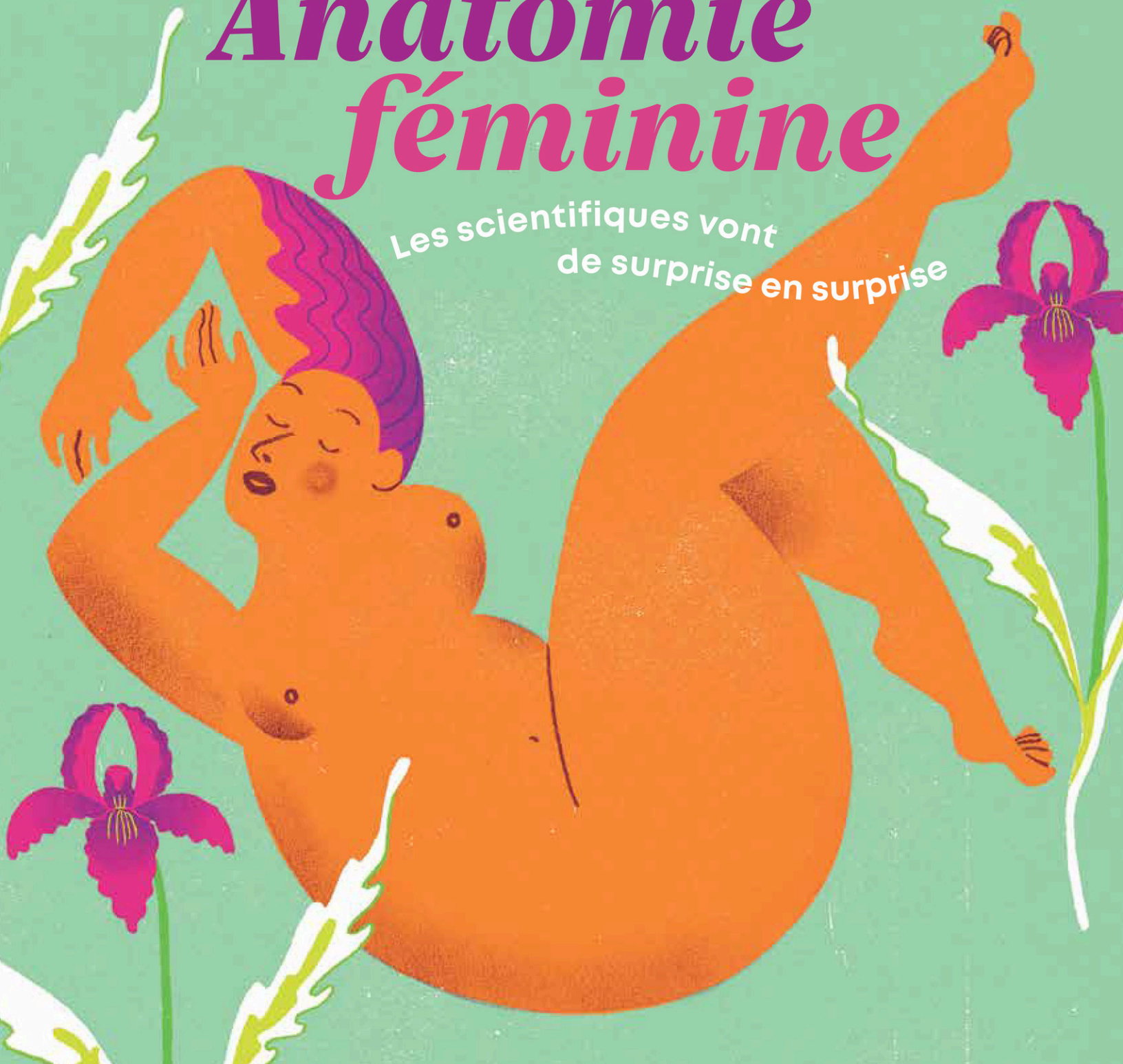


# QUÉBEC SCIENCE

## *Anatomie féminine*

Les scientifiques vont  
de surprise en surprise



SPECTACLE ÉTÉ 2023

# ÉCLIPSE

Photo: Luc Viatour

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

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



ASTROLab du parc national  
du Mont-Mégantic

# SOMMAIRE

JUIN 2023

QUÉBEC SCIENCE

EN COUVERTURE

## À la source des femmes **16**

Comme tout ce qui touche à l'anatomie féminine, l'éjaculation des femmes a longtemps été délaissée par la recherche. Des scientifiques ont levé le voile sur ce mystère et amorcé une révision des livres d'anatomie.

### REPORTAGES

#### **23** Les mystérieux pouvoirs des parasites

Les parasites peuvent modifier le comportement de leurs hôtes. Ce n'est pas parce qu'ils sont petits qu'ils ne peuvent pas faire de grandes choses!

#### **26** Un sourire forcé

Les traitements orthodontiques sont longs, coûteux et douloureux. Améliorent-ils réellement la santé et l'apparence des gens?

#### **32** Sonder les océans

Des milliers de robots prennent le pouls de l'océan, ce rouge fondamental de la machine climatique terrestre.

#### **36** Deuxième peau

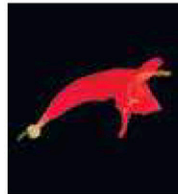
Des gens d'affaires et des scientifiques du Québec tentent de redémarrer une industrie du cuir plus responsable.

#### **40** Que vaut vraiment une méta-analyse?

Les recherches se contredisent souvent. Les méta-analyses représentent-elles le moyen d'avoir le fin mot de l'histoire?

#### **46** Chercheur en vedette

Et si les inégalités sociales se manifestaient jusque sur l'oreiller? C'est la conclusion vers laquelle pointent les travaux de recherche de Guido Simonelli.



P. **6**

### SUR LE VIF

#### **6** Cabinet des curiosités

Des scientifiques montréalais recréent à l'ordinateur des fleurs virtuelles en trois dimensions.

#### **8** Débat sur l'« Internet des sols »

Une étude met en doute une théorie populaire selon laquelle les arbres échangent des ressources sous terre.

#### **10** L'avènement des liquides pleins de trous

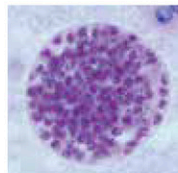
Des scientifiques du monde entier travaillent à la synthèse de liquides... poreux. Vous avez bien lu : il ne s'agit pas d'un oxymore!

#### **11** Ça chauffe sur Vénus!

Deux chercheurs américains ont tenté de répondre à une question brûlante : les volcans sur Vénus sont-ils toujours actifs?

#### **12** Comme à la guerre

« Si tu veux la paix, prépare la guerre. » La professeure Karine Pontbriand prend cet adage à la lettre. Elle souhaite que nous nous armions pour le prochain champ de bataille : le cyberspace.



P. **23**

#### **4** Édito par Mélissa Guillemette

Voici pourquoi nous n'utiliserons pas l'IA pour illustrer nos articles



P. **40**

#### **5** Babillard

**9** Carnet de santé Par la D<sup>re</sup> Alexandra S. Arbour

**11** Technopop Par Gabrielle Ancil

**45** Anthropocène Par Jean-Patrick Toussaint

**48** Culture Par Émilie Folie-Boivin

**50** Rétrovisseur Par Saturnome



MÉLISSA GUILLEMETTE  @mguillemett

## ÉDITORIAL

# Voici pourquoi nous n'utiliserons pas l'IA pour illustrer nos articles

**EN** avril, nos collègues de l'émission *Découverte* ont diffusé un court reportage fascinant sur les difficultés éprouvées par les systèmes d'intelligence artificielle (IA) quand vient le temps de représenter la main humaine. La journaliste Bouchra Ouatik y expliquait que c'est souvent cette faiblesse qui permet de distinguer les vraies photos des images hyperréalistes générées par des ordinateurs. Le titre du reportage dit tout : « Des mains cauchemardesques »!

Trop de doigts, des ongles aux mauvais endroits, des proportions ridicules... La faute revient probablement au trop petit nombre de mains dans les jeux de données qui ont nourri les systèmes (comme DALL-E, dont nous vous parlions en 2022) lors de leur phase d'apprentissage, alors qu'il s'agit d'une partie du corps excessivement complexe à représenter en raison de ses multiples articulations.

Qu'à cela ne tienne. Dans quelques mois, les mains cauchemardesques seront sans doute chose du passé. La dernière version de l'algorithme Midjourney maîtrise d'ailleurs déjà mieux cet organe. Bientôt, nous n'y verrons que du feu.

Notre directrice artistique ne passera pas pour autant de commandes à un logiciel, contrairement à ce que font d'autres médias, dont le quotidien *Blick*, en Suisse. D'abord, il y a la question des droits d'auteurs : les systèmes n'ont pas payé les artistes et les photographes qui ont réalisé les images qui leur ont tout appris. Ensuite vient l'enjeu éthique.

*Blick* a publié une image générée par intelligence artificielle représentant cinq jeunes hommes pour accompagner un texte sur une fraude bien réelle commise par des vingtenaires. Le journal a eu beau inscrire la mention « Photomontage Midjourney », le geste reste dangereux en plus d'être

complètement inutile : avait-on vraiment besoin d'une représentation fictive du groupe en cause?

Alors que les fausses images abondent sur le Web (vous avez vu celles du pape François vêtu d'une doudoune blanche et portant une chaîne au pendentif en croix digne d'un rappeur? Celles de l'arrestation nocturne de l'ex-président américain Donald Trump?), *Québec Science* refuse d'entrer dans la danse. Est-ce symbolique? Un peu. Mais le signal est clair : nous avons les deux pieds dans le réel.

À la tentation d'économiser quelques minutes ou quelques dollars grâce aux technologies automatiques, nous répliquons par un engagement à être encore plus présents et présentes sur le terrain, encore plus près de nos sources et du public. L'époque exige cela, comme le dit le sociologue Philippe de Grosbois dans *La collision des récits*.

Contre quel danger tentons-nous de nous prémunir? Celui de nourrir ou d'entretenir le flou. « Un des plus grands risques liés à l'avènement des nouvelles technologies réside dans le scepticisme généralisé engendré par l'incapacité de distinguer le vrai du faux », écrivait récemment François Charbonneau, professeur à l'École d'études politiques de l'Université d'Ottawa sur le blogue *Vaste programme*. Le chercheur va jusqu'à demander que soit instauré un « droit au réel », c'est-à-dire une obligation légale de divulgation lorsqu'une image ou une vidéo est truquée.

C'est vrai qu'il est plus facile que jamais pour un groupe politique ou économique de nous manipuler. Et, à l'inverse, le contexte climatique, social et économique peut donner envie à chacun de choisir sa vérité.

Je ne soutiens pas que *Québec Science* détient LA vérité. Ce serait prétentieux. Le travail des journalistes scientifiques

est de suivre et d'examiner l'avancement des connaissances, en perpétuel mouvement, et de rendre le tout digeste pour le grand public. C'est une expertise, pas une religion.

Mais tout ce qui loge du côté du faux ne peut avoir sa place dans les médias. Embaucher une « Miss Météo » virtuelle, comme l'a fait en avril la chaîne suisse romande M Le Média, c'est se tirer dans le pied.

Cet engagement à ne pas utiliser l'IA dans la production de *Québec Science* vaut aussi pour nos textes. Il en va d'ailleurs de notre crédibilité; *Men's Journal* a perdu la face plus tôt cette année en publiant un texte sur la testostérone bourré d'erreurs... son premier article utilisant ChatGPT.

D'autant plus que les têtes dirigeantes des compagnies d'IA ont souvent l'air d'improviser. Midjourney a ainsi permis aux internautes de créer des images des présidents de la Russie et des États-Unis, Vladimir Poutine et Joe Biden, mais pas du président chinois, Xi Jinping. « On veut juste minimiser le potentiel de controverse », a écrit pour se justifier le PDG David Holz, selon ce que rapportait le *Washington Post*. Drôle de logique.

La démocratie est fragile. Les temps sont polarisés et polarisants. Jouer avec les limites du vrai et du faux me semble irresponsable dans un contexte d'information. Nous continuerons d'illustrer nos articles avec des photos et des images réalisées par des humains qui ont une éthique claire.

Quand les mains cauchemardesques auront disparu pour de bon, que les grands modèles de langage comme ChatGPT ne feront plus d'erreurs grossières, il ne faudra pas perdre de vue les mains invisibles qui ont intérêt à semer le doute ou la pagaille dans nos sociétés. ●

JUIN 2023

Volume 61, numéro 8

**Rédactrice en chef**

Mélissa Guillemette

**Rédactrice en chef adjointe**

Marine Corniou

**Journalistes**

Raphaëlle Derome, Annie Labrecque

**Collaborateurs**

Gabrielle Ancitil, Alexandra S. Arbour, Maxime Bilodeau, Chloé Bourquin, Émilie Folie-Boivin, Guillaume Roy, Saturnome, Pierre Sormany, Jean-Patrick Toussaint

**Révisseurs-correctrices**

Christine Dumazet, Fleur Neesham

**Directrice artistique**

Sophie Benmouyal

**Photographes/illustrateurs**

Sophie Casson, Jean-François Hamelin, Nicole Aline Legault, Christinne Muschi, Guillaume Roy

**Éditeur** Jean-François Rheault

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

**Comptabilité** Mimi Bensaïd

**Chargée de projets, communications marketing**

Anne-Charlotte Thibault

**Conseillère, relations de presse et marketing**

Stéphanie Couillard

**Directeur de la croissance numérique**

Patrice Bray

**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 : 18 mai 2023 (586<sup>e</sup> numéro)

**Abonnement**

Canada, 1 an : 43 \$ + taxes

États-Unis, 1 an : 82 \$

Outre-mer, 1 an : 128 \$

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 2023 - Québec Science.

Tous droits de reproduction, de traduction et d'adaptation réservés.

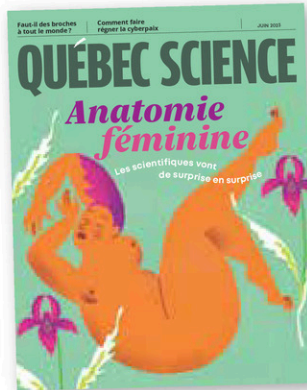
Indexé dans **repère**

Québec Science reçoit l'aide financière du ministère de l'Économie, de l'Innovation et de l'Énergie 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.



## NOTRE COUVERTURE



Dans ce numéro, notre journaliste Marine Corniou signe un reportage qui met en évidence les retards de la médecine dans sa connaissance des organes génitaux féminins, et les conséquences qui en résultent.

Pourquoi ces retards? Parce que le corps des femmes et le plaisir qui y est associé sont des sujets considérés comme tabous par plusieurs. C'est tout un défi de mettre en couverture un sujet qui peut être choquant pour certains publics! Je me suis laissé guider par l'art, qui, à toutes les époques, a vu dans le corps féminin une source de beauté et d'inspiration. Merci à Sophie Casson, qui a prêté sa sensibilité à ce reportage et lui a donné ses formes tout en rondeur.

— SOPHIE BENMOUYAL, DIRECTRICE ARTISTIQUE

## ERRATUM

Une erreur s'est glissée dans le texte « Une voix unie pour la science », publié dans le numéro d'avril-mai 2023. Il y est écrit que la prestigieuse revue *Physical Review* n'existe plus. La Société américaine de physique n'a en fait jamais cessé de la publier : elle l'a plutôt divisée à partir de 1970 en plusieurs revues, qui demeurent fameuses. Nos excuses.

## COURRIER

Notre éditorial « Une aire protégée sur Mars », qui soulignait l'importance de débattre de la conservation du cosmos avant de l'explorer davantage, vous a fait réagir :

« La moitié de l'argent investi, que dis-je, gaspillé à explorer une planète morte qu'on espère rendre habitable serait plus que suffisant pour stopper la mort lente que l'espèce humaine fait subir à notre planète. C'est comme créer un Frankenstein pour remplacer quelqu'un qui a une bronchite. Et dire que l'humain est l'espèce la plus "intelligente" sur Terre. »

— RÉAL VIENS

« Sur une planète inhabitable, le terme *pollution* n'a pas trop de sens à mon avis. "Polluer" Mars, en vrai, ça ne change rien du tout. Qu'est-ce qu'on va dégrader? Il n'y a rien dessus! »

— MÉLANIE TOUSIGNANT-FONTAINE

« Il manque de bons entrepreneurs en construction dans l'espace. Normalement, on fait un ménage avant de commencer et, à la fin du chantier, on ramasse aussi. J'ai l'impression qu'il y a trop de joueurs de jeux vidéo dans l'espace qui ne ramassaient pas leur chambre à coucher quand leurs parents le leur demandaient... Et ces gens-là sont devenus diplômés avec de bons emplois! [...] La vie serait plus simple si les gens étaient plus responsables. »

— MICHAEL HELLERS DOSTIE

### Abonnez-vous

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

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

### Suivez-nous

www.quebecscience.qc.ca





# Ceci n'est pas une fleur

À partir de photos, des scientifiques montréalais recréent à l'ordinateur des fleurs virtuelles en trois dimensions. Des reproductions fidèles qui faciliteront l'étude de leur forme et de leur évolution.

Par Raphaëlle Derome

**JE** m'apprête à plonger dans une fleur. D'un clic, je la fais pivoter, puis je m'introduis dans le tube écarlate. Longeant le pistil, je m'engouffre jusqu'au creux des pétales, douce cathédrale orangée aux murs finement tachetés de rouge. J'en ressors quelques secondes plus tard, complètement envoûtée. Imaginez si, en plus, on m'avait servi du nectar!

Si je peux explorer une fleur de *Seemannia sylvatica* comme une abeille, c'est grâce à Marion Leménager. Cette doctorante à l'Institut de recherche en biologie végétale, à Montréal, étudie les relations entre fleurs et pollinisateurs. Au cœur de ses recherches? La forme des fleurs.

On s'en doute, la fleur pollinisée par les colibris n'aura pas la même forme que celle qui cherche à attirer des insectes. Mais décrire et comparer scientifiquement la forme complexe de fleurs délicates et périssables... c'est tout un défi! Jusqu'à maintenant, les fleurs

ont donc surtout été étudiées en 2D. « La largeur et la longueur sont des données très incomplètes qui ne reflètent pas toute la complexité des fleurs », dit le directeur de thèse de la jeune chercheuse, Simon Joly, qui est professeur à l'Université de Montréal.

Avec lui et deux autres confrères, Marion Leménager a donc mis au point un protocole simple, abordable et rapide pour produire des modèles virtuels de fleurs en trois dimensions à partir de spécimens vivants. Fruit de trois ans de travail, la méthode décrite dans la revue *New Phytologist* d'octobre dernier suscite déjà l'intérêt de la communauté scientifique.

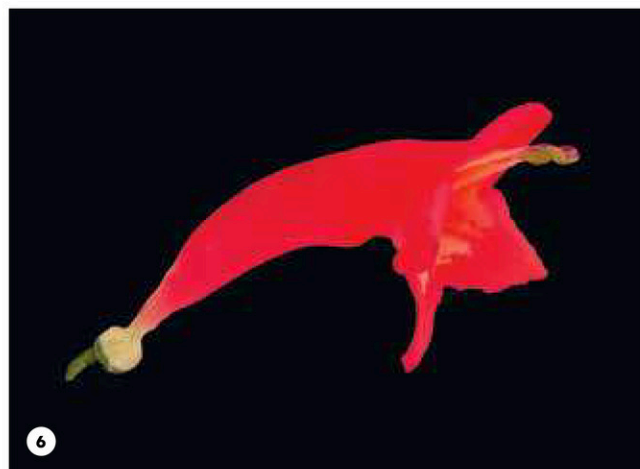
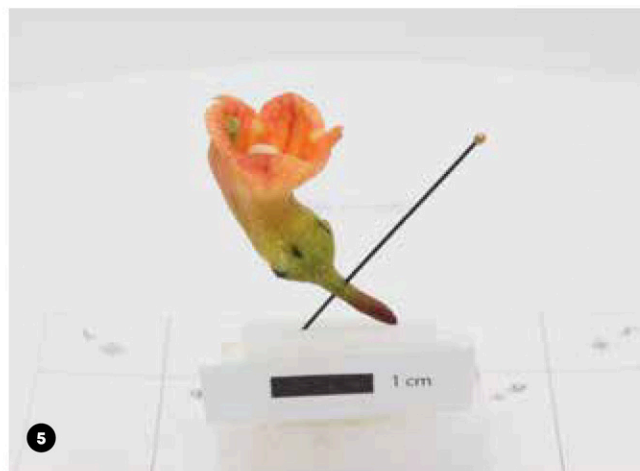
## DISPOSITIF PORTATIF

La première étape consiste à photographier une fleur sous tous ses angles. Épinglée sur un plateau rotatif motorisé, la fleur tourne d'un angle prédéfini entre chaque prise de vue. Le spécimen est ainsi photographié 120 fois. Grâce aux

chevauchements partiels entre les images, un logiciel reconstruit la structure de la fleur en trois dimensions.

Les scientifiques pouvaient déjà « scanner » des fleurs en trois dimensions par micro-tomodensitométrie, mais cette technique d'imagerie par rayons X est onéreuse et ne produit que des images en noir et blanc. La nouvelle méthode produit des modèles tout en couleurs et ne requiert qu'un équipement minimal : une caméra numérique, un trépied, un plateau rotatif... et un mini studio photo – une boîte aux parois blanches, dotée d'un éclairage à DEL, qui élimine les ombrages gênants. Pour moins de 500 \$ (excluant la caméra), on a un dispositif portable fonctionnant à piles – donc parfait pour le terrain!

Ensuite, on vient placer sur le modèle virtuel des points de repère : « la pointe d'un pétale ou l'intersection de deux structures homologues d'une fleur à l'autre », précise Marion Leménager. Cette multitude de points permet de



caractériser la forme en détail et de faire des analyses quantitatives, comme calculer la « forme moyenne » d'une fleur pollinisée par les chauves-souris, pour la comparer à celle des fleurs pollinisées par les colibris ou les insectes.

La méthode reproduit aussi fidèlement les couleurs des fleurs. « En biologie, on décrit souvent la couleur en termes généraux : telle fleur est “rouge” ou “blanche”, dit Marion Leménager. Mais il y a tellement de variations sur le spectre chromatique que ça vaut le coup d'aller un peu plus loin. » D'autant plus que les animaux ne voient pas nécessairement les mêmes couleurs que nous ! Certains voient

dans l'infrarouge ou dans l'ultraviolet, rappelle Simon Joly.

Bref, la nouvelle méthode facilitera les comparaisons entre fleurs. « On espère que beaucoup de gens vont l'utiliser, ce qui permettra à terme de réaliser des études à grande échelle sur la variabilité des fleurs », dit le professeur Joly.

### HERBIERS AUGMENTÉS

Les modèles 3D pourraient même être intégrés aux bons vieux herbiers, sans toutefois les supplanter, croit Marion Leménager. Même s'il est utile de savoir de quoi avait l'air la fleur avant pressage et séchage, l'herbier reste essentiel pour enregistrer où et quand a été récoltée

la plante, dans quel milieu, près de quelles autres espèces, etc.

Sans oublier qu'un échantillon physique demeure très précieux. « Beaucoup de recherches étudient la génétique ou la composition chimique de spécimens conservés dans les herbiers », souligne Simon Joly. Difficile en effet de prélever l'ADN d'une fleur virtuelle ! Et les technologies évoluent tellement vite qu'il faut conserver des témoins historiques des plantes, fait remarquer Marion Leménager : « On ne sait pas de quelles techniques on disposera dans le futur... »

**Pour explorer les fleurs virtuelles en 3D :** [sketchfab.com/plantevolution](http://sketchfab.com/plantevolution)

1 Ces images ne sont pas des photos, mais bien des modèles numériques en trois dimensions et en couleurs. Ils ont été créés à partir de dizaines de clichés d'un spécimen vivant. Ici, un *Rhytidophyllum bicolor*. 2 La construction de fleurs virtuelles par photogrammétrie fonctionne bien avec des fleurs de différentes morphologies, notamment celle du cactus de Noël (*Schlumbergera sp.*). 3 4 Les « fleurs virtuelles » sont formées d'un nuage de points. Cela permet de caractériser précisément leur forme et facilite les comparaisons. Les fleurs fraîches, elles, sont délicates et périssables, ce qui complique la prise de mesures. 5 Lors de la prise de photos, le spécimen est épinglé sur un plateau, à proximité d'échelles de mesure et d'une charte de couleurs qui aideront à calibrer l'image. L'épingle sera effacée à l'ordinateur lors du traitement des images. 6 La plante rouge à lèvres (*Aeschynanthus pulcher*) fait partie de la famille des Gesnériacées, dont Marion Leménager étudie l'évolution. Apparues il y a 10 millions d'années, ces plantes tropicales ont changé de stratégie de pollinisation entre 12 et 15 fois, un taux plus fréquent que pour d'autres familles de plantes à fleurs.

# Débat sur l'« Internet des sols »

Une étude met en doute une théorie populaire selon laquelle les arbres échangeraient des ressources et communiqueraient sous terre.

