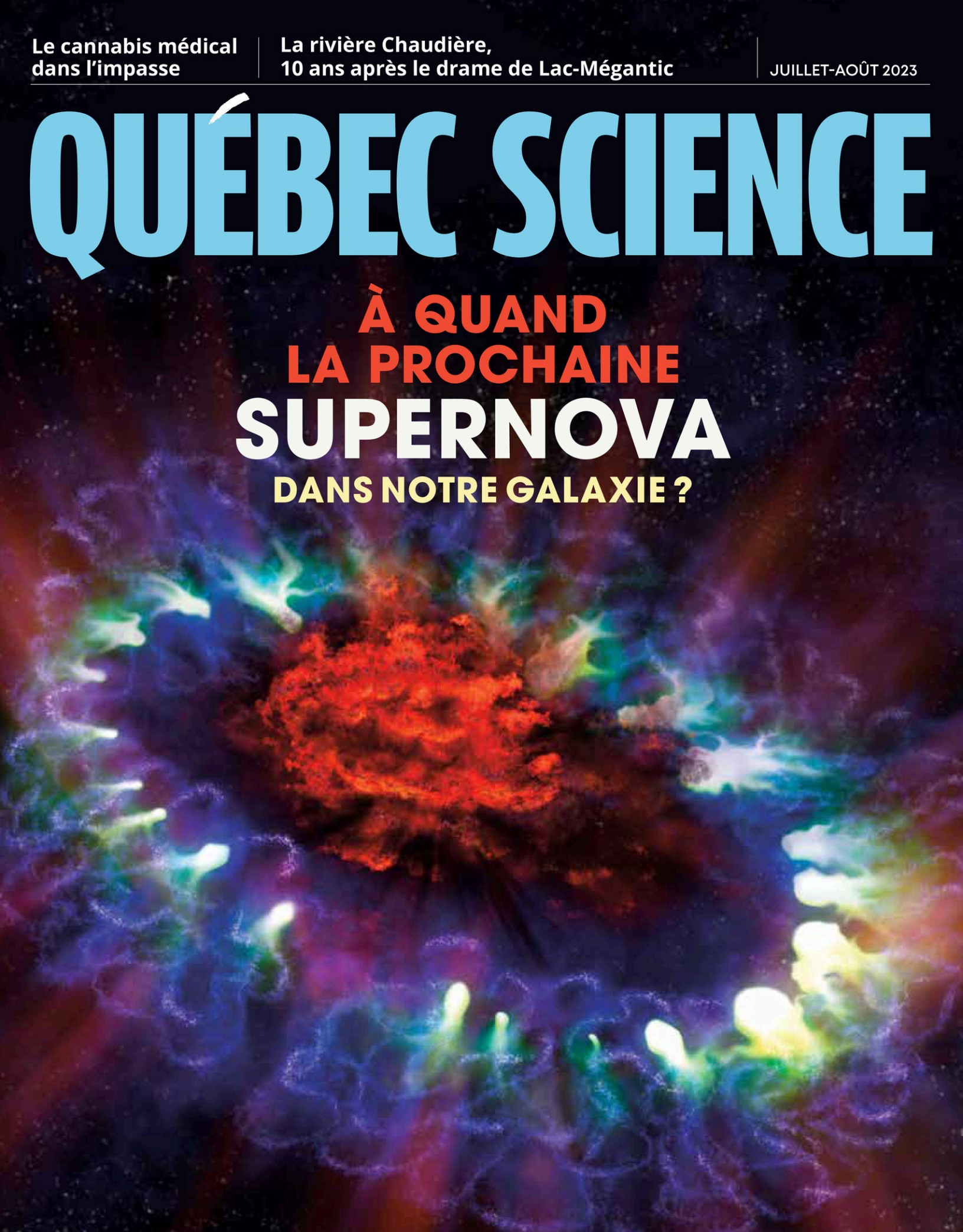
Le cannabis médical dans l'impasse

La rivière Chaudière, 10 ans après le drame de Lac-Mégantic

JUILLET-AOÛT 2023

QUÉBEC SCIENCE

À QUAND LA PROCHAINE SUPERNOVA DANS NOTRE GALAXIE ?



INRS
Institut national
de la recherche
scientifique

PLUS qu'une université



Découvres-en PLUS

INRS.CA/PLUS

SOMMAIRE

JUILLET-AOÛT 2023

QUÉBEC SCIENCE

EN COUVERTURE



CELLE QUE TOUT LE MONDE ATTEND

P. 16

Les supernovas constituent l'un des cataclysmes les plus violents de l'Univers. Une observation en direct dans notre galaxie permettrait d'en percer les mystères.

REPORTAGES

22 La guérison d'une rivière
Dix ans après la catastrophe de Lac-Mégantic, la Chaudière est-elle pleinement rétablie ?

28 Le cannabis médical dans l'impasse
Alors qu'il est plus facile que jamais de se procurer un joint à la SQDC du coin, ça ne sent pas bon le printemps autour de la recherche sur le cannabis médical.

32 Les papillons mangent à midi
Le Grand Vivarium de l'Insectarium de Montréal est non seulement un lieu magnifique pour les touristes, mais aussi un laboratoire pour les scientifiques.

34 La fabrique à moustiques
Pour faire barrage à plusieurs maladies tropicales, une stratégie étonnante est testée en Colombie : lâcher dans la nature des moustiques incapables de transmettre des virus.

41 Cette limace qui veut conquérir le monde
Une nouvelle étude fait état de la première mention au Québec de la limace *Arion vulgaris*, l'une des espèces les plus envahissantes d'Europe.

43 Survivre au coup de foudre
La foudre frappe avec une puissance inouïe. Plongeon dans le monde de la kéraunopathologie, la spécialité médicale qui étudie les fulgurés.



P. 6



P. 28



P. 34

SUR LE VIF

6 Cabinet des curiosités
Les paillettes sont une nuisance environnementale. Peut-on les rendre aussi bénignes que belles ?

8 Ces bons gros géants
L'humain a domestiqué plusieurs espèces en sélectionnant les individus les moins agressifs. Le phénomène pourrait-il se produire sans notre intervention ?

10 L'antibiorésistance part en voyage
Il n'y a pas que les touristes qui parcourent le globe en haute altitude : des bactéries antibiorésistantes aussi !

11 La noix du Brésil contre la gravité
Une expérience se penche sur un effet contre-intuitif.

12 Une finance durable, c'est possible ?
Entrevue avec Iwan Meier, professeur à HEC Montréal.

15 Un laboratoire au centre commercial
Un projet de recherche rend le lieu accueillant pour tout le monde.

Contenu commandité

4 Édito par Mélissa Guillemette
Climatiseur-sceptique



5 Babillard
9 Carnet de santé Par la Dre Alexandra S. Arbour
11 Technopop Par Gabrielle Anctil
47 Anthropocène Par Jean-Patrick Toussaint
48 Culture Par Émilie Folie-Boivin
50 Rétroviseur Par Saturnome



MÉLISSA GUILLEMETTE @mguillemett

ÉDITORIAL

Climatiseur-sceptique

Depuis la révolution industrielle, la planète s'est réchauffée de 1,1 °C. La majorité de cette hausse a été enregistrée depuis 1975 et ses effets sont palpables d'un bout à l'autre de la planète. On met la « clim » en marche ?

Le climatiseur tel qu'on le connaît aujourd'hui a une centaine d'années. Inventé aux États-Unis, il utilise un cycle de condensation et d'évaporation d'une substance frigorigène pour capter la chaleur d'un bâtiment et la renvoyer dehors.

L'appareil a d'abord été présenté comme une façon d'augmenter la productivité du personnel des usines. Puis, après la Seconde Guerre mondiale, on l'a vendu en masse aux ménages pour leur confort : c'était le progrès.

Et comme on n'arrête pas ce dernier, en 2020, on dénombrait deux milliards de climatiseurs sur la planète, principalement aux États-Unis et en Chine. La croissance du marché sera de 6,8 % par an d'ici 2030, selon un rapport récent de la firme Expert Market Research, surtout en raison des ventes dans des pays très chauds comme l'Inde, les Philippines et l'Indonésie (les ménages commencent à acheter des appareils de climatisation quand leurs revenus passent le cap des 10 000 $ par an, d'après une étude de 2021). En 2050, il devrait y avoir cinq milliards de climatiseurs sur la planète.

C'est une très mauvaise nouvelle pour la Terre. Quoi qu'en dise l'industrie, les climatiseurs ont très mal vieilli ; ils ne sont pas du tout adaptés pour notre siècle, pour les défis actuels, et encore moins pour une utilisation dans les pays qui en ont le plus besoin. (Saviez-vous que 31 000 personnes meurent littéralement de chaleur chaque année en Inde ? Là-bas, une famille qui se procure un appareil de climatisation peut s'attendre à se faire offrir des douceurs par le voisinage, pour célébrer.)

La façon dont la performance des appareils est évaluée témoigne de leur anachronisme : les tests sont réalisés à 35 °C et à un faible taux d'humidité, un environnement qui ressemble peut-être à l'Europe et à l'Amérique du Nord, mais qui n'a rien à voir avec les pays du Sud. Pourtant, chaque degré supplémentaire influe sur la consommation totale d'énergie, et déshumidifier une pièce demande beaucoup, beaucoup d'énergie (l'eau est condensée sur un élément froid, de la même façon qu'il y a 100 ans, ce qui est très peu efficace). En 2022, dans la revue savante *Joule*, une équipe a même montré que l'énergie requise pour la déshumidification est plus grande que pour le refroidissement. Pourquoi ne pas mettre au point des tests adaptés à différents climats pour avoir une idée plus juste de l'efficacité des appareils dans leur contexte d'utilisation réel ? C'est ce que réclame le Rocky Mountain Institute, un groupe de réflexion américain sur l'énergie.

Il est également temps de concevoir une nouvelle génération de climatiseurs. Ils ont été optimisés au maximum ces dernières décennies (des règles plus strictes aux États-Unis et en Europe ont mené à une réduction de la consommation énergétique des appareils de 15 %, selon BloombergNEF), mais il faut maintenant donner un coup de barre !

Les défauts de ces appareils sont clairs. D'abord, en évacuant la chaleur des maisons, ils créent des îlots de chaleur dans les villes. Ensuite, les substances frigorigènes qu'ils contiennent sont de puissants gaz à effet de serre, de 1000 à 5000 fois plus puissants que le CO_2 ; toute fuite lors de l'installation ou de la fin de vie d'un appareil contribue aux changements climatiques. Enfin, l'énergie qu'ils consomment à l'échelle mondiale, souvent de source fossile, est immense : l'équivalent chaque année de deux fois et demie l'énergie utilisée par tout le continent africain. Et si rien n'est fait, la demande énergétique associée à la climatisation triplera d'ici 2050, prévenait l'Agence internationale de l'énergie, dès 2018.

Pour garder nos bâtiments confortables durant les canicules, ne pourrait-on pas imaginer des concours pour faire émerger de meilleures idées ? Un peu comme le Défi de l'alimentation dans l'espace lointain, organisé par la NASA et l'Agence spatiale canadienne pour inventer de nouvelles façons de nourrir les astronautes et qui finance des projets créatifs.

Des équipes de recherche coréennes et américaines travaillent par exemple sur un revêtement transparent pour les fenêtres qui bloquerait les rayonnements ultraviolets et infrarouges du soleil, en plus de renvoyer la chaleur au-delà de l'atmosphère. D'autres travaillent sur des peintures blanches pour recouvrir bâtiments, voitures, trains et avions capables de rejeter presque la totalité de la chaleur. Reste à voir si ces solutions sont réalistes et si elles mèneront vraiment à des améliorations…

On peut aussi revenir à la base : mieux isoler et ventiler les bâtiments, verdir les villes. On se protège de la chaleur depuis l'Égypte ancienne, laissons-nous inspirer par le génie d'autrefois !

En attendant le progrès, le vrai, commençons par régler la climatisation à un niveau raisonnable, comme l'ont fait la Grèce, l'Italie et l'Espagne l'été dernier dans les bâtiments et les lieux publics, en réponse à la crise énergétique déclenchée par le conflit en Ukraine : on s'y limitait à 27 °C. L'humain n'a pas besoin de vivre à 20 °C.

Obligeons aussi les magasins à garder portes et fenêtres fermées lorsqu'ils font fonctionner la climatisation… Et l'automne venu, retirons ces nombreux climatiseurs qui restent à nos fenêtres toute l'année, causant d'énormes pertes de chaleur en hiver… ●

BABILLARD

JUILLET-AOÛT 2023
Volume 62, numéro 1

Rédactrice en chef
Mélissa Guillemette

Rédactrice en chef adjointe
Marine Corniou

Journalistes
Raphaëlle Derome, Annie Labrecque

Collaborateurs et collaboratrices
Gabrielle Anctil, Alexandra S. Arbour, Maxime Bilodeau, Nancy Caouette, Simone Caron, Émilie Folie-Boivin, Mélissa Khadra, Charles Prémont, Amandine Rossato, Guillaume Roy, Saturnome, Jean-Patrick Toussaint

Réviseures-correctrices
Christine Dumazet, Fleur Neesham

Directrice artistique
Sophie Benmouyal

Photographes/illustrateurs et illustratrices
Nicole Aline Legault, Donald Robitaille, Julie Rocheleau, Sébastien Thibault

Éditeur Jean-François Rheault

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

Comptabilité Mimi Bensaid

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 : 22 juin 2023 (587e 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.

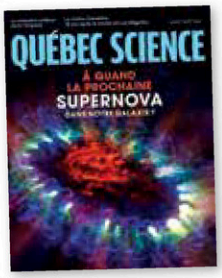
Dépôt légal : Bibliothèque nationale du Québec, Bibliothèque nationale du Canada :
ISSN-0021-6127
Envoi Poste-Publications Convention nº 40065387.
© Copyright 2023 – *Québec Science*.
Tous droits de reproduction, de traduction et d'adaptation réservés.
Indexé dans repère
Québec Science reçoit l'aide 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.

CMCA AUDITED Canada
Québec

NOTRE COUVERTURE





Le monde de l'astronomie attend patiemment qu'une supernova se produise à nouveau dans notre galaxie, pour enfin mieux comprendre le phénomène. Comment exprimer en page couverture la fébrilité et l'enthousiasme des scientifiques ? Nous nous sommes donné le défi de trouver une image qui fait « bang » ! Après plusieurs heures de recherche, c'est ce rendu d'artiste proposé par le planétarium ESO Supernova, situé en Allemagne, qui a charmé mon œil. Il avait tout pour plaire : une belle diagonale, une ambiance intrigante, une force, une histoire et, surtout, une magnifique palette de couleurs qui se mariera bien avec le décor de l'été !

— SOPHIE BENMOUYAL, DIRECTRICE ARTISTIQUE

ERRATUM

Une erreur s'est glissée dans le reportage « Fracasser le mur du temps grâce à l'ADN », paru dans le numéro de septembre 2022 sous la plume de Raphaëlle Derome. Le chercheur indépendant Pierre Gendreau-Hétu n'est pas généalogiste amateur, mais bien linguiste et historien. Il agit également comme administrateur des projets Généalogie Québec et Québec ADN.

BRAVO !

Nos félicitations à la journaliste Annie Labrecque pour son Grand Prix du journalisme indépendant remporté le 31 mai dernier ! Le jury a été impressionné par son reportage sur la santé des lacs du Québec, paru dans nos pages en juin 2022.

Pour le relire : www.quebecscience.qc.ca/lacs

VOS RÉACTIONS...

... à notre éditorial intitulé « Voici pourquoi nous n'utiliserons pas l'IA pour illustrer nos articles » :

Je suis fière de votre décision et j'apprécie que vous ayez partagé la réflexion qui la sous-tend.

— MARIE-ÉLISABETH SICARD

Merci, *Québec Science*, excellent billet. Belle tournure conclusive en référence à un certain théoricien du capitalisme : « il ne faudra pas perdre de vue les mains invisibles qui ont intérêt à semer le doute ou la pagaille dans nos sociétés ». S'interroger sur le système économique me semble pertinent dans ces enjeux. Pour moi, un des gros enjeux serait justement de perdre l'expertise que vous décrivez. [...] Ce serait une catastrophe monumentale qu'à la suite de pressions du marché de l'emploi, les humains ne pratiquent plus des occupations comme le journalisme scientifique (et une myriade d'autres bien sûr).

— PATRICK BENGIO

Bravo pour cette prise de position. On sait à quoi s'en tenir et on ne se posera plus la question.

— MONA GAGNÉ

... à notre dossier sur l'anatomie féminine :

Félicitations à Marine Corniou et à toute l'équipe ayant participé à ce reportage scientifique, bien visuel et très bien décrit. L'ignorance à ce sujet a tenu les femmes et les hommes bien loin de leurs besoins d'épanouissement personnel et de couple. Merci !

— YVES BESSETTE

Abonnez-vous	Écrivez-nous	Suivez-nous
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	courrier@quebecscience.qc.ca Magazine Québec Science 1251, rue Rachel Est Montréal (QC) H2J 2J9	www.quebecscience.qc.ca

Conseil de recherches en sciences humaines du Canada | Social Sciences and Humanities Research Council of Canada | Canada

PÉPITES TOXIQUES

Elles ont beau briller de mille feux, les paillettes sont une nuisance environnementale. Peut-on les rendre aussi bénignes que belles ?

Par Marine Corniou

Que serait une fête sans paillettes ? Synonymes de célébration, de joie, de luxe, ces petits confettis scintillants sont produits chaque année en quantité industrielle, notamment pour être incorporés aux cosmétiques, aux vêtements, aux encres et aux peintures ainsi qu'aux décorations festives en tous genres.

