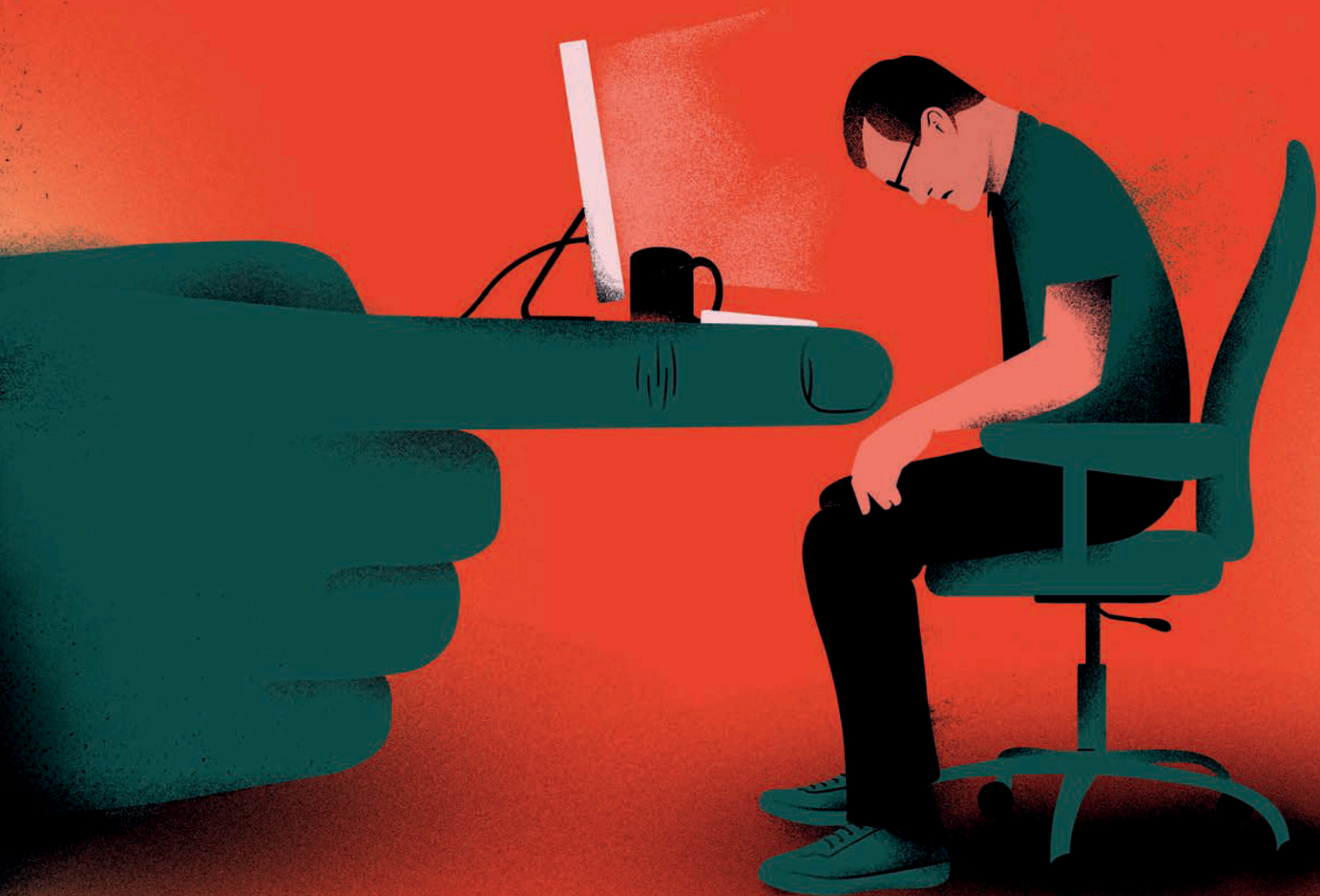
**DANS SA CATÉGORIE,**  
selon Research Infosource

**2021**

**UQAR**

uqar.ca

# DANS LES DÉDALES DE LA HONTE



La honte est une émotion universelle et puissante qui peut envahir l'esprit. Apprenons à la connaître pour la désamorcer. Ou pour l'utiliser?

**PAR MÉLISSA GUILLEMETTE**

ILLUSTRATIONS:  
SÉBASTIEN THIBAUT  
DIRECTION ARTISTIQUE:  
NATACHA VINCENT



**J**e devais avoir sept ou huit ans. L'aire des casiers de mon école était pleine d'élèves surexcités. Je sortais des toilettes quand une enseignante m'a fait remarquer qu'un long morceau de papier hygiénique traînait derrière moi, coincé à la taille de mon collant. « Comment est-ce possible? Je ne suis même pas allée aux toilettes! » ai-je clamé dans un mensonge évident ayant pour but tout aussi évident de sauver mon honneur. Je me souviens surtout de mon envie de disparaître sous le carrelage du plancher.

Ce sentiment vous dit quelque chose? La honte est une émotion universelle (sauf peut-être chez les psychopathes, dont je ne fais visiblement pas partie!). Si elle est souvent utile et saine – il faut bien apprendre à gérer son papier hygiénique –, elle a aussi un pendant nocif, qui accable les victimes d'actes malveillants ou les personnes qui sont la cible de préjugés. Le mouvement #MeToo, l'initiative du teshirt orange des survivants des pensionnats autochtones, le mouvement pour l'acceptation du

corps et les revendications de différents groupes minoritaires l'illustrent bien; ils ont tous pour visée un affranchissement de la honte et proposent même de la faire changer de camp. Car ceux et celles qui éprouvent souvent ce sentiment sont plus à risque de présenter tout un éventail de problèmes de santé mentale: dépression, anxiété, trouble alimentaire, syndrome de stress post-traumatique et trouble de la personnalité limite. La honte à long terme mine la vie – la recherche en psychologie le montre bien.

Il s'agit d'une émotion bien particulière, dit Delphine Collin-Vézina, professeure à l'Université McGill et titulaire de la Chaire de recherche du Canada junior en aide sociale à l'enfance. « Ce n'est pas une émotion primaire avec laquelle on naît, comme la colère, la tristesse ou la peur. La honte fait partie des émotions secondaires, celles qu'on apprend, qu'on se met à ressentir en relation avec les autres. C'est une émotion sociale en fait. »

---

«La honte se situe dans l'écart entre la perception de soi et la construction idéale de soi dans le monde. Plus l'écart entre les deux est grand, plus le sentiment est intense.»

– Jérôme Lapalme, psychologue

On peut facilement imaginer que, au fil de l'évolution humaine, la honte a favorisé la survie. « Elle a une fonction de maintien de l'ordre et des conventions, pour permettre d'intégrer un groupe avec des normes particulières, mais aussi pour s'assurer que les enfants apprennent les règles afin de se protéger des dangers, poursuit la professeure. On apprend par exemple aux jeunes enfants à ne pas traverser seuls la rue. Si un enfant transgresse cette règle, il pourrait avoir honte. La honte a donc sa raison d'être. »

Attention à ne pas confondre la culpabilité (sentir qu'on a fait quelque chose de mal) et la honte (se sentir mauvais). Ces émotions suivent d'ailleurs des circuits neuronaux différents, mentionne la professeure de l'Université de Melbourne Sarah Whittle, qui étudie le sujet. La honte implique deux réseaux : le premier, dit de saillance, « comprend l'amygdale et participe à la détection et au traitement des signaux de menace dans l'environnement, détaille la chercheuse. Le second

est le réseau "par défaut", qui est en partie responsable de la réflexion sur soi dans le passé, le présent et le futur ».

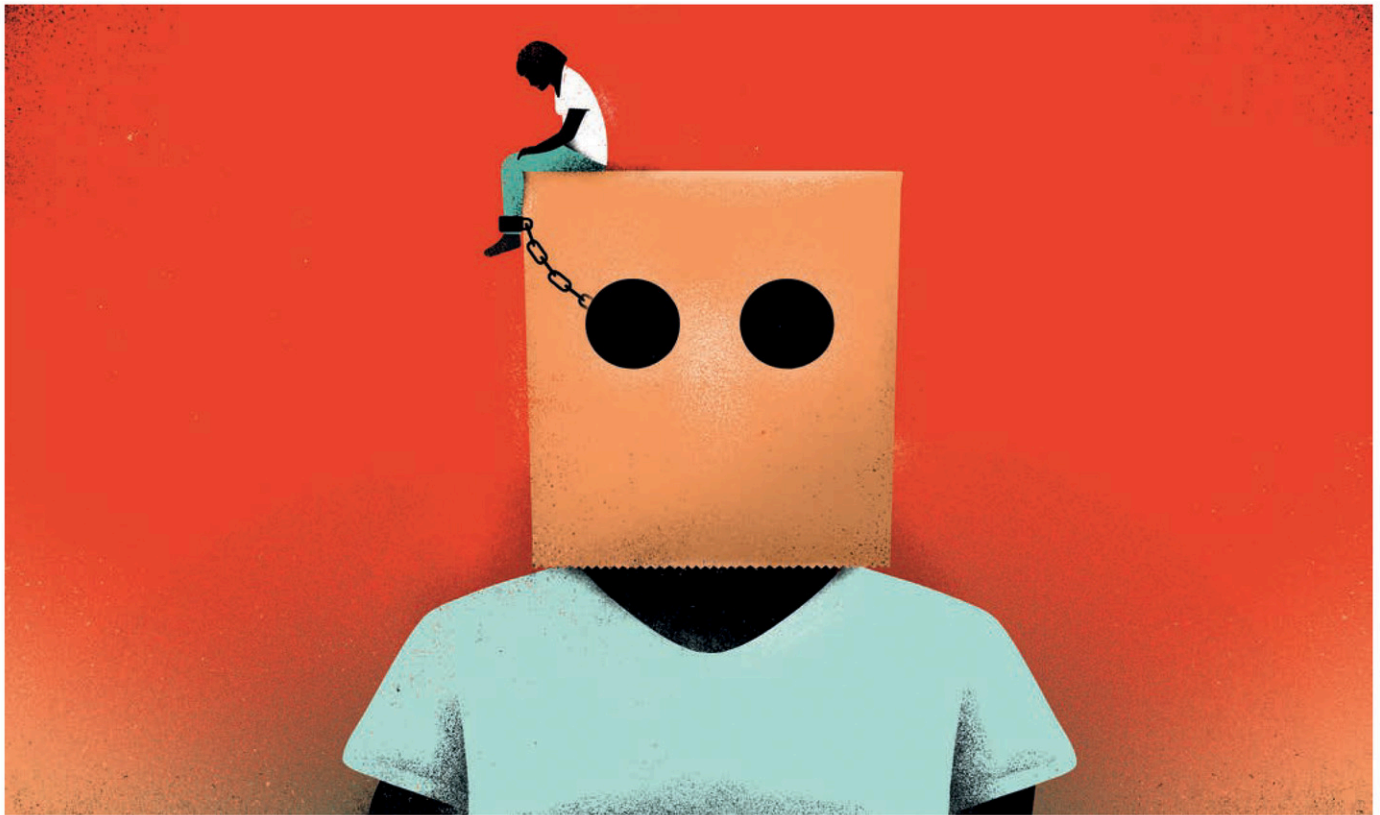
La culpabilité se concentre quant à elle dans le réseau par défaut. « La différence est que, quand nous nous sentons coupables, notre attention est davantage portée sur les autres, indique la neurobiologiste. Il est alors plus probable que nous ayons de l'empathie pour eux ; nous utilisons nos connaissances pour déterminer ce que les autres peuvent ressentir » en raison de nos actions. Si un sentiment de culpabilité excessive est souvent présent chez les personnes atteintes de dépression – c'est même un symptôme évalué lors du diagnostic médical –, son équipe cherche actuellement à vérifier si la honte ne jouerait pas un rôle encore plus grand dans cette maladie.