Par Gabrielle Anctil



**D**ans le célèbre film *Avatar*, les Na'vi de la planète Pandora s'allient pour lutter contre l'exploitation minière menée par les humains, car ces activités posent une grave menace au réseau qui relie les racines de tous les arbres de la forêt. Ce système biologique a une particularité : il permet la communication entre tous les êtres vivants de la planète et leur offre une forme de conscience.

Tout fantastique qu'il puisse paraître, ce réseau est basé sur une théorie populaire selon laquelle les arbres de notre planète auraient la possibilité de « discuter » entre eux via un champignon qui les relie sous terre. Peut-être avez-vous déjà entendu parler de l'« Internet des sols » (ou *Wood Wide Web*) ? Des ressources y circuleraient, aidant la croissance des jeunes arbres ; on dit même que les « mamans arbres » utilisent ces réseaux pour communiquer avec leurs rejetons. La séduisante idée a été reprise dans des dizaines d'articles de journaux, des livres, des documentaires et des conférences. Le hic : elle a été remise en question dans un article paru dans

la revue *Nature Ecology & Evolution* en février 2023.

## UNE AUTOROUTE NON NÉCESSAIRE

Sous terre, les racines des arbres établissent une relation symbiotique avec des champignons, nommée « réseau mycorhizien », qui leur offre de nombreux avantages. Cela n'est pas mis en doute. « Il existe de nombreuses preuves qui démontrent que les arbres ne peuvent grandir sans ces champignons et que ceux-ci participent à la formation des sols », confirme Justine Karst, professeure au Département des ressources renouvelables de l'Université de l'Alberta et coauteure de cette étude.

La chercheuse et deux collègues se sont penchés sur la littérature scientifique pour vérifier la solidité de la théorie de l'« Internet des sols ». Leur constat est sans appel : « Pour le moment, il n'y a aucune preuve que des ressources sont transférées à travers ces réseaux », résume-t-elle.

Attention : les affirmations ne parlaient pas de rien. « Nous avons de bonnes raisons de croire que de

petites quantités de carbone circulent dans les sols entre les arbres, mais, pour le moment, la science montre que les réseaux mycorhiziens ne sont pas nécessaires pour permettre cette circulation », remarque Justine Karst. En d'autres mots, si des ressources circulent entre les arbres, elles ne transitent pas nécessairement par l'autoroute des champignons.

Quant à savoir si ce réseau est utile, « il existe à peu près autant de preuves que la connexion à un présumé [réseau mycorhizien] améliore ou inhibe la performance des semis, et les effets neutres sont les plus fréquents », lit-on dans l'étude. C'est-à-dire que si la « maman arbre » nourrit les jeunes autour d'elle grâce au réseau, ils ne semblent pas tellement en profiter.

Concernant la communication entre un arbre « mère » et ses descendants, la science est encore plus mince : aucune étude sur le sujet n'a été menée en forêt. La durée de la connexion par champignon entre un arbre et ses « petits » est en outre inconnue. Les sols forestiers sont fréquemment perturbés par les animaux et les chances sont grandes que



cette activité vient défaire les liens entre les arbres. L'étude de ces liens est de plus fort complexe : comment observer quelque chose qui se cache dans le sol ?

### HUMILITÉ SCIENTIFIQUE

Pour comprendre ce qui a bien pu se passer pour que la théorie devienne aussi populaire, les trois collègues sont remontés aux débuts de la recherche sur la communication racinaire. Ils ont remarqué que les premières études, aux résultats timides, étaient citées de manière de plus en plus assurée. « J'ai été impliquée dans la rédaction de certaines de ces études charnières dans les années 1990 et j'étais consciente du fait que certaines d'entre elles n'étaient pas toujours citées correctement », admet Melanie Jones, professeure de biologie à l'Université de la Colombie-Britannique et coauteure de l'étude. Par un effet domino, des résultats peu concluants sont devenus une vérité universelle.

Avec le recul, il faut bien admettre que les scientifiques ont succombé à un biais cognitif bien connu : le biais de confirmation. « Nous étions très excités à l'idée de ce réseau, c'est un concept très séduisant, confesse Justine Karst. Nous sommes tombés dans le piège. »

Les résultats obtenus par ses collègues ne surprennent pas outre mesure la biologiste spécialisée en sols forestiers Marie-Ève Roy, qui n'a pas contribué à l'étude. « Je trouvais ça gros, l'idée que les arbres communiquent ensemble à travers les champignons, dit-elle. Mais ça arrive parfois : les gens citent une source qui cite une source et, en fin de compte, on a une hypothèse qui n'est pas testée. »

La parution de la nouvelle étude offre aux spécialistes du domaine une chance de faire un examen des faits, une pratique courante en science. « Plusieurs personnes nous ont remerciés d'enfin avoir abordé la question », note Justine Karst.

Du côté du grand public, la réponse est plus faible, d'après l'équipe : il est vrai que l'idée de vivre dans un monde magique à l'image de la planète Pandora d'*Avatar* est séduisante. ●

## Le sens des aiguilles

Éléonore, neuf ans, se rend à l'hôpital avec son papa pour un rendez-vous en endocrinologie pédiatrique. Son médecin de famille suspecte une hypothyroïdie – elle est fatiguée, a pris du poids, perd ses cheveux et souffre de constipation. Ce jour-là, c'est moi qui suis chargée de l'évaluer dans le cadre d'un stage. Après un questionnaire médical exhaustif, je conclus qu'il nous faudra faire une petite prise de sang pour confirmer le diagnostic et prescrire le bon dosage de médicament. Et hop ! Au suivant !

Mais Éléonore ne se lève pas de sa chaise pour sortir du bureau. Ses yeux s'emplissent d'eau, sa lèvre inférieure tremblote. Elle fond en larmes, puis se met à hurler : « J'ai peur des aiguilles ! » Je regarde son père, éberluée. Nous levons les yeux au ciel dans un petit moment de complicité tacite. Franchement, me dis-je, une prise de sang, ce n'est pas la fin du monde !

Malheureusement, pour certaines personnes, ce l'est... Et la peur des aiguilles – aussi connue sous le nom de bélonéphobie – ne touche pas que les enfants. Jusqu'à 1 individu sur 10 en souffrirait, à des degrés variables.

Si, pour la plupart, elle se manifeste par une simple aversion des piqûres, pour d'autres, elle cause anxiété, crise de panique, voire une perte de conscience avec convulsions. À la vue d'une aiguille, la tension artérielle et la fréquence cardiaque d'une partie des bélonéphobes augmentent de manière fulgurante.

Pour compenser, le corps déclenche un réflexe du système nerveux central pour que l'organisme revienne à la normale. Parfois, ce réflexe, qu'on appelle vasovagal (parce qu'il est médié par le nerf vague), est si fort qu'il peut avoir pour effet de faire tomber le patient ou la patiente « dans les pommes ».

Certes, cette constellation de symptômes n'est pas agréable. Ce n'est pourtant pas le plus grave problème : des personnes vont carrément s'empêcher de consulter médecins et dentistes à cause de leur peur des aiguilles. Dans le cas d'Éléonore, le soin en question n'était qu'une prise de sang ponctuelle. Mais comment aurait-elle réagi si elle

avait été déclarée diabétique ce jour-là et que je l'avais informée de la nécessité de surveiller sa glycémie et de s'injecter de l'insuline plusieurs fois par jour ? Et si, dans quelques années, elle avait besoin d'un traitement de chimiothérapie pour soigner un cancer ? D'un traitement de canal à faire chez le dentiste ? Ou encore, s'il y avait une pandémie et qu'un programme de vaccination massif était mis en branle ?

C'est pourquoi il faut s'attaquer à la peur des aiguilles dès son apparition. De nombreux petits gestes, qui marchent autant avec les bambins qu'avec les adultes, peuvent aider.

D'abord, il faut déterminer ce qui alimente la peur. Est-ce le fait de ne pas avoir le plein contrôle de la situation ? Si oui, on donne des choix : « Veux-tu que je t'explique ou préfères-tu ne pas savoir ? », « Veux-tu que je reste avec toi ou es-tu mieux seul ? », etc. Si c'est plutôt la peur de la douleur, il est possible de réduire au maximum le calibre de l'aiguille, d'appliquer une crème anesthésiante sur la peau ou même de geler la zone de prélèvement avec un glaçon avant la ponction ou le vaccin.

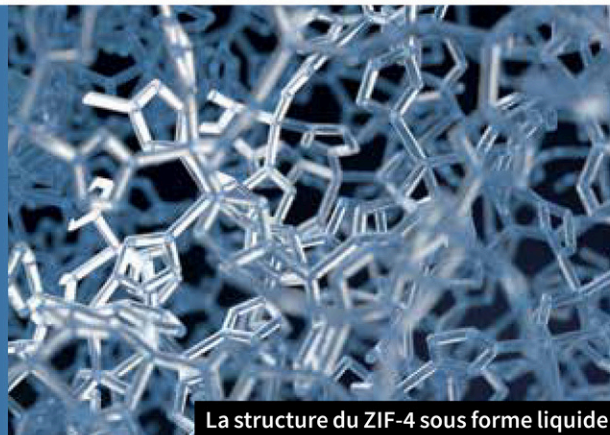
Si rien de tout cela ne fonctionne, une approche d'exposition progressive et de désensibilisation peut être menée par un ou une proche ou des spécialistes en santé mentale. Des techniques de relaxation et de respiration profonde peuvent être enseignées. Dans certains cas, c'est l'hypnose qui pourra régler le problème. D'autres initiatives intéressantes ont été mises au point pendant la pandémie, comme celle du Centre de toxicomanie et de santé mentale de Toronto, qui a offert des cliniques de vaccination contre la COVID-19 adaptées aux bélonéphobes : lumières tamisées, mobilier confortable, salles privées, distractions offertes au moment de l'injection.

Dans tous les cas, il est conseillé d'en parler à votre professionnel de la santé pour éviter que la peur des aiguilles ne prenne trop d'ampleur. Éléonore a bien fait d'exprimer haut et fort son malaise. Nous avons ainsi pu l'aider à affronter sa peur à son rythme et, de fil en aiguille, elle a pu être soignée. ●

# Des liquides pleins de trous

Des scientifiques du monde entier travaillent à la synthèse de liquides... poreux. Vous avez bien lu : il ne s'agit pas d'un oxymore !

Par Maxime Bilodeau



La structure du ZIF-4 sous forme liquide

**DE** par leur nature, les liquides n'aiment pas les « trous ». Il suffit d'en verser un dans un contenant pour le constater : le corps fluide se ramasse au fond, ne laissant aucun espace libre. La faute revient à ses molécules qui, parce qu'elles sont relativement mobiles les unes par rapport aux autres, s'agglutinent et empêchent la formation de vides. C'est ce qui explique pourquoi il est si difficile d'ajouter une quantité importante de gaz dans un liquide, à moins de le mettre sous pression, comme dans le cas des boissons gazeuses. Même là, la magie est éphémère. Pschitt.

Il serait pourtant bien pratique d'avoir des liquides capables d'absorber de grandes quantités de gaz, notamment des polluants ou du CO<sub>2</sub>, un peu comme des éponges. C'est ce à quoi travaillent de nombreuses équipes, avec des progrès fulgurants depuis quelques années. En août 2022, des chimistes de l'Université Harvard ont par exemple décrit une méthode permettant de transporter de l'oxygène dans une solution à des concentrations bien plus élevées que dans le sang. De quoi concevoir de nouvelles applications en médecine ou même améliorer le stockage de l'énergie !

## UN JEU DE TETRIS

Cette prouesse est le fait d'une classe de matériaux prometteuse : les réseaux organométalliques, mieux connus sous leur acronyme anglais MOF. Semblables à de minuscules cages bourrées d'interstices, ces cristaux sont composés à la fois de molécules organiques et d'ions métalliques. « Les MOF sont naturellement dotés d'une grande porosité. Leur structure cristalline implique cependant qu'on les produit et les utilise plutôt sous forme solide [en poudre] », explique François-Xavier Coudert, directeur de recherche au Centre national de la recherche scientifique à l'Institut de recherche de chimie Paris.

Avec ses collègues, le chimiste a lui aussi identifié un type de MOF à base de zéolite capable de conserver ses propriétés poreuses en phase liquide. Leur étude publiée en 2017 dans la revue *Nature Materials* décrit les changements structurels subis

par le ZIF-4 (c'est son nom) lors du passage d'une phase à l'autre, après fusion. « Le défi était de trouver un matériau qu'on peut chauffer à une température suffisamment haute [environ 592 °C] pour qu'il se liquéfie, mais inférieure au stade où il commence à brûler et à se dégrader », indique-t-il, qualifiant cette découverte de « coup de chance ».

« On peut voir la synthèse des liquides poreux comme un jeu de Tetris au cours duquel les pièces ne s'imbriquent jamais tout à fait parfaitement, malgré leur tendance naturelle à le faire, illustre-t-il. Notre but est d'identifier les briques dont la forme géométrique favorise la création prévisible de pores. »

## APPLICATIONS INDUSTRIELLES ?

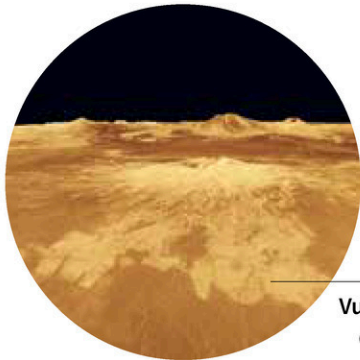
Les récentes avancées s'inspirent toutes des travaux d'une équipe britannique à l'origine de la synthèse du premier liquide poreux, en 2015. Les résultats de sa preuve de concept, publiés dans *Nature*, révèlent que les cavités permanentes présentes dans ces liquides peuvent accueillir de petites molécules gazeuses comme du méthane, qui vient s'y dissoudre facilement.

De fait, les chimistes qui ont piloté l'expérience ont mis sur pied une compagnie pour commercialiser leur « invention » : Porous Liquid Technologies, qui propose de remplacer les technologies actuelles de capture et de séquestration de carbone, réputées peu efficaces, par des liquides poreux. « De véritables procédés industriels pourraient voir le jour dans les prochaines années, estime James Wuest, professeur au Département de chimie de l'Université de Montréal et spécialiste de la synthèse organométallique. Pour cela, il faudra toutefois faciliter la production de ces composés qu'on connaît encore mal. »

C'est pourquoi la recherche se poursuit. François-Xavier Coudert et son équipe viennent par exemple de démontrer que le désordre des MOF en phase liquide leur conférerait de nouvelles propriétés qui n'étaient pas accessibles dans les phases solides. Comme quoi les liquides peuvent avoir de véritables atomes crochus avec les trous ! ●

# Ça chauffe sur Vénus!

Par Chloé Bourquin



Vue de synthèse de l'Atla Regio

**D**ans un article publié dans *Science*, deux chercheurs américains ont tenté de répondre à une question brûlante : les volcans sur Vénus sont-ils toujours actifs? Bien que Vénus soit notre plus proche voisine dans le système solaire, elle garde jalousement ses secrets. Avec ses 460 °C en surface, difficile d'y envoyer un robot pour vérifier la théorie qui veut que des volcans y soient actifs.

Le duo scientifique s'est donc rabattu sur des images prises par la sonde spatiale Magellan, dans les années 1990, d'une région volcanique bien particulière, appelée l'Atla Regio. Sur les clichés de l'époque, on peut voir qu'en l'espace de huit mois, l'un des cratères d'un volcan a changé de forme et s'est élargi. Cela pourrait s'expliquer par la formation d'un lac de lave causé par un afflux de magma ou par l'effondrement des murs du cratère, ce qui peut arriver lorsqu'une chambre magmatique se vide. Dans les deux cas, pas de doute, selon les auteurs de l'étude : c'est une preuve solide que ce volcan est encore actif!

Lyal Harris est moins convaincu. Ce professeur au Centre Eau Terre Environnement de l'Institut national de la recherche scientifique a lui-même étudié à la loupe l'activité volcanique sur Vénus, ce qui a d'ailleurs valu à ses travaux de faire partie des 10 Découvertes de l'année de *Québec Science* en 2014. Selon lui, les changements observés pourraient s'expliquer autrement que par une activité volcanique. « Ce volcan fait neuf kilomètres de haut et ses flancs sont raides, donc il ne serait pas surprenant qu'il y ait des glissements de terrain », souligne-t-il.

Le chercheur reste cependant persuadé qu'il y a bel et bien des volcans actifs sur Vénus. « D'autres études basées sur des images prises par l'Agence spatiale européenne ont montré des différences de température entre la base du volcan et son sommet, notamment dans la région dont parle l'article de *Science* », rappelle-t-il.

De telles recherches permettent non seulement d'en apprendre plus sur notre voisine, mais aussi sur la formation d'anciens volcans sur notre propre planète, il y a des milliards d'années. Et comme l'étude qui vient tout juste d'être publiée dans *Science* ne porte que sur environ 1,5 % de la surface de Vénus, nous sommes encore loin d'avoir percé tous ses secrets! ●



## Panique automatique

« L'intelligence artificielle conduira probablement à la fin du monde, mais, entretemps, il y aura de grandes entreprises. » Le PDG de la compagnie OpenAI, Sam Altman, lançait ce trait d'esprit en 2015. Les réactions affolées face à son plus récent produit, l'agent conversationnel ChatGPT, confirment qu'il n'est plus le seul à croire aux dangers de l'intelligence artificielle (IA).

Pour ma part, les réactions des dernières semaines me donnent un goût de déjà-vu. Il n'y a pas si longtemps, les cryptomonnaies, la voiture autonome et la 5G suscitaient des inquiétudes similaires. Chaque fois, on parle de « révolution » et on anticipe des effets sociaux pervers, comme des mises à pied massives ou une perturbation de pans entiers de l'économie. Puis, la poussière retombe et notre regard se tourne vers la prochaine technologie. Le processus est tellement convenu qu'il porte même un nom : le cycle des attentes technologiques.

Il est vrai que, cette fois-ci, les choses semblent différentes. Fin mars, de grands noms du monde des technologies ont signé une lettre ouverte demandant de « mettre sur pause » le développement des technologies d'IA les plus puissantes, s'inquiétant du manque d'encadrement de l'industrie.

Au-delà des rebondissements de l'IA, « dans le domaine de la technologie, le progrès se fait rarement du jour au lendemain », rappelle la doctorante en science, technologie et société à l'Université du Québec à Montréal Florence Lussier-Lejeune. Elle est coauteure d'un livre intitulé *Attentes et promesses techno-scientifiques* qui s'intéresse aux effets économiques et politiques du battage publicitaire entourant les nouvelles technologies – ce qu'elle appelle « l'économie de la promesse ».

Revenons à Sam Altman. « Je crois que l'IA sera la plus grande force d'autonomisation économique [...] que nous ayons jamais vue », tweetait-il en février 2023. Peut-être. Dans son essai, Florence Lussier-Lejeune détaille comment les annonces mirobolantes de ce type provoquent une course aux investissements. Sauf que « les promesses d'innovation créent rarement les résultats escomptés et drainent des ressources substantielles au profit de concepts à la mode ».

Ces promesses sont aussi généralement fort nébuleuses. En quoi consiste une « force d'autonomisation économique »? Ce flou contribue à donner un air de véracité aux promesses, « les éléments éloignés dans le futur [étant] plus crédibles s'ils sont traités sans trop de détails », relève la chercheuse. On insistera sur la nécessité d'agir rapidement, les innovations arrivant trop vite pour permettre de les étudier à tête reposée.

Nous en venons ainsi à accorder une confiance aveugle aux individus qui profitent le plus de ces développements technologiques. Comment, dans ce contexte, s'assurer que ceux-ci profiteront à toute la société? Florence Lussier-Lejeune aimerait voir plus de discussions qui intégreraient toutes les parties prenantes, incluant les utilisateurs et utilisatrices. C'est justement ce que demandent les spécialistes de l'IA.

Un tel processus demandera du temps. Tant mieux. ●

# Comme à la guerre

« Si tu veux la paix, prépare la guerre. »

La professeure en cybersécurité  
Karine Pontbriand prend cet adage  
à la lettre. Elle souhaite que nous  
nous armions pour le prochain champ  
de bataille : le cyberspace.

Par Gabrielle Anctil



**ILS** ont beau faire moins de bruit que les bombes et les chars d'assaut, les conflits politiques qui se déroulent en ligne n'en sont pas moins inquiétants. Il y a bien sûr la Russie contre l'Ukraine, la Chine contre Taiwan et le Maroc contre l'Algérie, mais aussi la Corée du Nord, qui se finance grâce aux attaques informatiques... Le concept est désormais bien concret.

Si bien que la Croix-Rouge veut qu'un emblème numérique soit créé pour protéger ses systèmes informatiques et ceux des centres médicaux partenaires, en vertu du droit international humanitaire, tandis que les spécialistes des États membres de l'OTAN se réunissent annuellement pour simuler les pires attaques et les surmonter. À une époque où nos infrastructures essentielles sont de plus en plus numériques, la question devient en effet pressante.

Professeure à l'Université Deakin, en Australie, la Québécoise d'origine Karine Pontbriand est spécialiste en cybersécurité. Avec le directeur du Groupe de recherche en cyberdiplomatie et cybersécurité de l'Institut d'études internationales de Montréal, Claude-Yves Charron, elle a codirigé l'essai *Préparer la cyberpaix*, qui sera publié à la fin mai. Nous l'avons rencontrée.

**Québec Science :** Vous publiez un livre sur la cyberguerre et son pendant plus positif, la cyberpaix. Pourquoi aborder ce sujet ?

**Karine Pontbriand :** La question de la cyberguerre est encore peu couverte par la recherche, surtout francophone. Dans les médias, on entend souvent parler de cyberattaques et de cybersécurité, mais l'ensemble des questions politiques qui se déroulent en coulisse y est peu développé.

Les États utilisent de plus en plus le cyberspace comme outil pour faire avancer leurs intérêts au détriment de la sécurité de cet espace vital dans le fonctionnement de nos sociétés modernes. Pourtant, nous sommes tous interconnectés dans cet espace transfrontalier : une cyberattaque en Europe de l'Est peut avoir des répercussions jusqu'en Amérique du Nord. Les États n'ont donc pas le choix de collaborer pour essayer de stabiliser le cyberspace et de limiter les effets négatifs des attaques.

**QS** Quelle place occupe le cyberspace pour les États ?

**KP** Les cyberattaques ne sont qu'un outil de plus dans leur arsenal, qu'ils emploient dans leur jeu de force continu. Elles permettent de s'immiscer dans les affaires internes d'un autre État, par exemple, en manipulant des élections, en empêchant la sortie d'un film, pour semer le doute dans une population et s'en prendre au tissu social, pour nuire à un autre État financièrement. Certaines attaques peuvent avoir des conséquences concrètes, notamment quand elles en ciblent des infrastructures essentielles telles que les réseaux électriques ou les systèmes de transport. De plus en plus, les États et d'autres acteurs, tels que les terroristes, utilisent les cyberattaques dans le cadre de leurs attaques. Malheureusement, ce sont souvent les citoyens qui en sont les principales victimes.

**QS** On prédisait, aux débuts de la guerre en Ukraine, que celle-ci allait rapidement se répandre dans le monde numérique. Ça n'a pas été le cas. Qu'est-ce que cela nous dit sur l'avenir des guerres ?

**KP** C'est vrai que plusieurs experts ont été surpris des effets limités des cyberattaques russes en Ukraine, soulevant des questions : la Russie est-elle moins habile dans le cyberspace qu'on ne le pensait ? L'Ukraine avait-elle de meilleures cyberdéfenses ? Dans tous les cas, quand on parle de cyberguerre comme guerre du futur, je pense qu'il faut considérer ça avec un bémol : les cyberattaques ne sont qu'un seul type d'arme, qu'un outil parmi tous ceux dont un État dispose.

Et elles sont plus compliquées à utiliser qu'on ne le pense : il ne s'agit pas de peser sur un bouton ! Elles peuvent prendre beaucoup de temps à planifier et les effets sont souvent plus discrets que les chars d'assaut disposés le long de la frontière, ou les bombes lancées sur un centre-ville ennemi. Les armes traditionnelles demeurent les plus efficaces pour causer des dommages physiques.

**QS** La Chine accuse l'Occident d'avoir un « biais stéréotypé » envers elle quant à ses cyberactivités. Cette critique est-elle valide ?

**KP** Je pense qu'il faut se méfier de la Chine à bien des égards, et dénoncer ses pratiques douteuses, notamment sur le plan des droits de la personne et

## La plupart de nos infrastructures essentielles sont désormais « branchées » d'une façon ou d'une autre et peuvent être victimes de pannes informatiques ou de cyberattaques.

du cyberespionnage industriel. Or, il est vrai que les pratiques de certains États comme les États-Unis ne sont guère meilleures : on n'a qu'à penser aux révélations d'Edward Snowden sur le programme de surveillance très étendu de la National Security Agency.

Un employé d'une grande compagnie de télécommunication américaine qui tentait de percer le marché en Amérique latine m'a expliqué que, lorsqu'il essaie de convaincre les gouvernements de choisir sa compagnie en mentionnant les pratiques d'espionnage de la Chine, ses interlocuteurs ne sont pas très convaincus. On lui dit : « Que ce soit la Chine ou les États-Unis qui nous espionnent, ça ne change pas grand-chose. » Ce qui les convainc, cependant, c'est que les produits chinois sont moins chers!