La fête a peut-être assez duré. Non contents de s'agglutiner sur nos vêtements et les meubles après les séances de bricolage, ces brillants aboutissent tôt ou tard dans l'environnement et y restent. C'est bien là le problème : ces pépites multicolores sont composées de plusieurs couches de plastique, le plus souvent du PET (comme les bouteilles d'eau), recouvertes d'un film d'aluminium leur conférant leur éclat.

L'opinion publique et l'industrie ont reconnu que les microbilles de plastique contenues dans les produits exfoliants et autres cosmétiques posaient un risque environnemental. Elles sont désormais interdites entre autres au Canada, aux États-Unis et en Europe. Les paillettes, en revanche, sont complètement passées à travers les mailles du filet réglementaire. Les quelques publications scientifiques qui leur sont consacrées relèvent plutôt du domaine… des sciences médico-légales. Et pour cause : avec leurs milliers de formes et de couleurs, et leurs propriétés outrageusement collantes, elles constituent d'excellents indices sur une scène de crime.

Manuela Piccardo, biologiste à l'Université de Trieste, en Italie, s'est plutôt penchée sur l'effet de tout ce strass sur des organismes aquatiques, d'eau douce et d'eau salée. Son étude, publiée fin 2022, n'a rien de rassurant. « Nous avons évalué le risque chimique posé par neuf types de paillettes [après leur immersion dans l'eau durant 3, 90 ou 180 jours] à l'aide de plusieurs tests écotoxicologiques. Des réponses biologiques différentes, plus fortes dans l'eau de mer, et des réponses spécifiques aux espèces ont été observées, en fonction également du temps de trempage. Les espèces les plus sensibles à cette forme de pollution étaient les algues », indique la chercheuse. Impossible de tirer une conclusion générale, mais, dans certaines situations, ces petits bouts de plastique métallisé nuisent bel et bien au vivant.

Comment rester scintillant sans abîmer les océans ? « Avec la prise de conscience environnementale, le nombre de paillettes "écologiques" augmente rapidement », constate Manuela Piccardo. Sur le marché, on voit notamment arriver des brillants à base de cellulose biodégradable enduite d'aluminium ou de pigments minéraux pour augmenter la réflectivité.

Certaines équipes proposent toutefois une option encore plus inoffensive, puisqu'elle élimine complètement le métal de l'équation. C'est le cas de chimistes de l'Université de Cambridge et d'une équipe de l'Université de la Saskatchewan qui ont jeté leur dévolu sur de la nanocellulose pure. « Nos paillettes sont 100 % biodégradables et comestibles », se réjouit Amin Babaeighazvini, étudiant en thèse au Collège d'ingénierie de l'établissement de Saskatoon qui a mis au point un produit nommé ChiralGlitter.

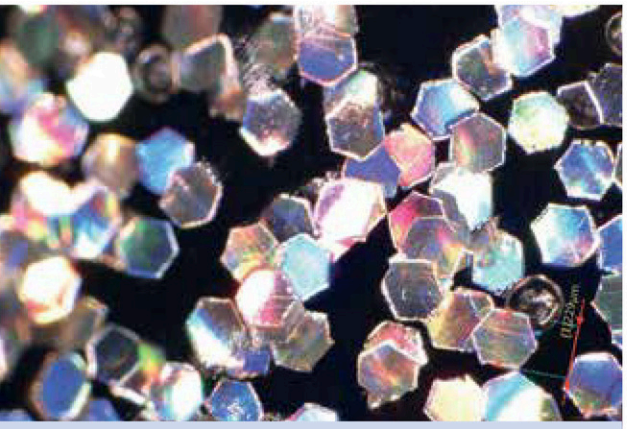
Spécialiste des nanomatériaux à base de cellulose, issue des usines de papier, le jeune chercheur s'est inspiré de la nature pour rendre ce matériau irisé et étincelant. « C'est la structure même des nanocristaux de cellulose qui leur donne une couleur. On peut pour l'instant obtenir du rouge, du bleu et du vert, mais on essaie d'élargir la palette. »

Comme les ailes bleues des papillons morpho, ces flocons de cellulose arborent de minuscules reliefs qui interfèrent avec les différentes longueurs d'onde de la lumière pour ne renvoyer que certaines couleurs vers notre œil. Le résultat est saisissant ! Amin Babaeighazvini est lancé : il attend des financements qui lui permettront de produire du ChiralGlitter de façon commerciale.

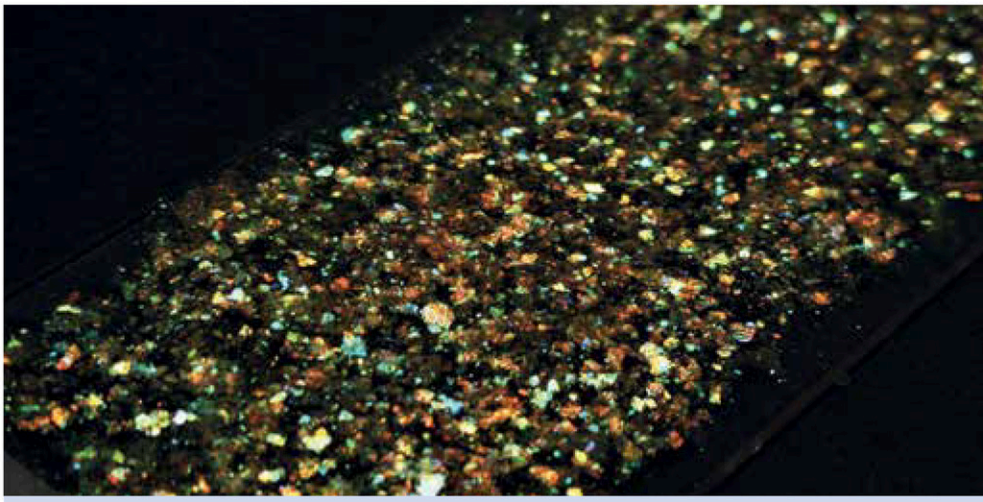
Manuela Piccardo est curieuse de voir la suite. « Ces nanocristaux pourront limiter les effets chimiques. Mais le fait qu'ils soient 100 % d'origine naturelle n'est pas une garantie absolue de leur innocuité ; il faudra tout de même faire des études écotoxicologiques », estime-t-elle. On croise les doigts pour pouvoir bientôt briller sans culpabilité.



Le bleu des ailes des papillons morpho vient de nanostructures composées de chitine, qui diffractent la lumière. Celles-ci peuvent réfléchir jusqu'à 80 % de la lumière bleue incidente. Les paillettes ChiralGlitter « manipulent » elles aussi la lumière.



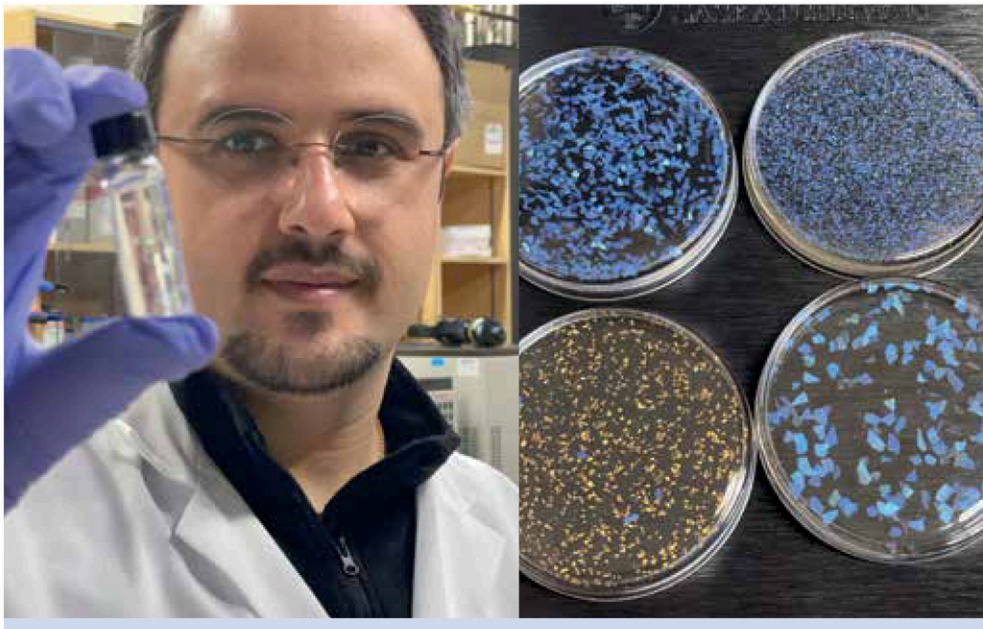
▲ Même si leur composition exacte est un secret farouchement gardé par l'industrie, plusieurs publications scientifiques ont révélé que les paillettes comptaient une succession de trois couches de polymère ou plus, de quelques micromètres d'épaisseur. Le marché mondial est contrôlé par deux fabricants principaux, tous deux dans le New Jersey. L'un d'eux, Glitterex, propose 10 000 variétés de paillettes.



Ces paillettes biodégradables conçues par une équipe de l'Université de Cambridge sont elles aussi faites à base de nanocellulose et ne contiennent ni métal ni additif toxique. Les paillettes commerciales, en revanche, sont généralement composées de PET et d'aluminium, mais elles peuvent aussi contenir de l'acrylique, du polyméthacrylate de méthyle, du PVC ou du dioxyde de titane.

▼ Les nanocristaux de cellulose peuvent s'agencer de manière à constituer des motifs reflétant la lumière. La matière première est uniquement végétale : pulpe de bois, résidus d'usine à papier, etc. En photo, le film de cellulose de l'équipe de Cambridge qui est ensuite déchiqueté pour faire des paillettes.





Les paillettes ChiralGlitter mises au point par Amin Babaeighazvini (sur la photo) sont entièrement biodégradables et même comestibles. Elles pourraient être utilisées en pâtisserie, selon le chercheur.

Ces bons gros géants

L'humain a domestiqué plusieurs espèces animales en sélectionnant systématiquement les individus les moins agressifs pour la reproduction. Le même phénomène pourrait-il se produire sans notre intervention ? Une nouvelle étude se penche sur le cas des éléphants.

Par Raphaëlle Derome



Des éléphants de savane au parc national de Tarangire, en Tanzanie

Une hypothèse provocante veut que l'action de l'humain ne soit pas nécessaire à la domestication d'une espèce animale : lorsque les conditions environnementales ou sociales le requièrent, celle-ci évoluerait naturellement pour devenir moins agressive et plus docile.

Ce processus d'autodomestication serait d'ailleurs arrivé… aux humains ! Il y a entre 200 000 et 10 000 ans, peut-être en raison du climat, nos ancêtres auraient été forcés de coopérer avec d'autres groupes pour survivre. Les humains au tempérament moins agressif, plus enclins à échanger avec les étrangers, auraient mieux survécu et engendré plus de descendants. Petit à petit, ces contacts auraient permis de développer les langues, les outils et les sociétés complexes qui nous différencient des autres animaux.

« Cette hypothèse est encore loin d'être établie, car elle est très difficile à tester », prévient Limor Raviv, spécialiste de l'évolution du langage à l'Institut Max Planck de psycholinguistique, à Nimègue, aux Pays-Bas. Avec une équipe multidisciplinaire, elle a présenté une étude dans *PNAS* qui relance le débat.

UN PETIT NOMBRE D'ESPÈCES

Jusqu'à présent, seuls les humains et les bonobos – cousins « pacifiques » des chimpanzés – se seraient ainsi domestiqués eux-mêmes, selon la théorie. Or, si le phénomène est réel, il doit forcément exister chez d'autres animaux, s'est dit Limor Raviv.

Il se trouve que, dans ses temps libres, la chercheuse se passionne pour les éléphants… Et s'il faut en croire sa nouvelle étude, les similitudes sont nombreuses entre les humains, les bonobos et ces « tendres géants ».

Les éléphants sont peu agressifs, curieux, joueurs, hautement intelligents et capables de coopération et d'empathie, qu'ils démontrent par exemple en aidant leurs congénères blessés ou mourants. Les pachydermes ont aussi un répertoire vocal sophistiqué et ils se reconnaissent dans le miroir, signe d'une conscience de soi.

Surtout, ils peuvent apprendre des autres. Des comportements innés chez d'autres animaux, comme savoir quoi manger ou comment prendre soin des jeunes, sont plutôt transmis socialement chez les éléphants. N'est-ce pas là une forme d'apprentissage culturel ?

LE SYNDROME DE DOMESTICATION

L'équipe de Limor Raviv, qui compte notamment un généticien et un spécialiste des éléphants, a découvert chez cet animal plusieurs gènes typiques et traits morphologiques caractéristiques des espèces domestiquées. C'est Charles Darwin lui-même qui a d'abord remarqué que les animaux domestiqués ont un ensemble de traits en commun, nommé plus tard le syndrome de domestication : peau dépigmentée, moins de dents que leurs ancêtres, crâne aplati, comportements juvéniles conservés longtemps. On le devine : les éléphants ont tout ça.

L'étude récente suggère que l'autodomestication des éléphants aurait pu être rendue possible par leur grande taille. Moins vulnérables aux prédateurs, et donc moins stressés, les pachydermes disposeraient de plus de ressources cognitives pour explorer, communiquer et jouer.

Mais est-ce suffisant pour conclure que les éléphants se sont domestiqués eux-mêmes ? « Même si on reconnaît l'existence de nombreux comportements prosociaux chez les éléphants modernes, impossible de savoir s'ils sont plus ou moins agressifs que leurs ancêtres… »

PHOTO : SHUTTERSTOCK.COM

fait valoir Guy Drouin, professeur de biologie à l'Université d'Ottawa, qui n'a pas participé à cette étude.

« Moi-même, je ne suis pas entièrement convaincue ! avoue Limor Raviv. Notre étude est très préliminaire. Peut-être que, dans quelques années, on aura totalement écarté cette hypothèse, mais je trouve que l'idée vaut la peine d'être prise en considération. »

Elle poursuit donc ses travaux. « Nous venons de lancer un projet pour examiner d'autres espèces candidates : baleines, dauphins, chauves-souris, perroquets… » Des espèces reconnues pour leur intelligence, mais aussi pour leur système de communication poussé.

Que l'hypothèse de l'autodomestication soit confirmée ou non, « nous devrions être plus humbles, attentifs et respectueux envers les autres espèces animales, croit la chercheuse. Notre vision est si étroite ; nous sous-estimons constamment la complexité du comportement animal ». ●

APPRIVOISÉS, MAIS JAMAIS DOMESTIQUÉS

Depuis des millénaires, des éléphants apprivoisés sont utilisés pour le travail, la guerre ou le divertissement. Mais l'espèce n'est pas domestiquée pour autant, selon les biologistes.

Pour qu'il y ait domestication, il faut qu'il y ait sélection de certains individus sur plusieurs générations. Les éléphants ne se reproduisant qu'à partir de 20 ou 30 ans, les individus en captivité sont généralement capturés dans la nature. L'espèce n'a donc pas été soumise à une sélection artificielle par les humains, indique Guy Drouin.

De plus, dans les rares cas où une femelle met bas en captivité, il arrive souvent qu'elle néglige son petit, souligne Limor Raviv. « Dans la nature, les soins parentaux sont enseignés par les autres femelles, ce n'est pas inné. Une femelle seule n'a généralement pas l'instinct nécessaire pour prendre soin de son petit correctement. »

Dre Alexandra S. Arbour @alexandraarbour



Comprendre sa santé

Monsieur Richard va voir un médecin dans une clinique sans rendez-vous. Il se plaint de brûlures à l'estomac avant les repas. Le médecin lui explique : « Vous avez du reflux gastro-œsophagien. Il faudra prendre 40 milligrammes de pantoprazole *per os die* pour soulager tout ça. Au revoir et à la prochaine ! »

Le septuagénaire est incrédule, mais il sort du bureau sans poser de question. Une fois à la maison, il raconte à sa femme que le médecin lui a dit qu'il avait un os dans l'estomac. Il n'a pas retenu le nom du médicament à prendre…

Madame Fabiola se présente quant à elle à l'urgence pour des difficultés respiratoires et des jambes enflées. Après avoir fait un bilan de santé et une radiographie, l'urgentologue lui annonce qu'elle a « de l'eau dans les poumons ». Après quelques jours d'hospitalisation et une panoplie de tests, on lui donne congé avec un suivi chez le cardiologue. La dame est perplexe : elle croyait que c'étaient ses poumons, les coupables, pas le cœur ! Quand viendra le temps de son rendez-vous de suivi, elle n'ira pas…

Ni monsieur Richard ni madame Fabiola n'ont été en mesure de comprendre et d'apprécier l'information donnée par leur médecin afin de bien prendre soin de leur santé. Cette capacité porte le nom de « littératie médicale ». Au Québec, ce sont deux personnes sur trois qui éprouveraient, à divers degrés, des difficultés à ce chapitre. Chez les 65 ans et plus, la proportion grimpe jusqu'à 95 % !

De multiples facteurs individuels, comme l'âge, le sexe et le niveau d'éducation, peuvent expliquer ces chiffres ahurissants. Les femmes, par exemple, ont plus tendance que les hommes à rechercher de l'information sur le Web et à arriver préparées à leur rendez-vous médical. L'ethnicité, la langue parlée et les capacités cognitives du patient ou de la patiente jouent également un rôle.