### UN IDÉAL À L'ÉCART

Les murs du bureau du psychologue Jérôme Lapalme, dans le Vieux-Terrebonne, ont entendu maints récits

bien plus douloureux que mon histoire datant de l'école primaire (qui m'a néanmoins suffisamment marquée pour que je me la rappelle près de 30 ans plus tard). Il explique comment cette émotion se construit, selon le champ de la psychologie. « La honte se situe dans l'écart entre la perception de soi et la construction idéale de soi dans le monde. Plus l'écart entre les deux est grand, plus le sentiment est intense. Et la honte, c'est particulièrement fort et négatif. Sur le continuum des émotions, elle est pas mal dans le *top* déplaisant ! » Le standard à atteindre peut être de l'ordre de la moralité, de la compétence ou de l'esthétique, selon la littérature scientifique.

Mais pourquoi l'écart perçu avec ce standard est-il si désagréable ? « Cela attaque directement l'égo, répond Jérôme Lapalme sans hésitation. Si la perception de soi est trop loin de la représentation voulue, c'est comme un échec de notre existence. » Une étude suisse menée en 2010 sur plus de 2 600 individus de 13 à



89 ans a d'ailleurs montré que la probabilité de ressentir de la honte est plus forte chez les adolescents, les jeunes adultes et les personnes âgées parce que ce sont des époques de la vie où le rôle social change, suggèrent les auteurs. Cette étude s'ajoute à d'autres travaux qui laissent croire que les femmes vivent davantage de honte que les hommes, peut-être en raison des stéréotypes sociétaux et culturels avec lesquels elles se comparent. Les personnes aisées, elles, ressentiraient moins cette émotion.

Jérôme Lapalme cite une grande variété d'expériences de la honte, de l'adolescente qui se trouve grosse par rapport à un idéal véhiculé dans la publicité et qui sombre dans un trouble alimentaire jusqu'à l'homme qui ne va pas bien et qui se sent humilié de consulter un professionnel de la santé. Les cas les plus frappants sont peut-être ceux d'abus sexuels. « Personne ne veut se voir comme un sujet sans défense et soumis à la volonté d'un être malveillant. Ce n'est pas l'idée qu'on veut avoir de soi-même dans le monde. »

S'il est souhaitable qu'un enfant éprouve de la honte pour avoir traversé la rue seul, personne ne voudrait qu'il vive cette émotion après avoir subi un abus ou une agression sexuelle. C'est pourtant ce qui se passe. « C'est une honte qui n'est pas un apprentissage ou une leçon, souligne Delphine Collin-Vézina, qui étudie le sujet depuis plusieurs années. L'enfant la porte comme un fardeau sans but. » Et elle ne disparaît pas lors du passage à la vie adulte. Les adultes abusés la ressentent aussi, comme en font foi le langage utilisé dans les dénonciations et les témoignages entendus pendant les procès.

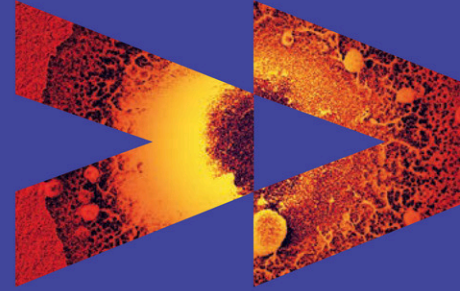
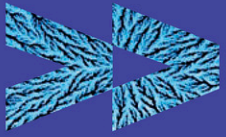
La professeure y voit deux raisons principales. D'abord, l'abus touche à la sexualité, un sujet encore tabou. « Il y a quelque chose d'un peu sale, un jugement autour de ce qui est correct et de ce qui ne l'est pas. » Le deuxième facteur est la dynamique même de l'abus sexuel : un abus de pouvoir. « Une personne impose ses propres désirs, sa propre volonté, au détriment de l'intégrité de l'autre. Et en agissant ainsi, les abuseurs responsabilisent la victime par toutes sortes

de stratégies plus ou moins subtiles, du genre "Ne le dis pas parce que si tes parents savent que tu es venue me voir ils vont te chicaner" ou "Je ne sais pas ce qui m'a pris, tu es vraiment spéciale". »

Les études de Delphine Collin-Vézina, et bien d'autres, montrent qu'un mécanisme de défense des victimes face à cette honte consiste à enterrer l'histoire « dans une petite boîte loin dans leur cœur ». Une tactique évidemment peu efficace. « C'est difficile de se libérer de la honte seul, car c'est une émotion sociale. C'est en s'ouvrant à d'autres que le sentiment d'être fautif peut être libéré; quelqu'un doit être là pour nous dire "Je ne pense pas que tu devrais ressentir de la honte, je ne pense pas que tu es responsable". » D'où l'importance pour tout le monde d'être prêt à recevoir de telles confidences et à y répondre de façon adéquate.

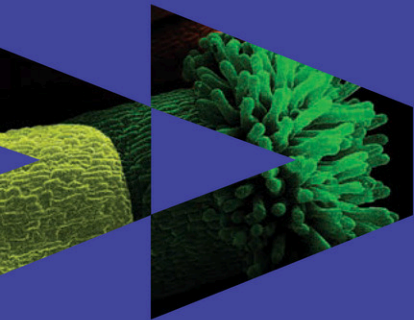
## L'IMPOSTEUR AU TRAVAIL

Cette honte de l'ordre du traumatisme est trop fréquente. Mais un autre type de



# En 2022, célébrons les sciences et la démocratisation des savoirs!

L'Acfas salue les 60 ans de *Québec Science*,  
allié incontournable pour le rayonnement  
de la culture scientifique au Québec



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

  
**Acfas**

Faire avancer  
les savoirs

## «Je ne dis pas que tous les stress au travail sont liés à la honte, mais plusieurs le sont.»

– Pernille Steen Pedersen, professeure à l'École de commerce de Copenhague

honte est omniprésente dans nos sociétés, d'après les travaux de Pernille Steen Pedersen : celle qui fleurit dans les milieux de travail. Cette chercheuse de l'École de commerce de Copenhague a écrit deux livres sur le sujet (en danois) et ils font fureur. Le premier, paru en 2016, en est à sa 11<sup>e</sup> réimpression!

Tout a commencé en 2011. Elle estimait alors qu'il manquait des morceaux dans la compréhension du stress au travail. Elle a donc interrogé des employés qui avaient été en arrêt de travail pour cause de stress ainsi que des gestionnaires supervisant des employés en détresse. «C'était presque un travail archéologique : j'essayais de trouver de nouvelles pièces!» raconte la professeure.

Les patrons parlaient d'employés qui travaillaient trop dur et qui avaient du mal à se détendre. Les employés, eux, avaient le sentiment qu'ils ne pouvaient pas faire leur travail assez bien, qu'ils ne pouvaient pas être à la hauteur de leurs propres attentes ou de celles des autres. «Il y avait une sorte de constante liée aux attentes. Mais ce n'était pas tout, il y avait aussi une impression de faute. Par exemple, si une entreprise avait réalisé des compressions et que les employés avaient

à travailler plus vite, ils s'en voulaient de ne pas réussir à atteindre leurs objectifs.» Le sentiment d'imposture, celui qui donne l'impression de ne pas mériter son poste et qui fait craindre d'être démasqué par ses collègues, était également fréquent.

Pernille Steen Pedersen a fini par faire le lien avec la honte même si le mot précis ne se trouvait pas dans ses verbatims. «Je ne dis pas que tous les stress au travail sont liés à la honte, mais plusieurs le sont», affirme la volubile chercheuse. Il semble que ce langage «parle» aux travailleurs : depuis 2016, elle reçoit une quantité impressionnante de témoignages de lecteurs qui se sentent enfin compris.

La professeure a poursuivi ses travaux et découvert que les employés qui vivent dans la honte sont imperméables aux marques de reconnaissance. «C'est tellement important pour les humains de croire en eux afin de s'épanouir. La reconnaissance est nécessaire pour y arriver.» Mais la honte bloque tout.

Le problème est relativement récent. Il émerge, selon Pernille Steen Pedersen, de la culture de la performance mesurable en entreprise, qui a cours depuis les années 1980. Pensons aux employés du mois et autres marqueurs de productivité

chiffrés. «Cela a engendré beaucoup de honte et c'est très dangereux. On devrait plutôt souligner les grands dilemmes, les apprentissages, les gestes posés. On ne peut pas célébrer la performance et après donner peu de temps aux gens pour accomplir leurs tâches; c'est trop frustrant.» La honte est d'autant plus grande que le travail est une partie de plus en plus importante de l'identité des individus. «De nos jours, la première chose qu'on demande à quelqu'un qu'on rencontre, c'est "Que faites-vous dans la vie?"»

Plus près de nous, au Centre de recherche interdisciplinaire sur le bien-être, la santé, la société et l'environnement de l'Université du Québec à Montréal (UQAM), la généticienne et ergonome Karen Messing a consacré une grande partie de sa carrière aux femmes travaillant dans des milieux traditionnellement masculins. À quelques reprises, elle a mené des entretiens de groupe avec des travailleuses d'une même entreprise pour voir si des améliorations permettraient d'attirer et de retenir la main-d'œuvre féminine ou de réduire les arrêts et accidents de travail, plus fréquents chez les femmes dans certains secteurs. Toutes ces réflexions ont nourri son dernier livre, paru en français à l'automne 2021 :

*Le deuxième corps : femmes au travail, de la honte à la solidarité.*

C'est au cours d'une rencontre avec des techniciennes en communication – les filles du câble, en quelque sorte! – qu'elle a pris conscience de l'existence de ce qu'elle et ses collègues appellent maintenant le « phénomène de la troisième heure ». Pendant la première heure de discussion, les femmes ont affirmé que tout allait bien, tandis que les chercheuses se demandaient ce qu'elles faisaient là! Durant la deuxième heure, une travailleuse a dénoncé un supérieur qui avait raconté à tout le monde qu'elle ne voulait plus aller chez un client qui lui avait fait des avances, ce qui avait fait rire ses collègues masculins. Le groupe de femmes a ensuite évoqué des outils non adaptés à leur taille, mais en ajoutant que ce n'était pas si grave.

Puis, Karen Messing a fini par suggérer l'utilisation d'une ceinture croisée à la poitrine pour mieux répartir le poids des

outils et éviter des blessures. « Elles se sont regardées avec un petit sourire et j'ai compris que j'étais vraiment à côté de la plaque avec cette idée! Elles m'ont dit d'oublier ça, qu'elles ne pourraient jamais porter cet accessoire [car il ferait ressortir leurs seins]. Elles ont alors commencé à parler de toutes sortes de difficultés; cela a ouvert une brèche. » Leur statut de femme leur faisait vivre nombre d'injustices au travail – ce dont elles ont discuté pendant cette salutaire troisième heure.

Au départ, c'est la honte qui pousse les femmes à se taire dans ce genre de réunion, tout comme dans leur milieu de travail, d'après la professeure. Après des décennies de combat pour avoir droit aux mêmes emplois que les hommes, les travailleuses ne veulent plus souligner leurs problèmes. Or, « tous les milieux professionnels et tous les outils ont évolué en fonction d'un corps masculin, rappelle Karen Messing. Il faut

changer ça! On n'a pas à avoir honte de choses qu'on n'a pas décidées, comme notre taille ou le fait d'avoir des menstruations ».

Elle-même a éprouvé de la honte à certains moments de sa carrière, dont celle de ne pas avoir répliqué à un dirigeant syndicaliste qui a fait taire les femmes qui s'exprimaient lors du dévoilement de son rapport sur les « filles du câble ». Et dans un département universitaire où de nombreux hommes étaient peu sympathiques avec elle au début de sa carrière, dans les années 1970, c'est la solidarité qui l'a fait sortir de la honte. « Il faut juste une autre personne pour ne pas ressentir la honte. Quand Donna [Mergler, une professeure de l'UQAM] et moi nous sommes découvertes, ç'a été comme une lumière. »

## DE LA DYNAMITE

Voilà qui fait écho à un essai récemment publié par le philosophe français

1<sup>er</sup> prix d'une valeur de plus de

**15 000\$**

en argent et  
en stage

Tente ta chance  
toi aussi, ça peut  
changer ta vie!