**QS Les technologies chinoises sont accueillies avec beaucoup de méfiance chez nous; pensons aux produits Huawei ou à TikTok. Si on les compare avec des outils américains, comme Facebook qui collecte énormément d'informations sur nous, y a-t-il vraiment lieu de s'inquiéter?**

**KP** Pour les citoyens, je pense que le risque est semblable. Dans les deux cas, le problème, c'est qu'on accepte de donner accès à nos données à n'importe quel tiers en échange du service. C'est le modèle d'affaires des entreprises du numérique : on les paie avec de l'information sur nous. L'important pour les entreprises, c'est la poursuite de profit, elles prioriseront toujours leurs intérêts économiques avant leur devoir patriotique.

Le risque avec la Chine, c'est que le gouvernement peut forcer les entreprises à lui fournir des informations sur les consommateurs. Mais les États-Unis tentent aussi de le faire lorsqu'il est question de sécurité nationale.

**QS Quelles sont les menaces principales pour la cybersécurité canadienne?**

**KP** Le Canada, comme tout pays développé dont les services essentiels et l'économie dépendent de plus en plus du cyberspace, est vulnérable. La plupart de nos infrastructures essentielles sont désormais « branchées » d'une façon ou d'une autre et peuvent être victimes de pannes informatiques ou de cyberattaques. Le cybercrime – tel que l'extorsion et le vol d'identité – est un autre fléau qui touche de plus en plus les Canadiens et Canadiennes. Les menaces ne font qu'augmenter.

**QS Quelle est la différence entre la cyberdiplomatie et la diplomatie numérique?**

**KP** La cyberdiplomatie désigne la façon dont les États discutent, négocient et adoptent des normes par rapport aux sujets qui se rattachent au cyberspace et à sa gouvernance, dont la cybersécurité internationale, le cybercrime, la liberté d'Internet et le type d'actions tolérables dans le cyberspace.

La diplomatie numérique, c'est l'utilisation des moyens technologiques numériques par les acteurs de la scène internationale dans leurs activités diplomatiques traditionnelles.

**QS Les entreprises privées multinationales ont une énorme présence dans le cyberspace. Cela affecte-t-il la cyberdiplomatie?**

**KP** Contrairement à d'autres domaines diplomatiques qui sont normalement du ressort des États, les entreprises s'immiscent dans les discussions qui concernent le cyberspace et tentent de promouvoir certaines normes, que ce soit dans certains forums de l'Organisation des Nations unies ou encore dans des forums qu'elles créent elles-mêmes. N'oublions pas que les entreprises

privées créent, développent, implémentent et gèrent la plupart des nouvelles technologies numériques et que certaines multinationales ont un chiffre d'affaires plus gros que le PIB de plusieurs États. Elles ont donc beaucoup de pouvoir, et tentent de faire pencher la balance en fonction de leurs intérêts.

**QS Dans le livre que vous codirigez, vous décrivez le concept de « résilience » dans un contexte de sécurité informatique. Pourquoi cette approche vous semble-t-elle importante?**

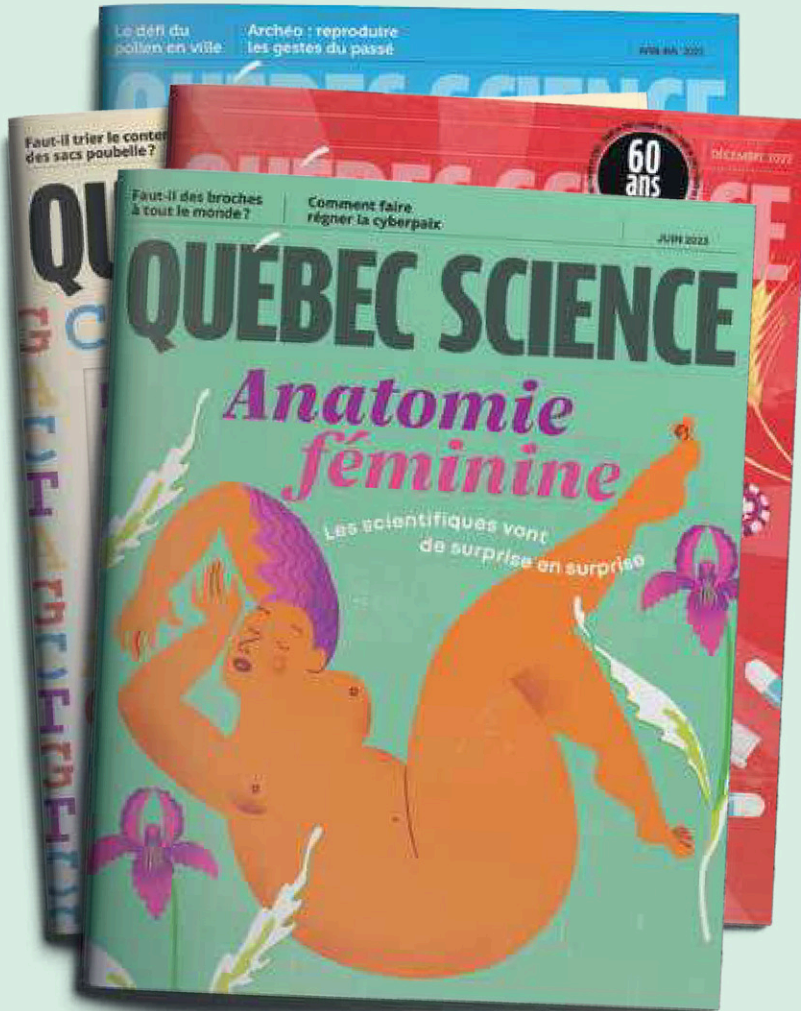
**KP** Parce que la sécurité absolue n'existe pas dans le cyberspace. S'assurer qu'aucune vulnérabilité n'existe parmi les millions de lignes de code est pratiquement impossible. La résilience part de l'idée que le système va être infiltré ou perturbé un jour ou l'autre. L'objectif n'est pas d'éviter les attaques à tout prix, mais plutôt de s'assurer que, si on est victime d'une attaque, on est en mesure d'en limiter les conséquences.

**QS Comment « préparer la cyberpaix »?**

**KP** La cyberpaix, tout comme la paix universelle, est probablement inatteignable. L'objectif réaliste est de mitiger les tensions et de viser la coopération, particulièrement autour des intérêts communs des acteurs. Dans le domaine des affaires, on parle de « coopération », un mélange de compétition et de coopération, lorsque deux entreprises en concurrence dans le marché établissent des partenariats qui leur permettent de tirer des bénéfices communs. Au lieu d'être un jeu à somme nulle, la gouvernance internationale du cyberspace peut s'effectuer en mode gagnant-gagnant. Mais pour ça, il faut commencer par diminuer les tensions et éviter les dialogues de sourds. ●

# QUÉBEC SCIENCE

L'heure est à la science



1 AN (8 NUMÉROS PAPIER)  
donnant aussi accès à l'édition numérique

**43\$** + TAXES ~~63,60\$~~ + TAXES

UNE ÉCONOMIE DE  
**32 %** sur le prix de vente  
en kiosque.

M'ABONNER OU RENOUELER

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

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



SEULEMENT  
**57\$**  
+ taxes

**Vous aimez les sciences  
et la nature ?**

Offrez-vous un duo qui saura  
satisfaire votre curiosité!

# À la source des femmes

**L'éjaculation féminine n'est pas une fabulation de la pornographie, encore moins un mythe. Mais comme tout ce qui touche à l'anatomie féminine, elle a longtemps été délaissée par la recherche. Quelques scientifiques pionniers ont levé le voile sur ce mystère et ils ont amorcé, avec d'autres, une grande révision des livres d'anatomie.**

**Par Marine Corniou**

ILLUSTRATION : SOPHIE CASSON \* DIRECTION ARTISTIQUE : SOPHIE BENMOUYAL

**AU** Rwanda, on raconte que l'immense lac Kivu est né de l'éjaculation d'une reine. Délaissée par son mari, elle aurait tant apprécié les « services » d'un de ses gardes que l'eau aurait jailli entre ses cuisses. Certes, le *squirting*, cette capacité qu'ont certaines femmes à expulser de grandes quantités de liquide lors d'une stimulation sexuelle, a été popularisé récemment par la pornographie. Mais il n'en est pas moins un phénomène ancestral, voire une tradition encore bien vivante dans la région des Grands Lacs d'Afrique de l'Est. Décrite depuis l'Antiquité, cette manifestation du plaisir a été glorifiée par plusieurs peuples, notamment dans la Chine et l'Inde anciennes, avant de devenir taboue, du moins au sein des sociétés occidentales.

La première fois qu'elle a éjaculé, Mélanie\*, elle, n'a pas perçu la noblesse de la chose. Elle a plutôt été prise d'un fou rire. « Ça a fait une grande flaque! » raconte-t-elle en riant. À l'époque, elle approche de la quarantaine et

vient de se séparer. Son nouveau partenaire, « plus expérimenté », stimule manuellement un point précis, « au niveau du point G », et elle ressent alors une sensation inédite. « C'était intrigant, un peu comme une envie d'uriner, mais différent. La troisième fois qu'il a fait ça, je me suis laissée aller et, là, c'est sorti! C'est une sensation agréable, différente de l'orgasme. Plutôt comme un soulagement, une grande relaxation », décrit-elle.

Depuis, elle a vécu l'expérience à plusieurs occasions, avec moins de gêne et de surprise que la première fois. Mais sans tout comprendre pour autant. « J'en avais vaguement entendu parler, sans plus. Sur Internet, je n'ai pas trouvé grand-chose sur le sujet », confie cette Montréalaise.

Le peu d'information disponible sur la toile dit tout et son contraire : le fluide serait ou non de l'urine, contiendrait ou non des molécules qu'on trouve aussi dans le sperme, sortirait ou non par le vagin... Les « femmes-fontaines » ont beau titiller l'imaginaire érotique, elles laissent la plupart des scientifiques



**La recherche sur la sexualité féminine pourrait se résumer ainsi : parcellaire, jalonnée de controverses, riche en idées reçues et pauvre en données factuelles.**

indifférents. Jusqu'à il y a une dizaine d'années, l'existence même de l'éjaculation féminine était mise en doute par des anatomistes, biologistes et médecins de tout poil.

« Pendant très longtemps, on a cherché la source de ces émissions de liquide, et certaines personnes la cherchent encore à ce jour », souligne avec amusement Zlatko Pastor, professeur au Département d'obstétrique et de gynécologie à l'Université Charles de Prague, en République tchèque. Il fait partie de la poignée de spécialistes qui ont résolu le mystère – patience, on vous mettra dans la confiance sous peu. « Il est important que les femmes sachent que ce phénomène existe et que ce n'est ni une dysfonction ni de l'incontinence urinaire. Il y a un manque de connaissances, y compris chez les médecins. De vieilles idées continuent d'être véhiculées », déplore-t-il.

Ce constat est malheureusement symptomatique du sort réservé à l'entière de la sexualité féminine. La recherche sur le sujet pourrait se résumer ainsi : parcellaire, jalonnée de controverses, riche en idées reçues et pauvre en données factuelles. « Historiquement, l'appareil génital féminin a été dévalué et sous-étudié. Il y a encore des aspects fondamentaux de l'anatomie qui n'ont pas été décrits ni explorés », indique Diane Tomalty. Avec ses collègues, cette étudiante au doctorat en sciences biomédicales à l'Université Queen's, en Ontario, fait elle aussi partie des scientifiques déterminés à combler ces lacunes.

Portée par le mouvement de libération de la parole des femmes post-#MeToo, la science rattrape doucement son retard. De l'éjaculation aux troubles de l'orgasme, de la vulve au col de l'utérus, en passant par l'urètre et le clitoris, par les diverses glandes, les

ligaments et les terminaisons nerveuses, la *terra incognita* est peu à peu défrichée, des décennies, voire des siècles après l'appareil génital masculin. Auquel, sans surprise, beaucoup plus de publications savantes ont été consacrées.

« On recommence un peu de zéro ! » constate Charles Botter, un chirurgien plastique spécialiste de la reconstruction du clitoris à la suite de mutilations génitales. « Ce qui est motivant pour nous, chercheurs, c'est qu'il y a encore plein de choses à découvrir », observe celui qui exerce à l'hôpital Henri-Mondor, en banlieue de Paris.

### La fin d'une confusion

Pour repartir sur de bonnes bases, ces explorateurs de l'intime font ce que les anatomistes ont fait pendant des siècles : ils dissèquent des cadavres. « C'est nécessaire, car on en est encore aux étapes de description », souligne Diane Tomalty, qui a publié, au début de 2023, une étude réalisée sur neuf corps. L'occasion de dresser le portrait anatomique et biologique le plus complet à ce jour de la prostate féminine.

Oui, vous avez bien lu. Les femmes ont une prostate, ou plutôt plusieurs mini-prostates, chapelet de glandes microscopiques enchâssées dans la paroi de l'urètre (voir l'encadré ci-contre). Un « détail » dont le commun des mortels a peu entendu parler, voire pas du tout, et qui joue un rôle important dans l'éjaculation féminine. Mais pas dans le *squirting* tel que l'a expérimenté Mélanie.

Car il existe deux phénomènes distincts, faisant intervenir deux organes. Besoin d'un cours 101 ? C'est normal, explique Zlatko Pastor en nous rassurant. « Jusqu'à 2011, tous les fluides expulsés pendant l'orgasme féminin

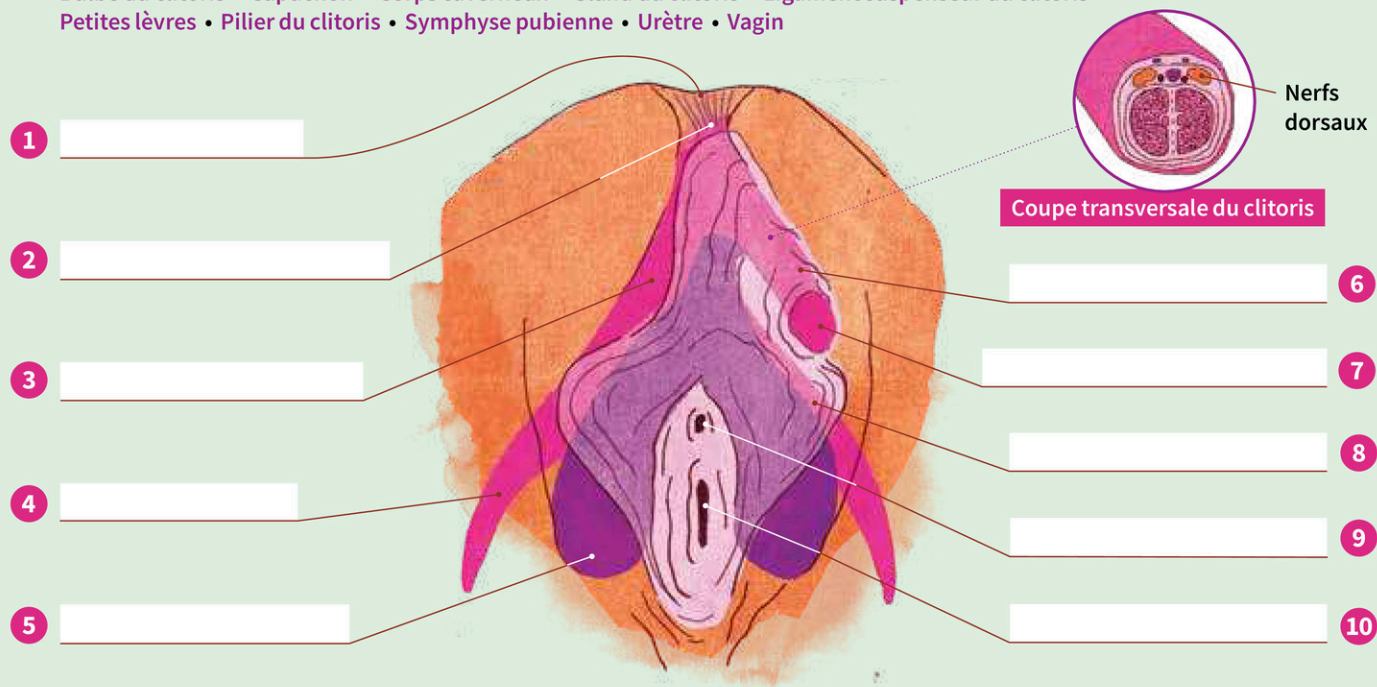
## PROSTATE UNIVERSELLE

Les organes génitaux émergent d'une même structure embryonnaire, indifférenciable entre les deux sexes lors des premières semaines de gestation. Le bourgeon génital se différencie ensuite sous l'influence des hormones : il donne un pénis ou un clitoris ; un scrotum fusionné ou des grandes lèvres ; une prostate ou... des glandes para-urétrales. C'est du moins ce que laisse penser l'étude de dissection de Diane Tomalty, confirmant ce que d'autres équipes avaient avancé. Car les molécules typiques de la prostate masculine sont aussi présentes dans les glandes para-urétrales. Dans ces dernières, l'équipe a décelé la présence d'antigène prostatique spécifique, du récepteur aux androgènes et de deux marqueurs génétiques, considérés chez l'homme « comme de nouvelles cibles pour aider le diagnostic des cancers de la prostate ». Reste que la chercheuse préfère que le terme prostate soit réservé aux hommes : il y a de nombreuses différences entre ces deux types de glandes, et l'anatomie féminine mérite sa propre nomenclature.

# Testez vos connaissances sur l'anatomie féminine

Les schémas complets des parties génitales féminines sont rares, et peu de personnes savent reconnaître les structures. Saurez-vous placer ces mots aux bons endroits ? Réponses page 22.

Bulbe du clitoris • Capuchon • Corps caverneux • Gland du clitoris • Ligament suspenseur du clitoris • Petites lèvres • Pilier du clitoris • Symphyse pubienne • Urètre • Vagin



étaient définis comme le résultat d'une éjaculation, par analogie avec ce qui se passe chez l'homme. Paradoxalement, ce qu'on appelle à tort éjaculation féminine, soit l'expulsion en jet de dizaines ou de centaines de millilitres de fluide transparent, est en fait du *squirting*. La vraie éjaculation, elle, correspond à l'émission de quelques gouttes de liquide blanc épais issu de la prostate féminine », indique-t-il. Dans les deux cas, l'évacuation se fait par l'urètre.

Ces phénomènes peuvent toutefois se combiner, et c'est ce qui a contribué à brouiller les pistes. Ainsi, certaines équipes avaient décelé de l'antigène prostatique spécifique (APS), une protéine typiquement produite par la prostate mâle, dans le fluide des femmes-fontaines. « Certains ont présenté ça comme la preuve que le fluide venait de la prostate féminine. Ce qui n'a aucun sens, car elle est beaucoup trop petite pour être la source de jets abondants, poursuit le chercheur. Il n'y a qu'un organe qui peut contenir

autant de liquide et qui est doté d'un muscle pour l'éjecter : c'est la vessie. »

Le mystère a été levé en 2011, donc, par deux médecins qui ont réussi à collecter séparément les deux types de sécrétions, avec l'aide d'une volontaire de 43 ans. Le *squirt*, aqueux, contient de l'urée et de la créatinine – autrement dit, il s'agit d'urine, en général peu concentrée. L'éjaculat prostatique, lui, ne représente que deux ou trois gouttes laiteuses riches en APS. Autant dire qu'il passe en général inaperçu.

En 2014, une étude a permis de visualiser clairement par échographie la vessie de sept participantes, apparaissant pleine avant le *squirting* et vide juste après. Le fait d'uriner en amont n'empêche d'ailleurs pas le remplissage de la vessie pendant la phase d'excitation.

Finalement, une expérience japonaise menée en 2022 est venue clore le restant de débat de manière colorée. Cette fois, l'équipe d'urologues a recruté cinq femmes sachant « squirter » – en précisant qu'il ne s'agissait pas de

travailleuses du sexe, information inutile s'il en est. À l'aide d'un cathéter, un liquide bleu a été injecté dans leur vessie avant qu'elles se masturbent. À des fins de vérification, la manœuvre a été filmée. Et le résultat est... indiscutablement bleu. « Je le répète, ce n'est pas de l'incontinence urinaire coïtale, qui peut aussi exister [il y a dans ces cas d'autres symptômes d'incontinence]. Il s'agit simplement d'une manifestation moins typique de la réponse sexuelle féminine, au même titre que l'orgasme multiple, par exemple », précise Zlatko Pastor.

S'il estime que la question de base est réglée, certaines énigmes demeurent, à commencer par la prévalence du phénomène. Quelques sondages sur de petites cohortes ont bien été menés ces dernières décennies, mais la définition y était floue, et on soupçonne que le manque de connaissances et la pudeur ont faussé les résultats. Le *squirting* pourrait tout de même concerner environ 5 % des femmes, sans forcément

## RESTAURER LA SENSIBILITÉ

On ne peut pas parler de santé sexuelle féminine sans évoquer la situation de plus de 200 millions de filles et de femmes qui vivent sur la planète en ayant subi des mutilations génitales. Celles-ci consistent à couper (excision) ou à suturer (infibulation) une ou plusieurs parties de l'appareil génital externe, en particulier le clitoris, pour obéir à certains facteurs culturels, religieux et sociaux.

Ces pratiques persistent dans une trentaine de pays, en Afrique, au Moyen-Orient, en Asie et en Amérique du Sud. Malheureusement, il n'y a pas de statistiques sur la prévalence au Canada, mais de nombreuses nouvelles arrivantes sont originaires de pays où l'excision est pratiquée.

En France, selon Charles Botter, environ 100 000 personnes auraient subi des mutilations génitales. À l'hôpital Henri-Mondor, ce chirurgien plastique opère une ou deux patientes toutes les deux semaines. La technique de réparation est récente, et peu d'équipes la pratiquent dans le monde. « On ne propose pas forcément l'intervention à toutes les femmes excisées, explique Charles Botter. Il faut d'abord les évaluer sur le plan sexologique et psychologique. Le but premier est qu'elles retrouvent une sensibilité. Il y a aussi des femmes qui ont encore des sensations mais qui trouvent que leur vulve n'est pas normale. Comme seul le gland du clitoris est coupé, il reste plusieurs centimètres à l'intérieur qu'on peut aller chercher. »

Si l'intervention n'est qu'un aspect de la démarche de « réparation », elle permet en général d'améliorer ou de restaurer la sensibilité. Dans une étude publiée en 2012, le chirurgien français Pierre Foldes, pionnier de cette technique reconstructrice, rapportait que plus du tiers des 866 femmes suivies par son équipe avaient commencé à avoir des orgasmes après l'intervention (elles n'en avaient pas avant). La quasi-totalité de la cohorte décrivait une réduction de la douleur, ou du moins pas d'aggravation, après l'intervention.

survenir à chaque stimulation (mais certaines études ont estimé cette proportion entre 40 et 55 %).

### Précis d'anatomie

Le mécanisme déclenchant l'expulsion du liquide, par la stimulation de la paroi antérieure du vagin (le « point G » dont parlait Mélanie), est aussi nébuleux. Pas étonnant, puisqu'on ne connaît pas vraiment la géographie des nerfs dans cette zone.

C'est justement l'un des projets de Diane Tomalty, à l'Université Queen's, qui ne sait plus où donner de la tête tellement le champ est vierge. « J'ai un financement pour étudier l'innervation du vestibule, à l'entrée du vagin. Nous souhaitons aussi regarder l'innervation de la prostate féminine et son irrigation sanguine », explique-t-elle.

Elle préfère d'ailleurs parler de « glandes para-urétrales », aussi connues sous le nom glandes de Skene, plutôt que de prostate. Là encore, la littérature scientifique manque de bases solides. On peut y lire que la prostate féminine pèserait environ 5 g (contre 10 fois plus chez l'homme) et que seule une femme sur deux ou trois en serait dotée. Diane Tomalty s'abstient quant à elle de donner des statistiques. « En fait, il semble que la plupart des femmes ont un tissu glandulaire péri-urétral. Par contre, il existe une hétérogénéité dans la densité, la morphologie et même la capacité fonctionnelle de ce tissu. Parfois, il n'y a pas de canaux qui se déversent dans l'urètre », observe-t-elle.

L'hypothèse de son équipe est que ces glandes dispersées participent à la réponse sexuelle, qu'il y ait éjaculation, *squirting*, ou pas. Elles formeraient l'un des éléments du légendaire point G, ou point Gräfenberg, du nom du gynécologue allemand qui l'a « découvert » en 1950. Les guillemets s'imposent, car aucune dissection n'a mis en évidence ce bouton érogène magique. « Le récit scientifique autour du point G est très confus, avec des affirmations catégoriques quant à son existence ou à son absence. On pense plutôt que les nerfs, les glandes et tous les tissus de la paroi antérieure du vagin travaillent ensemble pour produire des sensations, ou une

réponse éjaculatoire chez certaines personnes », avance la chercheuse, qui précise que les femmes brillent par la diversité de leurs réponses sexuelles.