Le contexte de soins peut, lui aussi, tout changer. Une personne qui a en temps normal une bonne littératie médicale peut se retrouver complètement dans le noir en cas d'urgence ou de choc. Vous en parlerez à cet ingénieur qui est en train de faire une crise cardiaque, ou encore à cette professeure d'université à qui l'on vient d'annoncer un cancer pluri-métastatique et qui est incapable d'articuler une seule question…

Sans surprise, les médecins peuvent contribuer au problème, s'ils ou elles sont pressés par le temps, parlent trop vite ou utilisent du jargon médical. Dans le cas de monsieur Richard, il fallait employer des mots plus simples pour expliquer la maladie et, *a fortiori*, éviter les mots en latin ! « Le contenu de votre estomac refoule dans votre œsophage, c'est cela qui brûle ! Vous pouvez prendre un antiacide par la bouche une fois par jour, 30 minutes avant de déjeuner. Voulez-vous que je faxe directement votre ordonnance à votre pharmacien ? Avez-vous des questions ? » aurait pu dire le médecin, en vulgarisant.

Parfois, il faut aller un peu plus loin pour impliquer une personne à faible littératie dans ses soins. Dans le cas de madame Fabiola, il fallait lui expliquer que l'eau dans ses poumons et l'œdème de ses jambes résultent d'une dysfonction cardiaque qui doit impérativement être surveillée et traitée avec des médicaments. Il aurait aussi été souhaitable qu'on lui enseigne, en faisant une démonstration, comment restreindre la quantité de liquide qu'elle boit tous les jours, pour ne pas surcharger son cœur malade. Finalement, on aurait pu lui remettre un dépliant comportant des pictogrammes et des mots simples, et un numéro où appeler en cas de questions.

La faible littératie médicale dépasse cependant les initiatives individuelles : c'est un réel problème de santé publique et il nécessite une réponse sociétale. C'était d'ailleurs le propos d'un éditorial du *Lancet* de novembre 2022, qui exhortait les gouvernements de ce monde à investir en éducation, à épauler les organisations communautaires vouées à l'alphabétisation et à prévenir la désinformation sur les réseaux sociaux.

Tout le monde a droit à la santé. En 2023, tout le monde devrait aussi avoir le droit de comprendre sa santé. ●

L'antibiorésistance part en voyage

Il n'y a pas que les touristes qui parcourent le globe en haute altitude : des bactéries antibiorésistantes aussi !

Par Charles Prémont



La station de recherche atmosphérique du puy de Dôme

Les nuages seraient-ils les 747 de la résistance aux antibiotiques ? Une étude utilisant des aspirateurs à haut débit et un impacteur à nuages a fourni la preuve que des bactéries ayant certains gènes d'antibiorésistance voyagent dans ces environnements difficiles.

C'est à la station de recherche atmosphérique du puy de Dôme, à 1465 mètres d'altitude, qu'une équipe de scientifiques du Québec et de la France a récolté, à l'aide de ces fameux aspirateurs, des échantillons de nuages pour analyser leur contenu sous la lorgnette de la génétique. « L'antibiorésistance est partout dans l'environnement, explique Florent Rossi, chercheur postdoctoral à l'Université Laval et membre de l'équipe qui a publié ses travaux dans *Science of the Total Environment*. Cela fait des années qu'on sait qu'il y a des gènes de résistance aux antibiotiques dans l'air. Ce qu'on ignorait, c'est qu'ils étaient potentiellement capables de se déplacer sur de très longues distances grâce au transport atmosphérique de haute altitude. »

La station du puy de Dôme a permis à l'équipe d'échantillonner une douzaine de nuages. Cela semble peu, mais le défi est de taille. Pour effectuer la récolte, il ne faut pas qu'il pleuve ou qu'il y ait trop de vent, ni que les nuages soient trop haut ou trop bas. De plus, la biomasse du nuage étant très faible, pour obtenir un échantillon correct, les scientifiques doivent y avoir accès pendant deux à cinq heures.

Grâce aux météorologistes du groupe, l'équipe a pu déterminer si ces nuages étaient principalement « marins » (c'est-à-dire qu'ils avaient passé les 72 dernières heures au-dessus de l'eau) ou « continentaux ». Des contrastes ont été observés dans le bagage génétique des bactéries selon le type de nuage où on les a trouvées, mais ces résultats sont à considérer avec prudence, explique Florent Rossi. La méthodologie, qui montre du potentiel, reste à affiner.

L'atmosphère demeure un lieu extrême pour la vie, et les concentrations de bactéries qu'on y trouve sont relativement faibles si on les compare à ce que l'on peut relever dans l'eau d'une rivière, par exemple. « Par contre, lorsqu'on fait le rapport entre le nombre de cellules bactériennes trouvées et la quantité de gènes [antibiorésistants] découverts, on a des concentrations étonnamment hautes », souligne le chercheur.

Comment expliquer cette présence anormalement élevée de gènes antibiorésistants dans les bactéries s'installant dans les nuages ? Une hypothèse proposée par Florent Rossi veut que cet environnement difficile ait un effet sélectif privilégiant les microorganismes détenant ce type de gènes, mais cela reste à prouver.

Doit-on maintenant voir les cumulonimbus comme des dangers pour la santé publique ? « Non, tranche la microbiologiste Geneviève Marchand, qui est chercheuse à l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail et professeure à l'Université de Montréal. Cette étude ne change pas la donne, ces gènes ont toujours été là. L'intérêt de cet article, c'est que, désormais, on en a la preuve. »

Les résultats montrent aussi que l'air transporte beaucoup de particules : des bactéries, mais également des moisissures, des virus et du plastique, entre autres. La démonstration que les nuages sont des vecteurs de propagation souligne la responsabilité partagée, par tous les pays, de limiter la dissémination de matières potentiellement dangereuses par la voie des airs. « Même si nous faisons très attention [à ne pas propager de bactéries antibiorésistantes chez nous], si ce n'est pas le cas ailleurs dans le monde, ça ne marchera pas, dit Geneviève Marchand. Il faut désormais que tous soient conscients que l'air transporte ce genre d'élément partout. » ●

PHOTO : WIKIMEDIA COMMONS

La noix du Brésil contre la gravité

Par Simone Caron



Avez-vous déjà remarqué que les noix du Brésil se retrouvent souvent sur le dessus des mélanges de noix ? Pourtant, ce sont les plus lourdes… pourquoi ne se ramassent-elles pas au fond du pot ? Une équipe européenne s'est penchée sur ce phénomène contre-intuitif, surnommé l'« effet noix du Brésil ».

S'il intrigue, c'est qu'il ne concerne pas que les noix : l'effet se vérifie aussi lorsqu'on soumet un mélange de grains de diverses tailles à des vibrations. Les plus gros, et souvent les plus lourds, ont tendance à monter à la surface, comme s'ils flottaient sur les autres. La raison ? Lorsqu'on agite un tel mélange, des espaces entre les grains se créent et les plus petits peuvent donc se frayer un chemin jusqu'au fond du contenant, poussant ainsi les plus gros vers le haut.

Or, pour la première fois, des scientifiques des universités d'Utrecht et de Varsovie ont observé cet effet se produire sans secousses, donc sans apport externe d'énergie.

L'expérience a été menée sur un mélange colloïdal, soit des particules extrêmement fines en suspension dans un liquide. Dans ce cas, le mélange était composé d'une huile et de particules d'environ 1,3 et 2,8 microns de diamètre. Les plus grosses jouaient le rôle des noix du Brésil.

« Un micron, c'est 100 fois plus petit que le diamètre d'un cheveu humain, rappelle David Vidal, professeur au Département de génie mécanique de Polytechnique Montréal, qui n'a pas participé à l'étude. Ces particules-là sont tellement minuscules qu'elles sont influencées par l'agitation moléculaire et par les forces électrostatiques. »

En effet, les molécules d'huile vibrent lorsqu'elles sont à l'état liquide, et les particules du mélange sont si petites que cette agitation suffit à les faire bouger elles aussi. Les forces électrostatiques contribuent également à ce mouvement : leur surface étant chargée positivement, les particules se repoussent entre elles. Et les plus grosses, portant une charge plus élevée, se repoussent davantage que les petites, ce qui les entraîne plus facilement vers la surface.

Ainsi, même sans apport externe d'énergie au système, les forces qui se produisent à cette échelle peuvent être suffisantes pour ségréguer des particules selon leur taille.

Cette découverte, publiée dans *PNAS*, pourrait notamment aider à prolonger la durée de vie des peintures. « Quand on la laisse reposer trop longtemps, la peinture se sépare, indique le professeur Vidal. Mais [en tenant compte du phénomène], on pourrait réussir à former un mélange avec une structure qui reste stable. » ●

PHOTO : SHUTTERSTOCK.COM

Gabrielle Anctil @_ganctil



TECHNOPOP

La vie privée appartient aux riches

« Ce qui se passe sur votre iPhone reste sur votre iPhone », pouvait-on lire en 2019 sur un panneau publicitaire géant déployé à Las Vegas en marge du salon consacré à l'innovation technologique, le Consumer Electronics Show. La pique était dirigée vers Google, dont le modèle d'affaires dépend des revenus publicitaires et donc des données privées. Pour le public, le message était clair : si vous achetez nos produits, vous vous achetez aussi une vie numérique privée. (Notons que ces prétentions sont remises en question par plusieurs études.)

Un problème : les téléphones d'Apple sont notoirement onéreux – un iPhone dernier cri se détaille à plus de 1000 $. Et ils ne résolvent pas tout : pour réellement conserver notre intimité virtuelle, il faudrait aussi remplacer par une version payante les services gratuits de Google ou de Microsoft, tels que le courriel et le calendrier, et payer encore pour changer toutes les applis qui facilitent notre quotidien – pour autant que des variantes moins gourmandes en informations privées existent réellement. Les spécialistes ne répètent-ils pas à l'envi que, lorsque quelque chose est gratuit, c'est nous qui sommes le produit ?

Tant mieux, diront plusieurs : n'est-il pas temps de contribuer financièrement aux services dont nous profitons ?

Sauf que, lorsque l'argent entre en jeu, les inégalités ne sont pas loin derrière. Le courriel, l'accès à un téléphone : tout ça est essentiel pour vivre au 21e siècle. Et la vie privée est un droit, quel que soit notre revenu.

Certains outils nous permettent de mieux nous protéger. On peut changer de navigateur, utiliser un réseau privé virtuel (ou VPN, selon l'acronyme anglais). Pour savoir comment les utiliser, par contre, il faut avoir une solide littératie numérique, qui est généralement réservée à celles et ceux qui ont fait des études supérieures. L'argent et le savoir vont souvent de pair. Une solution serait de créer un système d'étiquetage ou de certification simple, pour permettre à tout le monde de s'y retrouver et de faire des choix éclairés.

Au Québec, la récente loi 25 promet de mieux protéger nos renseignements personnels. Le hic : des analystes craignent que les petites PME manquent de moyens pour s'y conformer correctement. Encore une fois, les plus pauvres sont pénalisés.

Tout comme une montre Rolex ou un sac à main Louis Vuitton, la vie privée est devenue un produit de luxe. Sauf que, contrairement aux deux premiers, le droit à l'intimité est essentiel. Il est temps d'établir un nouvel équilibre. ●

UNE FINANCE DURABLE EST-ELLE POSSIBLE ?

Évaluer l'impact environnemental et social des entreprises cotées en bourse est un défi de taille. Tour d'horizon des enjeux soulevés par une finance qui se veut plus verte et plus responsable.

Par Simone Caron



Voudriez-vous investir vos économies dans des placements reliés à des entreprises polluantes qui ne respectent pas leurs employés… ou plutôt l'inverse ? De plus en plus de personnes voient l'investissement comme une façon de promouvoir un avenir plus vert et plus juste.

Pour permettre aux investisseurs et investisseuses de faire fructifier leur argent tout en restant fidèles à leurs valeurs, un indice a été créé : la cote ESG. Cette dernière évalue les entreprises selon leur gestion des enjeux environnementaux (émissions de gaz à effet de serre, effets sur la biodiversité, etc.), sociaux (diversité, sécurité des travailleurs et travailleuses, impacts sur la communauté) et de gouvernance (éthique, intégrité, structures politiques de l'entreprise).

Au cours des dernières années, les facteurs ESG ont pris de plus en plus d'importance dans le marché financier. En 2022, 79 % des grandes entreprises cotées en bourse ont rapporté leur bilan social et environnemental, comparativement à 18 % en 2002.

En principe, inciter les entreprises à intégrer ces questions dans leur gestion pourrait propulser la transition écologique tout en assurant une croissance économique durable. En réalité, les effets des stratégies ESG restent ambigus. Écoblanchiment, manque de transparence et de régulation : une méfiance demeure devant les promesses des fonds à la cote ESG favorable. D'autres critiques associent plutôt les critères ESG à une dérive *woke*.

Pour discuter des défis et de l'avenir des investissements responsables, nous avons contacté Iwan Meier, directeur de la nouvelle Chaire de recherche en finance durable de HEC Montréal, lancée plus tôt cette année.

Québec Science : Qu'entend-on par finance durable ?
Iwan Meier : La finance durable représente toutes les activités financières qui tiennent compte des facteurs environnementaux, sociaux et de gouvernance (ESG). De cette manière, les investisseurs peuvent orienter leurs décisions en se basant sur les performances financières des entreprises, mais aussi sur leur gestion des facteurs ESG. Cela encourage les entreprises à prendre ces enjeux au sérieux.

QS Quels sont les principaux défis en finance durable ?
IM Tout d'abord, les entreprises doivent divulguer beaucoup d'informations pour que les fournisseurs de données financières puissent analyser leur performance ESG. Et il faut que ce soit des informations justes. De plus en plus d'entreprises participent à ce processus, mais il reste encore du travail à faire parce qu'on manque de réglementations. Ces dernières permettraient aussi de mieux définir ce qu'est un produit vert en finance, ce qui est important pour limiter l'écoblanchiment.

QS Les entreprises sont-elles obligées de divulguer des informations concernant les facteurs ESG ?
IM L'Union européenne a adopté une réglementation là-dessus en 2020, mais il n'y en a pas encore au Canada ni aux États-Unis. C'est plutôt le secteur financier lui-même qui incite les entreprises à divulguer ces informations. Par exemple, le Groupe de travail sur l'information financière relative aux changements climatiques est une initiative non gouvernementale qui donne des recommandations pour améliorer la transparence des entreprises en ce qui concerne les enjeux liés au climat.

C'est aussi un enjeu de réputation. Si une compagnie ne divulgue pas ses émissions de CO_2 par exemple, ça peut être interprété comme de la dissimulation et cela pourrait nuire à ses profits. Alors, même s'il n'y a pas encore de réglementation, c'est encourageant de voir que de plus en plus d'entreprises tiennent compte des enjeux ESG simplement parce que les investisseurs le demandent.

QS On critique souvent le manque de « comparabilité » de la cote ESG. Qu'est-ce que cela signifie ?
IM On a de plus en plus de données sur la gestion des enjeux ESG dans les entreprises, mais on n'a pas encore de façon standardisée de les mesurer. Il faut trouver des manières d'uniformiser l'information pour qu'on soit capable de comparer les entreprises entre elles et à travers le monde. Le problème est donc

ILLUSTRATION : SOPHIE BENMOUYAL

que la même entreprise peut recevoir une cote ESG très différente selon le bureau de notation qui l'évalue.

Par exemple, un article du *Wall Street Journal* de 2018 soulignait que la compagnie pétrolière ExxonMobil était parfois mieux classée que Tesla, qui construit des voitures électriques. C'était il y a quelques années… mais c'est encore vrai aujourd'hui.

QS Pourquoi l'évaluation des critères ESG n'est-elle pas uniforme ?

IM Il n'y a pas encore de standard établi sur la manière de mesurer le score ESG. Si on prend le critère E [environnement], on voit que tous les bureaux de notation n'ont pas la même méthode de calcul.

Par exemple, il y a plusieurs niveaux d'émissions de carbone : les émissions directes et celles dites indirectes, qui proviennent de la consommation d'énergie de la compagnie, mais aussi les émissions liées à l'utilisation du produit par les consommateurs, donc une fois qu'il n'est plus entre les mains de la compagnie. Si un bureau de notation tient compte de ce dernier niveau d'émission, le score E du constructeur de voitures électriques sera meilleur que celui d'une compagnie de voitures à essence.

Un autre défi concerne la pondération des critères pour obtenir ce score. Comment juger de l'importance relative de la sécurité des travailleurs et de l'impact sur la communauté, par exemple ? C'est évidemment très difficile à trancher et ça explique en grande partie pourquoi des bureaux de notation peuvent obtenir des résultats différents.

En plus, les bureaux de notation doivent faire une pondération différente selon le secteur. On présume ainsi que l'enjeu de sécurité au travail est plus important dans le domaine de la construction que dans les banques.

QS La standardisation est-elle en branle ?

IM Oui, on voit que des changements sont en cours dans l'industrie. Par exemple, l'International Sustainability Standards Board s'est installé en 2022 à Montréal. C'est une organisation [annoncée en 2021 lors de la COP26] qui a pour objectif de développer de nouvelles normes pour standardiser les rapports ESG. Pour les rendre uniformes comme un rapport de comptabilité.

QS Plusieurs dénoncent le fait que la cote ESG ne serve pas vraiment à protéger l'environnement, mais plutôt à protéger les investissements. Ces critiques sont-elles justifiées ?

IM Certainement. Mais j'ajouterais que, maintenant, les investisseurs veulent avoir des produits qui respectent les normes environnementales, sociales et de gouvernance. Un bon acteur dans le secteur financier doit offrir des produits satisfaisants sur ces plans.

De plus, les investissements nécessaires pour réussir la transition vers une économie plus écologique et plus juste sont énormes. Le rôle du secteur financier, c'est donc de trouver des façons d'innover pour financer cette transition.

L'objectif est de trouver l'équilibre entre les aspects économique et écologique, mais on ne doit jamais oublier qu'on parle ici de compagnies privées. Pour qu'une entreprise soit viable, elle doit investir dans des projets qui génèrent un certain revenu. Avec ses revenus, elle peut ensuite investir en recherche, pour améliorer les processus de production et réduire son empreinte environnementale, par exemple.