# BOURSE FERNAND- SEGUIN 2022

pour la relève en  
journalisme scientifique

PRÉSENTÉE PAR :



RioTinto



leSoleil  
NUMÉRIQUE

LA PRESSE



LEDEVOIR

CURIUM

DÉBROUILLARDS



Date limite : 13 mars 2022 / Critères et règlements : [acs.qc.ca](http://acs.qc.ca)



QUEBEC SCIENCE



et professeur de l'Institut d'études politiques de Paris Frédéric Gros : *La honte est un sentiment révolutionnaire.*

À travers l'histoire, les philosophes se sont peu intéressés à la honte, vue comme une forme de susceptibilité. Ils lui ont préféré le concept de culpabilité, perçu comme le véritable sentiment de détresse morale. Le professeur Gros refuse pour sa part de laisser le monopole de la honte à la psychologie. « Bien sûr, il existe une honte qui peut être réglée dans le cabinet d'un psychologue en racontant son histoire, dit-il en visioconférence. Mais il y a aussi une honte qui, quand elle se conjugue au pluriel, se transforme en colère politique. C'est tout simplement le fait de ne pas accepter l'état du monde tel qu'il est. Ce n'est pas la honte de soi, c'est la honte du monde ! Elle possède un noyau de l'ordre du feu, de l'étincelle et de la dynamite. » De quoi passer à l'action.

C'est la honte collective dénoncée par les femmes devant des comportements

masculins déplacés, celle de la jeune militante écologiste suédoise Greta Thunberg devant des décideurs aux actions climatiques trop timides, celle des militants du mouvement Black Lives Matter devant des opérations policières qui tuent plus souvent des personnes noires. Pour le professeur, le néolibéralisme est une grande fabrique de honte, notamment celle d'être pauvre ; là encore, l'émotion a une saveur politique.

Sur le plan individuel, Frédéric Gros souligne que la honte n'est pas indésirable ; elle contribue même à former de beaux humains. Platon a d'ailleurs écrit que « la honte est le principe directeur de l'homme de bien ». « La honte, c'est aussi la capacité à se retenir au bord de la bêtise, de la vulgarité, de l'ignominie, déclare le professeur. Le sage n'ose pas être lâche, faible ; il trouve que, par rapport à l'image qu'il se fait de la perfection, il aurait trop honte. Il existe un adjectif en français : *éhonté*. Il qualifie des gens qui n'ont pas honte,

des gens qui ne se retiennent pas, des cyniques. Personne n'a envie d'être ça ! Cela suppose quelque chose comme une valeur éthique de la honte. »

L'essai de Frédéric Gros parle aussi de la honte absurde des humains vis-à-vis de leurs excréments, qui sont un « rappel cuisant que nous ne sommes pas de purs esprits, que nos idéaux de pureté, nos rêveries de légèreté transparente se heurtent au poids du corps », écrit-il. Le sale est honteux, voilà qui explique ma réaction lors de l'épisode du papier hygiénique pris dans mon collant.

Le contenu de la cuvette peut même nous coller à la peau quand la honte se fait envahissante, indique Frédéric Gros. « Devant un sentiment d'abandon, de solitude et d'esseulement, on se dit "Je ne suis qu'une merde !" On intériorise le mépris des autres et ça, c'est terrible. »

Il termine l'entretien sur de sages paroles. « N'ayez pas honte de me recontacter en cours de rédaction si vous avez des questions ! » Promis. ●



**Le personnel professionnel  
en recherche et santé**

Une expertise  
**ESSENTIELLE**  
pour traverser la crise

**SPGQ**

Institut national de psychiatrie légale Philippe-Pinel, Institut national d'excellence en santé et services sociaux, Corem

lait

PRÉSENTE

GO

FESTIVAL  
GO VÉLO MTL

EN COLLABORATION AVEC

Desjardins

GO

VÉLO

MTL



DIM 29 MAI  
DÉFI MÉTROPOLITAIN



VEN 3 JUIN  
TOUR LA NUIT



DIM 5 JUIN  
TOUR DE L'ÎLE DE MTL

INSCRIVEZ-VOUS  
[velo.qc.ca](http://velo.qc.ca)

UN ÉVÈNEMENT DE  
Vélo Québec

sports experts

PARC OLYMPIQUE

ENERGIE 94.3

107.3 rouge

LA PRESSE

Montréal

Québec

# L'ART DE LA MESURE

Dans un monde en pleine mutation, il faut des ancrages et des repères. C'est le rôle du système international d'unités, socle indispensable au bon fonctionnement des technologies, du commerce, des communications...

Un langage planétaire, quoi! **PAR MARINE CORNIOU**



deux pas des grandes artères routières qui ceinturent Paris, le parc de Saint-Cloud et ses allées de marronniers centenaires font l'effet d'un havre de paix. L'ancien domaine royal semble figé hors du temps. On n'a aucun mal à imaginer Louis XIV et sa cour festoyer au pavillon de Breteuil, un bâtiment blanc qui surplombe la Seine. « Ce pavillon a été construit en 1672; il a plus tard été restauré et utilisé par Napoléon Bonaparte, endommagé lors de la guerre contre les Prusses, puis menacé par les bombardements de la Seconde Guerre mondiale », énumère Céline Fellag Ariouet, notre guide pour la journée, en arpentant les jardins en terrasses.

Cette doctorante en histoire des sciences est ici dans son élément, car le lieu a également vu défiler des hordes de savants et de Prix Nobel de physique, de Dmitri Mendeleïev à Marie Curie en passant par Louis de Broglie et Albert A. Michelson. C'est que, depuis 1875, le pa-

villon de Breteuil est le siège du Bureau international des poids et mesures (BIPM), l'une des plus anciennes organisations internationales. Son rôle : conserver, améliorer, diffuser et coordonner le système mondial de mesures.

Si le monde tourne à peu près rond et si les échanges commerciaux sont possibles entre pays, si les industries s'internationalisent, si la médecine et la science sont à ce point avancées, si la planète est connectée, c'est parce que l'humanité mesure tout ce qui est mesurable avec les mêmes unités. Une cohérence qu'on doit au BIPM, qui rassemble aujourd'hui 63 États membres, dont le Canada depuis 1907, et 39 États et économies associés. Son travail est loin d'être achevé : la prochaine grande conférence, qui aura lieu en novembre, abordera des questions fondamentales comme la nécessité de garder le temps des horloges aligné sur la rotation de la Terre – ou pas.

Ce sont le kilogramme, le mètre et la seconde qui ont posé les jalons de la métrologie, la science de la mesure, il y a près de 150 ans. Dans la grande salle du pavillon, aux bibliothèques remplies de vieux volumes de l'Académie des sciences, une solide barre en métal représente le mètre étalon, première référence universelle de longueur. Sur la même table trône sous une cloche en verre un petit cylindre de 3,9 cm de haut et de large. « C'est le prototype international du kilogramme, constitué de 90 % de platine et de 10 % d'iridium », détaille Céline Fellag Ariouet, qui fait justement sa thèse sur l'histoire du BIPM et travaille comme assistante de direction pour l'organisation. Ce cylindre est en fait une copie; l'étalon original, fabriqué en 1889 et surnommé le « grand K », est conservé sous une triple cloche dans un coffre bien gardé du BIPM. L'objet n'en est pas moins émouvant, quand on pense que toutes les balances du monde



Médaille gravée en 1837 portant l'inscription «À tous les temps, à tous les peuples», proposée par la Convention du mètre pour montrer le caractère universel du système métrique.

ont été calibrées indirectement grâce au grand K. En pratique, six copies servent de références secondaires, mais l'objet initial est la référence suprême, sur laquelle tous les pays se sont alignés pour fabriquer leurs propres étalons.

Ainsi, le système mondial de mesures est une longue chaîne ininterrompue d'étalonnages qui permet au mètre péruvien de mesurer la même chose que le mètre allemand ou au kilo russe de peser autant que le kilo chinois. C'est pareil pour toutes les unités de base, au nombre de sept : le kilogramme, le mètre, la seconde, l'ampère (intensité électrique), le kelvin (température), la candela (intensité lumineuse) et la mole (quantité de matière). C'est à partir de ces grandeurs que sont dérivées une vingtaine d'autres, comme la pression, l'énergie, la puissance, la fréquence...

« Mesurer, c'est comparer avec une référence, rappelle Marc Himbert, directeur scientifique du Laboratoire commun de métrologie (LNE-Cnam), l'un des quatre laboratoires nationaux de métrologie français. Une mesure n'est jamais parfaite ; ce qui est important, c'est d'avoir confiance dans l'estimation qui est faite et de quantifier l'incertitude. On n'aura pas exactement la même valeur partout, mais ce n'est pas grave à condition d'établir les degrés d'équivalence entre les différents pays. »

Chaque pays membre dispose donc d'un laboratoire national de métrologie qui fait office de référence et qui se fie au chef d'orchestre qu'est le BIPM. Certains artefacts et appareils de mesure voyagent ainsi d'un pays à l'autre pour que tout le monde puisse se comparer avec la même base. Chez nous, c'est le Conseil national de recherches du Canada (CNRC), à Ottawa, qui se charge d'accorder les mesures d'un océan à l'autre.

Ces laboratoires de haut niveau possèdent pour chaque unité (ou presque) des prototypes nationaux et calibrent des étalons secondaires pour les laboratoires et industries de leur pays. À leur tour, les étalons secondaires servent de référence aux étalons tertiaires et ainsi de suite. Quand on mesure la température d'un enfant malade, à la maison, le thermomètre a été étalonné grâce à cette « cascade » de

comparaisons successives. Idem quand on pèse ses pommes au marché ou qu'on achète une ampoule à éclairage plus ou moins tamisé.

## DU CHAOS À L'ORDRE

Si ces gestes nous paraissent banals, ils reposent en fait sur des décennies de discussions houleuses, de casse-têtes scientifiques et de procédés méticuleux sans cesse peaufinés. Car uniformiser les mesures dans le monde n'a pas été – et n'est toujours pas – une mince affaire. Le Canada en est d'ailleurs une preuve, avec son maintien têtu des pouces, des livres et des pintes en parallèle des centimètres, kilos et litres... C'est encore pire aux États-Unis, où l'on s'obstine à utiliser le système anglo-saxon dans la vie quotidienne malgré l'adoption officielle du système métrique, ce qui n'est pas sans conséquence. En 1999, la sonde *Mars Climate Orbiter* a été perdue lors de sa mise en orbite autour de la planète rouge à cause d'une bête erreur de conversion d'unités dans le logiciel de navigation. Des ingénieurs de Lockheed Martin, sous-traitant de la NASA, avaient fait leurs calculs de forces avec des livres et non pas des kilogrammes...

C'est pourtant afin de mettre fin au chaos que le système métrique a vu le jour, au sortir de la Révolution française. À l'époque, rien qu'en France, on comptait 800 unités : pieds, pieds du roi, toises, lieues, aunes, arpens, pouces, grains... Pire, d'une ville à l'autre, la valeur de chaque unité variait, si bien qu'on estime que 250 000 références de masse, de volume et de longueur ont pu se côtoyer dans le royaume – une prolifération inventive également observée ailleurs en Europe. Ces variations étaient source d'iniquité, de fraudes... et de grogne populaire.

En 1790, portés par l'élan d'universalité de la Révolution, les savants français ont proposé un système reposant sur le mètre, dont la longueur correspond au dix-millionième du quart du méridien terrestre. Le kilogramme, lui, fut défini comme la masse d'un décimètre cube d'eau à une température précise. L'idée : abandonner les coudées et autres mesures approximatives pour utiliser des dimensions invariables, issues de la nature. Les nouveaux poids et mesures peineront tou-

tefois à s'imposer dans la vie quotidienne, jusqu'à ce que la révolution industrielle force le consensus. « En 1875, 17 nations ont signé la Convention du mètre [le traité fondateur du BIPM]. Ces pays avaient de grandes colonies et représentaient donc une large fraction du monde », indique Martin J. T. Milton, directeur du BIPM depuis 2013.