### Au centre du plaisir

Il y a toutefois un centre névralgique qui met tout le monde d'accord : le clitoris. Loin du minuscule point vaguement dessiné dans les livres scolaires, cet organe érectile en forme de Y « la tête en bas » est un véritable iceberg, dont on ne voit que la pointe. Juché à cheval sur l'urètre et le vagin, il mesure une dizaine de centimètres, et il étend ses longs bulbes de part et d'autre de l'orifice vaginal. Le tout constitue le complexe « clitorido-urétral-vaginal » évoqué par Diane Tomalty et dont on est encore loin de saisir toutes les subtilités. Pour Zlatko Pastor, il est là, le vrai mystère. « Le rôle de ce complexe dans l'orgasme, sa morphologie et les variations individuelles doivent vraiment être explorés, notamment grâce à des études d'imagerie. »

Il faut dire qu'on part de loin. La structure en 3D du clitoris n'a été décrite qu'entre 1998 et 2005 par Helen O'Connell, une urologue australienne. À force de dissections, d'IRM et d'analyses histologiques, cette chirurgienne a contribué à faire connaître au grand public le vrai visage du clitoris (qui, notons-le, avait déjà été « découvert » par plusieurs anatomistes des siècles passés).

Le travail est loin d'être achevé. Il a fallu attendre 2022 pour que quelqu'un se penche sur l'innervation de l'organe. Jusqu'alors, le chiffre de 8000 fibres nerveuses circulait; sorti tout droit d'une ancienne étude menée sur des vaches (oui, oui). Blair Peters, chirurgien plastique à l'École de médecine de l'Oregon, a disséqué sept clitoris – humains, donc – sous le microscope. Il a trouvé que plus de 10 200 fibres en moyenne innervaient en fait les piliers du clitoris (ces fibres convergent en deux nerfs dits dorsaux sur le dessus du gland). C'est tout de même plus de 25 % de plus que ce qu'on pensait!

Blair Peters s'apprête à effectuer le même comptage sur le pénis, homologue masculin du clitoris. Si l'innervation pénienne est elle aussi mal connue,

## ***La nymphoplastie n'est pas la seule opération à risque – en fait, toute intervention dans la zone pelvienne peut altérer les sensations sexuelles.***

le degré de connaissance est systématiquement pire côté féminin, affirme ce spécialiste de la chirurgie de réassignation de genre. « La vulve et le clitoris ont été négligés, la vulve n'ayant été longtemps vue que comme un portail menant à l'utérus. Le maintien ou la restauration de la sensation pénienne, par exemple après une opération de la prostate, a fait l'objet d'une attention considérable. En revanche, la sensation clitoridienne chez les personnes souffrant d'une pathologie vulvaire n'a fait l'objet que de peu d'attention, voire d'aucune », constate ce Manitobain d'origine.

Le champ d'expertise de Blair Peters, auquel peu de médecins sont encore formés, l'amène inévitablement à plonger en détail dans ces structures anatomiques – là où la gynécologie et l'urologie traditionnelles se contentent de dormir sur leurs lauriers.

Charles Botter fait aussi partie de ceux qui font bouger les lignes, pour offrir de meilleurs soins à ses patientes : des femmes excisées qui souhaitent retrouver un clitoris « normal ». Il vient de publier une description du ligament suspenseur du clitoris, après des dissections minutieuses de cadavres. « Ce ligament maintient le clitoris et il n'avait été décrit qu'une seule fois. C'est la structure clé pour la reconstruction de clitoris : on le sectionne pour aller chercher la partie interne du clitoris et la tirer vers l'extérieur. Mais on le sectionnait sans trop savoir ce qu'on faisait », regrette ce chirurgien plastique, qui a fait ses armes auprès d'une équipe française spécialisée dans les mutilations génitales (voir l'encadré ci-contre). Il compte poursuivre son enquête à l'aide de l'imagerie, pour mieux comprendre le rôle de ce ligament, qui semble stabiliser le clitoris lorsqu'il est en érection et lors de la

pénétration. « Je veux aussi décrire le plexus veineux du clitoris [le réseau de veines]. La dernière étude date de 1953! »

### **Opérer à l'aveugle**

Dépoussiérer les connaissances en matière d'anatomie féminine est une chose ; les diffuser dans la communauté médicale en est une autre. Cette mission, Rachel Rubin s'en est emparée. « La médecine fonctionne en vase clos, déplore cette urologue américaine, rare spécialiste du clitoris, qui multiplie les conférences sur le sujet. En faculté de médecine, rien de tout ça n'est enseigné systématiquement. L'examen de la vulve est loin d'être aussi routinier que l'examen au spéculum. En consultation, on ne demande jamais aux gens s'ils sont satisfaits de leurs orgasmes. Et on n'examine jamais le clitoris en cas de troubles sexuels », rappelle-t-elle.

Elle a pourtant découvert que jusqu'à 25 % des femmes ont des adhérences clitoridiennes : de petites membranes qui « collent » le gland du clitoris au capuchon ou prépuce, des travaux qu'elle a publiés en 2018. De quoi causer irritations, douleurs, et difficultés à atteindre l'orgasme, alors que ces adhérences peuvent être éliminées en un rien de temps par un médecin qui prend la peine de regarder.

Blair Peters et Charles Botter déplorent eux aussi le manque de formation médicale, y compris en chirurgie. Pendant leurs études (et ils sont jeunes!), c'est à peine si le clitoris a été évoqué. « Il faut vraiment le vouloir pour se former », constate Charles Botter. Le problème, c'est que beaucoup de leurs collègues s'aventurent tout de même dans la zone, à l'aveugle ou presque. Au risque d'endommager les nerfs, et la vie sexuelle des patientes ensuite.

Charles Botter évoque en particulier la mode de la nymphoplastie ou labiaplastie, une intervention cosmétique qui consiste à couper les petites lèvres de la vulve, parfois considérées comme trop protubérantes – selon des critères hautement subjectifs. La demande pour ce type de chirurgie a explosé : en 2019, plus de 164 000 nymphoplasties ont été réalisées dans le monde, soit 24 % de plus qu'en 2018 et 73 % de plus qu'en 2015!

Plusieurs milliers d'interventions sont pratiquées chaque année en Amérique du Nord, souvent sur des femmes très jeunes, voire des adolescentes, persuadées que leur vulve n'est pas normale. « Tous les chirurgiens plastiques font des nymphoplasties. Certains étendent l'intervention au repli de peau qui est juste au-dessus du gland du clitoris, et touchent aux nerfs », explique le Dr Botter. Jessica Pin en a fait les frais : cette patiente américaine a perdu toute sensibilité sexuelle après sa labiaplastie, à 18 ans. Depuis, elle milite activement pour que les médecins se forment, et elle a déjà fait modifier les schémas du clitoris dans une dizaine de manuels de référence en gynécologie et urologie pour que les nerfs y figurent.

Blair Peters, lui, a réalisé avec son équipe une vidéo éducative montrant comment opérer autour de ces nerfs en toute sécurité. Il diffuse également des photos, plus réalistes que les schémas théoriques.

La nymphoplastie n'est pas la seule opération à risque – en fait, toute intervention dans la zone pelvienne peut altérer les sensations sexuelles, même si, évidemment, les données sur la fréquence des complications font défaut. Diane Tomalty s'est penchée sur la pose chirurgicale de bandelettes (une sorte de petit filet de soutien) autour de

l'urètre, très fréquente pour corriger l'incontinence urinaire à l'effort. « Certaines personnes rapportent des troubles sexuels après l'intervention. Nous avons pratiqué la procédure sur des cadavres pour voir comment les bandelettes impactaient les différentes structures, dont les glandes para-urétrales. Le but est de pouvoir informer les patientes sur les risques possibles de dysfonction sexuelle », explique-t-elle.

Car si le corps médical lui-même est assez ignorant en la matière, les femmes et les jeunes filles connaissent, elles aussi, très mal leur intimité. En 2021, une équipe britannique a présenté un

diagramme de vulve à 200 personnes. Seules 9 % d'entre elles ont su nommer correctement les structures anatomiques. Tous genres confondus, 37 % des cobayes se sont trompés sur l'étiquetage du clitoris... « Ce n'est la faute de personne. C'est le résultat d'un manque global d'éducation », constate Diane Tomalty, qui vient de lancer une étude similaire. Avec ses collègues, elle veut évaluer les connaissances du public, du personnel de la santé, et adapter entre autres les documents d'information pré-opératoire.

Elle juge qu'il est temps que l'on considère la santé sexuelle comme

un aspect normal de la vie. Sa collègue Olivia Giovannetti, qui s'intéresse au rôle méconnu du col de l'utérus dans le plaisir sexuel, renchérit. « Nous pensons qu'en informant le milieu médical avec des données à jour, nous soutenons aussi l'autonomie des patientes, en les aidant à prendre des décisions par elles-mêmes. » Et également à lever peu à peu les siècles de tabous et d'ignorance scientifique qui pèsent sur la sexualité féminine. Qui sait, en lâchant prise, peut-être pourrions-nous toutes réussir à « squirter »? ●

### Vérifiez vos réponses

- 1 Symphyse pubienne 2 Ligament suspenseur du clitoris 3 Corps caverneux 4 Pilier du clitoris  
5 Bulbe du clitoris 6 Capuchon 7 Gland du clitoris 8 Petites lèvres 9 Urètre 10 Vagin

**lait**  
PRÉSENTE

**GO VÉLO**  
FESTIVAL  
GO VÉLO MTL

EN COLLABORATION AVEC

**Desjardins**

**FESTIVAL  
GO VÉLO  
MTL**

28 MAI DÉFI MÉTRO-POLITAIN

2 JUIN TOUR LA NUIT

4 JUIN TOUR DE L'ÎLE DE MTL

INSCRIPTION **VELO.QC.CA**

sports experts ARTM

ENERGIE 94.3 107.3 rouge LA PRESSE TOURISME / MONTRÉAL Montréal Québec Canada

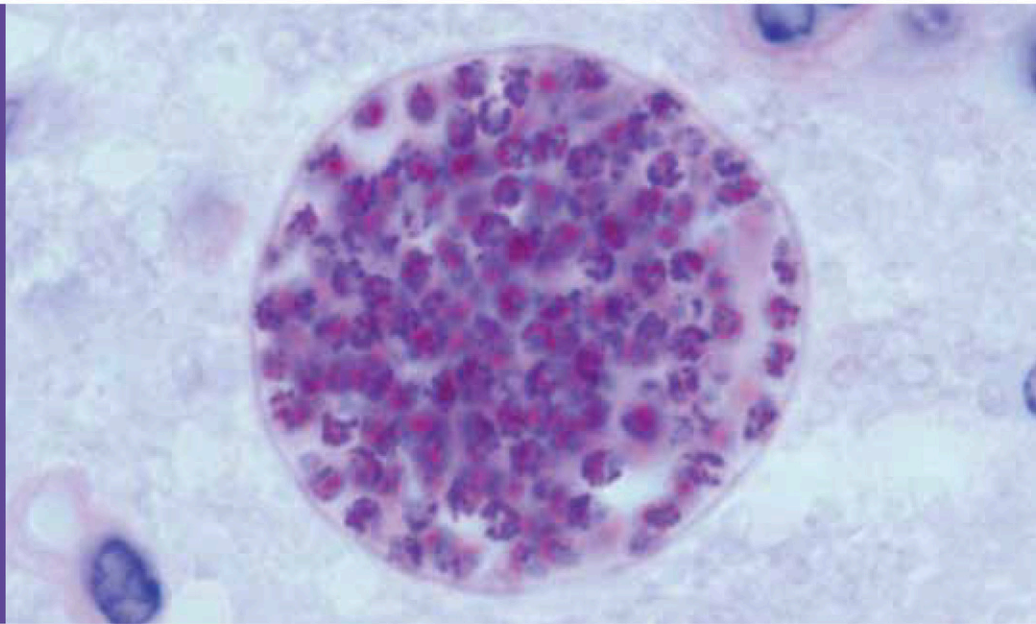
photo : Mathieu Deshayes-APWJ

# Les mystérieux pouvoirs des PARASITES

Les parasites peuvent modifier le comportement de leurs hôtes en jouant dans leur tête. Ce n'est pas parce qu'ils sont petits qu'ils ne peuvent pas faire de grandes choses!

Par Émilie Folie-Boivin

CI-CONTRE : UN KYSTE DE *TOXOPLASMA GONDII* DANS LE CERVEAU D'UNE SOURIS



**LA** peur? Pff. Les rongeurs infectés par *Toxoplasma gondii* ne connaissent pas. Les souris parasitées deviennent intrépides et développent une envie irrésistible – et même suicidaire – de s’amuser avec leur prédateur numéro 1, le chat. De la même manière, en 2021, une étude a montré que les hyènes infectées par ce parasite étaient moins prudentes et plus à même de se faire dévorer par un lion.

Des scientifiques ont récemment découvert que ce minuscule parasite, responsable de la toxoplasmose, a également le loup dans sa ligne de mire. Sous son emprise, un *Canis lupus* est plus prompt à gravir les échelons et à devenir chef de bande. Là encore, l'intrus conduit son hôte (généralement asymptomatique) à agir de manière plus risquée et plus agressive – des traits distinctifs d'un leader, cette fois.

« Cela ne veut pas dire que tous les loups atteints de toxoplasmose se transforment en leaders, mais l'infection accélère le processus, explique Connor Meyer, du Yellowstone Wolf Project, coauteur de l'étude publiée dans *Communications Biology* et basée sur 26 ans de données comportementales et biologiques. Les loups parasités ont aussi davantage tendance à s'éloigner de leur meute d'origine pour en former une nouvelle. »

Connor Meyer et son équipe ont observé que les loups dont le territoire entrecoupe celui des cougars dans le parc national de Yellowstone sont plus susceptibles d'être infectés. Pas étonnant, puisque le microorganisme a besoin d'un félin pour se reproduire de manière sexuée (même s'il infecte à côté de cela de très nombreux mammifères). Les loups se contamineraient en se nourrissant à l'occasion de carcasses du félinidé ou en ingérant ses selles.

Les choses peuvent se gâter pour toute la meute quand des leaders (mâles ou femelles) sont infectés. Si ces derniers, très influents, n'ont plus peur du danger, en raison d'une augmentation de leur production de testostérone et de dopamine causée par le parasite, tout le groupe se retrouvera à poursuivre des objectifs dangereux. La meute peut ainsi suivre les traces d'un cougar plutôt que de le fuir... et se faire contaminer à son tour.

Tout ça à cause d'un minuscule organisme! « En raison de leur petite taille, on ne voit habituellement pas les parasites comme des espèces qui vivent leur vie, se reproduisent et tentent de survivre », explique M. Meyer. Notre étude et d'autres recherches récentes ont montré qu'un parasite n'a pas besoin de tuer son hôte pour avoir un impact sur la dynamique d'un écosystème sauvage. Le *Toxo* en est l'un des meilleurs exemples! » ajoute M. Meyer.

## VOICI, EN VRAC, QUELQUES EXEMPLES QUI TÉMOIGNENT DES POUVOIRS DES PARASITES :

### ILS SONT CAPABLES DE CONTRÔLER LE CERVEAU DE LEUR HÔTE

Là où il y a de la gêne, il n'y a pas de plaisir. Voilà qui semble être le mantra de nombreux parasites connus pour prendre le contrôle des fonctions cognitives de leurs hôtes pour arriver à leurs fins. La guêpe parasitaire *Glyptapanteles* a besoin d'une nounou pour prendre soin de ses rejetons, donc une fois qu'elle a pondu ses quelque 80 œufs dans une chenille et que les larves ont éclos en exsudant de sa peau — une expérience sûrement très traumatisante, mais pas mortelle —, la chenille asservie sous l'effet d'un cocktail de produits chimiques devient la plus dévouée des gardes du corps et se met à défendre férocement les pupes de son parasite contre les prédateurs. Au prix de sa vie puisqu'elle trépassé une fois le couffin vidé.

Le *Paragordius tricuspidatus* est connu pour altérer l'expression des gènes dans le système nerveux des grillons. Comme le nématomorphe a besoin d'eau pour aller au bout de son cycle de vie, il prend possession du grillon et le pousse à se jeter à l'eau du haut d'une brindille — même si le grillon n'est pas naturellement programmé pour faire saucette.

La petite douve du foie *Dicrocoelium dendriticum* est aussi une manipulatrice hors pair et modifie le comportement des fourmis qu'elle infecte. Au lieu de rentrer au nid à la nuit tombée, la fourmi parasitée grimpe au bout d'un brin d'herbe pour mieux se faire brouter par un mouton, l'hôte ciblé par le mini-terroriste. Si aucun ruminant ne l'a ingérée au petit matin, elle retourne vaquer à ses occupations au sein de la colonie et reprend son petit manège au soleil couchant.



*Dicrocoelium dendriticum*

### ILS DONNENT DES SUPERPOUVOIRS

En général, être infecté par un parasite n'est pas très jojo... sauf lorsque ce dernier confère à son hôte des superpouvoirs ! C'est ce qui se passe chez de petites crevettes, des artémies, infectées par des « cestodes ». Dans une étude de 2016 publiée dans la revue *PLOS Pathogens*, une équipe européenne a découvert que ces vers ont le pouvoir d'amplifier la tolérance des artémies aux eaux polluées par l'arsenic. En plus de stimuler la production d'antioxydants, dont le rôle est de protéger les cellules contre les effets du stress, l'infection augmente les réserves de lipides des artémies, ce qui leur permet de séquestrer davantage d'agents polluants. Les cestodes ne font pas dans la bienveillance pour autant. Comme tout parasite qui se respecte, ils ont plutôt intérêt à ce que leur hôte reste en vie le plus longtemps possible pour avoir le temps d'aller au bout de leur cycle de vie.



UNE ARTÉMIE

### ILS VONT À LA PÊCHE



LAMPASILIS RADIATA,  
UNE MOULE D'EAU DOUCE  
DE LA TRIBU LAMPASILINI

Certains parasites emploient des artifices pour duper leur hôte. Un peu comme le fait mononcle Jean-Guy lorsqu'il part à la pêche au brochet avec sa boîte à leurres, les moules d'eau douce de la tribu *Lampsilini* ont développé un éventail d'appâts pour taquiner les poissons, qui sont leurs cibles. Elles utilisent entre autres leur manteau pour imiter la forme d'un petit poisson. Dès qu'une victime « mord à l'hameçon », la moule éjecte un nuage de larves. Celles-ci vont infecter le poisson en s'accrochant à ses branchies et se nourrir de son sang jusqu'à l'étape suivante de leur transformation.

Dans le domaine du spectaculaire, le ver *Leucochloridium variae* donne une drôle de tête aux escargots qu'il infecte. Le parasite convertit les tiges oculaires de son hôte en deux appâts turgescents colorés qui semblent pulser au rythme de *Dancing Queen*. Avec ce leurre ressemblant à deux asticots bien joulus et en changeant le comportement de sa proie pour qu'elle se rende aux endroits les plus exposés, le trématode cherche ainsi à attirer l'attention de son hôte définitif, un oiseau bien gourmand.

## CE SONT DE VÉRITABLES NINJAS !

Les baleines sont des hôtes en or pour les parasites, comme l'explique le livre *Parasites. The Inside Story*. Les lamproies, les balanes et les goélands dominicains ne sont qu'une poignée de ceux qui se servent d'elles comme d'une Communauto ou d'une collation de 15 h. Mais comment un ténia tel que le *Tetragonoporus calyptocephalus*, qui peut mesurer jusqu'à 30 m, arrive-t-il à se faufiler incognito et à déjouer les quatre estomacs et les nombreuses défenses des cachalots ?

Il s'infiltré d'abord sous forme larvaire. Véritables expertes de la furtivité, les larves sont capables de produire des protéines qui suppriment les enzymes digestives, de bloquer les réponses immunitaires locales de l'hôte et d'imiter la muqueuse de la baleine, qui finit par se dire que le ténia est une partie d'elle plutôt qu'un corps étranger.

Une fois dans le petit intestin, le ténia s'accroche très fort avec sa ventouse pour résister à la pression de toute l'eau que le cachalot ingère. Il s'allonge ensuite en produisant des dizaines de milliers de proglottis (des segments contenant chacun une unité reproductrice) à sa traîne. Les proglottis vont s'autofertiliser, les tronçons remplis d'œufs seront évacués dans les selles de la baleine, et ce fascinant cycle pourra recommencer.



UNE OUVRIÈRE *TEMNOTHORAX* (CELLE DU DESSOUS) INFECTÉE PAR *DILEPIDIDAE ANOMOTAENIA BREVIS* À CÔTÉ D'UNE COMPAGNE DE NID SAIN

## ILS DÉTIENNENT LE SECRET DE LA JEUNESSE ÉTERNELLE

Les infections parasitaires sont en général coûteuses pour les hôtes, mais les fourmis *Temnothorax* ne sont sûrement pas de cet avis ! Lorsqu'elles sont infectées par l'*Anomotaenia brevis*, les ouvrières bénéficient d'une cure de Jouvence : alors qu'elles ne survivent normalement que quelques mois, une fois infectées, elles peuvent vivre au moins trois ans (durée de l'étude sur le sujet) sans prendre une seule ride !

En effet, dans une étude publiée en 2021 dans le *Royal Society Open Science*, l'entomologiste Susanne Foitzik et ses collègues ont remarqué, dans les forêts allemandes, que les ouvrières âgées porteuses du pathogène conservaient leur éclat de jeunesse. Au fil du vieillissement, la cuticule des ouvrières devient brun foncé, mais demeure dorée chez celles qui ont bu cet élixir. Plutôt que de travailler, ces petites princesses au ventre rempli de vers et qui dégagent un enivrant parfum restent près du couvain où se tiennent les nourrices et passent leur journée à ne rien faire. À quoi bon, puisqu'elles sont couvertes de cadeaux et de nourriture par leurs compagnes non infectées !



UNE FOURMI INFECTÉE PAR *OPHIOCORDYCEPS UNILATERALIS*

## ILS INSPIRENT LES JEUX VIDÉO

Pas étonnant que les scénaristes du jeu vidéo *The Last of Us* — récemment adapté en série — aient été séduits par la terrifiante phase terminale de l'*Ophiocordyceps unilateralis*, tant ce champignon semble tout droit sorti de nos pires cauchemars ! Dans la vraie vie, pour disperser ses spores, le cordyceps fructifie et fait exploser la tête des fourmis de la forêt tropicale, ornant leur cadavre d'impressionnantes structures fongiques. Dans *The Last of Us*, ce dernier ne tue pas les humains, mais les zombifie en modifiant horriblement leur apparence au fil de l'infection. Les risques sont faibles qu'un tel scénario se réalise dans la réalité puisque les champignons préfèrent les températures plus fraîches que celle de notre corps, mais les parasites nous réservent encore bien des surprises !

## ILS EXISTENT DEPUIS LES DÉBUTS DE LA VIE EUCARYOTE

Le plus vieux parasite repéré jusqu'à présent dans les registres fossiles date d'il y a 512 millions d'années. Il ressemblait à un ver tubulaire, qui s'incrustait dans la coquille d'une sorte de palourde, selon l'article le décrivant dans *Nature Communications*, en 2020. Ces parasites s'installaient près de l'organe grâce auquel le brachiopode s'alimentait pour lui dérober sa nourriture. Sûrement une première preuve de cleptoparasitisme !

# Un Sourire FORCÉ

Les traitements orthodontiques sont longs, coûteux et parfois douloureux. Améliorent-ils réellement la santé et l'apparence ?

Par Raphaëlle Derome


**C'**est une étape de la préadolescence à laquelle il est difficile d'échapper. Penchée au-dessus de notre progéniture qui se tient sagement la bouche ouverte, la dentiste déclare : « Je vais vous envoyer chez un orthodontiste. » Dents qui se chevauchent, incisives proéminentes ou légèrement espacées, palais trop étroit, gencives trop visibles, problèmes de mastication ou d'élocution, apnée du sommeil : les raisons pouvant mener à consulter sont nombreuses. Les orthodontistes les regroupent sous le terme « malocclusion ».

Si on utilise des critères stricts, « 90 % de la population présente une malocclusion », dit le Dr Normand Bach, orthodontiste et directeur du Département de santé buccale à la Faculté de médecine dentaire de l'Université de Montréal.

Bien sûr, d'un point de vue biomécanique, une occlusion équilibrée répartit mieux les forces masticatoires sur l'ensemble des dents, ce qui les protège contre une usure excessive. Reste que la majorité des malocclusions sont corrigées pour des raisons esthétiques. « Les humains modernes cherchent et désirent une perfection qui existe rarement dans la nature, dit le Dr Bach. Une dent un peu croche ou un léger espace, cela peut être considéré comme une beauté naturelle pour certains, mais ce n'est pas accepté par tous... »

Ainsi, en échange de plusieurs mois ou années de traitement et de plusieurs milliers de dollars, les patients et patientes (ou leurs parents...) espèrent obtenir une plus belle apparence et faciliter le nettoyage ou prévenir





d'éventuels problèmes dentaires. Étant donné que le coût de ces traitements n'est pas couvert par l'assurance maladie et que bien des gens peinent déjà à se payer des soins dentaires de base, l'orthodontie livre-t-elle vraiment tous les bénéfices escomptés ?