Et pour maximiser ses rendements, l'entreprise doit prendre en compte le risque climatique, un enjeu majeur qui peut affecter sa performance. Le secteur financier a donc tout intérêt à prendre l'environnement au sérieux.

QS Qu'entendez-vous par « risque climatique » ?

IM Avec les changements climatiques, de nouveaux enjeux apparaissent sur le plan du risque financier. Un événement lié à la crise climatique – une canicule, par exemple – peut entraîner des pertes importantes pour une entreprise. De plus, si une nouvelle réglementation fait augmenter le prix associé à la pollution, l'entreprise qui a un bon plan environnemental sera moins exposée à ce risque. Les gestionnaires doivent informer les investisseurs à ce propos.

QS Certaines personnes jugent que la cote ESG est une lubie *woke* ou encore une façon de financer le programme politique de la gauche. Qu'en pensez-vous ?

IM Je pense que l'ESG n'a pas d'orientation politique en soi. Il existe des preuves scientifiques irréfutables que les changements climatiques sont causés par les activités humaines, comme l'utilisation de combustibles fossiles. Et, malheureusement, ces changements climatiques ne sont pas une lubie. Les entreprises s'adaptent à cette nouvelle réalité, et même un gestionnaire qui n'a pas de préférence particulière pour un programme politique vert prendra en compte les impacts et les occasions commerciales potentiels d'une transition vers une économie neutre en carbone afin de maximiser la valeur de l'entreprise.

Pour ce qui est de l'aspect social, il a été démontré il y a plus de 10 ans qu'investir dans des entreprises figurant sur la liste des 100 meilleures compagnies où travailler aux États-Unis de *Fortune* offrait un meilleur rendement. De même, les entreprises sont conscientes que les problèmes de santé et de sécurité au travail peuvent être coûteux, donner lieu à des litiges et nuire à leur réputation, ce qui diminue également la valeur de l'entreprise.

Enfin, une abondante littérature scientifique documente la valeur d'une bonne gouvernance.

QS De plus en plus de scientifiques s'entendent sur le fait que la crise environnementale est causée par un système économique basé sur une croissance infinie alors que les ressources naturelles sont limitées. Votre chaire de recherche explorera-t-elle les questions d'économie de sobriété ?

IM Non, car ce n'est pas notre mandat. Pour faire la transition vers une économie carboneutre, le financement doit venir de quelque part. C'est surtout ça, mon intérêt et l'intérêt de la finance durable : trouver la meilleure façon de financer cette transition. ●

EN MODE ACTION

Un laboratoire au centre commercial

Les centres financés par le FRQ-S sont des catalyseurs de recherche de pointe, des lieux de formation aux études supérieures et des plateformes de transfert des connaissances et des technologies vers les services de santé.

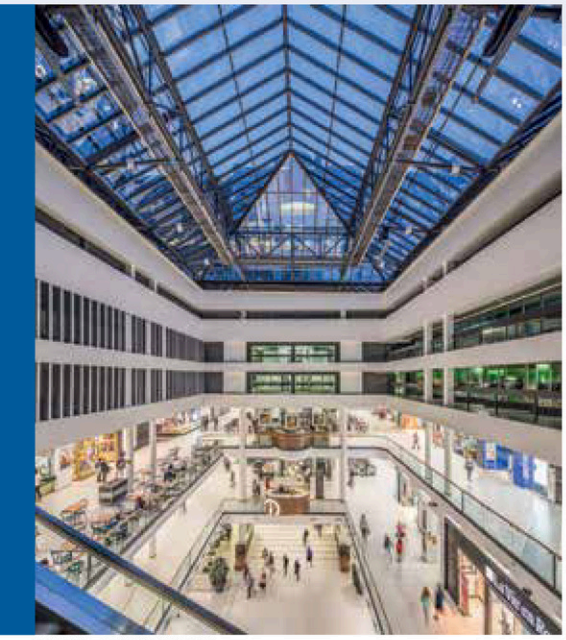


PHOTO : ALEXIS NIHON

Pour plusieurs, c'est une sortie banale : aller prendre un café au centre commercial pour socialiser, observer la faune urbaine, faire quelques emplettes. Mais pour certaines personnes vivant avec un handicap, cela ne va pas de soi.

EN 2011, on annonce la revitalisation du centre commercial Alexis Nihon, à Montréal. La professeure à l'École de physiothérapie et d'ergothérapie de l'Université McGill Eva Kehayia et la directrice de l'École de réadaptation de l'Université de Montréal, Bonnie Swaine, y voient une occasion à saisir. Avec des collègues du Centre de recherche interdisciplinaire en réadaptation du Montréal métropolitain, dont elles sont les codirectrices scientifiques, les chercheuses imaginent un chantier à la fine pointe des connaissances scientifiques pour rendre le centre commercial inclusif et accessible à tout le monde.

Comment ? En réunissant toutes les parties prenantes : le propriétaire des lieux, FPI Cominar, bien sûr, mais aussi des clientes et clients réguliers, des personnes vivant avec une déficience physique, les responsables des commerces et des scientifiques. Les aménagements réalisés grâce à tout ce beau monde concernent tant l'ajout de rampes d'accès et de toilettes familiales que le remplacement des tuiles du plancher par un revêtement moins éblouissant, pour faciliter l'orientation des personnes ayant des limitations visuelles.

Isabelle Ducharme a participé aux concertations. Elle fréquentait régulièrement la place Alexis Nihon, jusqu'à ce qu'un accident de la route la rende tétraplégique, en 1988. À partir de ce moment, elle s'est heurtée à divers obstacles pour accéder au lieu avec son fauteuil roulant motorisé.

Celle qui est aujourd'hui présidente du conseil d'administration de Kéroul, un organisme à but non lucratif qui vise à rendre le tourisme et la culture accessibles aux personnes à capacité physique restreinte, souligne le sérieux de la démarche pour rendre le centre commercial plus inclusif. « Parfois, [dans les projets d'accessibilité,] on planifie où mettre les boutons d'ouvre-porte pour qu'ils soient à la bonne place pour tous et c'est tout, dénonce-t-elle. À Alexis Nihon, il y a eu l'avant, le pendant et l'après. [Les scientifiques] n'ont pas juste dit : "voici ce que vous devriez faire en fonction de la littérature". Toutes les étapes ont été bien pensées, bien établies. La démarche permettait de faire quelque chose de concret et qui serait là pour durer. »

La preuve : si 6 % de la clientèle était à mobilité réduite avant le projet, ce taux est passé à 23 %, signe du besoin qui existait, a noté l'équipe de recherche. Bien qu'elle-même ne fréquente plus le centre commercial aussi assidûment en raison d'un déménagement dans l'est de la ville, Isabelle Ducharme est heureuse de constater que les suggestions du groupe servent aujourd'hui de modèle partout dans le monde. ●

Plus de 60 projets de recherche ont pu être réalisés dans le laboratoire vivant de la place Alexis Nihon, désigné comme l'initiative RehabMALL.

Un projet aux retombées multiples

FPI Cominar a reçu plusieurs distinctions nationales et internationales soulignant ses efforts pour rendre son centre commercial plus inclusif. RehabMALL a aussi inspiré d'autres institutions dans le réaménagement de leurs locaux, dont le Musée des beaux-arts de Montréal.

Fonds de recherche Santé Québec

CRIR Centre de recherche interdisciplinaire en réadaptation du Montréal métropolitain



SN 1987A, une supernova dans une galaxie voisine de la Voie lactée

CELLE QUE TOUT LE MONDE ATTEND

Aussi foudroyantes qu'imprévisibles, les supernovas constituent l'un des cataclysmes les plus violents de l'Univers. Une observation en direct dans notre galaxie permettrait d'en percer les mystères. Scientifiques et astronomes du dimanche s'y préparent !

Par Nancy Caouette

Au moment où vous aurez fini de lire cette phrase, une ou peut-être même deux étoiles auront tragiquement terminé leur vie dans le cosmos en une puissante explosion appelée supernova. Mais ne vous emballez pas trop ! Comme l'Univers est vaste et que la majorité de ces cataclysmes surviennent à des millions, voire à des milliards d'années-lumière de la Terre, circulez, il n'y a rien à voir !

Des télescopes puissants ont néanmoins repéré plus de 5000 supernovas dans de très lointaines galaxies. Mais plusieurs spécialistes croient que l'heure va bientôt sonner pour la Voie lactée : une supernova devrait y exploser d'ici une cinquantaine d'années. « On ne la ratera pas ! » assure Clarence Virtue, professeur émérite au Département de physique de l'Université Laurentienne, en Ontario. Le spectacle promet d'être grandiose, ajoute-t-il. « Une seule supernova dans une galaxie pas trop loin de la nôtre peut briller comme cent milliards d'étoiles pendant des mois ! »

En fait, au cours des 2000 dernières années, il n'y a eu que sept supernovas suffisamment proches pour que l'humain les observe à l'œil nu ou avec de petits télescopes optiques et les documente. La plus récente date de 1987 ; elle est survenue dans une galaxie voisine, celle du Grand Nuage de Magellan. Pour ce qui est de notre propre galaxie toutefois, la dernière remonte… à 1604, avant même l'invention du télescope ! L'astronome allemand Johannes Kepler avait observé ce qu'il croyait être alors une *stella nova*, une nouvelle étoile, dans la constellation Ophiuchus. On est donc largement « dus » : statistiquement, on s'attend en théorie à ce qu'il y en ait deux ou trois par siècle.

Pour avertir les astronomes juste avant que ne survienne l'événement tant attendu, l'équipe de Clarence Virtue travaille à l'élaboration du Système d'alerte précoce SuperNova 2.0, mieux connu sous l'acronyme SNEWS 2.0. Et contrairement à ce que l'on pourrait croire, ce n'est pas en scrutant le ciel qu'on risque de détecter les premiers signes de la prochaine supernova… mais plutôt à deux kilomètres sous la Terre !

Car en explosant, les supernovas relâchent en quelques secondes des quantités faramineuses de neutrinos (on parle de 10^{58} !). Ces particules élémentaires de masse pratiquement nulle s'échappent de l'étoile avant même la lumière.

Elles constituent donc le premier signal à pouvoir nous parvenir, telle une alarme sismique qui sonnerait plusieurs secondes avant un tremblement de terre. Le réseau SNEWS 2.0 rassemble

PHOTO : NASA/ESA/R. KIRSHNER (HARVARD-SMITHSONIAN CENTER FOR ASTROPHYSICS ET GORDON ET BETTY MOORE FOUNDATION), ET M. MUTCHLER ET R. AVILA (STSCI)

ainsi plusieurs détecteurs de neutrinos sur la planète, dont le SNOLAB, où travaille Clarence Virtue. « Le SNOLAB est situé au fond d'une mine de nickel de Sudbury, en Ontario, là où aucun rayon cosmique ne gêne nos recherches. On souhaite traquer des neutrinos qui sont engendrés par des réactions nucléaires, notamment au cœur des supernovas. Si on les capte dans plusieurs observatoires comme le nôtre, situés un peu partout sur la Terre, on pourra avertir les astronomes qu'une supernova sera visible dans le ciel quelques minutes, voire quelques heures plus tard. » Le système alertera alors par courriel quelque 3000 scientifiques et astronomes amateurs.

Le rêve ! Car les supernovas peuvent nous apprendre toutes sortes de choses sur l'évolution des étoiles, sur la formation de la matière et même sur l'origine de la vie. Et plus elles sont proches, plus il y a de données. Tous les adeptes d'astronomie sont donc aux aguets !

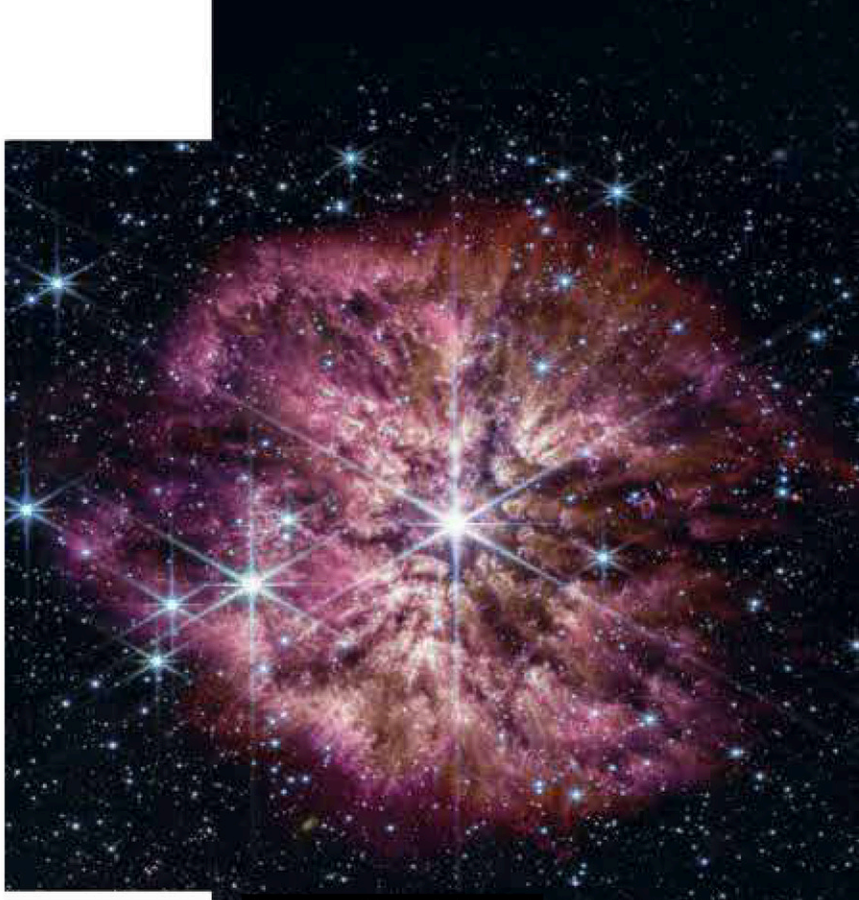
DES PREMIÈRES MINUTES CRUCIALES

Alors que le nuage de poussière et de matière éjectées par une supernova, nommé « rémanent », peut rester visible pendant des milliers d'années, c'est ce qui se passe dans les toutes premières secondes qui permettra aux scientifiques de mieux comprendre le déroulement de l'explosion. « On sait déjà que les électrons et les protons fusionnent en neutrons pour former un noyau encore plus dense. C'est ce qui libère énormément d'énergie, retransmise à 99 % sous la forme de neutrinos », explique Nicolas Prantzos, directeur de recherche à l'Institut d'astrophysique de Paris du Centre national de la recherche scientifique.

L'observation en direct de la supernova de 1987, appelée Supernova 1987A ou SN 1987A, a été riche en informations, même si on a manqué les premiers instants de l'explosion. Il était 2 h 40 du matin le 24 février quand l'astronome canadien Ian Shelton, qui était alors basé à l'Observatoire de Las Campanas, au Chili, et son collègue Oscar Duhalde ont remarqué un petit point lumineux inusité dans le Grand Nuage de Magellan, une galaxie naine près de la Voie lactée qui n'est visible que depuis l'hémisphère Sud. « Je me suis empressé de le regarder avec un télescope de 10 cm que j'avais avec moi. Un calcul rapide m'a permis de déduire que cet astre était 100 millions de fois plus brillant que le Soleil. J'ai tout de suite su que ça ne pouvait être qu'une supernova ou un cataclysme de ce genre », dit Ian Shelton, qui enseigne aujourd'hui l'astronomie au Département de physique de l'Université métropolitaine de Toronto.

Il venait en fait d'assister à la foudroyante mort de l'étoile Sanduleak. « J'étais tout excité, car je savais que la dernière observation du genre remontait à 400 ans. Mais je savais aussi que le temps pressait, car c'était une supernova âgée d'une seule journée, et une tonne de choses ne peuvent être observées que durant les premières heures, voire les premières minutes du phénomène. La poussière, les rayons X et ultraviolets viennent ensuite perturber l'observation. Il fallait avertir le reste du monde, et vite ! » raconte-t-il.

Parmi les experts rapidement alertés figurait l'astronome français Patrice Bouchet, qui travaillait sur cette même montagne du désert d'Atacama, mais qui avait congé ce jour-là. Il a rapidement quitté la plage et sa famille pour gagner l'Observatoire européen de La Silla. « Ma chance a été d'avoir en ma possession un télescope à infrarouge ; les Américains et les Canadiens n'en avaient pas. À partir du mois de mars, le Grand Nuage de Magellan est



L'étoile en fin de vie WR-124

UNE ÉTOILE SUR LE POINT D'EXPLOSER

Les supernovas, les étoiles à neutrons qui en résultent et leurs rémanents (des nuages formés des poussières et des gaz expulsés) sont des objets d'étude fascinants, souligne Patrice Bouchet. « Les supernovas sont devenues à la mode après 1987, et on en découvre toujours plus dans de lointaines galaxies, grâce aux coups de chance et aux outils d'observation toujours plus puissants… De 20 supernovas découvertes en 1987, nous sommes arrivées à en détecter 96 en 1996… et des milliers aujourd'hui ! »

Parfois, les scientifiques découvrent de nouvelles supernovas grâce à leur cadavre et, d'autres fois, on les observe en direct avec des télescopes spatiaux, comme *Hubble* ou *James-Webb*.

En mars dernier, le célèbre télescope spatial à infrarouge de la NASA a capté des images impressionnantes d'une étoile en voie de devenir une supernova appelée WR-124. Située à 15 000 années-lumière de la Terre dans la constellation du Sagittaire, cette étoile est au stade Wolf-Rayet, une étape que certaines supergéantes atteignent avant de devenir des supernovas et qui rejette énormément de gaz et de poussières, qui prennent, sur les images du télescope spatial, la forme d'une couronne.