Loin d'être un long fleuve tranquille, le système international d'unités (SI) n'a cessé d'évoluer. Aux trois premières unités se sont ajoutées de nouvelles références en même temps qu'on découvrait l'électricité, la chimie, les rayonnements ionisants... « Les gens tiennent les mesures pour acquises, souligne Georgette Macdonald, directrice générale du Centre de recherche en métrologie du CNRC. En fait, c'est un système dynamique. Il faut constamment inventer des méthodes de mesure adaptées aux technologies qui arrivent sur le marché ou aux nouveaux défis comme les changements climatiques. Prenons la température des océans par exemple : comment la mesure-t-on ? Où ? Tout cela demande beaucoup de recherche. »

## DÉMATÉRIALISATION

Alors que les technologies se miniaturisent et se complexifient, les mesures doivent être de plus en plus précises. Que ce soit en médecine, en optique, en physique fondamentale, en informatique quantique ou dans n'importe quelle discipline, on jongle davantage avec les microgrammes, les nanomètres et les femtosecondes qu'avec les bons vieux étalons historiques. Si bien qu'au fil des ans les métrologues, qui sont en majorité physiciens, ont dû revoir les définitions de toutes les unités pour qu'elles ne dépendent plus d'objets physiques, par essence imparfaits, « érodables » et disponibles en un seul lieu, comme le grand K. Celui-ci a d'ailleurs perdu 50 microgrammes par rapport à ses copies témoins, malgré les précautions prises pour le protéger.

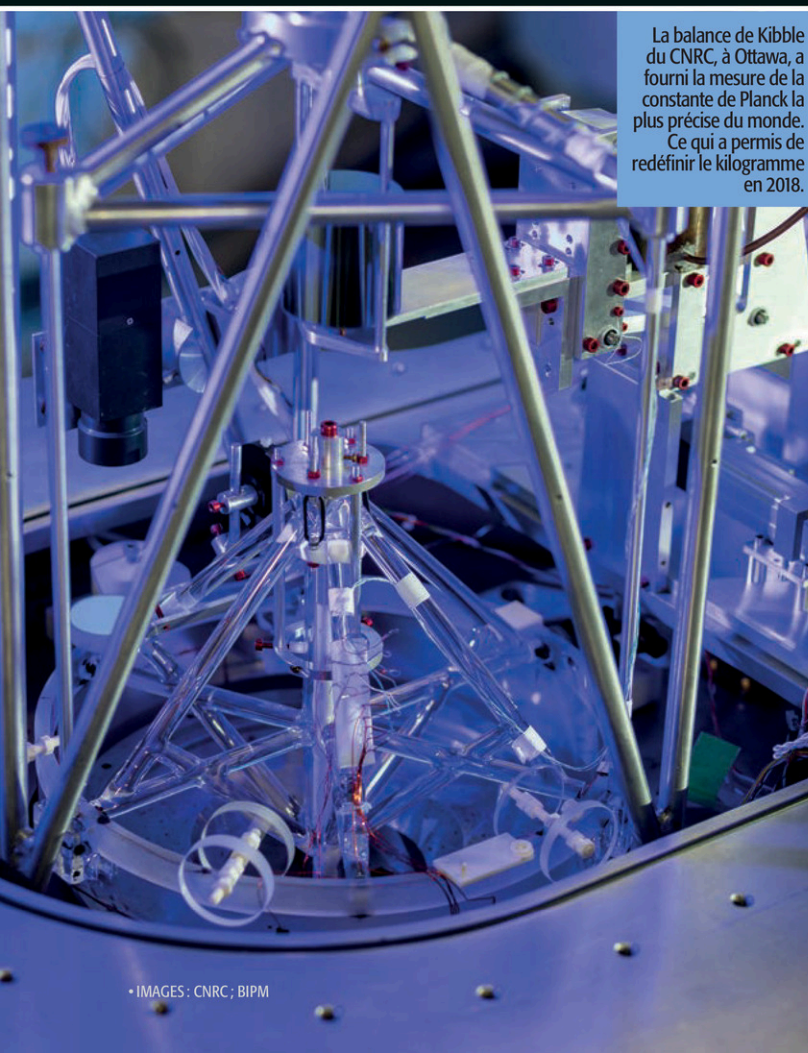
Pour s'affranchir des objets, il a donc été décidé que les mesures devraient plutôt dépendre de constantes fondamentales de théories physiques, comme la vitesse de la lumière. L'ambition est la même qu'en 1790, mais il aura fallu attendre plus de deux siècles d'avancées théoriques et expérimentales pour y parvenir complètement !



L'horloge à fontaine d'atomes de césium du CNRC fait partie des rares étalons mondiaux primaires pour la seconde. Les atomes de césium sont « lancés » vers le haut de l'enceinte à vide et refroidis par laser. La mesure de fréquence de leurs « oscillations » est effectuée au cours de leur retombée par gravité, d'où le nom de fontaine atomique.



Kilogramme étalon en platine iridié déposé au pavillon de Breteuil, à Sèvres. Il continuera d'exister comme moyen tangible d'élaborer des étalons secondaires, mais plus comme étalon de base.



La balance de Kibble du CNRC, à Ottawa, a fourni la mesure de la constante de Planck la plus précise du monde. Ce qui a permis de redéfinir le kilogramme en 2018.

Le pavillon de Breteuil, à Sèvres, siège du Bureau international des poids et mesures



« Dans les années 1960, on a relié la définition du mètre à la longueur d'onde émise par une lampe orange au krypton [un gaz qui émet l'une des radiations avec des lignes spectrales précises] », mentionne Céline Fellag Ariouet devant divers objets de mesure historiques réunis dans un petit musée du BIPM. Depuis 1983, le mètre est plutôt défini comme « la longueur du trajet parcouru dans le vide par la lumière pendant une durée de  $1/299\,792\,458$  de seconde ». Il est donc « raccordé » à la seconde, qui a également vu sa propre définition changer en 1967 : elle n'est plus une fraction du jour terrestre, elle est plutôt calculée en fonction des oscillations de certains atomes.

Ce n'est toutefois qu'en 2018 que le kilogramme a pu être « dématérialisé » à son tour, après plus de 20 ans de discussions et d'expérimentations. Adieu, le grand K ! La

masse repose désormais sur une constante de la physique quantique, celle de Planck, qui n'a à priori pas trop de rapport avec le poids des choses, mais tout ici est histoire d'équations. Georgette Macdonald se souvient avec émotion de la réunion qui a acté ce bouleversement. « C'était fantastique, il y avait les représentants politiques, les scientifiques, le physicien qui a eu l'idée de la redéfinition... Plus besoin aujourd'hui d'aller au BIPM pour se caler sur l'étalon. Maintenant, on peut réaliser l'étalonnage dans notre laboratoire pour des masses de un kilogramme, mais aussi directement de un gramme ou moins, car on ne dépend plus d'objets qu'il faut subdiviser. Cela ajoute de la précision dans les petites masses », dit-elle.

Ce sont d'ailleurs le Canada, les États-Unis et la France qui ont contribué, scientifiquement, à cette redéfinition. Car il a d'abord fallu fixer expérimentalement la valeur de la constante de Planck, de la même manière qu'il a fallu établir la valeur de la vitesse de la lumière dans le vide pour définir le mètre. Et seules les équipes de ces pays ont atteint le seuil de précision nécessaire. « C'est nous qui avons obtenu la mesure la plus précise ! » se félicite Georgette Macdonald.

Pour relier la constante de Planck à la masse, les métrologues ont utilisé deux approches : des sphères de silicium (dans lesquelles on compte le nombre d'atomes pour en déduire indirectement la constante) et des balances du watt ou de Kibble. « Il existe sept ou huit balances de ce type dans le monde », précise Michael Stock, directeur du Département de la métrologie en physique du BIPM. Celle qu'il nous montre consiste en un cylindre de plus de deux mètres de haut, avec des ouvertures rappelant les vieux scaphandres en cuivre. L'apparence antique est trompeuse : il s'agit d'un bijou de technologie dernier cri fabriqué maison. « C'est un peu comme une balance normale, mais on compare d'un côté une masse [un kilogramme en l'occurrence] avec de l'autre un champ électromagnétique produit dans une bobine parcourue par un courant électrique », explique le scientifique.

En incluant dans les calculs certains effets quantiques, cette comparaison

entre puissances mécanique et électrique permet d'obtenir avec précision la valeur de la constante de Planck et de la fixer, c'est-à-dire de s'accorder sur une valeur qui réduira ensuite au maximum l'incertitude des mesures. « Le miracle, c'est qu'on a établi un lien entre les mondes microscopique et macroscopique. L'expérience est très sensible, notamment aux variations du champ gravitationnel. On a dû tenir compte de la position de la Lune et de l'influence de la colline à côté », explique Michael Stock.

Maintenant que ces « détails » sont réglés, la balance du BIPM peut servir à étalonner des kilogrammes physiques. Dans les prochaines semaines, elle sera mise à contribution en tant que point de référence pour neuf laboratoires d'autant de pays. « On calculera une sorte de moyenne des étalonnages et c'est ce qui servira de base. Quand on aura atteint le consensus, chaque pays pourra utiliser sa propre balance pour étalonner ses masses. » Car en pratique, les industries continuent de recourir à des étalons physiques et il faut donc calibrer des objets secondaires pour « disséminer » ensuite la bonne valeur. « La redéfinition n'a rien changé à l'instrumentation pratique et c'était le but. Mais pour "réaliser le kilogramme" au niveau primaire, désormais, il faut une balance de Kibble », résume Michael Stock. De fait, le kilo pèse toujours un kilo, mais il est stable.

Dans la foulée, en 2018, le kelvin, la mole et l'ampère ont eux aussi été revus. L'unité de température est maintenant liée à la constante de Boltzmann, qui fait le lien entre l'énergie des atomes d'un gaz et leur température. La mole (quantité de matière) est pour sa part reliée à la constante dite d'Avogadro et l'ampère à la charge de l'électron.

Cette révolution majeure a eu l'avantage de rendre les unités de base interdépendantes : toutes (sauf la mole) peuvent être exprimées à partir de la seconde. Ainsi, la fameuse constante de Planck s'écrit  $6,626\,070\,150 \times 10^{-34}$  kg.m<sup>2</sup>/s. « Avec ces nouvelles définitions, on peut mesurer d'autres grandeurs, par exemple en électricité ou en mécanique, en se reportant à des mesures de durée, qui sont d'une très haute exactitude », note Marc Himbert.

## MONDE CHIMIQUE

La petite fiole qu'Isabelle Rajotte tient dans sa main est un étalon, une référence sur laquelle d'autres laboratoires se baseront pour leurs mesures. Ce qu'elle contient ? Exactement 1 mg/ml de THC, substance active du cannabis. « Depuis quelques années, on fait beaucoup de mesures standards sur le cannabis en collaboration avec Santé Canada », explique la jeune chercheuse du CNRC en déambulant au milieu des spectromètres de masse. Le ministère avait en effet besoin de repères fiables en vue de la légalisation en 2018 et continue de vérifier les produits commerciaux. Car pour quantifier une molécule, il faut encore une fois que les divers laboratoires puissent se comparer avec une source fiable : c'est le principe de la métrologie chimique, qui a des applications fondamentales en sécurité alimentaire, agriculture, santé et médecine légale. « Il faut un étalon différent pour chaque molécule. Ça ne finit jamais ! Ici, nous avons des standards pour plus d'une centaine de molécules, dit-elle. Il s'agit souvent de substances nocives comme les toxines, les métaux lourds, les pesticides. »

## UN ÉTERNEL CHANTIER

Véritable pilier du SI, la seconde est le prochain gros chantier des métrologues et devrait repasser d'ici quelques années au moulinet de la redéfinition. Autrefois, elle était définie par la rotation de la Terre, qui n'est pas régulière. Elle repose aujourd'hui sur une propriété de l'atome de césium, qui « vibre » avec une fréquence si régulière qu'on peut se caler dessus pour égrener le temps. Les vibrations sont en réalité un changement de niveau d'énergie des électrons excités par des micro-ondes qui se produit très précisément 9 192 631 770 fois par seconde. À Ottawa, les gardiens du temps comptent ainsi sur six horloges atomiques commerciales et une « fontaine de césium », qui est un dispositif expérimental avec lequel on peut obtenir une fréquence extrêmement précise et stable et qui sert d'étalon primaire. En 100 millions d'années, ce type de compteur ne dériverait même pas d'une seconde. Dans le monde, il n'en existe qu'une dizaine – celui du CNRC est une sorte de réservoir vertical en inox, où « flottent » des atomes de césium refroidis, relié à un système de lasers. « Le temps est la quantité physique qu'on mesure avec le plus de précision », confirme Pierre Dubé, spécialiste du temps au CNRC.