## BLÂMONS LE MANGER MOU

D'abord, répondons à la question que tout le monde se pose : pourquoi avons-nous les dents aussi peu alignées, les mâchoires aussi mal faites ? « La malocclusion semble être un phénomène plutôt récent, dit Michelle Drapeau, professeure de paléanthropologie à l'Université de Montréal. Avant *Homo sapiens* – ou chez les premiers *Homo sapiens* –, on n'en voit presque pas. » Nos lointains ancêtres avaient des mâchoires plus grosses, et donc assez d'espace pour loger toutes leurs dents.

Pourquoi avons-nous changé ? Plusieurs hypothèses existent. La principale est d'ordre génétique : la sélection naturelle aurait d'abord favorisé les bonnes dentitions. « Une personne qui naissait avec une mauvaise dentition, qui n'était pas capable de bien s'alimenter, mourait jeune en ayant eu peu d'enfants », explique Michelle Drapeau. La diète primitive, composée d'aliments durs, crus et non transformés, demandait beaucoup de mastication. Puis, plus la culture a pris de l'importance, plus on a pu « contourner » ces pressions sélectives. « On a commencé à cuire les aliments, à les couper en petits morceaux, à les modifier beaucoup avant de les ingérer. Ceux avec une mauvaise dentition ont pu quand même s'en tirer. » Leurs gènes se sont donc répandus comme les autres.

Un autre processus est à l'œuvre : depuis l'invention de l'agriculture, il y a 10 000 ans, l'humain devient moins robuste, remarque Michelle Drapeau. « Les *Homo sapiens* qui

vivaient en Europe il y a 30 000 ans étaient plus grands et plus robustes, en moyenne, que l'humain actuel. Pour être chasseur-cueilleur, il fallait être solide. » Notre taille corporelle s'est réduite aussi... On serait toutefois en pleine adaptation : « Déjà, 25 % des gens naissent avec une ou plusieurs dents de sagesse en moins », souligne le Dr Normand Bach. Si les humains du futur ont moins de dents, peut-être y aura-t-il meilleure concordance entre leurs dents et leurs mâchoires.

D'autres facteurs pourraient influencer sur la croissance de la mâchoire à l'échelle de la vie d'un individu, mais de façon moindre que les gènes. Le fait de sucer son pouce jusqu'à un âge avancé propulserait les dents vers l'avant. Il y a aussi l'asthme et les allergies, plus fréquentes qu'avant. Un enfant ayant le nez bouché aura tendance à respirer par la bouche, ce qui pourrait nuire au plein développement des arcades dentaires. Enfin, l'alimentation moderne, plus molle, sollicite moins les muscles lors de la mastication, ce qui pourrait modifier la croissance de la mâchoire. Difficile de le vérifier chez l'humain, mais on le constate dans des études menées sur de jeunes rats. Selon qu'on les nourrit de croquettes dures ou d'aliments mous, leurs mandibules ne se développent pas de la même manière.

## DE PLUS EN PLUS POPULAIRE

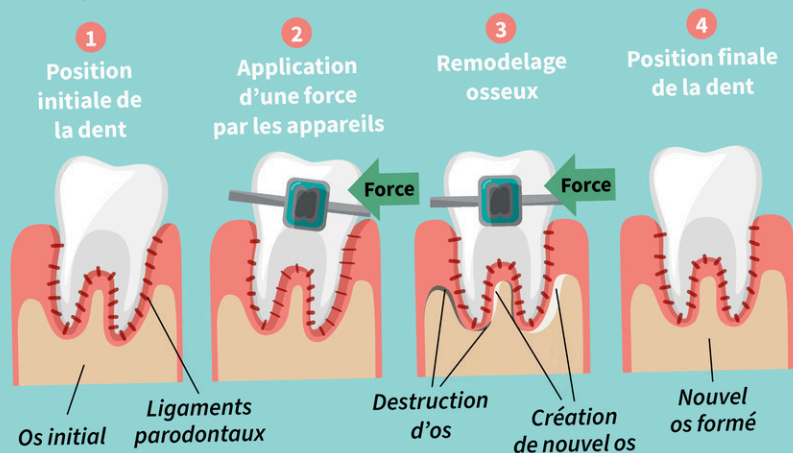
Au-delà de la dentition de chacun ou chacune, des facteurs historiques expliquent aussi la popularité croissante de l'orthodontie, selon l'historienne Catherine Carstairs, professeure à l'Université de Guelph. Elle publiait plus tôt cette année *The Smile Gap – A History of Oral Health and Social Inequality*, un livre sur l'histoire de la santé buccale et des inégalités sociales au Canada.

## COMMENT FAIT-ON BOUGER LES DENTS ?

Nos dents tiennent en place dans notre mâchoire grâce à de petits ligaments. « Ce sont sur ces ligaments, d'une épaisseur de 0,2 millimètre, qu'on vient agir lors du traitement, explique le D<sup>r</sup> Normand Bach. Par exemple, pour refermer un espace entre deux dents, la force appliquée par l'appareil va comprimer les ligaments d'un côté et les étirer de l'autre. »

Cette tension dans le ligament parodontal affecte les cellules osseuses de la mâchoire : les ostéoclastes, qui détruisent l'os d'un côté, et les ostéoblastes, qui fabriquent de l'os de l'autre côté.

« Ces cellules font le travail selon les forces appliquées par les appareils. Nous, les orthodontistes, on n'a aucun mérite ! » dit le professeur en riant.



## QUAND ON HÉSITE

Pour bien des familles, la question ne se pose pas : leur enfant aura des broches. Mais quand l'orthodontie représente un sacrifice financier important, ou que l'enfant ne veut rien savoir, les parents hésitent... ce qui s'accompagne de son lot de culpabilité. La santé de l'enfant sera-t-elle compromise à long terme ?

« C'est un choix difficile, car on ne sait pas ce que l'avenir nous réserve. Sauf pour les cas extrêmes, il n'y a pas de preuves que la malocclusion est néfaste pour la santé buccale », assure Stephen Richmond.

À moins d'avoir des difficultés à parler ou à manger, avoir les dents qui ne sont pas droites n'a généralement pas de graves conséquences sur la santé, à part compliquer leur nettoyage, renchérit Janet Clarkson. « Car le plus important, pour la santé bucco-dentaire, reste d'avoir une bonne hygiène, souligne la spécialiste. On ne peut pas faire grand-chose pour éviter d'avoir les dents croches. Mais la carie et les maladies des gencives sont entièrement évitables. Notre défi est de motiver nos patients à prendre soin de leurs dents. »

Car sur cela, la science est claire : brosse à dents et soie dentaire sont nos amies, aussi parfait ou imparfait soit notre sourire...

« Dans les années 1950, seules les familles riches avaient accès aux soins orthodontiques, et on traitait surtout ce qui serait considéré aujourd'hui comme des cas graves. » Lorsque l'assurance maladie a été créée, il n'y avait pas assez de dentistes au pays pour soigner tout le monde. Les soins dentaires ont donc été exclus du régime. Au cours des années 1970, le nombre de dentistes et d'orthodontistes a augmenté peu à peu (l'Ordre des dentistes du Québec compte aujourd'hui 5440 membres, dont 187 orthodontistes).

Avec les gains du mouvement syndical, les entreprises ont inclus les soins dentaires dans les régimes d'assurances collectives de leur personnel. Le nombre de dentistes a continué à croître, jusqu'à ce que, dans les années 1980, les dentistes soient activement à la recherche de bouches à soigner !

Offrir des traitements de dentisterie cosmétique ou d'orthodontie devient alors une façon d'élargir leur pratique. Les avancées technologiques ayant rendu les appareils orthodontiques plus discrets, de plus en plus d'adultes entreprennent des traitements.

Parallèlement, Hollywood inonde les écrans de sourires étincelants aux dents droites. Au début du 21<sup>e</sup> siècle, les émissions de télé-réalité de type « métamorphose beauté » font connaître les multiples options disponibles pour aligner, blanchir et même changer la forme des dents par la pose de facettes. « L'idée que nous nous faisons de l'apparence de nos dents évolue, remarque Catherine Carstairs. Ce qui était considéré comme un problème mineur dans les années 1960 devient un problème majeur dans les années 1980, du moins aux yeux de certaines personnes. »

Environ deux tiers des Canadiens et Canadiennes ont aujourd'hui accès à une assurance dentaire. Même si les soins orthodontiques ne sont souvent pas couverts, leur coût est plus facile à absorber parce que les autres soins dentaires le sont. Résultat ? Des parents qui n'avaient pas eu accès à des soins dentaires dans leur jeunesse peuvent maintenant amener leurs enfants chez le dentiste, et même chez l'orthodontiste.

C'est le cas de Pauline Boutin et Alain Guillemette, couple marié provenant d'un milieu rural modeste et aujourd'hui dans la jeune soixantaine. À l'adolescence, ils sont aux prises avec des douleurs aux dents, mais aucun dentiste n'exerce dans leur région. On leur propose donc de se faire arracher – gratuitement – toutes les dents du haut pour les remplacer par un dentier. Ils passent sous le bistouri

le même jour, avec une sœur et un cousin. « C'était courant à l'époque. Nos parents avaient chacun deux dentiers. Mais je ne peux pas croire que toutes nos dents n'étaient plus bonnes... », se désole aujourd'hui Alain Guillemette.

Restés un peu « traumatisés » par cette expérience, ils ont toujours fait de leur mieux pour conserver leurs dents du bas le plus longtemps possible et insisté pour que leurs deux filles fassent attention à leurs dents. L'une d'elles a eu des broches et subi une chirurgie de la mâchoire au début des années 2000. « L'orthodontiste insistait sur le côté esthétique et la qualité de la mastication ; il jouait vraiment sur les deux tableaux. Quand on te parle de l'avenir de ta fille, c'est sûr que ça vient te chercher... »

Il reste néanmoins des millions de Canadiens et Canadiennes pour qui les soins dentaires, même de base, demeurent inaccessibles. Selon des chiffres compilés par l'Institut de recherche et d'informations socio-économiques, un adulte québécois sur quatre ne va pas chez le dentiste pour des raisons financières, et la moitié des familles à faible revenu n'ont aucune assurance dentaire... Le nouveau programme de soins dentaires, annoncé en mars par Ottawa, devrait aider à réduire ces inégalités. Et à propulser encore davantage l'orthodontie ?

## QUELS RÉSULTATS ?

Si un nombre croissant de gens cherchent à faire aligner leurs dents, il reste que la malocclusion n'est pas une maladie en soi. Il s'agit plutôt d'une « anomalie » ou d'une variation par rapport à une dentition idéale, où les dents sont bien alignées et où les mâchoires ferment bien ensemble.

Certes, des recherches démontrent qu'une mauvaise occlusion a un impact sur la qualité de vie ou la santé bucco-dentaire. Par exemple, une canine qui sort dans le palais plutôt que dans l'arcade dentaire (ce qui se produit spontanément chez 1 à 3 % de la population) peut mener à la destruction des racines des dents voisines. Des dents avant très proéminentes sont plus vulnérables aux accidents. Et difficile de croquer

## DES TRAITEMENTS VARIABLES

Un diagnostic orthodontique est posé de manière standardisée : examen des dents, des gencives, de l'articulation temporo-mandibulaire (pivot où la mâchoire s'ouvre et se ferme), radiographies, discussion avec le patient ou la patiente...

Par contre, le plan de traitement proposé peut varier selon les spécialistes. « Certains préfèrent agir tôt, d'autres souhaitent « laisser le temps à la nature » et voir comment la dentition va évoluer... Le choix de tel ou tel appareil va dépendre de l'expérience ou des préférences de chaque spécialiste, des résultats qu'il a obtenus. On a vraiment une panoplie d'outils à notre disposition », précise la D<sup>re</sup> Pascale Robitaille, présidente de l'Association des orthodontistes du Québec.

Le plus difficile, c'est de prédire la durée du traitement, reconnaît-elle. « On travaille avec le corps humain... » L'âge et l'état de santé de la personne, sa densité osseuse, la santé de ses gencives, la prise de médicaments... Tout cela aura un impact sur la rapidité des mouvements dentaires.

La coopération du patient ou de la patiente joue aussi un grand rôle : porte-t-il ses élastiques comme prévu ? Vient-elle à ses rendez-vous ? Des imprévus (décollements de boîtiers, pertes ou bris d'appareil) peuvent aussi ralentir le traitement. Il arrive enfin que les attentes des patients ou patientes changent en cours de route, relève Stephen Richmond : « À force de se regarder dans le miroir, les gens deviennent plus sensibles à l'apparence de leurs dents... »

élégamment son sandwich quand les dents ferment mal.

Par contre, « il est plus difficile de trouver des preuves que le traitement orthodontique mène à une amélioration significative de la santé dentaire de la population », pouvait-on lire dans une revue de littérature publiée par le *British Dental Journal* en 2015.

Il faut dire que la recherche en dentisterie est peu financée et moins active que d'autres secteurs de recherche en santé. Alors qu'en 2020 et 2021, il s'est publié dans le monde plus de 1,7 million d'articles en sciences biomédicales, un peu moins de 20 000 étaient dans le domaine de la dentisterie (1,1 %). Et l'orthodontie ne représente qu'une fraction de ce 1,1 %... Les revues systématiques ou les méta-analyses (des études qui font la synthèse d'autres études) relèvent d'ailleurs que les essais cliniques en orthodontie sont souvent de petite taille, et leurs résultats, très hétérogènes.

« Les études sont extrêmement complexes à mener », confirme Normand Bach. Il faut d'abord constituer deux groupes identiques (âge et sexe des patients ou patientes, type et gravité des

cas, etc.). Et si on peut comparer deux approches ou appareils différents (en comparant par exemple deux types de fil ou deux types de boîtiers métalliques), il est presque impossible de comparer l'effet du traitement avec le non-traitement.

Contrairement aux études sur les médicaments qui comparent l'effet d'une pilule à celui d'un placebo, impossible de mettre de « fausses broches » à quelqu'un. Par ailleurs, « d'un point de vue éthique, il est difficile de dire à un parent "je vais retarder le traitement de votre enfant de 3 ans pour surveiller l'évolution de sa dentition" ou de soumettre quelqu'un à des radiographies répétées – sans traitement – simplement pour contribuer à l'avancement des connaissances », dit le D<sup>r</sup> Bach. Parmi les points d'achoppement ? Les chercheurs et chercheuses se chamaillent encore pour déterminer si le traitement orthodontique peut prévenir ou soulager les troubles de l'articulation des mâchoires.

En effet, on ignore encore la cause ou l'origine des problèmes de malocclusion. On traite donc les anomalies telles qu'elles se présentent, sans toujours comprendre le mécanisme sous-jacent.

## GARE AUX BROCHES À DOMICILE

Rebutées par le coût élevé des traitements orthodontiques, certaines personnes se laissent séduire par des entreprises comme l'américaine SmileDirectClub, qui propose sur Internet des traitements à bas prix. Il suffit de faire parvenir ses empreintes dentaires pour recevoir par la poste des gouttières de plastique à emboîter sur les dents pour les redresser petit à petit. Le tout... sans jamais rencontrer de dentiste ni d'orthodontiste ! Or, sans un suivi régulier en personne, des complications causées par un mouvement trop rapide ou inadéquat des dents peuvent survenir, entraînant parfois des dommages irréversibles.

Toujours dans le but de diminuer les coûts, une clinique montréalaise propose aussi depuis cette année des traitements en mode « hybride », où une partie du suivi se fait à distance. Soucieux de protéger le public, l'Ordre des dentistes planche actuellement sur des lignes directrices pour encadrer ces pratiques de téléodontologie.

Cela complique le choix du meilleur traitement, pense Stephen Richmond, professeur retraité d'orthodontie à l'Université Cardiff, au Royaume-Uni. Coauteur du manuel *Evidence-Based Orthodontics*, il a beaucoup étudié le lien entre la génétique et la forme du visage. « Nous connaissons maintenant 500 gènes associés à différents types de visage. Pour avoir un système vraiment basé sur les données, il faudrait catégoriser les types de visage et découvrir quel traitement est le plus adapté pour chacun. » Il espère qu'on y arrivera au fil des années.

### C'EST GRAVE, DOCTEUR ?

Avec cette science encore pleine d'incertitudes, comment décider si un traitement est nécessaire ? Il existe quelques mesures standardisées dans la littérature scientifique pour classer les cas selon leur « gravité ». Par exemple, l'*Index of Orthodontic Treatment Need*. Cet indice, mis au point par deux orthodontistes britanniques en 1989, comporte deux listes de critères : fonctionnels et esthétiques. Au Royaume-Uni, le système public rembourse le traitement des malocclusions graves (niveaux 4 et 5, selon les critères fonctionnels). Les malocclusions modérées (niveau 3) ne sont prises en charge par l'État que si leur esthétique laisse fortement à désirer (cotes 6 à 10 sur l'échelle esthétique).

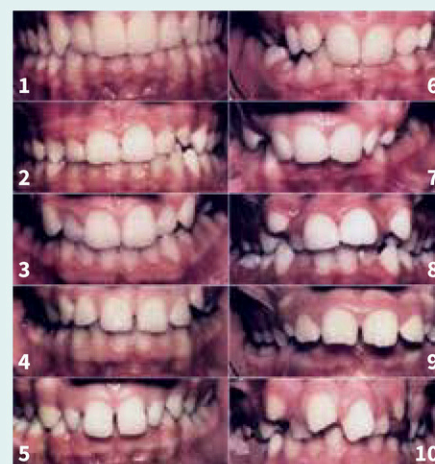
Mais en cabinet privé, nul besoin de s'y conformer, d'autant que le côté esthétique est très subjectif. « La recherche montre que la détresse psychologique que ressent la personne n'est pas

liée à la gravité de sa malocclusion », poursuit l'expert. La Fédération dentaire internationale inclut d'ailleurs, dans sa définition de la santé bucco-dentaire, le fait de pouvoir « parler, sourire, [...] mâcher [...] avec confiance, sans douleur et sans gêne ». Bref, pas besoin d'atteindre un seuil clinique quelconque pour désirer un traitement.

« L'orthodontie transforme la vie de certaines personnes », confirme Janet Clarkson. Cette professeure de dentisterie à l'Université Dundee, au Royaume-Uni, a fondé le Groupe sur la santé bucco-dentaire de Cochrane, une organisation qui résume et diffuse les données de recherche en santé. Elle dirige aussi le Scottish Dental Clinical Effectiveness Programme, qui évalue l'efficacité des interventions en santé dentaire et publie des directives cliniques. En parlant de vie « transformée », elle fait notamment référence aux personnes gênées par l'apparence de leurs dents qui retrouvent confiance et recommencent à sourire... Il faut dire qu'à l'adolescence, période à laquelle sont entrepris la majorité des traitements orthodontiques, le cerveau est particulièrement sensible au regard des autres.

On vit aussi à une époque où l'apparence prend beaucoup de place. « Les gens pensent qu'en ayant une belle apparence, ils auront une vie meilleure », résume Stephen Richmond.

Mais seront-ils réellement plus beaux après leur traitement ? M. Richmond a mené une étude sur vingt ans, regroupant 60 patients ou patientes orthodontiques, afin d'évaluer les retombées esthétiques du traitement. Douze juges ont évalué la beauté des visages



L'échelle esthétique de l'*Index of Orthodontic Treatment Need*, mis au point par deux orthodontistes britanniques en 1989, va de 1 (dents parfaitement alignées) à 10 (dents désalignées). Elle ne dit toutefois rien sur le côté fonctionnel de la dentition.

photographiés à 11 ans, puis à 31 ans. Résultat ? Les gens tendent à conserver leur « niveau de beauté » à travers les années. Et puisque la beauté du visage dépend de plusieurs éléments, « le traitement orthodontique améliore l'apparence des dents, mais ne rend pas nécessairement une personne plus attirante à long terme », peut-on lire dans l'étude. On note toutefois un effet positif du traitement chez les garçons de moins belle apparence.

« Dans les années 1950, on encourageait les parents à corriger la malocclusion pour éviter à leur enfant de développer un complexe d'infériorité qui lui nuirait toute sa vie, relève l'historienne Catherine Carstairs. Aujourd'hui,

le discours a changé. On est dans le *self-empowerment* et les choix personnels en matière de santé. »

Comme on ne sait pas si on améliore la santé buccale, on fait valoir les bienfaits psychologiques, reprend Stephen Richmond. « Mais on arrive mal à mesurer si la santé psychologique des gens s'améliore réellement. Il est très difficile de modifier la confiance en soi d'une personne. »

### PAS SANS RISQUES

Peu importe les raisons qui les motivent, les traitements orthodontiques comportent certains risques. Les appareils compliquent le nettoyage des dents. La plaque s'accumule autour, créant un milieu acide qui peut mener à une décalcification ou à des caries, particulièrement si l'alimentation est riche en aliments ou en boissons sucrés. Des déplacements trop rapides peuvent aussi mener à une résorption de la

racine des dents. Un suivi régulier en clinique permet d'intervenir rapidement si c'est le cas.

Un autre risque, c'est celui du traitement incomplet : « Si on a dû extraire des dents en prévision du traitement et que la personne finit par laisser tomber, c'est encore pire que si on n'avait rien fait du tout... » se désole Stephen Richmond.

Après tous ces efforts, on pourrait s'attendre à juste titre à ce que les dents restent droites. Mais une fois les appareils enlevés, les coquines ont une fâcheuse tendance à vouloir reprendre leur position initiale ! « Ça ne sera pas un retour à 100 %, mais la récurrence existe, assurément », reconnaît la D<sup>re</sup> Pascale Robitaille, présidente de l'Association des orthodontistes du Québec. Elle peut même se produire assez rapidement, en quelques semaines !

En effet, si les dents nous paraissent dures et fixes, elles sont retenues en place sous nos gencives par tout un réseau de ligaments et de tissus

« élastiques » (voir encadré). Après tout, c'est justement parce que les dents peuvent bouger qu'on est en mesure de réaliser des traitements orthodontiques...

Plusieurs hypothèses ont été émises jusqu'ici pour expliquer la récurrence. La langue qui pousse sur les dents, une personne qui respire par la bouche, les forces créées par la mastication, le tonus des joues ou des lèvres... « Il faut plus d'études pour vraiment trouver la cause exacte, dit Pascale Robitaille. Longtemps, on a blâmé les dents de sagesse, mais la récurrence est aussi observée chez les patients qui n'en ont pas. »

On prévient la récurrence à l'aide d'appareils de rétention : fil métallique collé derrière les dents, appareil à porter la nuit, etc. Le retrait des broches met fin à la portion active du traitement. Mais « l'orthodontie, c'est un engagement pour toute la vie », dit Pascale Robitaille. Autant avertir tout de suite votre préado... ●



Partez à la découverte avec nous cet été!

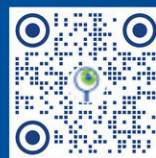
Explorez le monde des sciences avec des activités pratiques, des chasses au trésor et des expériences salissantes!

Nos bénévoles dynamiques invitent vos enfants à venir explorer l'océan ou encore s'informer sur le climat avec cette série d'activités qui ouvrira la porte à un été d'aventures!

 **GRATUIT**

 Activités quotidiennes

 À partir de **7 ans**



**Lancez-vous!**

parlons  sciences

# SONDER

# les Océans


Rouage fondamental de la machine climatique terrestre, l'océan mondial subit les affres des activités humaines. Pour mieux documenter et prévoir ces transformations, des milliers de robots prennent le pouls des profondeurs.

Par Marine Corniou

**ILS** sont presque 4000 à sonder les flots, comme autant de petits infirmiers relevant à intervalles réguliers les « paramètres vitaux » de l'océan mondial. Les flotteurs-profileurs du programme international Argo, des tubes de 1,5 m de haut qui dérivent avec leurs capteurs au gré des courants, ont révolutionné les connaissances sur l'océan. « Au cours des 20 dernières années, ces flotteurs ont fait plus de mesures que tous les navires de recherche en océanographie de l'histoire réunis ! » s'exclame Blair Greenan, chercheur à Pêches et Océans Canada et à l'Institut océanographique de Bedford, à Halifax.

Ces robots autonomes ont commencé à être déployés en 1999 à l'initiative d'un consortium de plus de 30 pays – dont le Canada – pour collecter en temps réel des données de température et de salinité. « On les déploie au large avec un navire. Ensuite, ils plongent à 1000 m de profondeur grâce à un système hydraulique qui fait varier la flottabilité. Ils dérivent pendant 10 jours, au cours desquels on ne contrôle pas leur trajectoire. Le 10<sup>e</sup> jour, ils plongent à 2000 m et acquièrent des données sur toute la remontée. À la surface, ils communiquent leurs résultats par satellite », explique Blair Greenan, aussi directeur scientifique d'Argo Canada, le programme qui gère les flotteurs-profileurs financés et largués par le Canada.





Ces « espions », disséminés sur toute la planète, reproduisent ce cycle de dérives et de plongeurs pendant plusieurs années, effectuant près de 1000 mesures à chaque remontée!