PHOTO : ESA/HUBBLE AND NASA



Vue d'artiste de SN 1987A qui montre la distribution de la matière expulsée

POSSIBLE DÉTECTION DE L'ÉTOILE À NEUTRONS DE SN 1987A

Que reste-t-il d'une étoile après l'explosion ? « Uniquement son noyau de fer, qui deviendra une étoile à neutrons, sauf si l'étoile génitrice était très, très massive. Là, on croit plutôt qu'elle deviendra un trou noir », explique Patrice Bouchet, chef de projet au Centre d'expertise MIRI du télescope spatial *James-Webb*.

L'astronome français demeure fidèle à son premier amour, SN 1987A. « Grâce aux infrarouges, *James-Webb* nous permet de voir à travers le nuage de poussière laissé par la supernova pour savoir s'il y a quelque chose derrière. » Ce « quelque chose » derrière le rémanent de SN 1987A serait sa mythique étoile à neutrons, qui n'a pas encore été formellement observée, même après plus de 30 ans.

Mais cela ne devrait pas tarder ! Depuis 2020, plusieurs articles scientifiques, dont une étude théorique et deux autres études fondées sur les observations du télescope spatial à rayons X *Chandra*, de la NASA, et du radiotélescope ALMA, rapportent l'avoir possiblement localisée. Patrice Bouchet préfère jouer de prudence : « Vous lirez certainement bientôt des nouvelles sensationnalistes qui rapportent qu'on a détecté l'étoile à neutrons grâce au télescope *James-Webb*. On a quelques suspicions, mais il faut comparer toutes les données. On n'est pas encore vraiment prêts pour le confirmer. » À suivre !

très bas, ce qui rend plus difficile l'observation nocturne. Le télescope à infrarouge nous a permis d'avoir un point d'observation constant, même le jour », précise l'astronome, qui a eu, comme bien d'autres, un véritable coup de foudre pour cette étoile agonisante… « Je suis resté sur la montagne jour et nuit à observer la supernova, qui a brillé pendant cinq mois. »

Les scientifiques ont compris seulement après coup l'importance du signal « neutrinos », celui que tout le monde attend fébrilement aujourd'hui. « À l'époque, on tentait de capter les neutrinos émis par le Soleil. Puis les neutrinos de SN 1987A ont atteint la Terre, c'est-à-dire qu'ils ont percuté la Terre dans l'hémisphère Sud et l'ont traversé avant d'être captés dans l'hémisphère Nord ! On a relevé leur présence à trois endroits dans des détecteurs souterrains situés au Japon, aux États-Unis et en URSS. Une fois les horloges ajustées, les trois observatoires ont constaté qu'une vingtaine de neutrinos avaient percuté leurs détecteurs au même moment », explique Nicolas Prantzos. Du jamais vu !

Depuis, les instruments n'ont cessé d'évoluer. Si un tel spectacle survient dans notre galaxie, on s'attend à détecter non pas une vingtaine de neutrinos, mais plusieurs milliers ! Une manne de précieuses informations, étant donné la rareté de ces particules, dont on cherche encore à décrypter la nature.

En outre, les astronomes sont prêts à observer l'explosion sous tous les angles : rayons gamma, rayons X, ondes radio… Mieux encore, ils disposent désormais de détecteurs d'ondes gravitationnelles : cela tombe bien, car l'énergie de l'explosion produit aussi ces ondes, qui déforment le tissu élastique de l'espace-temps, et qui pourraient affoler les détecteurs LIGO et Virgo. On est donc parés !

LA MORT DES ÉTOILES

Mais quelles conditions doivent être réunies pour que ce fabuleux spectacle se produise et soit observable sur Terre ? Sur la centaine de

PHOTO : ESO/L. CALÇADA



En 1606, Johannes Kepler a publié un livre sur la supernova qu'il avait aperçue deux ans plus tôt. Il croyait avoir découvert une nouvelle étoile.

milliards d'étoiles que compte la Voie lactée, on pourrait s'attendre à un feu d'artifice permanent… Sauf que toutes les étoiles ne subissent pas un tel sort en s'éteignant. Il y a deux types principaux de supernovas : les thermonucléaires et les gravitationnelles.

La *stella nova* observée par Kepler dans la Voie lactée en 1604 était une supernova thermonucléaire, aussi appelée supernova de type Ia (à prononcer 1-a). « La supernova thermonucléaire survient dans des systèmes stellaires binaires, où deux étoiles orbitent autour d'un centre de gravité commun. L'un des astres, très ancien et dense appelé naine blanche, accrète de la matière provenant d'une étoile voisine plus jeune », résume Patrice Bouchet, qui coordonne l'équipe européenne responsable de l'observation des supernovas avec le télescope spatial *James-Webb*.

Par un phénomène de transfert de masse, la vieille naine blanche, de la grosseur de la Terre, arrache à son étoile voisine une partie de son enveloppe gazeuse jusqu'à atteindre la taille critique de 1,44 fois la masse du Soleil. « À cette masse précise, l'équilibre de la naine blanche est rompu, et elle explose », poursuit Patrice Bouchet.

Trois décennies avant la *stella nova*, soit en 1572, l'astronome danois Tycho Brahe – l'un des mentors de Kepler – avait lui aussi observé le même type de supernova dans la constellation de Cassiopée. « Ils ont eu de gros coups de chance, car on sait aujourd'hui que ce type de supernovas ne survient que quatre ou cinq fois par millénaire dans la Voie lactée ! » précise Nicolas Prantzos.

L'autre type est la supernova gravitationnelle, plus fréquente, aussi connue sous les noms de supernova de type II ou supernova à effondrement de cœur. C'est celle-ci qu'on attend avec impatience sur Terre ! Ce phénomène survient lorsqu'une énorme étoile épuise son combustible et s'effondre sous l'effet de sa propre gravité. Sa matière, qui n'a pu être fusionnée en son cœur, est dispersée avec force dans l'Univers.

La supernova de 1987 était de ce type. Patrice Bouchet, qui étudie encore aujourd'hui SN 1987A sous tous ses angles, explique que, lors de l'effondrement de l'étoile, la matière qui se trouve sur ses couches extérieures heurte

LES SUPERNOVAS GRAVITATIONNELLES, SOURCES DE VIE

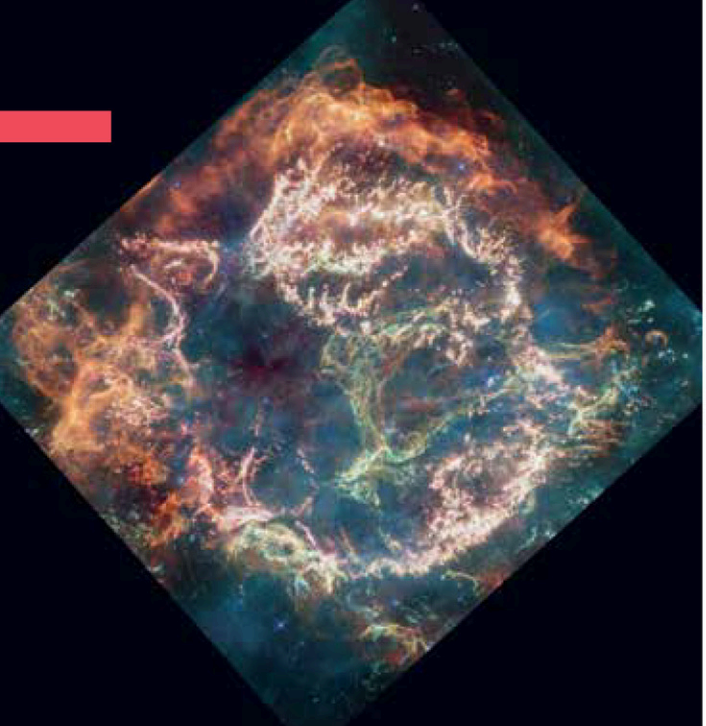
Sans supernovas gravitationnelles, pas de sel, d'aluminium… ni de vie sur Terre ! Les plus récentes études, notamment menées grâce aux observations de *Hubble* et *James-Webb*, ont démontré que des éléments aussi vitaux que l'oxygène ne se trouveraient pas sur Terre sans explosion d'étoiles massives. Pour comprendre comment ces éléments sont produits, il faut remonter à la genèse des étoiles, qui survient dans un nuage de poussières et de gaz – essentiellement de l'hydrogène, de l'hélium et du lithium. Rapidement, les futures supernovas à effondrement de cœur se distinguent de la grande majorité des étoiles formées dans le même nuage par leur taille. « Généralement, il s'agit de géantes rouges, soit des étoiles 8, voire 20 ou 100 fois plus massives que le Soleil », précise Nicolas Prantzos, de l'Institut d'astrophysique de Paris.

Pour résister à sa propre gravité et rester en équilibre, la supergéante rouge doit produire beaucoup d'énergie, grâce à des réactions de fusion nucléaire – les atomes d'hydrogène fusionnent rapidement dans son cœur pour devenir de l'hélium. Cette étape ne dure que quelques millions d'années chez les supergéantes rouges, contrairement aux étoiles moins grandes, comme le Soleil, qui peuvent mettre des milliards d'années à réaliser cette fusion.

« Les géantes rouges meurent avant même que les étoiles de la taille du Soleil dans le même nuage ne soient formées. Même si les réactions nucléaires qui se produisent au centre des géantes rouges n'ont jamais été observées en direct, on comprend qu'elles s'accélèrent toujours plus et qu'elles génèrent énormément de chaleur », explique Laurent Drissen, astrophysicien et professeur au Département de physique, de génie physique et d'optique de l'Université Laval.

Ces fusions nucléaires très rapides produisent des éléments toujours plus lourds, comme le carbone, le néon et l'oxygène. À ce stade, la plupart des petites étoiles manquent de carburant pour poursuivre la fusion des éléments… mais pas les géantes rouges ! Leur noyau se contracte sous l'effet de la gravité, ce qui pousse l'hydrogène des couches supérieures à atteindre la coquille : la fusion des éléments se poursuit, jusqu'au fer, un élément extrêmement lourd et stable… Trop stable, et qui ne peut plus fusionner ! L'étoile n'arrive plus à injecter suffisamment de carburant pour contrecarrer la gravité du fer : elle s'effondre sur elle-même.

PHOTO : INSTITUT DE TECHNOLOGIE DE CALIFORNIE



MIRI, un instrument infrarouge de *James-Webb*, a révélé comme jamais le rémanent de Cassiopée A, une enveloppe de poussières et de gaz.

DES SUPERNOVAS POUR MESURER L'EXPANSION DE L'UNIVERS

Les supernovas thermonucléaires sont très importantes en astrophysique, puisque toutes les explosions sont similaires. On peut connaître l'énergie de l'explosion et déduire facilement sa distance en fonction de la luminosité qu'on reçoit sur Terre. Elles deviennent donc des chandelles standards, c'est-à-dire des balises qui ont permis notamment de mesurer la vitesse de l'expansion de l'Univers. « Au cours des dernières années, on a pu observer des dizaines, voire des centaines de supernovas thermonucléaires, parfois situées à des milliards d'années-lumière. On a alors vu comment l'expansion de l'Univers s'était accélérée récemment, contrairement au ralentissement auquel on s'attendait » explique l'astrophysicien Nicolas Prantzos. Imaginez jeter un caillou depuis la Terre vers le haut. Au départ, le caillou monte très vite et puis, en gagnant en altitude, il finit par monter moins vite, car la gravité l'attire vers le sol. C'est ce à quoi on s'attendrait avec l'Univers : un ralentissement de l'expansion dû à la force de gravité exercée par toute la matière cosmique. « Or, grâce aux supernovas, on a constaté que l'univers se dilate de plus en plus vite, plutôt que de ralentir sous les forces gravitationnelles, un peu comme si le caillou était emporté par une fusée ! » poursuit-il. Cette découverte de l'expansion accélérée de l'univers, couronnée par un prix Nobel de physique en 2011, est la prémisse d'une révolution cosmologique et à la base d'un tout nouveau champ d'études en physique, celui de l'énergie sombre, cette mystérieuse « fusée », dont on ne sait encore rien, mais qui pousse le cosmos à s'étendre de plus en plus vite.

la surface dure du noyau de neutrons (on se souvient que les électrons et les protons fusionnent libérant des neutrinos). Les particules partent alors dans toutes les directions dans le cosmos, c'est l'explosion ou « le rebond », terme préféré par Patrice Bouchet. « On sait que des éléments chimiques qui ne se trouveraient pas autrement dans l'Univers sont alors formés puis dispersés. Sans supernova gravitationnelle, il n'y aurait pas de fluor dans votre dentifrice ! » souligne le chercheur.

De récentes études avancent même qu'il n'y aurait carrément pas d'oxygène dans notre système solaire sans les explosions d'étoiles massives dans le cosmos. En 2017, des données recueillies par la NASA avec son télescope spatial à rayons X *Chandra* ont confirmé que les supernovas propulsent en quantité astronomique des éléments essentiels à la fabrication de l'ADN, dont l'oxygène et le carbone.

En pointant ses capteurs vers les restes de la célèbre supernova Cassiopée A, située dans la constellation du même nom, *Chandra* a pu analyser les émissions de rayons X de l'objet céleste sous diverses longueurs d'onde. Le télescope a pu détecter des éléments comme du silicium, du fer, du calcium et de l'oxygène, qui ont été projetés par la déflagration stellaire survenue à 11 000 années-lumière de la Terre et qui, bien qu'elle n'ait fait l'objet d'aucune observation documentée, aurait été visible sur Terre en 1667. Les scientifiques ont estimé que l'explosion a injecté dans le cosmos l'équivalent de 70 000 fois la masse de la Terre en fer… et près d'un million de fois la masse terrestre d'oxygène !

Ce sont des découvertes majeures, souligne Patrice Bouchet. « Quand j'étais à l'école, on nous disait que les poussières dans l'Univers venaient toutes des étoiles qui expulsent leur enveloppe extérieure en fin de vie. Or, avec les télescopes spatiaux, on s'est rendu compte qu'il y avait des galaxies très, très lointaines, et donc très, très jeunes, qui étaient remplies de poussières. Tellement jeunes qu'elles ne pouvaient pas avoir hébergé d'étoiles classiques, qui vivent jusqu'à treize milliards d'années avant de mourir. Comment la poussière avait-elle été produite sans étoile morte ? Avec SN 1987A, nous avons découvert que les supernovas propulsaient énormément de poussière dans le cosmos. En d'autres mots, nous croyons que la poussière des galaxies très jeunes provient des supernovas gravitationnelles, issues d'étoiles qui ne mettent que quelques millions d'années à exploser. C'est fondamental pour la compréhension de l'Univers et l'émergence de la vie, car sans poussière de carbone ou d'oxygène, il n'y a pas de vie ! »

FAITES VOS JEUX

Quelle sera la prochaine supernova qui illuminera et qui ensemencera la Voie lactée ? Faut-il miser sur Bételgeuse, la célèbre étoile d'Orion à la luminosité chancelante, ou plutôt sur Êta de la Carène, une étoile supermassive située à 7500 années-lumière de la Terre ? Les paris sont ouverts ; rien ne permet de prédire avec précision laquelle explosera en premier… ni quand ! « On n'a pas encore eu accès au noyau d'une supernova et on ne comprend pas très bien son mécanisme. On espère qu'en en observant une dans la Voie lactée, on pourra mieux déterminer quand une étoile sera sur le point de devenir une supernova », explique Laurent Drissen, professeur au Département de physique, de génie physique et d'optique de l'Université Laval.

C'est justement là que le système d'alerte précoce SNEWS 2.0 prend tout son sens. « On ne pourra pas capter de neutrinos venant de plus loin que notre galaxie. Par exemple, les neutrinos d'une supernova dans Andromède, la galaxie spirale la plus proche de la Voie lactée, ne seront

PHOTO : NASA/ESA/CSA/D. MILISAVLJEVIC (PURDUE)/ T. TEMIM (PRINCETON)/I. DE LOOZE (UNIVERSITÉ DE GAND)

pas observables sur Terre », souligne Clarence Virtue, qui travaille sur le programme depuis 20 ans.

L'alerte permettra-t-elle aux scientifiques de pointer leur télescope au bon endroit ? « Oui, si les particules fantomatiques sont captées par le détecteur Super-Kamiokande, au Japon, car sa technologie est très poussée et permet de localiser leur source avec précision. Pour ce qui est des autres observatoires, comme le SNOLAB, on travaille sur des algorithmes assez compliqués, qui permettent d'analyser les données obtenues simultanément par tous les détecteurs. En faisant une sorte de triangulation, on pourra dire où l'événement s'est produit dans le ciel. Des courriels seront envoyés à la communauté astronomique, mais aussi des alertes, qui permettront de contrôler à distance des télescopes pour les tourner rapidement vers le bon endroit dans le ciel de manière automatisée », décrit Clarence Virtue, qui se désole de la fermeture, en août 2023, du Département de physique de l'Université Laurentienne, le seul à étudier d'aussi près les neutrinos des supernovas au pays.

Et il n'y a pas que les observatoires de haut calibre qui seront réquisitionnés. Patrice Bouchet souligne que l'armada d'astronomes amateurs, prête à sortir un télescope standard en quelques secondes, sera essentielle pour immortaliser les premiers moments du phénomène. « Les télescopes professionnels ont de grandes lentilles qui laissent entrer trop de lumière pour un objet proche. Les amateurs ont de petits instruments à portée de main, qu'ils peuvent régler rapidement pour prendre des photos. On pourra mesurer la luminosité de l'astre en fonction de l'endroit où les milliers d'observateurs se trouvent. Les grands télescopes professionnels seront importants par la suite », dit-il. L'Association des astronomes amateurs du Chili, qu'il préside, est d'ailleurs déjà prête.