Son équipe vise encore plus haut et essaie de mettre au point une horloge dite optique qui devrait être 100 fois plus précise. En excitant les atomes avec des lasers plutôt qu'avec des micro-ondes, on les fait osciller 100 000 fois plus vite et l'on gagne donc en précision. « Notre but est de piéger un seul ion de strontium dans le vide pour l'isoler des perturbations externes, puis de détecter la fluorescence qu'il émet selon son état quantique », détaille le chercheur dans une salle obscure où il peaufine son dispositif. Il indique que plusieurs autres horloges optiques sont en développement dans le monde, avec des atomes d'aluminium, d'ytterbium, de calcium, de mercure... Les jeux sont ouverts!

Cet objectif de précision paraît exagéré, mais « c'est parce qu'on a amélioré notre façon de mesurer le temps qu'on a pu concevoir le GPS par exemple », illustre Georgette Macdonald. Et nous aurons besoin d'encore plus de finesse pour nos

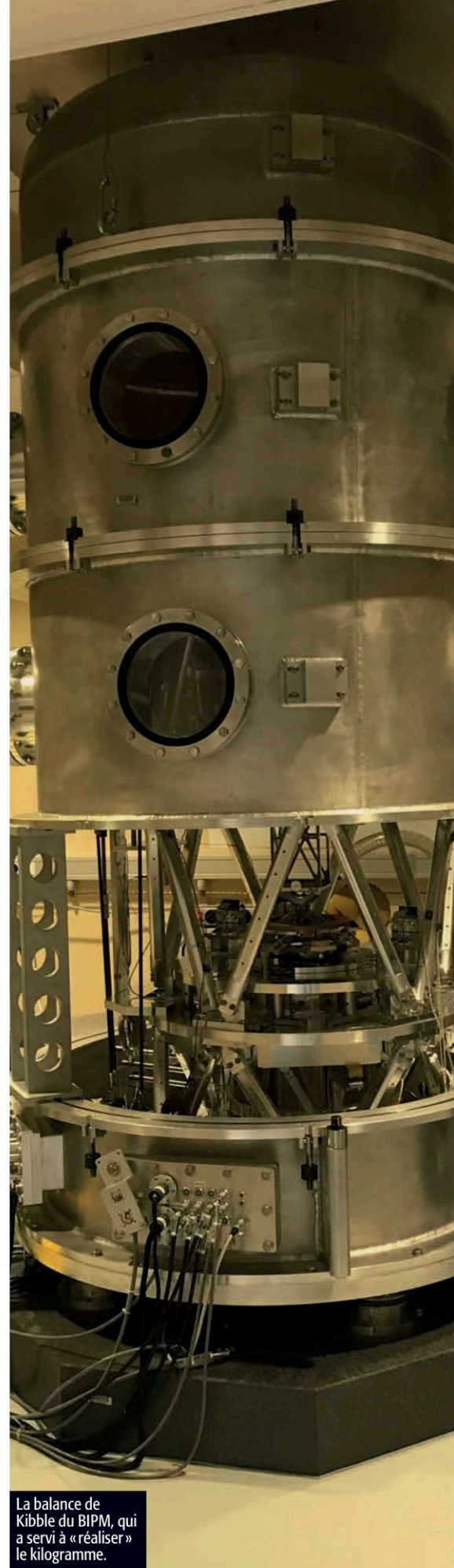
prochaines révolutions technologiques. À commencer par l'arrivée de l'ordinateur quantique. Au LNE-Cnam, Laurent Pitre, spécialiste de la métrologie thermique, travaille justement sur un « réfrigérateur à dilution ». Cette machine complexe qui occupe une pièce entière permet de mesurer des températures proches du zéro absolu, auxquelles se manifestent les phénomènes quantiques. « Il n'y a que trois laboratoires dans le monde qui servent de références pour des températures inférieures à 1 K. Ce n'est pas simple : de 0,07 K à 273 K [soit entre le voisinage du zéro absolu et 0 °C], il y a un facteur de 40 000, soit un même ordre de grandeur qu'entre nous et le cœur des étoiles », dit-il.

L'avenir de la métrologie se trouve dans ces extrêmes, assure Marc Himbert. « On travaille à étendre les méthodes de mesure pour qu'elles s'appliquent à des échelles plus larges, qu'on parle du quantique, des très hautes températures pour les procédés industriels ou des mesures dans les nano- et microsystèmes. »

À ce chapitre, le monde mouvant des molécules biologiques, plutôt effrayant pour les métrologues-physiciens, est le prochain territoire à défricher. C'est ce que veut entreprendre Martin J. T. Milton au BIPM. « La pandémie nous a rappelé à quel point les mesures en biologie et en biochimie sont importantes. Nous allons nous attaquer à cette grande question. Comment utiliser les unités de mesure pour quantifier les particules virales, l'activité biologique, le taux d'anticorps? Pour avoir des tests diagnostiques in vitro comparables d'un pays à l'autre? »

Le directeur souhaite également qu'encre plus de pays rejoignent les rangs de son organisation et participent à ses débats scientifiques, à la hauteur de leur savoir-faire et de leurs moyens. « En mai 2025, le BIPM fêtera ses 150 ans. Il nous faut revoir la vision d'universalité pour inclure plus de pays en développement, qui sont sous-représentés », plaide-t-il.

Au 19<sup>e</sup> siècle, la fondation du système métrique a été scellée par la création d'une médaille sur laquelle on a gravé : « À tous les temps, à tous les peuples. » Une *unité* dont on a plus besoin que jamais. ●



La balance de Kibble du BIPM, qui a servi à « réaliser » le kilogramme.

## LE DÉPARTEMENT DU TEMPS



Sur le toit d'un des bâtiments du BIPM, une dizaine de petites antennes circulaires se dressent vers le ciel. Elles sont les garantes de l'heure du monde : elles collectent des données satellites via une quinzaine de récepteurs, des boîtes rectangulaires reliées par un fouillis de câbles dans une petite salle ressemblant à un centre informatique.

C'est ici qu'est calculé le temps universel coordonné (UTC), en combinant les données d'environ 450 horloges de référence situées dans 85 laboratoires tout autour de la Terre. « Notre travail est surtout théorique ; on fait une sorte de moyenne de ces horloges. Même si elles sont très précises, il y a de petites fluctuations, parfois des anomalies,

donc il faut pouvoir les comparer », explique Patrizia Tavella, directrice du Département du temps au BIPM. Si l'on voyageait autrefois avec les horloges, on les compare désormais avec les systèmes de satellites conçus pour le positionnement.

Comme les satellites ont à leur bord des horloges atomiques synchronisées, l'idée est simple : « Le laboratoire de métrologie chinois voit le satellite GPS n° 22 et mesure la différence entre l'horloge de son laboratoire et l'horloge du satellite. Au même moment, le CNRC voit le même satellite et fait la même mesure ; on a donc une référence commune », illustre l'experte.

Seul hic : les calculs pour produire le « temps atomique international » sur la base de ces données sont longs à effectuer. « On donne à posteriori l'heure d'il y a un mois. Ce que le BIPM publie mensuellement, c'est la différence entre le temps international et le temps de chaque pays, obtenu le mois précédent en temps réel par les laboratoires nationaux. Si le Canada constate que son UTC a 35 nanosecondes de retard sur le temps atomique, il peut faire la correction pour le mois suivant. »

Le système est bien rodé, mais il est encore l'objet d'importants débats. « Dans les années 1960, on se disait que le temps civil, qui servait pour la navigation, devait tout de même rester lié à la rotation de la Terre. Or, le jour de la Terre est un peu plus

## LA LONGUE QUÊTE DE LA PRÉCISION

1790

Un décret visant à uniformiser les mesures est adopté juste après la Révolution française. On souhaite que le roi d'Angleterre appuie la démarche.

1791

Naissance du mètre (qui équivaut à la dix-millionième partie du quart du méridien terrestre). Il faudra sept ans pour mesurer la longueur du méridien entre Dunkerque et Barcelone, par des opérations de triangulation.

1795

Un décret institue le système métrique décimal en France.

1799

Deux étalons en platine pour le kilogramme (un prédécesseur du grand K) et le mètre sont fabriqués.

1840

Le système métrique, qui peine à s'imposer, devient obligatoire en France.

1867

Un comité des poids et mesures et des monnaies voit le jour à l'Exposition universelle de Paris. Ce type de foire, qui met de l'avant les innovations techniques, joue un rôle crucial dans la diffusion du système métrique.

1875

Signature de la Convention du mètre par 17 nations et création du BIPM, qui doit conserver les prototypes et fabriquer les étalons nationaux autour de trois unités : le mètre, le kilogramme et la seconde.

long que la journée atomique. On a donc décidé de corriger légèrement le temps atomique international afin qu'il reste en accord avec la rotation de la Terre : c'est ce qui donne l'UTC», détaille Patrizia Tavella. À 27 reprises depuis 1972 (la dernière fois en 2016), il a donc fallu ajouter une seconde aux horloges atomiques : c'est ce qu'on appelle les secondes intercalaires.

Ces ajouts mettent un joyeux bazar dans les systèmes informatiques, qui ne sont pas conçus pour des minutes à 61 secondes. Résultat : le système GPS, né dans les années 1980, a décidé de ne pas ajouter de secondes intercalaires. «Les horloges GPS sont 18 secondes en avance par rapport à l'UTC; idem pour le système européen Galileo. Le système russe, lui, s'est synchronisé; le système chinois, né plus tard, a un décalage de 4 secondes. Il y a une confusion énorme! Et dans les systèmes de navigation, la synchronisation est cruciale. Une erreur de 10 nanosecondes, ça correspond à une erreur de trois mètres au sol... On aimerait supprimer ces secondes intercalaires et en discuter à la conférence de cette année», indique la chercheuse.

Si l'on découple la rotation de la Terre et l'heure atomique, les horloges finiront par dire qu'il est midi alors qu'il fait nuit sur Terre, dans des milliers d'années. Est-ce le prix à payer pour remettre les pendules à l'heure?



Dans un laboratoire du LNE-Cnam, une cellule de quartz remplie d'eau pure est utilisée pour étalonner les thermomètres grâce au point triple de l'eau.

## ÇA CHAUFFE !

Le laboratoire de thermométrie du LNE-Cnam, en banlieue de Paris, étalonne environ 1 000 thermomètres industriels ou de recherche chaque année, qui constitueront eux-mêmes des références pour d'autres thermomètres. Le processus repose sur des repères appelés «points fixes» qui servent de références pour des températures allant de 0 à 961,78 °C (oui, les degrés Celsius s'imposent dans les laboratoires de métrologie, même si les kelvins sont l'unité officielle!).

En pratique, il s'agit de bacs, fours, bains de glace où sont plongés des thermomètres. Les scientifiques se calent sur des propriétés physiques (point de fusion, de congélation...) de métaux les plus purs possibles et de l'eau. Ainsi, le point de fusion du gallium se situe à 29,7646 °C et le point de congélation de l'indium à 156,5985 °C. Mais c'est le «point triple de l'eau», une valeur unique à 273,16 K (0,01 °C) à laquelle l'eau existe simultanément dans ses phases solide, liquide et gazeuse, qui aide à définir l'unité de température kelvin. De longs tubes en quartz contenant de l'eau sous ces trois phases sont utilisés au laboratoire et parfois expédiés à l'étranger dans un souci d'homogénéisation internationale.

1935

Ajout de l'ampère pour les paramètres électriques et magnétiques.

1954

Ajout du kelvin et de la candela.

1960

Adoption du nom «système international d'unités». Le BIPM devient le garant de l'uniformité du système mondial de mesures.

1970

Le gouvernement canadien dépose un livre blanc sur la conversion du pays au système international d'unités.

1971

Ajout de la mole, unité de quantité de matière, en réponse à l'essor de la chimie.

2022

Les Canadiens achètent toujours leur viande hachée à la livre et connaissent leur taille en pieds et pouces...



Les sept unités de base du SI (kilogramme, mètre, seconde, ampère, kelvin, mole, candela) et les constantes dont elles dépendent.



Les installations du CTTEI à Sorel-Tracy

# UNE SOLUTION AU TRAITEMENT DES BOUES MUNICIPALES À SOREL-TRACY

L'oxydation hydrothermale, une manière moins coûteuse et polluante de se débarrasser des boues municipales, acquiert actuellement ses lettres de noblesse dans la région de Sorel-Tracy.