Complémentaire aux satellites – qui ne sondent que la surface de l'eau –, le programme Argo a accéléré la compréhension de la physique de l'océan mondial (71 % de la surface du globe), a transformé du même coup les prédictions météorologiques et a permis de documenter le réchauffement des eaux.

Car, depuis 1955, les océans ont absorbé plus de 90 % de l'excès de chaleur associé au réchauffement climatique, l'eau pouvant stocker plus de chaleur que l'air. C'est dire si le rôle des océans dans l'effet tampon face aux changements climatiques est crucial! Surveiller leur évolution et mieux comprendre leur dynamique est donc une priorité pour les scientifiques.

Avec ses 2 millions de mesures cumulées accessibles gratuitement, le programme a déjà engendré plus de 5000 publications scientifiques. Et le déploiement d'une nouvelle phase, nommée OneArgo, promet de maintenir ce rythme! Elle vise, sur une période de 10 à 15 ans déjà amorcée, à étudier davantage de mers marginales, à visiter les abysses et à mesurer des paramètres biologiques.

Au Québec, l'équipe de Marcel Babin, de l'Université Laval, est déjà bien avancée dans ce volet du projet dit « biogéochimique » (BGC). Son terrain de jeu? L'Arctique, une région historiquement délaissée par l'armée de profileurs Argo.

Depuis 2015, le titulaire de la Chaire d'excellence en recherche du Canada sur la télédétection de la nouvelle frontière arctique libère chaque année de deux à quatre nouveaux flotteurs dans la baie de Baffin. « C'est une cuvette très profonde, et les flotteurs tournent en rond sous la glace sans sortir de la baie pendant plusieurs années [leur durée de vie est d'environ 5 ans et 150 plongées] », explique-t-il. Il utilise des flotteurs dernier cri, dotés de capteurs supplémentaires pour mesurer l'oxygène dissous, les nitrates, la chlorophylle, la luminosité, la biomasse et bientôt le pH... « Les flotteurs BGC constituent environ 10 % de la flotte Argo totale actuelle. Ils coûtent trois fois plus cher [environ 75 000 \$] que les modèles de base, mais on peut en tirer beaucoup d'informations », affirme Marcel Babin, aussi directeur de l'Unité mixte internationale Takuvik, issue d'un partenariat entre l'Université Laval et le Centre national de la recherche scientifique en France.

Le biologiste cherche notamment à mieux comprendre ce qui se trame pendant la longue nuit polaire, en récoltant les données émises par ses « espions » programmés pour ne refaire surface qu'au printemps. « On s'intéresse aux changements saisonniers dans l'écosystème marin, en regardant le zooplancton et le phytoplancton. Encore récemment, l'hiver polaire était une boîte noire, c'est le cas de le dire! On a longtemps pensé qu'il ne se passait rien. »

Mais non! En 2020, son équipe a découvert que, dès février, malgré la quasi-obscureté sous la glace, le phytoplancton croît de façon importante. « Grâce à de nouveaux radiomètres de 10 000 à 100 000 fois plus sensibles que les précédents, on peut maintenant mesurer les variations de la lumière de la Lune sous la banquise. On vient de montrer que le zooplancton effectue des migrations verticales calquées sur le cycle lunaire. Ce sont vraiment des outils qui permettent de faire avancer les connaissances », explique-t-il avec enthousiasme.

## DANS LES ABYSSES

Quant à l'autre volet de OneArgo, qui vise à explorer les abysses, il est en pleine expansion. En se « contentant » de descendre à 2000 m sous la surface, la première génération de flotteurs n'explorait que la moitié du volume de l'océan. Pour analyser le reste, il faut plonger plus loin. « Mais il y avait des défis techniques pour que les pompes hydrauliques résistent à la pression à grande profondeur », note Marcel Babin. Depuis 2015,

les premiers flotteurs « DeepArgo » ont fait leurs preuves en descendant jusqu'à 4000 m, voire 6000 m de profondeur.

Sphériques plutôt que cylindriques, ils sont déjà près de 200 à explorer ces masses d'eau. Ils ont livré d'importantes informations sur la vitesse et la trajectoire des courants profonds, ainsi que sur l'accumulation de la chaleur dans les couches profondes. « L'océan est en trois dimensions et, si la surface s'est réchauffée en premier, la colonne d'eau en entier commence aujourd'hui à gagner des degrés », indique Blair Greenan.

Le chercheur déplore au passage le manque de financement pérenne pour ces programmes de surveillance à long terme, à l'heure où la science est plutôt financée par projets. Il rappelle l'importance de confronter les modèles de prédiction du réchauffement climatique mondial aux données réelles, pour améliorer les prédictions, prendre de meilleures décisions et parvenir à s'adapter à un avenir incertain. ●

Si chaque pays du programme Argo est responsable d'acheter des flotteurs, l'implication croissante des universités dans l'exploitation des données et l'amélioration des capteurs propulse le projet. Avec ses 150 flotteurs, le Canada est plutôt bien loti. Sur la photo du haut, une partie de la flotte australienne en attente d'être déployée. La photo ci-contre présente une équipe au travail dans l'océan Austral.



Melax à Dakar

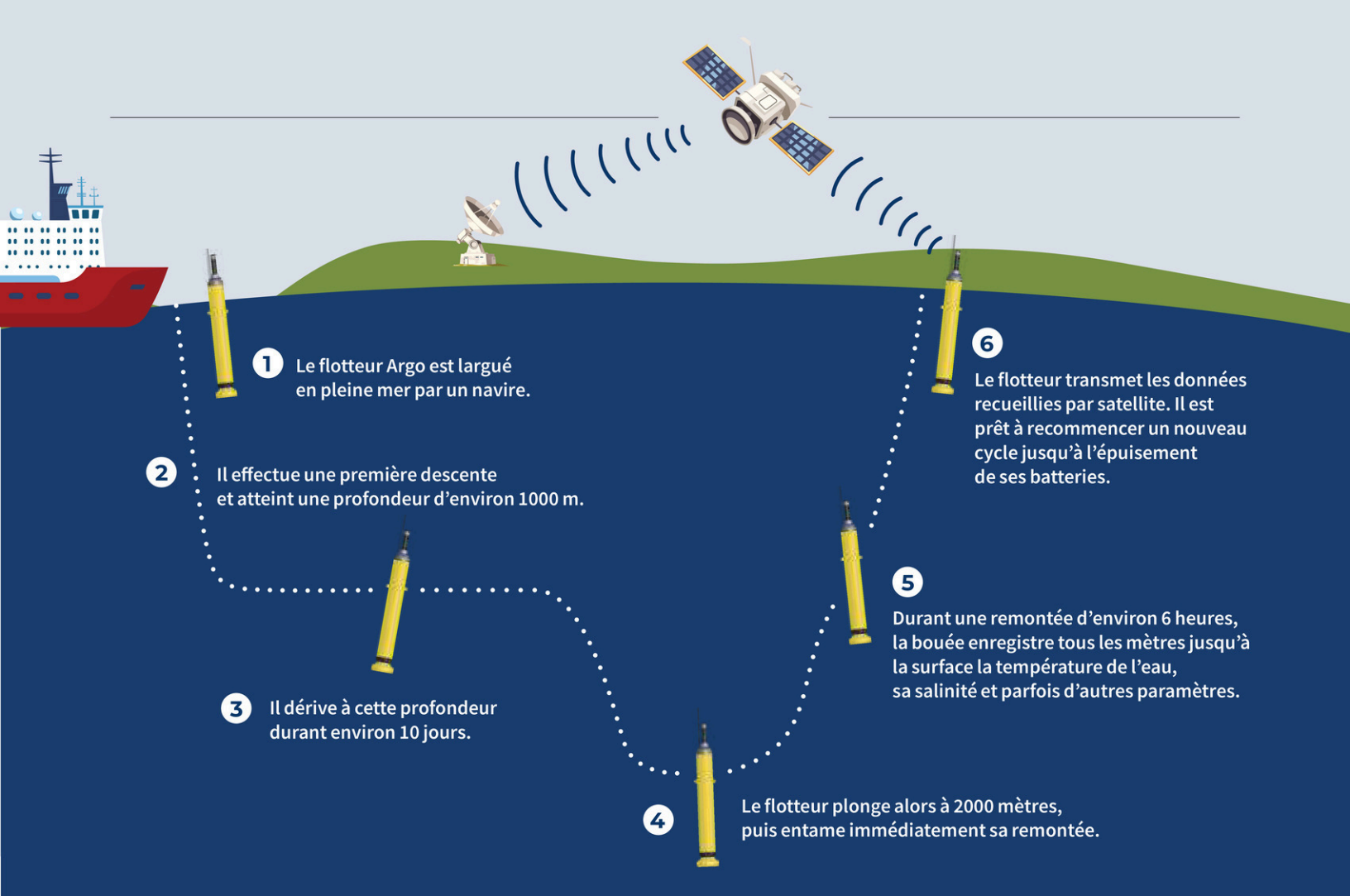
## LES CÔTES OUBLIÉES

Avec sa peinture jaune écaillée et encroûtée par des coquilles de moules desséchées, Melax a des airs de bateau échoué. La grosse bouée qui gît sur un quai du port industriel de Dakar, au Sénégal, n'a pourtant pas fini sa mission. Au printemps, elle a été remise à neuf, équipée de capteurs dernier cri, et elle reprendra du service sous peu près des côtes sénégalaises. Melax (mot qui signifie éclair en wolof) sondera l'océan et l'atmosphère, et transmettra en continu ses données aux scientifiques du laboratoire d'étude du climat ECLAIRS, issu d'un partenariat entre des instituts de recherche sénégalais et français. L'objectif : mieux documenter les effets des changements climatiques en zone côtière, dans une région encore peu équipée en outils d'observation océanographique, et où les flotteurs Argo pénètrent peu, sous peine de se heurter aux hauts fonds marins – 200 m de profondeur au maximum.

« Melax a déjà collecté des données pendant deux ans, en 2015 et en 2016, à 30 km au large de Mbour, au sud de Dakar. Elle

mesurait entre autres le taux d'oxygène dans l'eau, la quantité de phytoplancton, le taux de CO<sub>2</sub>, les courants, la température... Ces données permettent de mieux prévoir les événements climatiques comme la mousson, mais aussi de surveiller les stocks de poissons, pour avoir des indicateurs permettant aux décideurs d'améliorer la gestion des ressources », explique Saliou Faye, chercheur au Centre de recherches océanographiques Dakar-Thiaroye, dans le brouhaha du port. Outre les données prises sur la colonne d'eau grâce à une chaîne lestée et équipée de capteurs sur une longueur de 30 m, Melax a l'avantage d'enregistrer aussi ce qui se passe en surface, notamment la force des vents, les radiations solaires et les précipitations.

Cette bouée était une pionnière dans l'Ouest africain, mais les pêcheurs ont écourté malgré eux la prise de données. « Un objet fixe en mer crée une sorte de récif artificiel, qui attire les poissons. Les pêcheurs venaient y amarrer leurs pirogues ou y jeter leurs filets et ont endommagé les capteurs », déplore le chercheur.



Cela n'a en rien découragé l'équipe franco-sénégalaise, qui a mené entre-temps des campagnes de sensibilisation auprès des pêcheurs, qui sont les premiers à pouvoir bénéficier d'une meilleure prévision des conditions météorologiques et océaniques locales. « Les pays riches ont en général des bouées côtières en bonne quantité. Mais dans les pays à revenus faibles ou intermédiaires, il y a peu de données », explique Alban Lazar, chercheur à l'Université Sorbonne et instigateur du projet Melax.

Certes, les données satellites couvrent tout le globe et permettent d'avoir des prévisions fiables. « À partir de ces données, on peut calculer la température de surface, la hauteur de la mer, et donc indirectement la pression et les courants, mais les satellites reflètent assez mal ce qui se passe près des côtes. Ils fournissent plutôt une moyenne de ce qui est dans leur "champ de vision" et ne séparent pas nettement le signal côtier, souligne le chercheur. D'où l'importance d'avoir des outils complémentaires. »

D'autant que, le long des côtes, il y a des phénomènes singuliers, différents de ce qui se passe au large. « Les zones côtières ont des signaux plus intenses que partout ailleurs, car il y a moins d'eau. Par exemple, les vagues de chaleur sont beaucoup plus fortes que dans une grande profondeur d'eau; ces vagues de chaleur deviennent un sujet critique, car elles se multiplient », illustre l'océanographe.

Avec sa collègue Diana Ruiz-Pino, Alban Lazar a mis sur pied un nouveau réseau, nommé COCAS, pour Observatoire côtier du climat, du CO<sub>2</sub> et de l'acidification pour la société mondiale du Sud. Il compte déjà une quinzaine de bouées en Méditerranée, en Amérique du Sud et en Afrique de l'Ouest. « L'un des objectifs est de donner un point de référence, même si c'est déjà tard, sur l'état des zones côtières pour que les pays les plus pauvres puissent voir comment le réchauffement climatique les affecte. C'est un point important pour les négociations mondiales sur les compensations pour pertes et dommages. »

Si ce qui se passe dans les eaux côtières affecte en première ligne les humains, dont la moitié vivent à moins de 100 km d'un rivage, « il n'y a pas de mécanisme international pour financer des observations dans les eaux nationales, regrette le chercheur. L'intérêt du groupe COCAS, c'est d'être visible, d'avoir des données communes et de les rendre publiques ».

Dans le cadre de la décennie des océans 2021-2030, COCAS a été retenu par le Système mondial d'observation de l'océan (GOOS), un programme qui coordonne les observations océaniques, y compris le réseau Argo, depuis 30 ans. La bouée Melax pourrait donc être rejointe sous peu par des jumelles côtières au-delà des tropiques, notamment au Japon, aux États-Unis, en Australie et en Europe du Nord, qui mettront leurs données en commun, notamment pour mieux comprendre le phénomène des vagues de chaleur marine.

# DEUXIÈME PEAU

Des gens d'affaires et des scientifiques du Québec tentent de relancer une industrie du cuir plus responsable. Qui veut un sac à main en ouananiche ?

Par Guillaume Roy

**D**ans un atelier de couture, on s'attend à trouver des morceaux de tissus de toutes les couleurs. Dans celui de Valéry Larouche, on trouve aussi une pile d'une matière brune difficile à identifier qui porte... des traces d'écaillés! « C'est du cuir de poisson », lance cette entrepreneure innue qui a lancé Mikuniss Collection en 2022.

Quand on y regarde de plus près, la nature du produit devient évidente. Un peu comme un cuir de crocodile ou de serpent, sa texture est unique. « Je travaille avec une équipe de chercheurs pour récupérer ces peaux, qui seraient autrement jetées à la poubelle, afin de créer des produits luxueux », souligne la créatrice de mode, aussi adepte de pêche. Elle veut notamment confectionner des produits de maroquinerie fine, comme des portefeuilles, des ceintures, des sacs à main et des bijoux, dans son atelier situé à

Mashteuiatsh, communauté innue du Saguenay-Lac-Saint-Jean.

C'est avec le Centre collégial de transfert technologique (CCTT) Écofaune Boréale, créé en 2018 par le Cégep de Saint-Félicien, que Valéry Larouche travaille. L'équipe a mis au point « un procédé de tannage avec des produits végétaux testés sur des espèces locales, comme le doré, le flétan, la ouananiche, la truite grise, en plus de faire des tests sur le saumon », explique-t-elle. Ces peaux sont récupérées auprès des pêcheurs ou encore auprès d'usines de transformation de poissons. Le produit est d'une grande qualité : sept fois plus résistant que le cuir de bovin à épaisseur égale!

La matière que Valéry Larouche détourne des poubelles demeure une goutte d'eau dans l'océan. En effet, on ne jette pas seulement une énorme quantité de peaux de poissons au Québec, mais aussi des milliers de peaux d'animaux

élevés pour leur viande ou chassés, dont la quantité n'est pas comptabilisée à l'heure actuelle. Chose certaine : la gestion de ces déchets coûte très cher. « On peut payer pour jeter des matières premières de qualité ou bien les transformer pour créer de la valeur ajoutée », indique Louis Gagné, directeur général d'Écofaune Boréale.

Surtout, on veut améliorer les pratiques. En effet, à l'échelle mondiale, l'industrie du cuir est loin d'avoir bonne réputation. On y utilise plus de 250 produits chimiques différents, dont certains peuvent causer des cancers chez le personnel qui les manipule. Les effluents des usines sont également toxiques pour l'humain et l'environnement. Or, dans les principaux pays producteurs de cuir, comme l'Inde, la Turquie, le Brésil et la Chine, les normes environnementales laissent souvent à désirer. De plus, l'élevage bovin de masse, qui fournit la matière première pour l'industrie

du cuir, contribue à la déforestation, notamment au Brésil.

Un peu partout dans le monde, on cherche des solutions pour rendre cette industrie plus durable. Le marché mondial du cuir allant croissant (il a atteint une valeur de 243 milliards de dollars américains en 2022), le Québec a tout à gagner à développer une filière écoresponsable de cuir 100 % local.

### SAVOIR-FAIRE À REFAIRE

Le cuir animal possède des propriétés impressionnantes. Il est à la fois respirant et imperméable, et extrêmement résistant; il peut durer des décennies s'il est bien entretenu. « Ce n'est pas pour rien que les motocyclistes sont vêtus de cuir, remarque le chimiste d'Écofaune Boréale, Daniel Poisson. En plus de protéger le corps, il est aussi isolant; même si la surface chauffe, la peau ne brûlera pas. De plus, il ne dégage pas de gaz toxiques s'il est carbonisé. » Ces propriétés font en sorte que les gants et les vêtements de cuir sont aussi prisés dans les milieux industriels, notamment dans les alumineries.

« La peau des animaux est d'une efficacité sans pareille, souligne le chercheur. Ce n'est pas une coïncidence : la nature a mis des millions d'années pour développer des fourrures adaptées à leurs milieux. »


Une partie de l'identité québécoise et des relations avec les Premières Nations a été forgée par la préparation et la commercialisation de la fourrure. Ce patrimoine a été délaissé graduellement, en bonne partie en raison de la concurrence internationale, mais aussi à cause du manque de promotion et d'investissements dans la recherche pour offrir des solutions de rechange aux procédés polluants, estime Louis Gagné. Par exemple, il n'existe aujourd'hui aucune formation pour apprendre le tannage. « Le savoir-faire a été perdu, et il n'y a pratiquement plus de fabricants d'équipement de tannage en Amérique du Nord », ajoute-t-il.

Son équipe a d'ailleurs dû s'approvisionner en Europe pour monter son laboratoire, également situé à Mash-teuiatsh. « Écofaune Boréale est le premier centre de recherche sur la fourrure

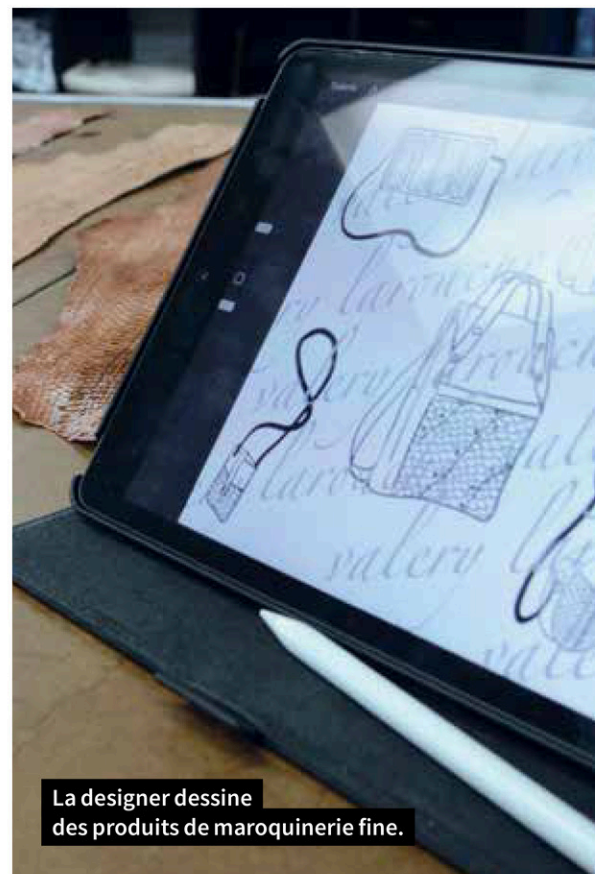
et le cuir, alors que c'était la plus grande industrie au Québec jusqu'en 1850 », déplore le directeur général. Tant qu'à remettre l'industrie en marche, l'organisme compte bien la rendre aussi plus écologique. Et il y a du travail!

En effet, pour pouvoir travailler le cuir, il faut d'abord transformer la peau – une matière putrescible – en un produit qui ne se dégrade pas et qui résiste à l'eau et aux bactéries. C'est le rôle du tannage : le processus comporte de nombreuses étapes, qui permettent au bout du compte de stabiliser et de fixer entre elles les fibres de collagène qui composent la peau.

Encore aujourd'hui, la majorité des cuirs sont tannés à l'aide de sels de chrome, un produit qui peut causer des cancers, des problèmes cutanés et la contamination de l'eau. « Depuis le début de l'ère industrielle, le chrome domine, parce que le traitement est rapide, pas cher et que ses propriétés sont exceptionnelles. Le sulfate de chrome est une molécule de taille parfaite pour se loger entre les fibres de collagène », explique Daniel Poisson.



Valéry Larouche souhaite mettre en valeur le cuir de poisson dans ses créations.



Pour régler le problème à la source, les scientifiques sont en quête d'autres molécules, de taille similaire, qui pourraient remplacer le chrome, tout en étant aussi efficaces. « On cherche des solutions naturelles, en s'inspirant de ce qui se faisait en Égypte antique et chez les Autochtones, qui utilisaient des tanins végétaux », note le chercheur.

Ces composés organiques sont déjà (ou plutôt encore!) bien utilisés dans l'industrie, mais ils ne sont pas aussi efficaces que le chrome pour rendre le cuir souple et thermorésistant. De plus, les procédés de transformation sont beaucoup plus longs; certains traitements traditionnels demandent jusqu'à un an!

Presque tous les végétaux contiennent des tanins, et ces derniers leur servent à se protéger contre les prédateurs. Les espèces qui en possèdent une forte concentration, comme le quebracho d'Amérique du Sud, le chêne et le mimosa, sont prisées par l'industrie, mais les chercheurs d'Écofaune Boréale veulent trouver une solution 100 % québécoise. « On ne veut pas cultiver une plante comestible juste pour faire des tanins, alors on a regardé du côté des résidus de l'industrie forestière », explique Daniel Poisson.

Les écorces d'épinette noire se sont avérées d'excellentes candidates. Ces résidus sont normalement brûlés pour la production d'énergie. « On peut extraire les tanins [et les concentrer en

laboratoire] et quand même brûler les écorces par la suite », note le chercheur.

Ce sont justement les tanins extraits de l'épinette noire qui laissent présager un avenir plus vert pour le cuir de poisson de Valéry Larouche, car les essais préliminaires se sont avérés concluants. « Les peaux de poissons sont réputées plus difficiles à tanner que les peaux de mammifères, remarque Daniel Poisson. Si ça fonctionne bien à petite échelle avec le saumon, c'est un bon indice de performance pour les autres cuirs. » Pour développer des circuits courts d'approvisionnement, Écofaune Boréale fait aussi des tests avec des algues pour d'éventuelles tanneries qui seraient situées près de la mer.

Outre les produits végétaux, des minéraux comme les zéolites, qui sont utilisés en Europe pour le tannage du cuir de bovin, pourraient aussi verdir l'industrie locale. « C'est un minéral inerte, un peu comme l'argile, utilisé dans plusieurs produits domestiques, dont le savon à lessive », explique Daniel Poisson, qui teste ce minéral pour le tannage des poissons.

L'industrie de la mode est avide de telles solutions de rechange, confirme Éric Pelletier, propriétaire de la Tannerie des Ruisseaux à Saint-Pascal, dans le Bas-Saint-Laurent. Si l'on trouvait jadis des centaines de tanneries au Québec, la Tannerie des Ruisseaux est la seule de taille industrielle qui soit encore en activité. Elle transforme environ

600 peaux par semaine, toutes obtenues auprès de chasseurs et d'abattoirs. « Nos clients, comme Levi's ou Tommy Hilfiger, nous demandent des produits plus écoresponsables. » Cette tannerie utilise déjà un mélange de chrome et un extrait de mimosa, et travaille avec Écofaune Boréale pour trouver une solution de rechange 100 % végétale.

Étant donné que le procédé de tannage nécessite beaucoup d'eau, des projets d'utilisation et de traitement de l'eau en circuit fermé sont aussi en cours chez Écofaune Boréale.

Pour tester ses inventions, le laboratoire compte aussi sur un partenaire de Shawinigan : l'abattoir Viandes Lafrance, qui dessert une vingtaine de fermes d'agneaux des environs. « On produit plus de 20 000 peaux ovines chaque année et on veut les valoriser de manière responsable », soutient la présidente-directrice générale, Indira Moudi, qui a acheté l'usine avec son conjoint il y a 11 ans. Pour cette ingénieure industrielle, il est aberrant que des entreprises québécoises importent du cuir de mouton.