En mai dernier, une sorte de répétition générale a eu lieu, avec la découverte visuelle par un astronome japonais de SN 2023ixf, la supernova la plus proche de nous depuis 10 ans. Située dans la galaxie M101, elle est apparue dans la constellation de la Grande Ourse et a pu être observée par des milliers de petits télescopes.

Le professeur de l'Université métropolitaine de Toronto Ian Shelton croit lui aussi que les adeptes d'astronomie ont intérêt à tourner plus souvent leur regard vers le ciel. « J'encourage quiconque sait lire le ciel nocturne et connaît les constellations de base à scruter le ciel. Gardez en tête que, si vous voyez une étoile supplémentaire qui ne se trouve pas sur la trajectoire habituelle des planètes, eh bien, vous venez de faire une grande découverte ! »



LA GUÉRISON D'UNE RIVIÈRE



Dix ans après la catastrophe de Lac-Mégantic, la rivière Chaudière est-elle pleinement rétablie ?

Par Raphaëlle Derome

Il fait beau, l'ambiance est bon enfant. Sur les berges de la rivière Chaudière, en Estrie, ça rigole et ça se taquine. Par cette belle journée de septembre 2022, l'équipe du Comité de bassin de la rivière Chaudière (COBARIC) a étalé son matériel au sol : filet, seau et bouteilles de plastique, courantomètre et bottes-salopettes de pêche… trouées ! « En fin de saison, il y a des trous dans tout ! » remarque Véronique Brochu, directrice générale de l'organisme à but non lucratif.

Heureusement, ici, personne n'a peur de se mouiller. Depuis 29 ans, le COBARIC veille sur la rivière Chaudière et les terres qui l'entourent. Sa mission est de faire se concerter les municipalités, les citoyens et citoyennes, les industries et le secteur agricole pour assurer la pérennité de la ressource en eau.

Nous sommes à 7,5 kilomètres du lac Mégantic, source de la Chaudière. Debout dans l'eau, deux employés du COBARIC s'apprêtent à prélever le benthos, ces petits invertébrés qui vivent au fond de la rivière. « Beaucoup d'insectes ont une phase larvaire aquatique », explique Véronique Brochu. Leur diversité et leur abondance témoignent donc de la qualité de l'eau.

Pour décoller les bestioles, on frotte les roches sous l'eau à l'entrée d'un filet. De retour sur la berge, chaque spécimen récolté est saisi à la pince, puis déposé délicatement dans un flacon d'alcool, sous le regard curieux de *Québec Science* et de collègues venus de Belgique. L'identification se fera plus tard, au laboratoire. Ce protocole reconnu scientifiquement est utilisé par plusieurs organismes de bassin versant comme indice de la santé des rivières.

Cet après-midi-là, au milieu des rires, des chants d'oiseaux et des clapotis, on entendra quelques fois siffler un train. Ce train qui, jour après jour, traverse encore le centre-ville de Lac-Mégantic, évoquant les souvenirs douloureux du convoi maudit qui a déraillé, explosé et pris feu la nuit du 6 juillet 2013, tuant 47 personnes et déversant 6 millions de litres de pétrole brut dans l'environnement.

La pire tragédie ferroviaire canadienne des 100 dernières années n'était pas seulement un drame humain ; c'était aussi le pire déversement terrestre en Amérique du Nord. Une catastrophe qui a nécessité des années de nettoyage et de suivi. À de nombreuses reprises, les scientifiques ont prélevé et analysé les sols, les sédiments et l'eau du lac Mégantic et de la rivière Chaudière. Dix ans après, comment se porte l'environnement ?

SAUVE QUI PEUT

C'est le bruit des wagons fonçant les uns dans les autres – 63 des 72 wagons ont déraillé – qui a réveillé Robert Mercier, cette nuit-là. « On a entendu : boum boum boum boum boum… Puis, l'éclairage dans la pièce a changé : on a vu la flamme énorme. »

À ce moment-là, celui qui était alors directeur du service des eaux et de l'environnement de la Ville de Lac-Mégantic ignorait la cause du feu. « J'ai ramassé mon cellulaire, ma montre. On décolle, sauve qui peut ! » Dans l'urgence, il n'a même pas pensé à actionner l'alarme d'incendie de son immeuble.

Même s'il habitait à 500 mètres du foyer de l'incendie, la chaleur était intense. Il finit par joindre son frère, qui l'informe qu'il y a eu un accident

Longue de 185 kilomètres, la Chaudière prend sa source dans le lac Mégantic, puis coule vers le nord, traversant les Appalaches et les basses-terres du Saint-Laurent pour se jeter dans le fleuve, en face de Québec. Son débit varie de 2 à 3200 m^3 par seconde au cours d'une année. Elle est reconnue pour ses inondations.

PHOTOS : DONALD ROBITAILLE/OSA

À l'aide d'un filet très fin, Anthony Boutin et Sofianne Bouchard-Verret, du Comité de bassin de la rivière Chaudière, récoltent les macro-invertébrés benthiques. Ces petites bestioles vivant au fond de la rivière sont un indice de la qualité de l'eau.

Pour assurer la qualité scientifique des données, on respecte un protocole précis. Les échantillonnages se font au même endroit d'année en année, ce qui permet des suivis à long terme.

L'abondance et la diversité des organismes récoltés reflètent les perturbations physiques (fluctuations du niveau d'eau, température) ou chimiques du milieu. Ici, un membre de la famille des *Ephemerellidae*, aussi appelées « mannes ». Ces dernières sont très sensibles à la pollution.



Des estacades (barrières flottantes) ont rapidement été installées sur la rivière Chaudière afin de récupérer le pétrole qui flottait à la surface de l'eau.



Des nappes de pétrole étaient visibles partout sur la rivière Chaudière dans les jours suivant le déversement du 6 juillet 2013, notamment à Saint-Georges. La ville a dû fermer sa prise d'eau potable.

de train. « Là, tout est devenu rationnel. J'ai appelé mon personnel : "T'es correct ? Ta famille est en sécurité ? On a de l'ouvrage". »

Le Méganticois était notamment responsable de l'usine d'épuration et de l'eau potable. « Il fallait fournir de l'eau aux pompiers. Et ça en prenait, de l'eau ! »

Pendant la nuit, voyant descendre le niveau des réservoirs d'eau potable, il demande aux pompiers de plutôt puiser l'eau du lac… avant de constater que c'était déjà le cas ! Les vrais responsables de la baisse ? La quarantaine de bâtiments effondrés au centre-ville, constituant autant de fuites d'eau. « On a vécu le pire cauchemar qu'un assainisseur puisse vivre : le réseau s'est tari. »

Des litres et des litres de pétrole avaient aussi coulé dans les égouts. La Ville allait mettre des semaines pour remettre les réseaux en service, tronçon par tronçon.

À quelques kilomètres du centre-ville, Rosa Galvez ne se doutait pas une minute du drame qui se déroulait. En vacances dans un chalet au bord du lac Mégantic, la professeure au Département de génie civil et de génie des eaux de l'Université Laval avait cru entendre des feux d'artifice. C'est seulement le lendemain matin, alertée par les appels de sa famille et des médias, qu'elle prend connaissance de la catastrophe. « Je n'y croyais pas », raconte-t-elle dix ans plus tard, encore émue.

Spécialiste de la pollution et de la gestion des matières dangereuses, elle se rend sur place le matin même. « Quand je suis arrivée, il y avait encore des flammes. Les pompiers arrosaient les wagons voisins pour les refroidir et éviter qu'ils prennent feu. Mais ils n'arrosaient pas les flammes, car ils ignoraient encore à quelle substance ils avaient affaire ! » On découvrirait par la suite que le pétrole avait été faussement identifié comme du pétrole lourd. Il s'agissait plutôt de brut léger issu de la région de Bakken, au Dakota du Nord. « Les différents types de pétrole ne sont pas tous égaux. Ce pétrole non conventionnel est très inflammable et volatile », indique Rosa Galvez. Nommée sénatrice en 2016, elle allait plus tard piloter un important projet de recherche sur les suites de la tragédie.

Il a fallu deux jours pour éteindre le feu à l'aide de mousses ignifuges. Il ne fallait pas arroser l'incendie – l'eau se transformant en vapeur aurait pu provoquer des explosions. En raison de l'épaisse fumée noire, 2000 personnes sur 6000 ont été évacuées.

Rapidement, il est devenu clair que les gens présents au bar Le Musi-Café la nuit de la catastrophe n'avaient pas survécu. « Parmi eux, il y avait beaucoup de jeunes qui ont laissé des orphelins », souligne Rosa Galvez. Le brasier avait atteint entre 1500 et 3000 degrés Celsius, calcinant les corps et compliquant l'identification des victimes.

URGENCE ENVIRONNEMENTALE

Le brut s'était infiltré dans les sols et les égouts sur une trentaine d'hectares, l'équivalent de 40 terrains de soccer. Et une partie a fini… dans l'eau. Au total, 100 000 litres ont atteint le lac Mégantic, puis la rivière Chaudière, a estimé le ministère de l'Environnement.

Évidemment, une grande quantité du pétrole déversé a tout simplement brûlé. « C'est bête, ce que je vais dire, mais s'il n'y avait pas eu d'incendie, on aurait été ailleurs en termes de quantités épandues [elles auraient été beaucoup plus élevées] », relève Michel Rousseau, sous-ministre adjoint au ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP).

Arrivé sur le site dès le matin, il était chargé de coordonner les activités ministérielles. « Habituellement, quand il y a un déversement, on le réduit à la source dès le départ. Mais dans ce cas-là, c'était loin d'être évident, se remémore-t-il. Les tuyaux d'égout en plastique avaient fondu… C'était vraiment un désastre. »

Dès les premières heures, les spécialistes en urgences environnementales avaient installé des estacades sur le lac et la rivière. Ces barrières flottantes servent à retenir le pétrole qui flotte en surface, pour qu'on puisse ensuite le pomper. Mais ce n'est pas une solution parfaite, surtout dans une rivière turbulente.

Le barrage Mégantic, utilisé pour contrôler les inondations, a aussi été mis à contribution. À l'endroit où le lac Mégantic se jette dans la rivière Chaudière, le débit a été réduit de 25 m^3/s à 3 m^3/s, ce qui a permis de limiter les

PHOTOS D'ARCHIVE : LA PRESSE CANADIENNE

écoulements vers la rivière, mais pas de les empêcher.

Les villes en aval (Saint-Georges, Sainte-Marie et Lévis) ont dû puiser leur eau ailleurs jusqu'en septembre, près de trois mois plus tard. Heureusement, à Lac-Mégantic même, les puits municipaux n'avaient pas été contaminés.

Pendant plusieurs jours, du pétrole était visible à la surface de l'eau, formant des nappes d'iridescence – ces flaques « arc-en-ciel » typiques d'une eau contaminée par des hydrocarbures. On en a observé jusqu'à Charny, près de Québec, à 185 km en aval.

« Mais tout cela est passé assez rapidement. Après quelques jours, on ne mesurait plus d'hydrocarbures dans l'eau », précise David Berryman, biologiste au MELCCFP. Puisque le pétrole déversé était très volatil et que la Chaudière est une rivière dynamique, une partie du produit s'évaporait.

Le reste formait une émulsion qui coulait dans les sédiments au fond de l'eau. À l'automne 2013, la contamination du fond de la rivière a d'ailleurs été jugée « importante et de grande étendue » par les scientifiques du ministère, qui ont détecté dans les sédiments des concentrations d'hydrocarbures nuisibles à la vie aquatique, et ce, jusqu'à 80 kilomètres en aval de Lac-Mégantic. Situation préoccupante, car dès qu'on agite les sédiments, ceux-ci relâchent le pétrole, ce qui pose un risque de contaminations subséquentes, notamment lors des crues.

Le système de traitement des eaux usées de Lac-Mégantic ayant flanché après avoir été contaminé, des eaux usées ont aussi été déversées dans la rivière sans traitement pendant un certain temps. « Dans tout l'événement, c'était un moindre mal… » dit Michel Rousseau, avec philosophie.

OPÉRATION NETTOYAGE

L'opération de nettoyage a débuté rapidement après le déversement, d'abord gérée par la compagnie ferroviaire MMA, propriétaire du chemin de fer, puis par le ministère de l'Environnement après la faillite de l'entreprise quelques semaines après le drame.

L'ingénieur Christian Gosselin est arrivé à Lac-Mégantic environ une semaine après la catastrophe. Ce spécialiste en réhabilitation de sites contaminés est directeur de projets pour la firme de consultants Golder. De juillet à décembre, ses collègues et lui se sont relayés sur le site, dix jours à la fois. Les travaux de nettoyage se déroulaient jour et nuit, sept jours sur sept.

« Au début, on laissait les intervenants d'urgence ramasser le pétrole par pompage. Il y en avait tellement, il y en avait partout… Dans les égouts, nous avons bouché des conduites, changé des conduites, aménagé des conduites temporaires », toujours dans le but d'intercepter le produit, dit Christian Gosselin. « Une fois le plus gros ramassé, notre rôle était de comprendre par où passait le pétrole pour se rendre jusqu'au lac, afin de contenir la contamination », explique-t-il. Cette caractérisation a nécessité 116 forages, 320 tranchées d'exploration, et l'analyse de 1200 échantillons de sols et de 125 autres d'eau souterraine.

Résultat ? À Lac-Mégantic, le sol naturel est plutôt argileux, ce qui a empêché le pétrole de migrer en profondeur et a protégé les sources d'eau souterraines. Mais autour des infrastructures (aqueduc, égout, chemin de fer), le sol se composait plutôt de remblais grossiers, beaucoup plus perméables, qui ont « agi comme des éponges » et comme « chemins préférentiels » pour que le pétrole rejoigne les cours d'eau, précise l'expert.

Des centaines de milliers de mètres cubes de sols contaminés du centre-ville ont été excavés, puis remplacés par des sols neufs, une opération qui a pris des mois. Les sols contaminés ont été traités par la suite sur un terrain municipal situé dans la zone industrielle de Lac-Mégantic.

Aux grands maux, les grands moyens. Sur la rivière, des dizaines de personnes ont d'abord nettoyé les berges. On délogeait le pétrole – qui flottait ensuite jusqu'aux estacades pour y être pompé – à l'aide de puissants jets d'eau : « des tuyaux de pompiers », se rappelle Véronique Brochu. En septembre 2013, prêtée par son employeur, elle a participé aux échantillonnages du benthos sur la rivière Chaudière. « On avait de la misère à trouver des invertébrés,



La professeure Rosa Galvez

LES SCIENTIFIQUES MOBILISÉS

À la suite de la tragédie, Rosa Galvez, professeure au Département de génie civil et de génie des eaux à l'Université Laval (nommée sénatrice en 2016), a trouvé son réconfort dans l'action. Avec une dizaine de collègues de six universités québécoises, elle a piloté un projet de recherche pour documenter la catastrophe sous tous ses aspects : le traumatisme collectif et la santé mentale, la contamination des sols, du lac et de la rivière, et, surtout, les leçons à tirer pour prévenir et mieux gérer de futures urgences. Les résultats ont été présentés à la communauté lors d'un forum public tenu à l'automne 2017.

Pourtant, « se mettre à la disposition de la communauté n'est pas une pratique courante, c'est peu encouragé par les universités. Je crois que c'était notre rôle d'étudier ces aspects et de diffuser les connaissances à tout le monde », dit la sénatrice, qui a aussi présenté ses résultats lors d'une tournée à travers le Canada. Même si les mesures de sécurité ferroviaire ont été renforcées par Transports Canada depuis, des trains de matières dangereuses passent encore aujourd'hui au milieu des centres urbains, d'où l'importance de sensibiliser les municipalités à la nécessité d'avoir de solides plans de mesures d'urgence en cas d'accident.

PHOTO : UNIVERSITÉ LAVAL

DES POURSUITES QUI S'ÉTIRENT

La tragédie a coûté au moins 325 millions au gouvernement québécois, dont 117,5 millions uniquement pour le nettoyage du centre-ville et de la rivière Chaudière. De cette somme, 192 millions ont pu être récupérés par le gouvernement provincial grâce aux poursuites judiciaires intentées notamment contre les compagnies pétrolières et ferroviaires ayant vendu, expédié, acheté et transporté le pétrole. La majorité ont accepté de contribuer au Fonds d'indemnisation en échange d'un retrait des poursuites à leur endroit. Seul le Canadien Pacifique refuse de contribuer et conteste toujours sa responsabilité dans l'accident. Un juge de la Cour supérieure lui a donné raison en décembre 2022. Les victimes, les compagnies d'assurances et le gouvernement ont interjeté appel. Si l'appel est accueilli, le Canadien Pacifique pourrait être condamné à verser des sommes supplémentaires aux victimes, aux compagnies d'assurances et au gouvernement. Sinon, ce sont les contribuables qui épongeront la facture restante, qui n'est pas couverte par le Fonds d'indemnisation.

il ne restait plus rien. » Le pétrole n'était pas seul en cause : le lit de la rivière avait visiblement été perturbé par le nettoyage musclé. Alors que les roches y sont bien assises normalement, plus « rien ne tenait en place. Des pierres d'un mètre de diamètre étaient chambranlantes ».

TROUVER L'ÉQUILIBRE

C'est tout un paradoxe : même essentielles, plusieurs mesures prises à la suite du déversement (fermeture du barrage, utilisation de mousses ignifuges, nettoyage) ont eu, elles aussi, des effets néfastes sur l'environnement… « Au fil des jours, la méthode de travail se raffinait pour préserver le plus possible le milieu », raconte Michel Rousseau. La végétation, d'abord coupée, a par la suite été simplement nettoyée. Et les jets des boyaux de pompier ont été remplacés par la méthode du « déluge » : des gicleurs faisaient tomber une pluie de fines gouttelettes au-dessus de la berge.