**O**n désigne par le terme *boue municipale*, politiquement correct – et franchement moins dégoûtant, – le principal déchet produit par les quelque 800 stations d'épuration du Québec à partir des eaux usées domestiques. Dans les petites agglomérations, cette matière organique à la texture pâteuse s'obtient à la suite

d'un long séjour des eaux usées dans de gros bassins où les solides se dégradent à l'air libre sous l'activité de microorganismes. Le processus, assez long, mène à l'accumulation de boues au fond des étangs.

Après quelques décennies, l'amoncellement devient trop important et il faut procéder à la vidange des bassins. Cette opération implique entre autres des centaines de voyages en camion jusqu'au lieu d'enfouissement, d'incinération ou,

au mieux, de recyclage par épandage. Complexe, coûteuse et à l'origine d'émissions considérables de gaz à effet de serre, elle occasionne bien des maux de tête aux administrations municipales. Parlez-en à celles de L'Assomption et de Saint-François-du-Lac, qui sont passées par là dans les dernières années.

## UNE SOLUTION DE RECHANGE

La récente inauguration d'un laboratoire de technologies propres à Sorel-Tracy, une ville de 35 000 habitants de la Montérégie, pourrait néanmoins changer la donne. Le laboratoire d'oxydation hydrothermale (OHT), qui s'intéresse également aux fluides supercritiques (voir l'encadré de la page suivante), se consacre comme son nom l'indique à l'étude de ce procédé méconnu. Aussi appelé « oxydation en voie humide », il consiste à utiliser une eau très chaude (de 150 à 600 °C), sous pression et enrichie en oxygène, comme solvant pour favoriser des réactions chimiques qui dégradent les composés organiques contenus dans les boues municipales. Les composés rendus inorganiques sont

recupérés sous forme de sable inerte et recyclable. Surtout, on évite l'étape de déshydratation des boues, ainsi que le transport et l'enfouissement.

« L'OHT comporte de nombreux avantages par rapport aux procédés traditionnels. Elle produit de l'eau chaude valorisable, qui peut être utilisée, par exemple, pour le chauffage de bâtiments ou de procédés industriels », explique Jean-François Vermette, directeur scientifique du Centre de transfert technologique en écologie industrielle (CTTEI), affilié au Cégep de Sorel-Tracy, où se situe le nouveau laboratoire de 167 m<sup>2</sup>. Il s'agit de la première installation du genre à échelle pilote au Canada.

Ce n'est pas tout. Rapide (de 10 à 20 minutes), le procédé permet d'éviter l'émission de gaz nocifs comme les oxydes d'azote et les dioxines et furanes lors de la combustion de matières résiduelles. Le traitement par OHT réduit en outre la très grande concentration organique des résidus ciblés, ce qui augmente leur potentiel de valorisation. « L'OHT est une solution de traitement pour résidus orga-



Le maire de Sorel-Tracy, Serge Péloquin, et le directeur scientifique du CTTEI, Jean-François Vermette, examinent le tout nouvel équipement pilote d'oxydation hydrothermale.

riques variés, comme ceux de papeteries et les effluents d'hôpitaux contenant des composés pharmaceutiques», précise Jean-François Vermette.

## PARTENARIAT GAGNANT

Le CTTEI a reçu un coup de pouce de la Ville de Sorel-Tracy dans la concrétisation de cette installation financée à hauteur de 2 500 000 \$ par la Fondation canadienne pour l'innovation, le ministère de l'Enseignement supérieur du Québec et Desjardins. En plus d'un soutien financier récurrent de l'ordre de 20 000 \$ depuis cinq ans, la Ville met à la disposition des chercheurs ses trois étangs aérés afin qu'ils puissent y tester l'OHT. « Leur capacité n'est pas sur le point d'être dépassée. Mais le jour où nous devons nous débarrasser de nos boues municipales, nous espérons pouvoir tirer profit de cette technologie », indique Serge Péloquin, maire de Sorel-Tracy.

Le Centre étudie l'OHT depuis 2014. Il s'était alors doté d'un petit réacteur fermé d'une capacité de 150 ml, en plus de multiplier les collaborations avec des entreprises et des centres de recherche

d'Europe, où le procédé est bien implanté. Une fois la preuve de concept faite, le CTTEI a acquis en 2018 un réacteur plus gros (450 ml) dans le but de pousser plus loin ses expérimentations. Le nouveau laboratoire à échelle pilote comporte pour sa part un équipement d'OHT en continu – une pompe sous pression achemine sans interruption des résidus organiques variés dans le système à raison de 8 L par heure.

À échelle industrielle, un équipement d'OHT peut traiter 1 000 L de boue par heure, voire davantage. Cette capacité constitue un argument de choix pour inciter plusieurs municipalités québécoises à investir dans cette technologie d'avenir. « Les modèles d'évaluation économique élaborés jusqu'ici démontrent la compétitivité de l'OHT par rapport à l'enfouissement dans une majorité des cas étudiés. Pour achever de convaincre les futurs acheteurs, il faut maintenant raffiner ces modèles », affirme Jean-François Vermette.

## À VENIR

L'OHT fait son entrée dans le paysage industriel alors qu'on assiste à un resser-

## QUE SONT LES FLUIDES SUPERCRITIQUES ?

Les fluides supercritiques sont des substances qu'on chauffe jusqu'au moment où leurs propriétés changent, en fonction d'un point de température et de pression précis. Les substances acquièrent alors des caractéristiques uniques en leur genre. Le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), l'un des fluides supercritiques les plus connus et utilisés, peut ainsi devenir un excellent solvant lorsqu'il dépasse simultanément 32 degrés Celsius et 72 bars. Il remplace alors avantageusement les solvants organiques, comme l'acétone ou l'hexane, réputés nocifs pour la santé et l'environnement. L'OHT fait partie de la grande famille des procédés qui font appel aux fluides supercritiques. L'OHT fait partie de la grande famille des procédés qui font appel aux fluides supercritiques.

rement des règles environnementales. À terme, elle pourrait participer à l'atteinte des objectifs provinciaux et fédéraux en matière de lutte contre les changements climatiques et de transition vers une économie plus circulaire. Dans tous les cas, la Ville de Sorel-Tracy se situe à l'avant-garde de cette transformation. « Des dispositifs d'OHT pourraient être fabriqués ici même, dans la région. On parle de retombées économiques importantes, fait valoir Serge Péloquin. Je suis persuadé que mes confrères, à l'échelle du Québec, regardent cela avec intérêt. » ●

**Par Maxime Bilodeau**

*La production de cet article a été rendue possible grâce au soutien de la Ville de Sorel-Tracy et du Centre de transfert technologique en écologie industrielle.*

## LA DÉPRESSION, PAS QU'ENTRE LES DEUX OREILLES

CAROLINE MÉNARD S'ÉVERTUE À MIEUX COMPRENDRE LA BIOLOGIE SOUS-JACENTE AUX RÉPONSES AU STRESS CHRONIQUE, QUI PEUVENT MENER À LA DÉPRESSION.



**D**iagnostiquer la dépression comme on diagnostique un cancer? Imaginez : il suffirait par exemple de prescrire une prise de sang à un patient lorsqu'il se sent déprimé pour vérifier si ce trouble mental l'affecte. Le cas échéant, le médecin pourrait lui prescrire sur-le-champ des antidépresseurs, qui prennent environ jusqu'à huit semaines pour agir, et ainsi accélérer son rétablissement. S'il n'en tenait qu'à Caroline Ménard, professeure au Département de psychiatrie et de neurosciences de l'Université Laval, ce rêve pourrait un jour se réaliser.

« Nous pensons que l'inflammation joue un rôle majeur dans la dépression. C'est pourquoi nous nous intéressons à des biomarqueurs comme les interleukines, qui régulent entre autres la réponse immunitaire, pour établir une signature de la maladie », explique la chercheuse boursière du Fonds de recherche du Québec – Santé et lauréate du Prix de la jeune chercheuse 2021 du Collège canadien de neuropsychopharmacologie, qui reconnaît les contributions exceptionnelles dans ce domaine de recherche. De fait, la prévalence de la dépression est plus élevée chez les individus qui souffrent d'affections comportant une composante inflammatoire, comme l'obésité et la maladie d'Alzheimer.

### DU CERVEAU À L'INTESTIN

Caroline Ménard est une experte de la biologie de la résilience en matière de stress et des troubles de l'humeur. Si elle s'intéresse tout particulièrement aux processus inflammatoires provoqués par le stress chronique, c'est parce qu'ils s'étendent à l'ensemble du corps et pas seulement au cerveau, comme on l'a longtemps cru. « On sait que de 30 à 50 % des gens répondent peu aux antidépresseurs actuels [qui ciblent surtout les neurones]. Nous essayons de trouver des causes à cette résistance, et l'inflammation systémique engendrée par le stress chronique en fait partie », souligne la scientifique.

Dans son laboratoire affilié au Centre de recherche CERVO, Caroline Ménard évalue les effets du stress chronique sur la barrière hématoencéphalique, cette couche de cellules « étanches » qui tapisse l'intérieur de tous les vaisseaux du cerveau. Pour ce faire, elle mène des expériences sur des souris de laboratoire, puis



## Les questions de Rémi Quirion

SCIENTIFIQUE EN CHEF DU QUÉBEC\*

### RQ : En quoi votre feuille de route atypique a-t-elle contribué à façonner la chercheuse que vous êtes devenue ?

CM : Je crois que cela m'a poussée vers une recherche plus multidisciplinaire. J'ai longuement réfléchi à la meilleure façon d'intégrer les connaissances acquises en biophysique, en biologie cellulaire et moléculaire, en comportement animal, en neurobiologie et en immunologie dans mon programme de recherche. Puisque j'ai participé à des projets de recherche variés, j'ai maintenant un large réseau de collaborateurs et cela favorise l'avènement d'une science innovante. La santé humaine est un tout et un seul domaine de recherche ne peut suffire à la comprendre. Enfin, mon expérience dans l'industrie et les diverses expériences de vulgarisation scientifique avec le public intéressent beaucoup mes étudiants, qui ont de la sorte une vision plus large des possibilités d'emploi après leurs études en science.

### RQ : Briser les silos en recherche veut aussi dire collaborer avec d'autres disciplines. Lesquelles vous ouvrent le plus de perspectives pour vos travaux ?

CM : Je trouve très important d'intégrer un volet clinique à nos projets, lorsque c'est possible, afin de valider nos données obtenues chez la souris. Cela peut se faire grâce à des collaborations avec des cliniciens et à des ressources telles que la Banque de cerveaux Douglas-Bell Canada ou la biobanque Signature. Il s'agit d'un défi : parfois le langage, les attentes et les limites diffèrent entre les sciences cliniques et les sciences fondamentales et il faut donc s'adapter. J'adore aussi participer au transfert des connaissances vers les professionnels de la santé. D'un point de vue plus technique, j'ai choisi de revenir au Canada et de m'installer au Centre de recherche CERVO, affilié à l'Université Laval, compte tenu de la transdisciplinarité et de la collégialité qui y règnent. J'ai des collègues spécialisés en neurosciences et en psychiatrie, mais également en physique, en génie et en mathématiques. Cela permet d'élaborer des techniques de microscopie et d'imagerie de pointe ainsi que de mettre à profit l'intelligence artificielle pour mieux comprendre la biologie sous-jacente à la réponse au stress et à la dépression. Mes collègues américains et européens sont jaloux !

### RQ : Sur une note plus personnelle, durant votre stage postdoctoral sous ma direction, qu'avez-vous appris de plus important ?

CM : Que la science se fait en équipe et qu'il faut voir grand ! C'était ma première expérience dans une équipe de plus d'une vingtaine de personnes, dont des étudiants et des postdoctorants de partout dans le monde, et cela constituait une grande force. La diversité d'opinions et d'expertises permet de pousser la recherche plus loin et de sortir des sentiers battus. J'ai aussi eu une grande liberté pour mener mes projets, ce qui m'a permis de développer mon autonomie et mon esprit critique. Cela m'a également forcée à être plus créative dans mes hypothèses, même si se lancer dans le vide avec une idée pour laquelle il y a peu de littérature scientifique est terrifiant ! J'essaie avec ma propre équipe de reproduire ce schéma et je pousse mes étudiants à explorer et à repousser leurs limites.