L'abattoir souhaite ouvrir une tannerie écoresponsable, rattachée à son usine de transformation. Des tests ont été faits sur 500 peaux de moutons avec des tanins naturels, l'étude de faisabilité et le plan d'affaires ont été réalisés, et les entrepreneurs sont désormais à la recherche d'investisseurs pour concrétiser le projet de tannerie de

## VALORISER LES FOURRURES AUTOCHTONES

Écofaune Boréale mène aussi des projets qui visent à redorer l'image de l'industrie de la fourrure et à automatiser des techniques traditionnelles pour permettre aux trappeurs et aux chasseurs autochtones d'en tirer de meilleurs revenus. Malgré les pressions pour bannir l'élevage d'animaux pour la fourrure (comme c'est déjà le cas dans 19 pays européens et à compter de 2023 en Californie), les lois prévoient des exemptions pour l'utilisation de fourrures provenant des Premières Nations. Il y a donc un travail de certification à déployer pour garantir la provenance des peaux. Le CCTT du Cégep de Saint-Félicien a notamment participé à la réouverture d'une tannerie à Kuujuaq, et un volet de recherche a été implanté avec des artisans locaux. « C'est la seule tannerie inuite au Canada », souligne Louis Gagné, fier d'avoir permis la réouverture du site.



Des vêtements conçus par Valéry Larouche sont exposés au Musée inlu de Mashteuiatsh.



Des échantillons de différents cuirs traités avec des tanins variés



Le chercheur Daniel Poisson pose devant un foulon pour la tannerie dans le laboratoire d'Écofaune Boréale.

cuir de mouton 100 % québécois, qui pourrait par ailleurs transformer toute la production de la province. Une unité de biométhanisation serait aussi construite à même l'usine pour valoriser les résidus non comestibles et réduire les émissions de gaz à effet de serre.

### ET L'ÉTHIQUE ?

Il existe toutefois une tension entre ces efforts du ressort de l'économie circulaire et la nécessité de réduire la consommation de viande de 90 % sur la planète d'ici 2050 pour limiter la hausse des températures à 1,5 °C, d'après les recommandations du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. Une étude basée sur des modélisations et parue en 2022 dans *PLOS Climate* affirme que l'abandon de l'élevage constituerait même la façon la plus efficace pour inverser la trajectoire du changement climatique. « Peu importe la quantité de viande que l'on consommera, il restera logique de valoriser les peaux des animaux », pense Louis Gagné.

Le courant antispéciste, qui souhaite la fin de l'exploitation animale au nom des droits des animaux, risque également d'entraver l'adoption de ces nouveaux cuirs. « L'acceptabilité sociale nous préoccupe beaucoup, ajoute M. Gagné. On est victimes d'une campagne de salissage de la part

d'organismes de défense des droits des animaux, parce que les gens ne connaissent pas tous les tenants et aboutissants de cette industrie. »

Le cuir végétal a d'ailleurs la cote. Mais tous les produits ne se valent pas ; certains ne sont pas aussi écologiques que ce que les publicitaires laissent croire. Les plus ironiques affirment que l'appellation « cuir végétal » est un concept marketing pour un produit bas de gamme, que l'on appelait jadis « similicuir ». Ce dernier est traditionnellement fabriqué à partir de matière dérivée du pétrole, comme du polyuréthane ou du polychlorure de vinyle, explique Daniel Poisson. Ces matériaux ne sont pas recyclables ni biodégradables, d'autant plus qu'ils sont loin d'être aussi résistants que le cuir animal.

Il est toutefois possible de produire du cuir végétal à partir de matières végétales, comme des résidus de pommes, d'ananas ou de raisins, mais aussi avec des cactus, de l'eucalyptus ou des champignons. Cependant, ces produits sont encore rares sur le marché et coûtent cher.

Selon une revue de littérature menée par Laure Patouillard, coordonnatrice scientifique associée de recherche au Centre international de référence sur l'analyse du cycle de vie et la transition durable, la production d'une chaussure

en cuir végétal génère deux fois moins de gaz à effet de serre que celle d'une chaussure en cuir animal. « Il n'existe pas de données scientifiques fiables sur la durée de vie de ces deux types de chaussures, mais il est probable que les chaussures en cuir animal durent plus longtemps, selon l'experte. Si c'est le cas et qu'elles durent deux fois plus longtemps, la production de gaz à effet de serre (GES) est alors équivalente, mais il faut aussi calculer les autres impacts que les GES, comme les dommages sur l'environnement et l'impact de l'élevage. »

Quoi qu'il en soit, une démarche qui s'inscrit dans un contexte d'économie circulaire est presque toujours positive. « C'est toujours mieux de valoriser des matières plutôt que de les jeter », souligne Laure Patouillard, à moins que la valorisation ait une empreinte environnementale plus grande que celle de la transformation en temps normal.

Peu importe le produit que l'on utilise, sa durée de vie est bien souvent le critère le plus important pour réduire l'impact sur l'environnement. « Il faut choisir des matières durables pour amortir les coûts environnementaux », conclut-elle.

Avant d'acheter vos prochaines chaussures, assurez-vous donc de connaître un bon cordonnier! ●

## 908 000 TONNES DE PEAUX SAUVÉES

Les États-Unis utilisent les peaux des abattoirs depuis un moment déjà pour la production de cuir. En 2016, 908 000 tonnes de peaux animales issues de l'industrie de la viande ont été détournées de l'enfouissement, d'après la firme d'analyse Acumen Research and Consulting. De quoi économiser 40 millions de dollars américains en gestion des déchets. Certaines peaux canadiennes sont valorisées aux États-Unis, mais la chaîne de valeur comporte des failles, ce qui fait en sorte que des milliers de peaux se retrouvent à la poubelle.



# QUE VAUT VRAIMENT UNE MÉTA-ANALYSE




En sciences humaines, en nutrition ou en médecine, les recherches se contredisent souvent. Pour y voir clair, des chercheurs et chercheuses ont développé la technique des « méta-analyses ». Est-ce vraiment le moyen d'avoir le fin mot de l'histoire ?

Par Pierre Sormany

ILLUSTRATIONS : SOPHIE BENMOUYAL

**En** 2020, une méta-analyse publiée dans le *British Journal of Sports Medicine* (BJSM), basée sur un survol de 158 études couvrant 23 problèmes de santé, arrive à la conclusion qu'il existe « une association favorable entre l'activité physique en milieu de travail et la santé, même si quelques associations défavorables ont été mises en évidence quand le niveau d'activité est élevé ». Sur ce point, ajoute-t-on toutefois, il faudra des études de meilleure qualité pour conclure.

Le D<sup>r</sup> Niklas Krause, épidémiologiste et spécialiste des maux de dos à l'Université de Californie à Los Angeles, se souvient du choc qu'il a eu à la lecture de ces travaux dano-néerlandais. C'est comme si tous ses travaux de recherches étaient invalidés !

Il a consacré sa carrière à l'étude des problèmes liés aux mouvements et aux efforts physiques en milieu de travail... En regardant la méta-analyse de plus près, il a compris ce qui clochait.



## DES BOUSSOLES POUR EXPLORER LA JUNGLE

La prolifération des publications scientifiques a créé une jungle. La base de données Scopus recensait déjà plus de 37 000 revues savantes en 2018, dont 34 346 avec comités de lecture. Nombre total d'articles scientifiques publiés cette année-là : un peu plus de 10 millions.

Ce nombre a explosé depuis, avec l'essor des revues électroniques, dont plusieurs sont considérées comme « prédatrices » puisqu'elles font payer les auteurs dont elles ne révisent pas vraiment les textes – même si elles publient parfois des études intéressantes. Mais dans un monde universitaire où il faut publier à tout prix, pour obtenir des fonds publics, elles font des affaires en or.

Pour voir clair dans cette jungle, les « revues systématiques » sont devenues essentielles. Ces articles cherchent à retracer l'ensemble des recherches menées sur une question précise, à en évaluer la qualité de manière rigoureuse et à en résumer les conclusions.

Jusque dans les années 1980, on ne recensait que quelques centaines de synthèses du genre chaque année. Leur nombre a explosé depuis : une étude de 2021 révèle que le nombre de revues systématiques publiées chaque année a été multiplié par 20 entre 2000 et 2019. Une quantité qui aurait explosé ensuite, à cause de la COVID-19.

Ces articles de synthèse sont nécessaires. Quand ils couvrent des domaines où les résultats sont contradictoires, ils fournissent une analyse critique des recherches et proposent de nouvelles avenues à explorer.

Les méta-analyses, c'est-à-dire les recherches qui proposent de recommencer l'analyse statistique en intégrant les données brutes de quelques recherches compatibles, ne constituent qu'une fraction de ces revues systématiques. D'autres types de survols n'ont pas cette ambition mathématique. Les examens de la portée (*scoping reviews*), par exemple, cherchent plutôt à explorer l'étendue des questions scientifiques et à recenser les pistes de recherche et leurs limites, tandis que les revues méta-narratives (*meta-narrative reviews*) s'intéressent à la diversité des démarches complémentaires utilisées pour éclairer un même problème.

« Pour obtenir des résultats mathématiquement comparables, [le groupe] a utilisé comme variable la mesure de la dépense énergétique au travail, en excluant les effets liés spécifiquement à la levée des charges et au travail en position debout, les deux facteurs qui sont pourtant les plus cités comme sources de problèmes cardiovasculaires ou de troubles musculosquelettiques, explique-t-il en entrevue. Ils ont aggloméré tous les groupes d'âge, même si la plupart des études montrent que la vulnérabilité des travailleurs et travailleuses augmente avec l'âge. Et dans leurs critères d'évaluation des recherches, ils ont considéré comme une faiblesse le fait de trouver une différence entre les travailleurs et les travailleuses, ce qui est au contraire une force ! »

Il n'est pas le seul à mettre en doute les résultats d'une méta-analyse. En s'appuyant sur plusieurs études, les nutritionnistes recommandent aux personnes soucieuses de conserver un poids santé de ne pas « sauter » le petit-déjeuner. Mais en janvier 2019, une méta-analyse parue dans le *British Medical Journal*, basée sur 13 recherches, tirées d'un survol de 604 études menées entre 1990 et 2018, conclut, au contraire, que ce repas induit une augmentation de l'apport calorique quotidien et entraînerait une différence de poids moyenne d'environ un demi-kilo en sept semaines selon qu'on prenne ce repas ou non. Un résultat qui semble contredire ce que les nutritionnistes ont toujours soutenu.

Les méta-analyses représentent pourtant toujours la crème de la crème en science. Le réseau international Cochrane, regroupant des chercheurs et chercheuses en sciences de la santé de 190 pays, place d'ailleurs ce type d'études au sommet de la pyramide des données probantes. Pourtant, elles sont loin de toutes se valoir... et ne sont pas tout le temps pertinentes.

### LA RAISON D'ÊTRE DES MÉTA-ANALYSES

Quand on parcourt la littérature scientifique sur une question donnée – La prise d'un petit-déjeuner est-elle une bonne façon de contrôler son poids ? Le port du masque réduit-il la transmission de la COVID-19 ? L'utilisation d'une tablette électronique en classe favorise-t-elle l'apprentissage ? –, on se retrouve souvent avec un grand nombre de publications dont les résultats ne sont pas concordants. Ils divergent parce que les protocoles expérimentaux varient, tout comme les questions posées et les caractéristiques des participants et participantes.

En outre, parce que les recherches avec de larges cohortes randomisées coûtent cher, les scientifiques optent souvent pour de petits groupes. Des variables spécifiques à chacun vont alors influencer sur les résultats. L'objectif d'une méta-analyse est donc de rassembler plusieurs de ces recherches sur de petits groupes afin d'accroître la taille de l'échantillon total et la diversité de la population étudiée. On refait alors les analyses statistiques sur ces groupes plus consistants.

Ce type de compilation permet parfois de trancher une controverse. Si la moitié des études met par exemple en évidence un effet positif, mais que l'autre moitié conclut à l'absence d'effet, le résultat de l'agrégation amènera parfois à conclure à un effet global « non significatif ». Les résultats



**L'objectif d'une méta-analyse est de rassembler plusieurs recherches sur de petits groupes afin d'accroître la taille de l'échantillon total et la diversité de la population étudiée. On refait alors les analyses statistiques sur ces groupes plus consistants.**

positifs notés dans certaines études pourraient alors être dus à d'autres facteurs non identifiés. Au contraire, si le résultat aggloméré confirme un effet significatif, on le jugera d'autant plus convaincant que la méta-analyse aura amoindri tous les autres facteurs.

Mais, en réalité, l'échantillon devient rarement énorme. Car pour qu'elles puissent être agglomérées, les études doivent être compatibles : il faut que la question posée soit la même et que les effets rapportés couvrent les mêmes réalités. Les auteurs et autrices des méta-analyses doivent donc exercer une forte sélection parmi les recherches retenues pour cette mise en commun des résultats.

Le rapport sur les normes de consommation d'alcool publié en janvier par le Centre canadien sur les dépendances et l'usage de substances (CCDUS) donne un bon exemple de ce processus de sélection. Les auteurs sont partis d'une exploration très large : 5915 articles. En éliminant ceux qui rapportaient les mêmes recherches, ceux dont la méthodologie paraissait faible et ceux qui ne répondaient pas aux trois questions initiales que le CCDUS avait choisi d'étudier, ils ont réduit leur échantillon à 239 études, dont seulement 14 ont été retenues parce qu'elles permettaient de tracer une courbe associant chaque niveau de consommation à des effets à long terme. Cette sélection a mis de côté de nombreuses études confirmant les effets positifs d'une faible consommation d'alcool sur les maladies

cardiaques, ce qu'a dénoncé, entre autres, le cardiologue et directeur de la prévention de l'Institut de cardiologie de Montréal, le Dr Martin Juneau.

Prenons maintenant le cas de l'étude sur les petits-déjeuners. Les scientifiques ont d'abord recensé 604 publications entre 1990 et janvier 2018. De ce nombre, 561 études ont été exclues parce qu'il ne s'agissait pas de recherches expérimentales, qu'elles ne portaient pas sur des sujets adultes ou qu'elles ne portaient pas exclusivement sur le petit-déjeuner. En outre, 5 études l'ont été parce qu'elles ne concernaient pas des pays développés et 25 autres, parce qu'il ne s'agissait pas d'études « randomisées », c'est-à-dire avec une répartition aléatoire des participants et participantes. Bilan final : leur méta-analyse n'a retenu que 13 articles.

Bien sûr, 13 recherches valent mieux qu'une. Mais les conclusions doivent alors être pondérées. Comme ces études ont toutes été menées sur de courtes périodes (sept semaines en moyenne), cela n'a pas laissé beaucoup de temps aux gens pour adopter de nouvelles habitudes alimentaires et adapter leur mode de vie. Cela ne dit rien sur l'effet à long terme de la prise de petits-déjeuners.

### **DES POMMES ET DES ORANGES**

Hilda Bastian a commencé sa carrière comme défenseure des droits des patients et patientes en Australie dans les années 1980. Elle est l'une des

fondatrices du réseau Cochrane et collaboratrice régulière du *Scientific American* et du *British Medical Journal*. Elle reconnaît l'importance des méta-analyses, mais a publié sur son blogue *Absolutely Maybe* plusieurs chroniques pour en souligner aussi les limites. Elle suggère d'être très vigilant quant à la qualité des études fusionnées. « Comme les études randomisées ne mesurent souvent que les effets à court terme, elles risquent de conduire à des conclusions erronées si on pense qu'elles offrent une réponse complète. » Et si les études initiales sont mauvaises, rassembler leurs données ne donnera pas subitement un résultat fiable.

Elle souligne aussi un problème de vocabulaire. « Quand on évoque des effets généraux comme des "événements cardiaques", méfiez-vous : ils ne signifient pas toujours la même chose, d'une recherche à l'autre. »

Ellen Balka, chercheuse spécialisée dans l'information et la santé au Département des communications de l'Université Simon Fraser de Vancouver, fait le même constat : « Dans mon secteur, la science est encore jeune, et les termes qu'on utilise ne sont pas encore bien définis. En essayant de traiter les études comme si elles parlaient toutes de la même chose, on risque de mélanger des pommes et des oranges. »

Mais le vrai problème avec les méta-analyses, ajoute cette chercheuse, c'est qu'elles sont présentées comme la super-vérité statistique. « Or, ce n'est pas vrai qu'on peut résumer tout un champ

**« On ne va retenir que les études qui peuvent facilement être fusionnées pour donner un plus grand échantillon. Mais attention! Les études qui ne peuvent pas être mises en commun sont souvent les plus intéressantes. »**

– Hilda Bastian, défenseure des droits des patients et patientes

de recherche avec des chiffres. Il y a plein d'aspects qualitatifs qui nous échappent quand on fait ce choix. »

### UNE SÉLECTION QUI DÉFORME

Une question se pose dans presque toutes les recherches en sciences humaines ou en santé : les participants et participantes qui se savent « objet d'étude » peuvent-ils vraiment oublier ce contexte et agir de manière tout à fait normale? Voilà pourquoi bien des équipes préfèrent étudier à long terme (études longitudinales) des groupes où les comportements ciblés par leur recherche sont bien établis. Les résultats sont souvent plus difficiles à interpréter, parce que plusieurs autres variables entrent en jeu, mais ils représentent beaucoup mieux ce qui se passe dans la réalité.

Pourtant, dans la sélection des articles, les auteurs et autrices des méta-analyses rejettent souvent les études longitudinales, tenues pour moins rigoureuses. Tout comme ils excluent les enquêtes par entrevues dites « qualitatives », celles qui permettent de mieux comprendre ce qui se joue derrière les processus observés. « On ne va retenir que les études qui peuvent facilement être fusionnées pour donner un plus grand échantillon. Mais attention! Les études qui ne peuvent pas être mises en commun sont souvent les plus intéressantes », souligne Hilda Bastian, qui constate aussi que la sélection est souvent très subjective.

Ne jetons pas les méta-analyses aux poubelles pour autant. Dans la revue *Intensive Care Medicine*, une équipe franco-canadienne a fourni un exemple éloquent pour montrer leur pertinence : un grand nombre de personnes auraient eu la vie sauve si une méta-analyse avait été réalisée en 1973 au sujet d'un traitement contre l'infarctus du myocarde : la thrombolyse. À cette époque, 8 essais cliniques avaient été réalisés, et 25 autres ont suivi. Une méta-analyse à cet instant précis aurait révélé la capacité du traitement à prévenir les décès. Il aura fallu impliquer 34 542 malades supplémentaires, certains avec un placebo, pour

parvenir à la même conclusion bien plus tard.

En 2022, la D<sup>re</sup> Emily Gibson McDonald, professeure de médecine interne à l'Institut de recherche du Centre universitaire de santé de McGill, a publié 37 articles scientifiques. Une quinzaine d'entre eux étaient des revues systématiques des études sur une question, dont une dizaine comprenaient une méta-analyse. Elle estime que ces publications sont nécessaires, mais prône aussi la prudence. « Dans une revue systématique [voir encadré page 34], on explore plus largement. On peut analyser différentes approches et s'intéresser aux aspects qualitatifs. Pour les méta-analyses, la sélection est plus forte. Si on prend trois ou quatre études solides, le résultat va être de très haute qualité. Mais si on part d'études mal faites, ou qui portent sur des populations qui ne se ressemblent pas, même en suivant une méthodologie rigoureuse, on peut arriver à des résultats discutables. Il faut que les auteurs soient très transparents sur les limites de leurs conclusions. »

Elle a d'ailleurs publié un commentaire sur le sujet dans la revue *JAMA*, en 2021, où l'on pouvait lire : « Il y a eu plusieurs cas de recherches publiées trop vite, et qui ont fait l'objet de rétractions par la suite. Mais entre-temps, ces recherches avaient été prises en compte dans plusieurs méta-analyses, qui continuent d'être abondamment citées. »

Essentielles, mais parfois bourrées de pièges, les méta-analyses occupent en tout cas une place de plus en plus grande dans la littérature scientifique. Contrairement aux recherches expérimentales, qui coûtent souvent cher et prennent beaucoup de temps, les méta-analyses permettent aux scientifiques de publier rapidement, à partir des données déjà connues, portant sur des groupes beaucoup plus vastes. Et de voir leurs travaux abondamment cités... ●



## ANTHROPOCÈNE

# Le système du secteur pétrolier

**C**omment réagiriez-vous si votre enfant vous disait que tout va bien à l'école, puis que vous découvriez le contraire dans son bulletin? Passeriez-vous l'éponge si, plutôt que d'admettre ses difficultés, il ou elle vous disait de ne pas vous en faire puisqu'il reste amplement de temps pour rectifier le tir... en plein mois de mai? Pis, le lien de confiance s'effriterait-il si vous appreniez qu'il ou elle a triché lors des examens?

Comme parent, je me sentirais à la fois trahi et découragé.

Voilà une analogie qui décrit bien l'évolution du discours climatique de l'industrie des énergies fossiles au cours des dernières décennies.

Documentés depuis belle lurette, les stratagèmes employés par l'industrie pétrolière lui ont permis de semer le doute auprès des gouvernements et du public quant au lien entre ses activités et les changements climatiques. Il est désormais bien établi que cette industrie a relativisé l'urgence d'agir, voire carrément mis des bâtons dans les roues des politiques environnementales. Dans la langue de Shakespeare, on parle des trois « D », pour *deny*, *deceive*, *delay* (nier, tromper, retarder), ou encore du système D.

### NIER POUR MIEUX TROMPER

Dans un article publié en 2017 dans la revue *Environmental Research Letters*, les professeurs Geoffrey Supran et Naomi Oreskes de l'Université Harvard ont épluché 187 documents produits par ExxonMobil pour arriver à la conclusion que la compagnie avait bel et bien induit la population en erreur, tant sur l'origine anthropique des changements climatiques que sur leur gravité. Pourtant, les études scientifiques réalisées à l'interne par Exxon (études révisées par les pairs et publiées) confirmaient noir sur blanc la réalité des changements climatiques, leur origine et le danger y étant associé.

Supran et Oreskes, accompagnés du professeur Stefan Rahmstorf, de l'Université de Potsdam, en Allemagne, ont poussé la note plus loin dans une autre étude publiée en début d'année dans la revue *Science*. L'équipe a passé au peigne fin les modélisations climatiques réalisées par les scientifiques d'Exxon entre 1977 et 2014 pour arriver à la conclusion que ceux-ci avaient non seulement cerné l'effet des émissions de gaz à effet de serre (GES), mais que leurs modélisations étaient aussi robustes que celles d'études indépendantes. Qui plus est, Exxon avait correctement estimé le budget carbone permettant de maintenir le réchauffement planétaire en deçà de 2 °C! Malgré cela, la compagnie n'a cessé de dénigrer la fiabilité des modèles indépendants...

### « PÉTROBLANCHIEMENT »

De la négation de la réalité à la dissimulation de données, en passant par la supercherie, l'industrie pétrolière a su ajuster son tir et retarder les politiques visant l'atténuation des émissions de GES en détournant l'attention ou en faisant porter le fardeau à d'autres.

Par exemple, c'est l'entreprise pétrolière BP qui a mis de l'avant le concept d'empreinte carbone, au début des années 2000, afin de placer la responsabilité de la lutte contre les changements climatiques sur les épaules des individus, plutôt que sur l'industrie.

Aujourd'hui, le secteur pétrolier reconnaît la réalité et fait l'étalage de ses objectifs de carboneutralité. Or, un rapport publié en février par le groupe de réflexion InfluenceMap indique que les engagements des six plus gros acteurs pétroliers au pays, ainsi que ceux de l'Association canadienne des producteurs pétroliers, sont complètement minés par le lobby qu'exercent ces mêmes acteurs afin d'amenuiser toute politique climatique. Constats corroborés par une étude parue l'an dernier dans

la revue *PLOS ONE* indiquant que, malgré les beaux discours de l'industrie, les bottines financières ne suivent pas les babines pétrolières. Le mot d'ordre demeure le même : *drill, baby, drill!*

S'il en fallait plus, un rapport publié en février dernier par l'Institut international pour le développement durable mentionne que la solution miracle présentée par le secteur pétrolier pour atteindre la carboneutralité – c'est-à-dire le captage et le stockage de carbone – n'est en fait qu'un pansement sur une jambe de bois. Les projets de captage en cours au pays (subventionnés à coups de milliards de dollars) ne suppriment que 0,5 % des émissions nationales de ce secteur.

De toute évidence, l'industrie pétrolière cache ses mauvaises notes sous le tapis. Son « système D » tourne encore à plein régime.

Ces constats soulèvent quelques questions. Quels outils et tactiques la société civile et la communauté scientifique devront-elles utiliser pour faire contrepoids à une industrie qui ne joue pas à « armes égales », considérant les milliards de dollars investis pour retarder et contourner les actions climatiques?

La transition énergétique requiert certes que tous les pans de la société soient impliqués – incluant le personnel du secteur pétrochimique. Mais comment pouvons-nous continuer à cautionner le fait que les leaders de l'industrie fossile se retrouvent à la table des négociations climatiques, jusqu'à présider la prochaine conférence des parties sur le climat (COP28)?