Dans la rivière, la biologiste Christine Guay, également employée chez Golder, travaillait à ramasser et à identifier les poissons morts, notamment. Une centaine sur deux mois. « Une partie de la mortalité était due au pétrole, mais la baisse de débit dans la rivière a aussi pu jouer comme cause indirecte, en augmentant la température et en diminuant la teneur en oxygène de l'eau. »

« Il n'y a pas eu de mortalité massive de poissons, d'oiseaux ou d'autres organismes, contrairement à ce qu'on a pu voir dans d'autres déversements », précise le biologiste David Berryman. Les poissons ont tout de même été affectés : un tiers d'entre eux montraient des anomalies (déformations, lésions, érosion des nageoires), même plusieurs années après la tragédie, ont indiqué les rapports du Comité expert coordonné par M. Berryman.

Mis sur pied à l'automne 2013 et regroupant une vingtaine de professionnels, ce comité a commandé des dizaines d'études sur le terrain, menées de 2013 à 2016, concernant le suivi de la contamination résiduelle de la rivière Chaudière par les hydrocarbures. Des études indépendantes ont aussi été menées par plusieurs universités québécoises.

Mais comment savoir si on a effectué les bonnes analyses ? Le pétrole contient des centaines de molécules chimiques et d'additifs, dont un bon nombre ont des effets néfastes sur la santé humaine ou celle de l'écosystème. Dans le feu de l'action, aurait-on pu « échapper » des contaminants ? « La dégradation du pétrole crée toutes sortes de sous-produits. Mais ça deviendrait extrêmement complexe de suivre tous ces composés ; ça pourrait être une quête sans fin. Alors, le raccourci qu'on prend, c'est de mesurer l'état des communautés de poissons et des communautés benthiques. Si elles sont en bon état de santé, ça veut dire que c'est correct. Dans le cas contraire, il faut investiguer », explique David Berryman.

Ce fut le cas au kilomètre 4,5 de la rivière Chaudière, non loin de Lac-Mégantic. À cet endroit, la rivière fait un virage en épingle, ce qui force l'eau à ralentir et crée une zone d'accumulation de vase très fine qui contenait une grande quantité de pétrole. Des travaux de dragage y ont été effectués à l'été 2014 pour retirer les sédiments contaminés. Mais pas ailleurs, même si certains l'avaient demandé. Encore une fois, on voulait s'assurer de ne pas faire plus de dommages que de bien. « C'est un équilibre, il faut que le gain environnemental en vaille la peine. C'est pour ça que c'est le seul endroit où on a fait des travaux aussi importants », explique le sous-ministre adjoint Michel Rousseau.

Ailleurs, la contamination n'est présente que par « *patchs* », dit David Berryman. « Et la contamination y diminue au fil des ans. Veut, veut pas, de l'eau passe 24 h sur 24 dans la rivière. Les crues printanières sont fortes et brassent le fond. Donc, il y a un nettoyage naturel. » Vu cette atténuation, le dernier rapport du Comité expert, publié en octobre 2017, recommandait de ne reprendre les échantillonnages qu'après cinq ans, en 2022 (ils auront finalement lieu cet été).

ET MAINTENANT ?

Les mois ayant suivi la tragédie auront donné lieu à de remarquables élans de solidarité. Tout le monde voulait aider. « Les gens voulaient bien faire, donner beaucoup, mais il ne fallait pas les amener à l'épuisement non plus. C'était un gros projet avec beaucoup d'émotions », constate la biologiste de la firme Golder Christine Guay.

Le centre-ville de Lac-Mégantic a été reconstruit, et un mémorial sobre a été aménagé sur les lieux de l'accident. La décontamination des sols s'est terminée en 2017. Mélangés à des matières résiduelles fertilisantes (boues issues du traitement des eaux usées, poussières des cimenteries ou cendres de bois),

les sols traités ont servi à revégétaliser des montagnes de résidus miniers à Val-des-Sources (anciennement Asbestos) et à Thetford Mines.

Même la voie ferroviaire de contournement, longtemps réclamée, devrait finalement être construite sous peu à l'écart de la ville, afin que le train cesse de venir chaque jour narguer la population. Transports Canada a envoyé les premiers avis d'expropriation l'hiver dernier, non sans contestations quant au tracé final retenu. L'impact de la tragédie reste toutefois bien présent chez les Méganticois et Méganticoises, dont les souvenirs sont encore vifs.

Du côté de la Chaudière, conformément aux recommandations du Comité d'experts, le ministère de l'Environnement retournera cet été échantillonner les sédiments sur 130 stations couvrant les 80 premiers kilomètres de rivière pour la première fois depuis six ans. Les prélèvements de benthos (15 stations) et de poissons (10 stations) se concentreront dans le haut de la rivière, là où la situation était plus préoccupante. Les résultats seront rendus publics en 2024, le temps de mener les analyses et d'interpréter les données. Mais Michel Rousseau et David Berryman sont confiants.

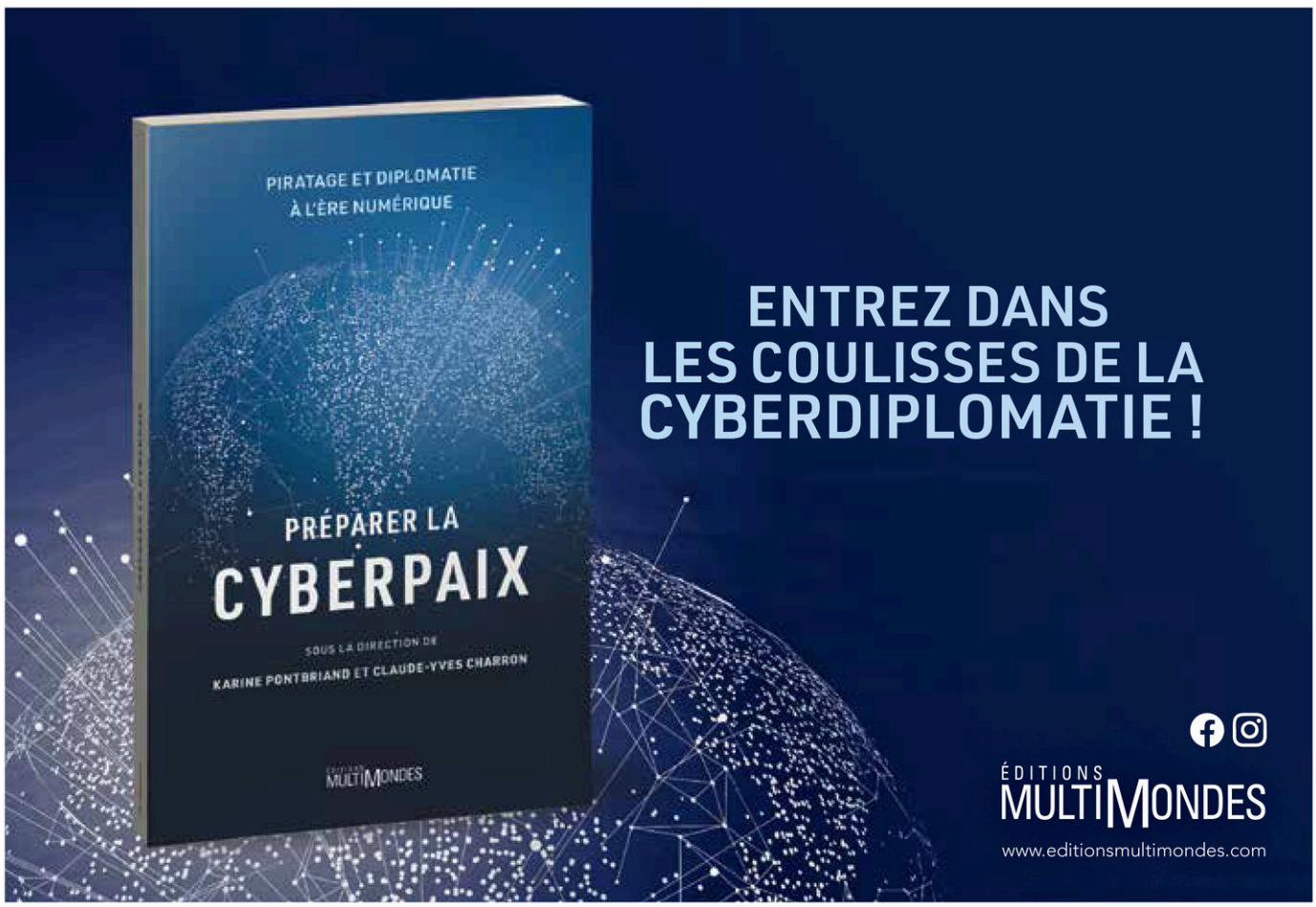
Même son de cloche du côté du COBARIC. « Je vais être curieuse de voir les résultats des échantillonnages de cet été. Mais nos suivis benthos des six dernières années indiquent une bonne qualité de l'eau », souligne Véronique Brochu.

Elle est davantage préoccupée par d'autres sujets, dont les espèces exotiques envahissantes, l'érosion des berges et le suivi des résidus de pesticides dans l'eau, qui n'est pas fait régulièrement par le Ministère, et qui coûte trop cher pour un petit organisme comme le sien.

Le lac Mégantic aussi est confronté à des problèmes qui n'ont rien à voir avec le drame, explique Robert Mercier. L'ex-directeur du Service de l'environnement de Lac-Mégantic, retraité depuis 2016, préside maintenant l'Association pour la protection du lac Mégantic et son bassin versant. « Les gens ont vu le lac en flammes, donc, dans l'esprit populaire, il est contaminé. On m'en parle encore régulièrement. »

Mais pour Robert Mercier, « la démonstration scientifique a été faite ». Deux études sont arrivées aux mêmes conclusions : le pétrole n'a touché qu'une petite portion du lac, et les dépassements observés pour quelques substances seraient plutôt dus au passé industriel de la ville. Bref, la priorité, c'est plutôt d'assurer la conservation des derniers espaces naturels autour du lac. Un travail de longue haleine, mené ici aussi avec des moyens modestes.

Car une fois les crises passées, il reste un défi plus subtil, mais tout de même colossal : celui de protéger nos lacs et nos rivières contre les menaces ordinaires. ●



Le cannabis médical dans L'IMPASSE

Alors qu'il est plus facile que jamais de se procurer un joint à la SQDC du coin, ça ne sent pas bon le printemps autour de la recherche sur le cannabis médical.

Par Maxime Bilodeau

ILLUSTRATIONS : SÉBASTIEN THIBAULT
DIRECTION ARTISTIQUE : SOPHIE BENMOUYAL

Tous les espoirs étaient permis en octobre 2018 : à la faveur de la légalisation du cannabis au Canada, la recherche clinique sur l'usage du produit à des fins médicales allait enfin pouvoir prendre son envol. Car même s'il se consomme du *pot* médical légalement depuis le début du millénaire au pays, la recherche avançait jusque-là à pas de tortue. Rien qui permette de convaincre le corps médical de le prescrire aux patients et patientes pour soulager leur douleur, leur insomnie ou réduire la fréquence de leurs crises d'épilepsie ! L'épais brouillard d'ignorance qui planait sur l'efficacité thérapeutique de *Cannabis sativa*, dont on consomme les fleurs et les feuilles séchées, la résine et l'huile depuis des millénaires, mais qui a été prohibée dès les années 1930, devait en principe se dissiper et laisser place à une nouvelle ère.

Près de cinq ans plus tard, force est de constater que le miracle se fait toujours attendre. La faute à un système réglementaire pour le moins paradoxal, dénoncent plusieurs scientifiques d'un océan à l'autre. Dans une lettre ouverte parue en 2022 dans *The Lancet Regional Health – Americas*, trois membres de la petite communauté de recherche sur le cannabis médical résument la situation. « Nous sommes confrontés au paradoxe d'un système réglementaire qui autorise l'accès au cannabis à des fins médicales depuis 2001, mais qui rend difficile l'analyse de son innocuité et de son efficacité parce qu'il dépend de l'industrie qui fournit le cannabis à des fins de recherche. » Santé Canada exige en effet que le cannabis à des fins de recherche et médical soit cultivé selon des normes de qualité plus sévères que celui qui est disponible, par exemple, pour toute personne âgée de 21 ans et plus à la Société québécoise du cannabis (SQDC).

Ce qui ne serait pas grave si l'industrie du cannabis approvisionnait les équipes de recherche en produits adéquats. Or, ce n'est pas le cas. « Plusieurs producteurs autorisés ont délaissé ce marché depuis 2018 parce qu'il est plus simple de produire du cannabis récréatif », déplore Lynda Balneaves, professeure au Collège de sciences infirmières de l'Université du Manitoba. C'est tout à leur avantage ; leurs produits récréatifs n'ont pas à passer au travers du processus standard d'approbation pour obtenir une autorisation d'usage médical, comme pour les médicaments. Pourquoi alors soutenir la recherche ?

Parlez-en à Lucile Rapin, gestionnaire de projets cliniques chez Santé Cannabis, un réseau de cliniques qui offre des services médicaux et de recherche sur le cannabis thérapeutique à Montréal et à Sherbrooke. Pour elle, le système actuel reflète les préjugés encore et toujours présents envers le produit. « Santé Canada exige que les



chercheurs et chercheuses qui étudient le cannabis obtiennent une licence de recherche pour en stocker. On ne voit pas ça avec l'alcool ni le tabac », qui sont les substances psychoactives les plus consommées au Québec, relève-t-elle.

Tous ces obstacles ont pour résultat de freiner net la recherche clinique sur le cannabis, qu'on peut fumer, manger, voire s'appliquer directement sur la peau par l'entremise de crèmes topiques, en plus d'en aspirer les vapeurs. Sur la vingtaine d'études cliniques canadiennes sur les traitements au cannabis répertoriées dans le registre en ligne ClinicalTrials.gov en mai dernier, seules 8 étaient terminées, tandis que 12 étaient en cours ou sur le point de débuter – les autres étaient suspendues, interrompues ou de statut inconnu. « Plusieurs études sont retardées par l'accès difficile à la substance et à des placebos », précise Lynda Balneaves.

Ce constat n'est pas propre au Canada ; la recherche sur l'efficacité du *pot* thérapeutique est rare à l'échelle du globe. En 2019, 2020 et 2021, seules 43 études cliniques portant sur le sujet ont été publiées dans le monde, selon la comptabilisation d'une équipe italienne. Un rapport de 2017 des Académies nationales des sciences, d'ingénierie et de médecine, aux États-Unis, fait d'ailleurs état des mêmes défis et barrières que chez nous. Dans les dizaines de pays où le cannabis médical est légal, les autorités devront assouplir le cadre réglementaire pour que la recherche clinique sorte de son impasse.

C'est ce que Santé Canada soutient avoir fait en décembre 2022. Des modifications apportées à la Loi sur le cannabis et à la réglementation connexe devraient accroître « l'accès à des fournitures pour la réalisation d'essais menés avec du cannabis », lit-on dans un communiqué de presse. Les effets sont toujours attendus.

DONNÉES TOUT SAUF PROBANTES

En attendant des jours meilleurs, il se publie tout de même de la littérature scientifique sur le cannabis à des fins thérapeutiques. Une étude récente menée à l'Institut de recherche du Centre universitaire de santé McGill auprès de 358 personnes indique que les différentes formes que peut prendre le cannabis médical seraient efficaces et sécuritaires, dans un contexte de thérapie complémentaire, pour réduire



ISRAËL, TERRE PROMISE DU CANNABIS MÉDICAL

On l'appelait le père de la recherche sur le cannabis. Avec raison : au cours de sa longue carrière scientifique, Raphael Mechoulam a tour à tour isolé et caractérisé la structure chimique du THC, mis en lumière l'intérêt du CBD pour traiter l'épilepsie et découvert le système responsable de la production d'endocannabinoïdes, ces molécules créées par notre organisme qui imitent en quelque sorte les effets du cannabis… Le chimiste israélien, mort à 92 ans, a contribué par ses travaux à propulser l'État hébreu à l'avant-garde du cannabis médical. Là-bas, plus de 70 000 personnes (sur une population de 9,6 millions) détiennent une autorisation médicale valide pour se procurer cet « or vert », lequel est au centre d'une industrie vigoureuse, qui a le plein soutien du gouvernement. « On doit la plupart des connaissances humaines et scientifiques sur le cannabis au professeur Mechoulam, a déclaré en mars dernier Asher Cohen, président de l'Université hébraïque de Jérusalem, dans un communiqué repris par le *New York Times*. Il a ouvert la voie à des études révolutionnaires et à maintes coopérations scientifiques dans le monde entier. »



la douleur et le recours aux opioïdes chez les patientes et patients atteints d'un cancer. Les produits offrant un équilibre entre les taux de cannabidiol (CBD) et de tétrahydrocannabinol (THC), les deux principales molécules actives, seraient les plus utiles.

La qualité des études sur le cannabis médical laisse toutefois souvent à désirer, explique Clermont Dionne, professeur à la Faculté de médecine de l'Université Laval, directeur du Département de médecine sociale et préventive de cette même faculté et coauteur d'une revue sur les utilisateurs et utilisatrices du produit contre la douleur chronique non cancéreuse, comme les lombalgies, parue en 2021 dans la revue savante *Journal of Cannabis Research*.

« Les résultats rapportés ici et là sont assez modestes, d'autant plus que les articles sont parsemés de biais méthodologiques », observe ce spécialiste de l'épidémiologie de la douleur musculosquelettique.