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

confirme ses découvertes sur des tissus humains. « Par le passé, nous avons ainsi prouvé que le processus inflammatoire déclenché par un stress social diminue l'étanchéité de cette barrière. La porte est ainsi ouverte à des molécules qui passent dans le cerveau et favorisent l'apparition de symptômes dépressifs », dit-elle.

La chercheuse se penche aussi sur la barrière intestinale et la hausse de sa perméabilité causée par le stress chronique. « Nous étudions l'effet d'une alimentation enrichie en oméga-3 et en sélénium sur la vulnérabilité au stress chez des populations du Nord. Nous voulons clarifier le lien entre le microbiome et l'apparition de troubles de l'humeur », indique la titulaire de la Chaire de recherche Sentinelle Nord sur la neurobiologie du stress et de la résilience. Ces recherches sont menées en étroite collaboration avec d'autres chercheurs et cliniciens, notamment de l'Université Laval.

## DE PRÉCIEUX DÉTOURS

Caroline Ménard possède une feuille de route atypique. Après un postdoctorat en biophysique, réalisé sous la direction du scientifique en chef du Québec Rémi Quirion entre 2009 et 2012, elle fait un court séjour dans l'industrie avant de renouer avec ses premières amours en 2014 à l'Icahn School of Medicine at Mount Sinai, à New York. C'est là-bas que la scientifique acquiert son expertise actuelle – auparavant, elle étudiait les processus d'apprentissage et de mémoire. « Tout le monde est touché de près ou de loin par le stress et la dépression. Ce sont des sujets qui ont une portée universelle », pense-t-elle.

Paradoxalement, ce sont ces détours qui lui ont permis de mettre au point un programme de recherche assez unique en son genre. « À New York, je participais à ce qu'on appelle le *depression club*, un rendez-vous où les psychiatres et les chercheurs échangent sur leurs champs d'intérêt communs. On tend à séparer la recherche clinique de la recherche fondamentale, mais c'est une grave erreur. Pour avoir une perspective globale sur une problématique donnée, il faut plutôt briser les silos », conclut Caroline Ménard.

Yves De Koninck, qui a aidé, à titre de directeur scientifique du Centre de recherche CERVO, à recruter Caroline Ménard, abonde dans le même sens. « Les parcours atypiques comme ceux de Caroline représentent l'avenir. Il faut ça pour ultimement favoriser l'innovation, l'inclusivité et la représentativité en recherche, dit le professeur de psychiatrie et neurosciences de l'Université Laval. Des parcours comme le sien sont la preuve qu'un changement de culture s'opère dans le milieu. C'est perçu de moins en moins négativement. » ●

Par Maxime Bilodeau

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/SciChefQC](https://facebook.com/SciChefQC)

 @scichefqc



À L'AFFÛT



## La science tatouée sur le cœur

L'équipe du Cœur des sciences, le centre culturel scientifique de l'Université du Québec à Montréal (UQAM), est peut-être minuscule, mais tous les éléments essentiels sont là pour mitonner une programmation du tonnerre! Presque chaque semaine, elle réussit à proposer une conférence sur des sujets actuels, une causerie, un spectacle poétique ou une excursion pour les gens curieux de nature.

Il vaut mieux visiter souvent les réseaux sociaux du Centre pour s'assurer de ne rien rater, mais dans tous les cas, il est bon de savoir que sa chaîne YouTube regorge d'activités à rattraper (sur les courants marins, la levée des brevets pour les vaccins, les algorithmes). Prochain rendez-vous en chair et en os, si la pandémie ne vient pas bouleverser les plans à la dernière minute : une visite de la Maison symphonique, axée sur son acoustique exceptionnelle, est prévue au printemps.

Il est également possible pour les enseignants du secondaire de réserver des excursions clés en main pour leurs classes, accompagnées par des étudiants de l'UQAM. Par exemple, « Maths en ville » montre la place immense qu'occupent les mathématiques dans notre quotidien, tandis que « Géologie en ville » offre l'occasion de « lire » le roc de Montréal et même d'apercevoir des fossiles! Le Cœur des sciences a dans sa manche d'autres activités comme un rallye sur la chimie, des visites de laboratoires et des conférences virtuelles pour les groupes scolaires partout au Québec avec des chercheurs de son réseau. Tout cela afin d'élargir les horizons de la connaissance d'une nouvelle génération de scientifiques.

**Cœur des sciences**, [coeurdessciences.uqam.ca](http://coeurdessciences.uqam.ca)



ÉCOUTER

## Pour cultiver son jardin intérieur

Les végétaux nous nourrissent, nous habillent, produisent généreusement l'oxygène ; bref, ils sont nos meilleurs amis. On en connaît bien peu sur eux alors qu'ils ont tant à nous apprendre sur notre planète. Le balado *In Defense of Plants* remédie à la situation en explorant ce terreau fertile. Les chercheurs en botanique invités partagent leur enthousiasme sur des sujets aussi variés que le rôle essentiel des feux pour l'écologie et le lien intime soudant les algues microscopiques au *Monstera deliciosa* trônant dans notre salon.

**In Defense of Plants**, [indefenseofplants.com](http://indefenseofplants.com), épisodes de 30 à 60 minutes (en anglais) à télécharger sur votre plateforme de balados préférée

REGARDER

## Plus qu'une simple pilule

Parfois, une fiction nous permet de mieux saisir l'importance et l'horreur de la réalité, et c'est justement ici qu'intervient *Dopesick*. Cette série à la frontière du documentaire et mettant en vedette Michael Keaton raconte comment un laboratoire pharmaceutique privé a rendu l'Amérique accro à l'OxyContin, un puissant antidouleur dans la famille des opiacés qui a entraîné la mort de centaines de milliers de personnes aux États-Unis et au Canada. Basée sur l'enquête de la journaliste Beth Macy, *Dopesick* révèle comment Purdue Pharma a mené son opération séduction, manipulant les médecins et camouflant que le médicament provoquait une dépendance. La Food and Drug Administration est également écorchée pour avoir autorisé la vente du médicament. Les huit épisodes font vivre de l'intérieur et sous différents angles ce terrible pan de l'histoire médicale moderne.

*Dopesick*, réalisée par Danny Strong, présentée sur Disney+

VISITER



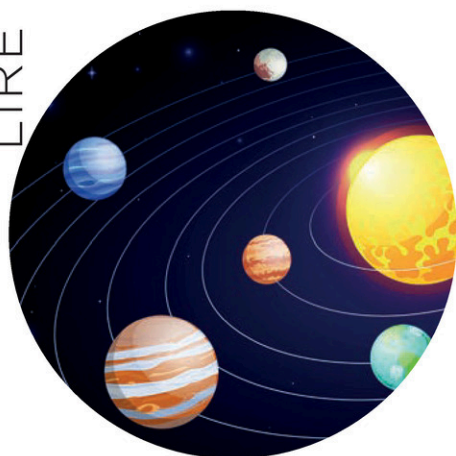
Vasque de bain en bronze, seconde moitié du 1<sup>er</sup> siècle, Pompéi, Musée archéologique national de Naples

## Des ruines et des découvertes

La fin brutale de Pompéi en l'an 79 lorsque l'éruption du Vésuve l'a ensevelie sous quatre mètres de dépôts volcaniques continue de nous fasciner. L'exposition *Pompéi, cité immortelle*, au Musée de la civilisation de Québec, fait assurément son effet. Avec son parcours immersif, elle présente le mode de vie de cette société disparue à travers divers objets anciens et moulages. Un parcours touchant qui permet aux visiteurs de revivre les derniers moments de Pompéi – un événement qui, des siècles plus tard, a contribué à l'avènement de l'archéologie moderne.

*Pompéi, cité immortelle*, au Musée de la civilisation de Québec jusqu'en septembre, mcq.org

LIRE



## La tête dans les étoiles

Où commencer pour expliquer aux astronomes en herbe les beautés et les mystères de l'espace? En prenant part à la mission scientifique que propose *Une visite guidée du système solaire*. En plus de faire découvrir les diverses planètes et objets célestes, le livre jeunesse utilise le côté ludique de la bande dessinée pour glisser en douce et de façon limpide quelques notions sur la gravité, la fusion nucléaire et les aurores boréales. Une exploration spatiale vraiment à la portée de tous!

*Une visite guidée du système solaire*, par Pierre Chastenay et Thom, *La courte échelle*, 48 p.

LIRE



## Le désespoir peut attendre

Méchants virus, crise climatique, perte de biodiversité... Disons que les événements dramatiques ne manquent pas depuis quelques années et plusieurs personnes trouvent de plus en plus difficile de voir la lumière dans ces temps sombres. C'est pourquoi *Le livre de l'espoir*, de la célèbre primatologue et activiste Jane Goodall et de l'écrivain Douglas Abrams, tombe à point. Et il se défend bien d'être jovialiste! Tout au long de cet ouvrage bâti en une série de conversations franches et nuancées, Jane Goodall utilise son parcours, ses observations et se sert aussi d'exemples d'actions concrètes ayant changé le cours des choses afin d'expliquer pourquoi tout n'est pas (encore) perdu. Et ça marche.

*Le livre de l'espoir*, par Jane Goodall et Douglas Abrams, Flammarion, 300 p.

## Invisibles, mais géants

On semble avoir été conditionné à les craindre, or les bactéries sont de précieuses alliées. Et leur histoire est fascinante, surtout lorsqu'elle est racontée par Boucar Diouf. Dans *La face cachée du grand monde des microbes*, le vulgarisateur chou chou des Québécois use de sa magie : grâce à lui, on s'extasie devant le rôle insoupçonné de ces véritables entremetteuses lors d'une première date. Il injecte une généreuse dose de reconnaissance au travail invisible des mères, qui lèguent leur diversité microbienne à leur bébé, un don aux répercussions incommensurables. Aliments, résistance aux antibiotiques et bien sûr COVID-19 sont abordés dans ce charmant cours 101 sur les microbes. Ça se lit tout seul, les yeux écarquillés, surtout que notre collaborateur Vigg illustre le tout.

*La face cachée du grand monde des microbes*, par Boucar Diouf, Éditions La Presse, 211 p.



# Québec Science rayonne depuis 60 ans!

Abonnez-vous maintenant et  
économisez jusqu'à **60 %\***



ABONNEMENT  
**33 \$**  
1 AN  
+ taxes

**53 \$** +taxes 2 ANS

**74 \$** +taxes 3 ANS

*Aussi disponible  
en version numérique.*

**Abonnez-vous!**

[quebecscience.qc.ca/60ans](http://quebecscience.qc.ca/60ans)

514 521-8356 | 1 800 567-8356, poste 504

Offre en vigueur jusqu'au 20 mars 2022 à 23 h 59. Offre valide au Canada seulement.

\*Sur le prix en kiosque.

**QUÉBEC SCIENCE**  
*L'heure est à la science*

# La mission de Céline Vaneekhaute



---

## Les travaux de Céline Vaneekhaute pavent la voie à la transition vers une économie circulaire axée sur les ressources biologiques.

---

**L**e compostage, on connaît. La biométhanisation, en revanche, beaucoup moins. Ce procédé de dégradation de déchets organiques par des microorganismes privés d'oxygène comporte pourtant certains avantages sur le simple fait de laisser pourrir sur place cette même matière. Le principal : le biogaz riche en méthane qui en résulte peut être capté et utilisé comme source d'énergie. Avec son nouveau centre de biométhanisation, qui doit être inauguré cette année, la Ville de Québec pourra d'ailleurs injecter ce gaz naturel renouvelable dans le réseau d'Énergir.

« Dans les faits, il n'y a pas une option meilleure que l'autre, nuance Céline Vaneekhaute, professeure au Département de génie chimique de l'Université Laval. Dans les deux cas, on réduit la quantité de matières résiduelles destinées à l'enfouissement ou à l'incinération, ce qui diminue les émissions de gaz à effet de serre. Mais

quand il y a de gros volumes, comme dans les grandes villes, la biométhanisation est rentable. » Cette experte de l'ingénierie des procédés verts et des bioraffineries s'est vu décerner, en novembre dernier, le Prix du Québec – Relève scientifique, qui souligne l'excellence des travaux de jeunes chercheurs.