Tout comme notre parent désillusionné fictif, jusqu'à quel point devons-nous donner sa chance au coureur pétrolier, alors que celui-ci ne cesse de truquer la course à rebours climatique? Peut-être serait-il temps d'activer notre propre système D, comme dans « déboulonner, dénoncer et demander des comptes »... ●

# Le sommeil, un enjeu de santé publique

Et si les inégalités sociales se manifestaient jusque sur l'oreiller?

C'est la conclusion vers laquelle pointent les travaux de recherche de Guido Simonelli.



**D**is-moi où tu vis, et je te dirai comment tu dors. L'environnement physique et social a en effet une influence majeure sur le sommeil. Cette réalité est pourtant bien peu prise en compte par le personnel de santé, qui a une vision clinique des diverses dimensions (durée, qualité, etc.) de cet indicateur clé de l'état de bien-être général. Résultat : les interventions pour traiter les insomnies, apnées et autres dérèglements du rythme circadien sont basées sur des approches individuelles plutôt que sur des interventions plus structurantes.

C'est à cet angle mort que s'attaque Guido Simonelli, professeur au Département de médecine de l'Université de Montréal, alors qu'on estime que près de 50 % de la population canadienne souffre aujourd'hui d'un trouble du sommeil. « Vivre dans un milieu moins avantageux du point de vue socio-économique a une incidence énorme sur le sommeil. Il en va de même pour l'environnement à l'intérieur de la maison, qui est influencé par la température, la pollution sonore, mais aussi la présence de violence », explique celui qui a reçu le prix Roger-Broughton pour jeune chercheur en 2021. Décernée tous les deux ans par la Société canadienne du sommeil, cette récompense est accordée à des scientifiques en début de carrière dont les travaux ont fait avancer la recherche sur le sommeil.

## LOIN DU LABORATOIRE

Guido Simonelli a suivi avec succès une formation pour devenir médecin en Argentine. Pendant ses études, il travaille comme technicien dans une clinique du sommeil. Il réalise alors des polysomnographies, des examens médicaux considérés comme la méthode de référence en matière de recherche sur le sommeil. Une expérience qui sera déterminante pour la suite de sa carrière. « C'est là que j'ai compris à quel point le sommeil, ou plutôt l'absence de sommeil, peut être problématique et ruiner des vies, raconte-t-il. Je peux le confirmer aujourd'hui : je suis nouvellement papa ! »

Au cours de cette expérience de travail, le scientifique prend conscience du chemin qu'il reste à faire afin de rendre la recherche sur le sommeil plus conforme à ce qui se passe dans la « vraie vie » ; les nuits passées dans une clinique spécialisée ne lui semblent pas fidèles à la réalité. L'avènement des appareils de mesure et de suivi de l'activité physique de style Fitbit représente en ce sens « une formidable occasion à saisir ». « Ils pourraient permettre d'améliorer la validité des résultats de



## Les questions de Rémi Quirion

SCIENTIFIQUE EN CHEF DU QUÉBEC \*

nos études. Les gens ne dorment jamais mieux que chez eux, dans un cadre et un contexte qui leur sont familiers », affirme Guido Simonelli.

Ce souci de s'éloigner du laboratoire transparait dès ses premières publications scientifiques. Le chercheur constate ainsi que le fait d'améliorer l'environnement, au sens large, dans des bidonvilles de la capitale argentine Buenos Aires, a pour effet d'améliorer le sommeil des ménages qui y vivent. Dans une recherche subséquente réalisée encore une fois en Argentine, il établit que le sentiment de sécurité à la maison a une incidence importante sur le sommeil, et ce, particulièrement chez les femmes. « Dormir est l'opposé d'être en état d'alerte. S'il y a une menace qui plane, réelle ou non, il est tout à fait normal de ne pas tomber facilement dans les bras de Morphée ni d'y rester », analyse-t-il.

### ÉCLECTIQUE

Plus récemment, le chercheur s'est intéressé à des populations pour qui le sommeil est un enjeu crucial, comme les militaires, les habitants et habitantes de bases arctiques et antarctiques, et même le personnel soignant de première ligne au cœur de la pandémie de COVID-19. Son but : trouver des solutions pour que leur repos soit le moins perturbé possible. « Chez les militaires, dormir peu est associé à une plus forte prédisposition à développer un syndrome de stress post-traumatique à la suite d'un choc émotionnel, indique-t-il. On peut inférer la même chose dans d'autres contextes, comme celui des changements climatiques, où les catastrophes environnementales sont appelées à se multiplier. »

Guido Simonelli sait manifestement naviguer en dehors de son premier champ d'expertise, la médecine. C'est cette capacité à « sortir le sommeil de son carcan » qui a séduit une de ses proches collaboratrices, Julie Carrier, professeure au Département de psychologie de l'Université de Montréal, dès leur première rencontre, lors d'un congrès. « Il s'attarde à des aspects longtemps négligés par une science qui s'est en grande partie développée dans des pays riches, dans une optique clinique », observe-t-elle.

Son approche n'est pas juste originale ; elle est nécessaire, estime-t-elle. « Nous ne sommes pas tous égaux devant les troubles du sommeil. » ●

Par Maxime Bilodeau

### Il paraît que l'on dort mieux à des températures plus fraîches. Est-ce cette raison qui vous a poussé à poursuivre votre carrière au Québec ?

Bien que j'aime beaucoup la forte saisonnalité de Montréal, les raisons de poursuivre mon parcours universitaire au Québec étaient encore plus égoïstes ! En tant que jeune chercheur, le Québec m'offrait un environnement scientifique dynamique unique ancré dans le solide soutien financier des Fonds de recherche du Québec. Sur le plan professionnel, la possibilité de travailler au plus grand centre de recherche sur le sommeil au Canada, c'est-à-dire le Centre d'études avancées en médecine du sommeil, avec l'appui du centre de recherche du Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux du Nord-de-l'Île-de-Montréal et de l'Université de Montréal, a pesé fort dans la balance. Pour ma famille, il était important de s'installer dans une grande ville, et Montréal répondait aux qualités que nous recherchions.

### L'exploitation des dispositifs personnels, tels que les montres intelligentes, soulève la question de l'accès aux données. Pensez-vous qu'un accès plus large pourrait être bénéfique à vos recherches ?

Cela peut être très bénéfique. Malheureusement, l'expansion rapide de l'utilisation des montres intelligentes pour suivre le sommeil a pris au dépourvu le monde de la recherche sur le sommeil ; nous travaillons à trouver des moyens de les intégrer. Le principal problème lié à l'utilisation des données obtenues à l'aide de montres intelligentes commerciales est que bon nombre de ces appareils ne sont pas transparents quant à leurs algorithmes pour suivre le sommeil, ce qui ne permet pas de dire avec certitude ce qu'ils mesurent et rapportent ultimement. Un grand nombre de ces appareils ne permettent pas d'accéder aux données brutes, telles que les mouvements ou la fréquence cardiaque, qui sont les variables normalement utilisées pour déduire qu'une personne dort.

En parallèle, nous essayons de comprendre comment les informations de suivi du sommeil d'un individu peuvent être exploitées pour fournir des avantages pour sa santé ou sa performance. Peu à peu, on voit émerger des collaborations entre les universitaires et les entreprises privées, et ce sera peut-être une clé pour faire progresser le domaine.

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

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

[scientifique-en-chef.gouv.qc.ca](http://scientifique-en-chef.gouv.qc.ca)

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

[@scichefqc](https://twitter.com/scichefqc)



Émilie Folie-Boivin [@efolieb](#)

## CULTURE



VOIR

### SCIENCE FRICTION

Personne ne met en doute la pertinence des implants cochléaires ou des stimulateurs cardiaques. Mais en sera-t-il de même quand il sera question de se faire implanter un téléphone cellulaire dans la tête, ou de robots capables de lire dans nos pensées ? La comédienne et auteure Dominique Leclerc a fait de cette interrogation sa quête personnelle et artistique. Avec *i/O*, elle stimule la réflexion sur les technologies pour améliorer l'humain en proposant de la « science friction ».

Dans cette pièce présentée dans le cadre du Festival TransAmériques, la dramaturge entremêle le documentaire, le récit et l'autofiction. Elle présente ses entrevues avec des transhumanistes, ces personnes persuadées que la technologie peut améliorer l'humain et nous permettre d'outrepasser les « tares » de la condition humaine que sont la maladie, la souffrance et la mortalité. Puis, elle nous fait revivre le décès de son père, survenu en pleine pandémie et alors qu'elle amorçait le projet. « D'un côté, il y a ces gens qui rêvent qu'on ne souffre plus et, de l'autre, il y a mon père qui a manqué de soins de base dans un système de santé qui se dégingue, m'explique la dramaturge. Je trouvais qu'il y avait un gros *clash* entre la réalité du moment et ces gens qui me racontaient un futur où on allonge la vie. »

Les extraits d'entrevues que l'artiste a choisi d'inclure dans *i/O* viennent ainsi contraster avec certains moments de la pièce ou les appuyer. Parmi les interviewés : la PDG d'une entreprise de biotechnologie qui a testé une thérapie génique conçue pour agir contre le vieillissement et un représentant d'une compagnie de cryogénéisation.

« Je ne veux pas nier l'intérêt des technologies actuelles ; je ne trouve pas utile de revenir en arrière. Mais comment peut-on faire cohabiter la réalité d'aujourd'hui avec les nouvelles technologies ? se demande-t-elle. Les GAFAM sont en train de repenser le futur de la médecine, du corps humain, de l'espèce. Il y a là des questions urgentes à se poser ! »

Un propos que vous pouvez aussi découvrir grâce à la publication du texte par Atelier 10. Un documentaire en partenariat avec l'ONF devrait également sortir en 2024.

*i/O*, par Dominique Leclerc, au Théâtre Prospero, du 2 au 4 juin dans le cadre du Festival TransAmériques, [fta.ca](#)



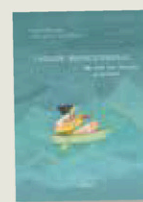
LIRE

### ONDES RÉFLÉCHIES

Une chouette collection d'essais visant à faire fleurir les idées et l'esprit critique chez les ados et les jeunes adultes vient de voir le jour chez Écosociété. Les deux premières parutions annoncent les couleurs de la collection Radar : alors que *GAFAM, le monstre à cinq têtes* de Philippe Gendreau décrit les géants du numérique et sensibilise les jeunes à leur influence sur l'environnement, la démocratie et nos vies personnelles, *S'engager en amitié* montre la puissance sous-estimée de l'amitié. Camille Toffoli revalorise ce sentiment d'affection réciproque à travers des témoignages inspirants : des relations homme-femme puissantes, des équipes sportives unies, des rencontres qui sauvent des vies. Des lectures aussi nourrissantes portant sur l'écoanxiété et le bien-être animal viendront bientôt rejoindre les rangs de cette prometteuse collection.

**GAFAM, le monstre à cinq têtes**, par Philippe Gendreau, Écosociété, 168 p.

**S'engager en amitié**, par Camille Toffoli, Écosociété, 136 p.



### LES MOTS D'UNE AMIE

Avec son *Cancer : mode d'emploi*, Sophie Marcotte est comme cette amie qui vous veut du bien. Elle

éclaire les étapes suivant la détection de la maladie en prodiguant de précieux conseils basés sur son expérience. Son témoignage personnel est savamment dosé ; elle laisse aussi de la place aux autres (son conjoint, son père, des personnes aussi atteintes de la maladie), multipliant ainsi les perspectives sur le diagnostic. Le livre de la rédactrice et journaliste se distingue par son ton complice, sa délicate touche d'humour, ainsi que son approche emplie d'humanité.

**Cancer : mode d'emploi**, par Sophie Marcotte, Éditions Cardinal, 208 p.



LIRE

## LA BIBLE DU CLIMAT



Il est difficile de se sentir concerné par un sujet lorsqu'on ne le comprend pas. Avec *Le grand livre du climat*, qu'elle codirige, Greta Thunberg s'assure d'outiller au mieux le plus de gens possible. Si elle voulait créer « un livre réunissant les données scientifiques actuelles les plus abouties », elle a plus que réussi son pari. Une centaine de scientifiques et de spécialistes y expliquent le fonctionnement du climat et son dérèglement, en commençant par des notions de science de base. Greta Thunberg tenait à faire se croiser les meilleures voix sur chacun des sujets afin de fournir une vision panoramique du problème. En quelques

pages, chacun explique son sujet avec clarté et simplicité en l'appuyant de figures et de photos. De grandes peintures (tels Dave Goulson, Keith W. Larson et Margaret Atwood) résument le fonctionnement des dômes de chaleur, l'importance des nuages, les conséquences de la montée des eaux, la perte des terres fertiles et la contribution environnementale de l'Amazonie et du pergélisol. Le tout forme une bible dense qui a de bonnes chances de devenir un ouvrage de référence en matière de changement climatique. Un incontournable pour comprendre les enjeux et pouvoir passer à l'action.

*Le grand livre du climat*, sous la direction de Greta Thunberg, Éditions Kero, 441 p.

## LES CLÉS DU GIEC



Derrière chaque rapport du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) se cache un travail colossal de synthèse critique de dizaines de milliers d'articles scientifiques. Le résultat final – qui s'étend souvent sur plus de 3000 pages – est rarement lu par le grand public. Même les dirigeants et dirigeantes lisent rarement le résumé de 30 à 60 pages conçu à leur attention ! Afin de rendre cette masse d'informations plus digeste, le journaliste scientifique Sylvestre Huet a pondé *Le GIEC, urgence climat : le rapport incontestable expliqué à tous*.

L'ouvrage vulgarise le mandat du GIEC, explique le rôle des trois groupes chargés des différents volets du rapport et utilise des extraits commentés pour permettre au grand public de mieux saisir le tout.

*Le GIEC, urgence climat : le rapport incontestable expliqué à tous*, par Sylvestre Huet, Éditions Tallandier, 272 p.



VOIR

## OISEAU RARE

Dans nos villes canadiennes, nous avons les pigeons. L'Inde, elle, peut compter sur les milans noirs pour peupler le ciel de New Delhi. Le milan est aussi l'un des personnages clés du magnifique documentaire *All That Breathes*, couronné à Sundance et à Cannes, et nommé aux Oscars. On y raconte l'histoire de deux frères, Nadeem et Mohammad, et de leur ami Salik. Le trio consacre sa vie à soigner les oiseaux de proie, qui rendent des services écologiques importants en se nourrissant des rongeurs et de déchets. Le film contemplatif suit le rythme de la nature dans une ville asphyxiée par la pollution, et gangrénée par des violences religieuses. La caméra suit les soigneurs autodidactes dans le garage qui leur sert de sanctuaire et les montre en train de négocier la viande à bas prix pour nourrir leurs pensionnaires. Elle filme aussi la collision entre la faune urbaine et l'environnement hostile de New Delhi, avec des images éblouissantes qui rappellent à qui voudra bien l'entendre les défis de la coexistence.

*All That Breathes*, réalisé par Shaunak Sen, sur Crave (sous-titres anglais), 91 min

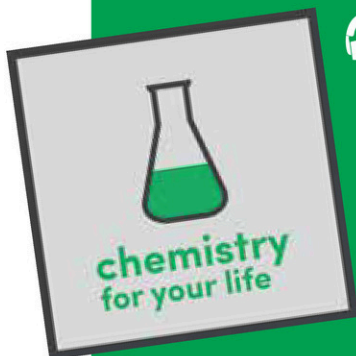


ÉCOUTER

## UNE CHIMIE PALPABLE

Envie de comprendre comment la sauce tomate arrive à tacher vos contenants de plastique ou la façon dont la crème solaire empêche les rayons UV de brûler votre peau ? Le mieux est d'y aller sous l'angle des interactions entre les éléments ! Depuis 2019, la chimiste Melissa Collini prend chaque semaine le micro du balado *Chemistry For Your Life* pour expliquer à son co-animateur pas du tout scientifique les liaisons entre les diverses molécules du tableau périodique et les réactions étonnantes engendrées par nos petits gestes du quotidien.

*Chemistry For Your Life*, sur votre plateforme de balados préférée (en anglais)



Les premiers ponts suspendus d'Europe firent leur apparition au tournant des années 1820.



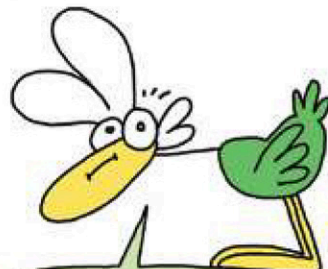
Dryburgh Abbey Bridge (1817)



Union Chain Bridge (1820)



Menai Bridge (1826)



Un incident impliquant le pont de Broughton, achevé en 1826 au nord-est de l'Angleterre, allait cependant miner la réputation de tous les ponts suspendus pour un bout de temps.

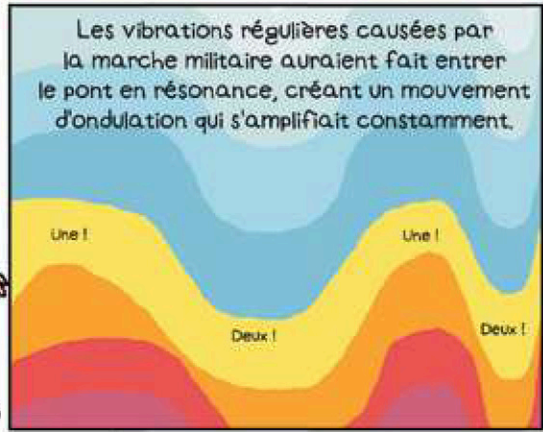


Le 12 avril 1831, un régiment de fusiliers est de passage dans la région. Une partie traverse le pont.

Le pont s'écroule ! Quarante hommes font une chute de six mètres, la moitié sont blessés. Heureusement, il n'y a aucun mort. Mais que s'est-il passé ?



Il faut savoir qu'une chose que les troupes de soldats font, c'est de marcher au pas cadencé.

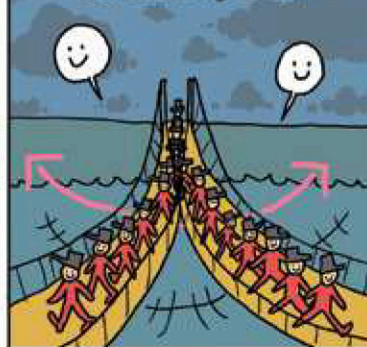


Les vibrations régulières causées par la marche militaire auraient fait entrer le pont en résonance, créant un mouvement d'ondulation qui s'amplifiait constamment.

Le principe est le même que pour une balançoire : si on la pousse au bon moment, le mouvement de pendule devient de plus en plus fort.



Les soldats ne se sont aperçus de rien du tout, trouvant la sensation agréable.



Et donc...  
Oups.



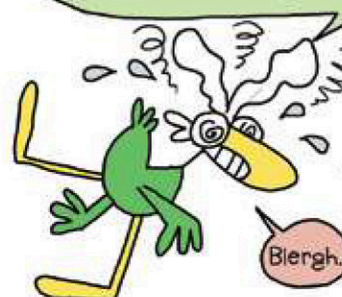
À partir de ce moment, l'armée britannique ordonne aux soldats de marcher normalement, de manière dispersée, lorsqu'ils franchissent des ponts.



Pourtant, un accident similaire surviendra à Angers, dans l'ouest de la France, en 1850. Il emportera 223 soldats vers leur tombe.



Depuis, l'on fabrique des ponts suspendus résistants mieux à la résonance, mais il arrive encore quelques fois des erreurs d'ingénierie, comme sur le pont du Millénaire de Londres, qui dut fermer deux jours après son ouverture en 2000.



Assez de ponts pour moi aujourd'hui.

Et j'annule ma journée à La Ronde demain.

Saturnome '23



Vélo Québec  
VOYAGES

# Vos vélo-vacances au Québec!

Vivez des vacances de rêve avec  
nos formules clé en main!



PRÉSENTE

Petite  
AVENTURE

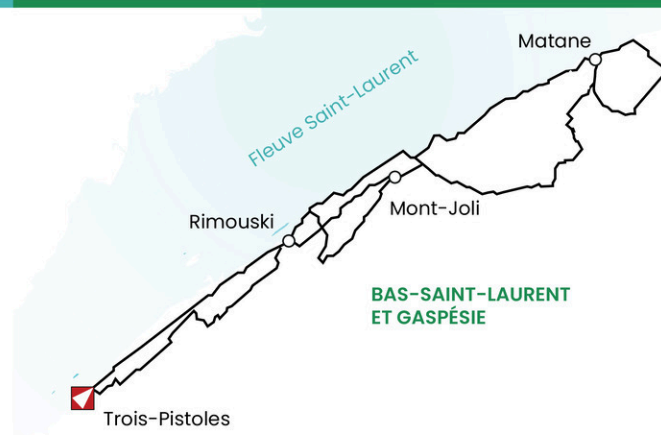
30 juin au 2 juillet



PRÉSENTE

GRAND TOUR

5 au 10 août



## Séjours tout inclus

Hébergement • Repas • Animation au village • Transport du bagage  
Encadrement et assistance • GPX et itinéraires

Réservez dès maintenant!  
[veloquebecvoyages.com](http://veloquebecvoyages.com)

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

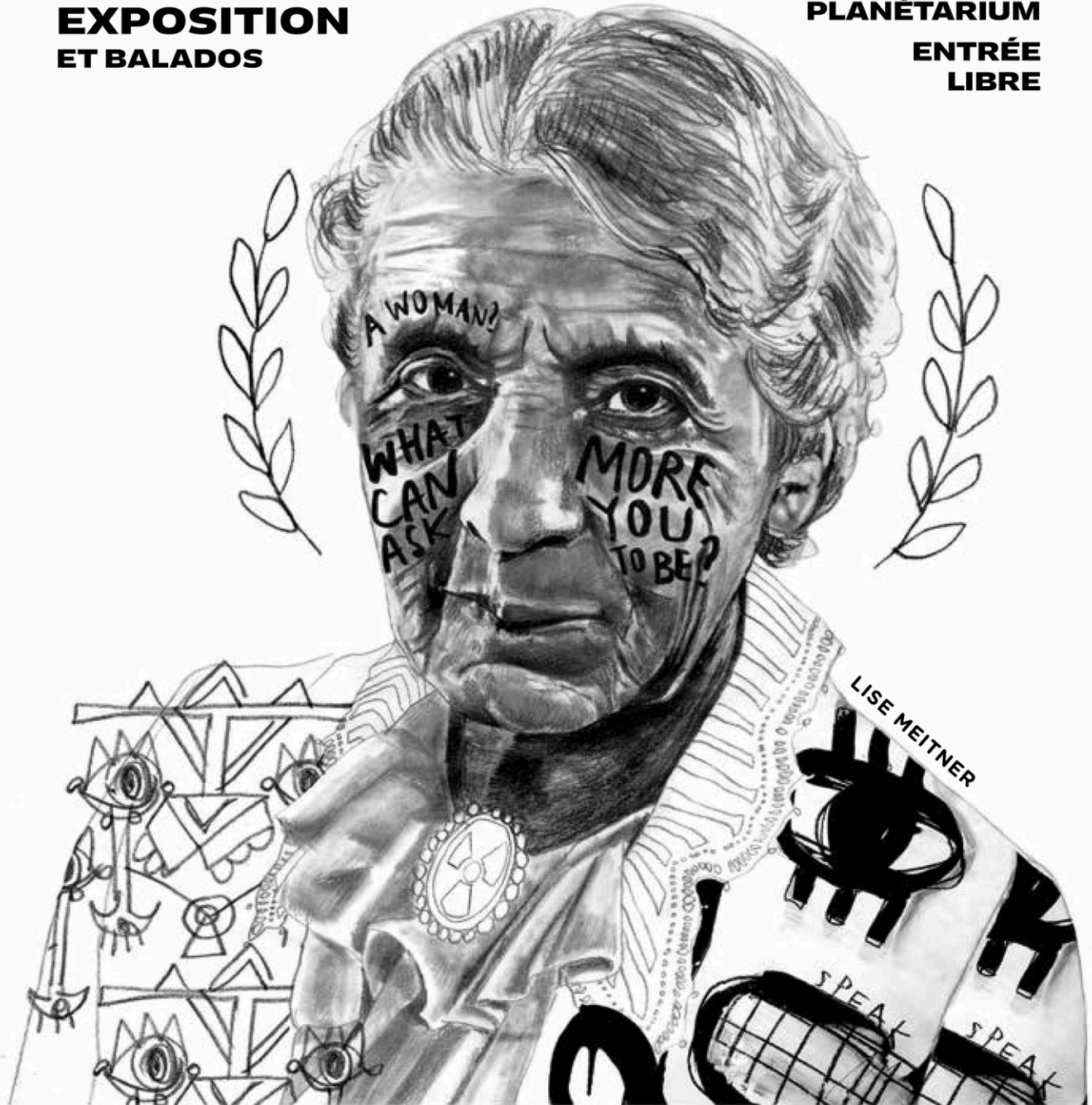


UNE EXPOSITION DE L'ARTISTE **MISS ME**

# NOBELLES

**EXPOSITION  
ET BALADOS**

**PLANÉTIARIUM  
ENTRÉE  
LIBRE**



#nobELLES



Montréal 