### Comment être utile

Dans son laboratoire, Céline Vaneekhaute s'emploie à optimiser le procédé de biométhanisation. Grâce à des réacteurs miniatures où fermentent les matières organiques, à la manière d'un estomac artificiel, elle parvient à simuler ce qui se passe dans une vraie installation de biométhanisation, comme celle de Québec. Il faut dire qu'elle connaît bien ce dernier dossier : elle a été directrice adjointe des processus de biométhanisation à la Ville de Québec il y a quelques années, parallèlement à ses études de doctorat.

« Il y a une forte composante appliquée dans mes travaux, et ce, depuis le début de ma carrière. C'est ce qui me plaît dans la recherche : on sent qu'on fait avancer les choses, c'est concret », explique cette Belge d'origine. C'est à l'Université de Gand qu'elle a entamé en 2005 des études en bio-ingénierie avec une spécialisation en technologie environnementale. Depuis, son intérêt pour l'environnement augmente sans cesse. « Je crois en l'importance de

l'écocitoyenneté. Les jeunes générations sont plus sensibles que jamais à ces questions, du moins, si je me fie à mes étudiants. »

Ces jours-ci, la chercheuse travaille sur une nouvelle technologie de récupération des excédents de phosphore dans les eaux usées, un dossier tout autre que celui de la biométhanisation. Le projet pourrait à terme améliorer l'approvisionnement en eau des communautés du Nunavik, où, changements climatiques obligent, c'est un réel enjeu. « On sait que la technologie fonctionne, même s'il y a encore des défis à relever », résume celle dont les recherches nourrissent des logiciels d'aide à la décision utilisés par les autorités compétentes. « Être reconnue par les principaux bénéficiaires de mes recherches est gratifiant. »

**Par Maxime Bilodeau**

*La production de ce portrait a été rendue possible grâce au soutien du ministère de l'Économie et de l'Innovation du Québec.*

### Prix du Québec 2022

Québec met en lumière ses plus grands scientifiques.

Soumettez la candidature d'une personne au parcours exceptionnel d'ici le 14 mars 2022!

[prixduquebec.gouv.qc.ca](http://prixduquebec.gouv.qc.ca)

# Voir le bonheur à l'horizon...

## C'EST PAR ICI!



### Ici l'Amérique

Québec, Ontario, Maritimes, Ouest canadien, États-Unis... Le plaisir à proximité : 50 circuits à vélo pour voir et goûter l'Amérique.

### Cap sur l'Europe

Espagne, France, Grèce, Italie, Portugal... Choisissez votre voyage à vélo parmi 15 circuits européens et 25 départs.



Vélo Québec  
VOYAGES

Titulaire d'un permis du Québec

**Planifiez et réservez vos prochaines vacances à vélo!**

**[veloquebecvoyages.com](http://veloquebecvoyages.com)**

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

Photo: Diane Dufresne et Yvan Monette



# La décroissance est-elle un passage obligé ?

# « S

il l'on voulait [sic] ne pas se rendre à des températures globales de plus de 2 °C, il faudrait réduire la production et la consommation mondiales de tous les biens. La croissance verte ne marchera pas... Ça prend la décroissance. » Ces paroles n'ont pas été prononcées par des militants écologistes, mais plutôt par l'ancien journaliste et politicien Jean-François Lisée, qui discutait des enjeux de la COP26. Invité au grand rendez-vous climatique tenu à Glasgow,

l'ancien maire de Toronto, David Miller, affirmait de son côté qu'il est « impossible d'avoir une croissance continue d'un point de vue écologique et [que] nous devrions plutôt miser sur une prospérité partagée ».

Ces réflexions détonnent dans le discours politique ambiant, où le mot d'ordre se résume habituellement à la croissance tous azimuts ! Mais elles sont révélatrices d'une prise de conscience qui gagne du terrain : face à l'urgence climatique, de plus en plus de voix s'élèvent pour soutenir l'idée de la décroissance volontaire. Serait-elle un passage obligé afin d'assurer la prospérité commune de notre espèce et de relâcher la pression sur la biosphère exsangue, que nous avons exploitée à outrance ?

D'emblée, précisons que la décroissance n'est pas synonyme de simplicité volontaire ou de récession, ni même d'un retour à l'âge de pierre. Elle se définit plutôt comme la limitation et la réduction intentionnelles de l'économie pour la rendre compatible avec les limites biophysiques de notre planète. Autrement dit, le concept propose de produire moins, de partager plus et de décider ensemble. La décroissance vient donc remettre en question le paradigme dominant de la croissance économique à tout prix.

Qui plus est, cette idée s'inscrit en faux contre la « croissance verte ». Ce discours, désormais omniprésent, estime possible l'alliance entre la croissance économique et la réduction de l'utilisation de ressources naturelles – et de nos émissions de gaz à effet de serre (GES) – si nous misons largement sur l'efficacité énergétique et les technologies dites vertes.

Or, le lustre de la croissance verte semble perdre quelque peu de son éclat. Le « découplage » entre croissance économique et émissions de GES apparaît de plus en plus illusoire, à en juger par nombre d'études scientifiques et de rapports sur le sujet. C'est du moins ce qui ressort d'une imposante revue de la littérature menée en 2020 par une équipe multidisciplinaire de chercheurs. Selon eux, cette voie n'est pas recevable si nous voulons atteindre nos objectifs climatiques.

Devant cette impasse, plusieurs chercheurs estiment que l'exploration des scénarios de décroissance n'est pas un luxe. Je pense entre autres aux signataires d'une étude parue en 2021 dans la prestigieuse revue *Nature*. Les auteurs ont modélisé différents scénarios de décroissance visant à limiter le réchauffement planétaire à 1,5 °C. Ils les ont comparés avec les scénarios du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), qui reposent largement sur les avancées technologiques et le découplage. Bien qu'imparfaites, de l'aveu même des chercheurs, ces modélisations laissent entendre néanmoins que les scénarios de décroissance analysés présentent relativement moins de risques de rater nos cibles climatiques, comparativement à ceux du GIEC.

Cela étant dit, sommes-nous collectivement prêts à envisager une telle avenue alors que le GIEC lui-même évite de se pencher sur la décroissance dans ses modélisations ? Soixante-sept pour cent des Français interrogés sur la question croient que oui, en comparaison de 70 % des Britanniques, 62 % des Espagnols et 53 % des Italiens, selon un sondage sur le rapport au progrès réalisé en 2020 par le Mouvement des entreprises de France, le plus grand regroupement patronal du pays.

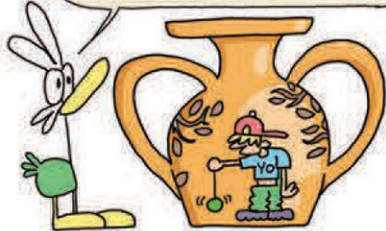
Au Québec, nous n'avons pas de chiffres comparables, mais j'ai discuté de tout cela avec Yves-Marie Abraham, professeur au Département de management de HEC Montréal, qui effectue des recherches sur la décroissance. Selon lui, « non seulement la croissance verte est un mirage, mais la croissance économique ne se traduit plus dans nos sociétés par une amélioration du bien-être ». Il serait facile de rejoindre les rangs de ceux qui balaient cette approche du revers de la main, la qualifiant d'extrême. Mais permettez-moi de revenir sur l'étude parue dans *Nature*. Les auteurs soulignent que le fait de ne pas explorer scientifiquement les scénarios de décroissance nous mène à une sorte de « prophétie autoproclamée » : s'ils sont subjectivement jugés comme étant inapplicables d'entrée de jeu, ces scénarios demeurent alors marginalisés dans le discours public, étouffant le changement social nécessaire à leur réalisation et rendant donc le tout encore plus improbable aux yeux des scientifiques. En somme, c'est le serpent qui se mord la queue ! Pourtant, face aux inégalités qui sont exacerbées par la dégradation de notre biosphère, l'idée d'explorer des solutions basées sur des principes d'une démocratie plus directe, de tendre vers une vie moins effrénée, plus juste et qui ne se mesure pas que par le seul produit intérieur brut ne m'apparaît soudainement pas si extrême... ●

*Les opinions exprimées dans cette chronique n'engagent que leur auteur.*

# RÉTROVISEUR

L'HISTOIRE DES SCIENCES VUE PAR SATURNOME

D'où vient le yoyo?  
Il s'agit probablement d'un  
jouet très ancien.  
Des vases de la Grèce antique  
montrent des enfants jouant  
avec un objet très semblable.



D'autres images préservées jusqu'à nos  
jours révèlent également sa présence  
en Asie pendant des siècles.



Au 19<sup>e</sup> siècle, un jouet analogue  
porte le nom de «bandalore» au  
Royaume-Uni et d'«incroyable»  
ou «émigrette» en France.

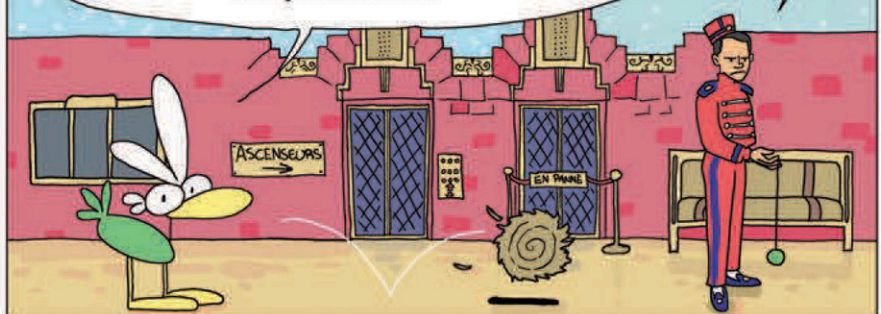


Le yoyo moderne apparaît dans  
les années 1920.



Pedro Flores quitte les  
Philippines pour étudier le  
droit en Californie.

Hélas, il devient plutôt garçon d'ascenseur. Pendant  
les temps morts, il joue au yoyo, nom philippin  
d'un jouet ancien.



Avec le temps, il innove : plutôt que  
d'attacher la corde à l'axe de l'engin avec un  
nœud, il fait une boucle et développe une variété  
de figures qui créent le style de jeu moderne du yoyo.



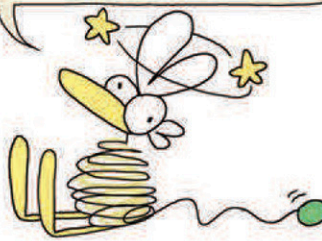
Il crée son entreprise  
de yoyo en 1928.  
Malgré le succès, le cœur  
n'y est pas.



Il vend sa compagnie à  
Donald F. Duncan Sr en  
1930 pour une somme  
supérieure à 750 000\$,  
une fortune colossale  
à l'époque.

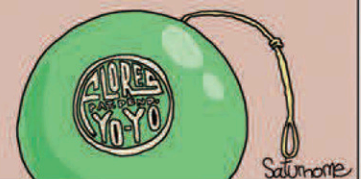


Pedro Flores préfère apprendre aux enfants  
comment utiliser son jouet. Il en fait la promotion  
pendant deux décennies avant d'en reprendre  
la fabrication avec une nouvelle compagnie,  
Chico Yo-yo Company, en 1950.



Depuis, le yoyo a continué d'évoluer,  
permettant aux amateurs de créer  
des figures de plus en plus complexes.

Les professionnels du yoyo  
l'admettent, c'est un métier qui a  
ses hauts et ses bas.



ASTROLab du parc national  
du Mont-Mégantic

# 25 ANS D'ÉMERVEILLEMENT



L'ASTROLab, un musée scientifique  
pour toute la famille depuis 25 ans.

**SPECTACLE ÉTÉ 2022**

**Le Télescope spatial Webb,  
une nouvelle ère en astronomie !**

Université   
de Montréal  
et du monde.



## Curiosité jamais assouvie.

Depuis 60 ans, *Québec Science* raconte notre histoire, celle d'une communauté engagée qui repousse sans cesse les frontières de la connaissance et de la création. Un grand merci pour six décennies de vulgarisation scientifique!