Les rares études randomisées contrôlées, l'étalon-or en recherche clinique, souffrent toutes des mêmes défauts. « La sélection des participants est problématique ; il est difficile de recruter des individus prêts à délaisser leur médication pour ne consommer que du cannabis pendant plusieurs mois, et ce, même s'ils en ressentent des effets délétères. On se retrouve donc souvent avec des échantillons de convenance, c'est-à-dire constitués d'utilisateurs de la substance. »

À la lumière de cet inventaire, Clermont Dionne et son équipe ont bâti un document de type « boîte à décision ». Le but : guider les médecins et leurs patients dans le choix de prescrire et de prendre ou non du cannabis médical contre la douleur chronique. On peut y lire que, sur 100 adultes qui vivent avec de la douleur chronique et qui prennent du cannabis médical, « 7 ressentent une diminution de l'intensité de la douleur », « 4 améliorent leur fonctionnement physique » et « 6 améliorent leur sommeil », non sans éprouver au passage quelques effets indésirables tels que vertiges (20 sur 100) et dépendance (20 sur 100 également). « Les avantages, lorsqu'il y en a, ne sont pas extraordinaires », tranche-t-il.

Ces constats sont généralisables aux autres états pathologiques pour lesquels le cannabis médical pourrait être utile. Qu'il soit question de douleurs et de spasmes musculaires associés à la sclérose en plaques, de nausées et de vomissements causés par la chimiothérapie ou d'épilepsie réfractaire aux traitements, Santé Canada évoque pour le moment des « données limitées » et des « preuves anecdotiques » qui « suggèrent » que le cannabis et certains cannabinoïdes (les molécules actives), comme le CBD et le THC, « sont associés à une certaine amélioration ». Bref, on sent une grande réserve.

« Le problème est que nous appliquons au cannabis médical la même logique que pour la molécule [le principe actif] d'un médicament, rétorque la chercheuse Lynda Balneaves. Ce faisant, nous oublions qu'il s'agit d'une substance végétale d'une très grande complexité. » *Cannabis sativa* contiendrait plus de 500 composés organiques différents, dont les cannabinoïdes, mais aussi les terpènes, responsables des arômes et des saveurs de la plante, et les flavonoïdes, auxquels on doit sa couleur. Par exemple, le nabilone, un médicament indiqué contre les nausées, est un delta-9-tétrahydrocannabinol synthétique, une molécule parmi les 500 de la plante entière.

C'est l'interaction, la synergie entre tous ces composés qui expliquerait l'efficacité thérapeutique du cannabis, non pas leur effet isolé. C'est du moins ce qu'indique la théorie de l'effet d'entourage décrite à la fin des années 1990 par le chimiste israélien Raphael Mechoulam, décédé en mars dernier. Si le tout est plus important que la somme des parties, il est normal que la recherche clinique, qui utilise souvent un seul composé, « soit tout sauf concluante dans son état actuel », pense Lucile Rapin, de Santé Cannabis, qui plaide par ailleurs pour que cette dernière prenne davantage en compte la souffrance des malades.

UN CHEMIN DE CROIX

Parce qu'au bout du compte, ce sont les malades qui pâtissent le plus de ce piétinement de la science, synonyme

ILLUSTRATION : SHUTTERSTOCK.COM



d'absence de données probantes claires quant à l'efficacité réelle du cannabis.

À cela s'ajoute le phénomène de l'automédicamentation. Un récent sondage pancanadien auquel ont participé près de 6000 personnes consommant du cannabis pour des raisons de santé brosse un portrait de leur réalité. On y apprend que plus de la moitié d'entre elles ont obtenu leur cannabis sans autorisation médicale, c'est-à-dire à la SQDC (ou son équivalent) du coin ou sur le marché noir. Au Canada, la loi prévoit pourtant qu'il faut s'approvisionner en cannabis médical auprès d'un vendeur agréé, ce qui implique de détenir une ordonnance délivrée par un médecin.

Cette automédication à grande échelle soulève des inquiétudes quant à l'innocuité et à l'efficacité de l'utilisation du cannabis médical, ainsi qu'aux risques pour la santé, souligne Lynda Balneaves, la chercheuse principale de l'étude. « On constate que ceux qui consomment du cannabis sans autorisation médicale dans notre échantillon se soignent essentiellement par essais et erreurs », dit-elle. Ces « cobayes » sont entre autres plus susceptibles de s'appuyer sur des sources d'information non fondées sur la science et de déclarer ne pas savoir quelle quantité de cannabis médical ils prennent réellement.

L'enquête révèle aussi que les individus disposant d'une autorisation médicale dépensent 25 % de plus que les autres pour se procurer le produit. Or, ces frais sont rarement pris en charge par une assurance privée ou un programme gouvernemental, comme celui de la Régie de l'assurance maladie du Québec ou d'Anciens Combattants Canada. « Cela peut représenter plus de 150 $ par mois à débourser de sa poche, indique Lucile Rapin. On comprend donc pourquoi plusieurs préfèrent se tourner vers d'autres solutions, comme des médicaments couverts par l'État. »

Flou scientifique oblige, obtenir une autorisation médicale ressemble par ailleurs à un chemin de croix. Parmi celles et ceux qui n'ont pas réussi à mettre la main sur le précieux sésame, le tiers ont échoué parce que leur médecin a refusé d'engager cette conversation, probablement à cause d'une préoccupation vis-à-vis des effets secondaires inhérents à l'usage du cannabis.

Pourtant, « le cannabis crée moins de dépendance que les opioïdes », avance la D^re^ Cecilia Costiniuk, professeure à la Faculté de médecine et des sciences de la santé de l'Université McGill.

Celle qui s'intéresse au cannabis thérapeutique depuis les débuts de l'épidémie de sida dans les années 1980 – « des victimes y recouraient pour combattre la douleur en fin de vie » – évoque le cas de Vancouver. « Les utilisateurs d'opioïdes, comme le fentanyl, qui utilisent le cannabis comme "béquille" semblent avoir de meilleurs taux d'adhésion aux programmes de désintoxication et de sevrage, note-t-elle. C'est un exemple où la littérature scientifique est encore pauvre en données probantes, mais où la réalité nous commande de garder l'esprit ouvert. »

Ce signal tant attendu pourrait être envoyé plus tôt que tard. Le gouvernement du Canada a amorcé l'automne dernier un examen consultatif de la Loi sur le cannabis afin de déterminer si la légalisation du *pot* répond bel et bien aux besoins et aux attentes des Canadiens et Canadiennes. L'exercice prévoit notamment de s'attarder aux effets de la légalisation et de la réglementation sur l'accès au cannabis à des fins médicales. Les épaisses volutes de fumée qui s'élèvent au-dessus du cannabis médical se dissiperont-elles ?

ILLUSTRATION : SÉBASTIEN THIBAULT

Les papillons mangent à midi

Le Grand Vivarium de l'Insectarium de Montréal est non seulement un lieu magnifique pour les touristes, mais aussi un laboratoire pour les scientifiques. Une première étude réalisée en ces lieux a été publiée.

Par Amandine Rossato



Les papillons aiment le nectar des plantes et les fruits, deux éléments abondants dans le Grand Vivarium.

PHOTOS : AMANDINE ROSSATO ; ANDRÉ-PHILIPPE DRAPEAU PICARD/ESPACE POUR LA VIE



Les papillons utilisent une trompe pour se nourrir. Ici, un spécimen du genre *Caligo* « casse la croûte ».



Plus de 3000 végétaux de 150 variétés différentes vivent dans le Grand Vivarium.

Papillons-chouettes, morphos bleus et machaons émeraude : les lépidoptères colorés volent de tous les côtés à travers la serre du Grand Vivarium, une pièce maîtresse du nouvel Insectarium de Montréal. Debout face à des plantes exotiques, le préposé aux renseignements entomologiques André-Philippe Drapeau Picard montre du doigt l'endroit où il se tenait pour étudier les papillons. Avec son stagiaire Federico Riva, il a réalisé la première étude dans le vivarium, avant même la réouverture de l'Insectarium, en avril 2022. Elle a permis de mettre en lumière le comportement alimentaire des papillons.

Le duo se positionnait à son poste d'observation plusieurs fois par jour pendant deux minutes. « On recensait tous les papillons présents dans la zone et ce qu'ils faisaient », explique-t-il.

Après avoir regardé 24 espèces différentes depuis quatre points d'observation pendant deux semaines, ils ont remarqué que, dans un milieu fermé, les papillons se nourrissaient essentiellement aux alentours de midi, indépendamment de la température de la serre et du niveau d'ensoleillement.

Pour le chercheur, c'est une preuve de plus que ces insectes ont un rythme circadien, comme l'indique l'article scientifique publié dans la revue *Biology Letters* en mars dernier. Une horloge interne qui serait très ancienne, puisqu'elle est observée chez les différentes espèces venant de plusieurs familles et de plusieurs régions dans le monde.

André-Philippe Drapeau Picard émet l'hypothèse que la production de nectar est plus forte autour de midi. Il pense que manger à la même heure pourrait limiter les risques pour les papillons de se faire attraper par un prédateur.

PLUS QU'UN MUSÉE

Plus qu'une découverte, cette étude est une preuve de la qualité des installations. « Elle démontre que le musée est un outil éducatif, mais aussi un lieu de recherche. Nous pouvons tester des hypothèses ici et comprendre le comportement des espèces », se réjouit le scientifique.

Si l'étude a été faite en milieu fermé, donc dans des conditions non naturelles, le chercheur a confiance en ses résultats. « Nous assumons le fait que l'étude est menée dans un milieu sans prédateurs, et avec très peu de variations de conditions, comme la température ou l'humidité. Mais nos conclusions restent valides selon moi. »

Pour Samuel Pinna, enseignant en entomologie au Cégep de la Gaspésie et des Îles, des recherches dans des milieux fermés ont de nombreux avantages. « Elles permettent d'enlever le "bruit statistique". Ça veut dire qu'elles mettent en lumière des phénomènes plus difficilement observables dans la nature en simplifiant le réel. »

Le coordonnateur de la collection entomologique de l'Université de Montréal, Étienne Normandin-Leclerc, met toutefois en garde contre l'extrapolation trop rapide des recherches. « Beaucoup de variables n'ont pas été prises en compte, ce qui ne permet pas de dire que les papillons réagiront de la même façon dans la nature. »

PROCHAINES ÉTUDES

Pour l'Insectarium, cette étude n'est que la première d'une longue série. « À l'avenir, nous aimerions impliquer le public dans nos recherches », ajoute André-Philippe Drapeau Picard. Pour ce faire, il souhaite utiliser l'application mobile qui accompagne les visiteurs et visiteuses, et en particulier les photos prises avec l'outil de reconnaissance des insectes.

Certains papillons ont des étiquettes avec des numéros uniques sur les ailes, ce qui conduira à une identification individuelle. Ces observations permettront notamment d'en apprendre plus sur la longévité des différentes espèces du Grand Vivarium. « Nous pourrons aussi tester des hypothèses. Par exemple, je pense que les papillons, proies à l'origine, s'habituent à la présence humaine », explique le scientifique. En guise de démonstration, il approche rapidement sa main d'un papillon jusqu'à le frôler. Ce dernier ne bouge pas d'un millimètre !

Pour Étienne Normandin-Leclerc, il faut garder en tête que les touristes prendront plus de photos des papillons les plus visibles. Les scientifiques devront donc attendre de récolter une grande quantité de données pour avoir un portrait plus complet. Mais, pour l'entomologiste, c'est clair : « le public est une source sous-utilisée pour récolter des données ».

Chose certaine, on saura où trouver les papillons à l'heure du dîner ! ●

PHOTOS : ALEXANDRE ROBERTSON-DUFOUR/ESPACE POUR LA VIE ; JAMES BRITTAIN

LA FABRIQUE À MOUSTIQUES

Pour faire barrage à plusieurs maladies tropicales, une stratégie étonnante est testée en Colombie : lâcher dans la nature des moustiques incapables de transmettre des virus. Miracle ou mirage ?

Par Marine Corniou, à Medellín

À l'odeur, on pourrait se croire dans une usine de transformation de poissons. Pourtant, ce qu'on fabrique ici n'est pas destiné à la consommation humaine. En fait, c'est plutôt l'inverse : pour les 40 millions de moustiques qui sont « produits » chaque semaine dans ce bâtiment en briques de la ville de Medellín, en Colombie, ce sont les humains qui constituent autant de repas potentiels.

Les couloirs immaculés sont rassurants : les insectes sont enfermés hermétiquement dans des cages en moustiquaire – on n'en croisera que trois ou quatre ayant réussi à s'échapper. Quelques milliers d'entre eux sont toutefois relâchés délibérément chaque semaine dans plusieurs villes du pays. Car il ne s'agit pas de moustiques ordinaires : les scientifiques du World Mosquito Program (WMP) ont pris soin de leur injecter une petite bactérie, nommée *Wolbachia*, qui les rend incapables de transmettre des virus aux humains. Une fois dehors, ils se reproduisent avec leurs cousins sauvages et lèguent à leur descendance la bactérie protectrice.

Lancée en Australie en 2011 par l'Université Monash, cette expérience grandeur nature, implantée aujourd'hui dans 12 pays, vise ainsi à transformer les *Aedes aegypti* locaux, ennemis publics notoires, en véritables alliés de la santé. En bref, les « nouveaux » moustiques, élevés dans la bio-usine, peuvent toujours piquer les humains, les empêcher de dormir, mais pas les envoyer à l'hôpital. Et c'est ici, en Colombie, que le programme à but non lucratif teste son approche à la plus grande échelle.

L'objectif : infléchir l'incidence de la dengue, une infection virale qui peut provoquer fièvre, douleurs osseuses et articulaires, et parfois complications hémorragiques. Transmise par l'omniprésent *Aedes aegypti*, que l'on trouve même à 2300 m d'altitude, cette maladie menace la moitié de la population colombienne. Avec ses 3,5 millions d'habitants, l'agglomération tentaculaire de Medellín était un terrain de choix pour le WMP. La dengue y est considérée comme « hyperendémique », causant des flambées tous les trois ans environ. Dans les faubourgs surpeuplés, son environnement de prédilection, le moustique à pois blancs est partout. Et les virus montent à bord de l'insecte comme ils monteraient dans un bus, passant d'une personne infectée à l'autre au gré des piqûres.

La Colombie constitue un laboratoire à ciel ouvert pour freiner la catastrophe annoncée par *Aedes aegypti*, l'une des espèces les plus invasives au monde. Son aire de répartition ne cesse de s'étendre, à la faveur des changements climatiques et de l'urbanisation galopante. D'ici 2050, on comptera plus de 30 mégalopoles dans les zones tropicales : autant de bastions où il risque de propager fièvre et frissons.

En Colombie, les premiers lâchers d'insectes « trafiqués » ont eu lieu à Bello, une commune adjacente à Medellín, en 2015. Puis, entre 2017 et 2020, plus de 88 millions de moustiques colonisés par *Wolbachia* ont été libérés dans toute l'agglomération.

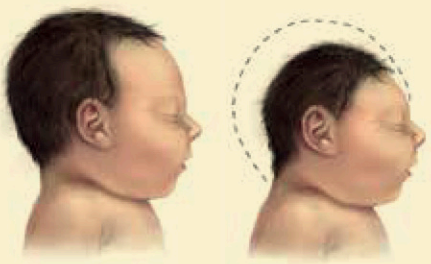
En quelques mois, à raison d'une vingtaine de lâchers hebdomadaires dans les quartiers ciblés, les moustiques inoffensifs sont devenus majoritaires (*Wolbachia* y est désormais présente chez 60 % à 80 % des *Aedes aegypti*, selon l'équipe du WMP).

Les premiers résultats annoncés par le WMP, pas encore publiés, sont spectaculaires : l'incidence de la dengue à Medellín aurait diminué de 94 % depuis l'introduction de ces moustiques complices, par rapport à ce qui était observé avant l'expérience ! Il n'y a jamais eu aussi peu de

PHOTO : WORLD MOSQUITO PROGRAM



Chaque semaine, 40 millions de moustiques infectés par la bactérie *Wolbachia* sont produits dans la « bio-usine » du World Mosquito Program. Une fois dans la nature, *Wolbachia* se propage rapidement dans la population de moustiques sauvages et s'y maintient pendant des années.



ZIKA : DES TROUBLES NEUROLOGIQUES CACHÉS ?

Quand l'épidémie de Zika a éclaté en Colombie, en 2016, la neurologue Sarah Mulkey, spécialiste en pédiatrie prénatale et néonatale à l'Université George Washington, dans la capitale américaine, n'a pas perdu de temps. Aidée par un collègue dont le père est médecin en Colombie, la chercheuse s'est rendue sur la côte caraïbe du pays pour y recruter 80 femmes enceintes ayant contracté le virus pendant leur grossesse. Elle souhaitait déceler d'éventuels effets à long terme du virus sur le développement neurologique des enfants exposés *in utero*.

Dès l'automne 2015, la multiplication au Brésil des cas de nourrissons nés avec une microcéphalie avait alerté les autorités quant aux risques de malformation associés au virus Zika. Pour des raisons inexpliquées, les microcéphalies en Colombie ont été proportionnellement beaucoup moins nombreuses qu'au Brésil. « Dans notre cohorte, aucun bébé n'avait de problème apparent. Nous avons évalué leur développement à plusieurs moments, notamment à 18 mois, à 5 ans et à 7 ans », explique la chercheuse, qui vient de rentrer de Colombie pour cette dernière évaluation.

Ses plus récents résultats, publiés en 2022 dans *Pediatric Research*, sèment un doute. « Les enfants dont les mères ont eu le Zika semblent avoir plus de difficultés au niveau du contrôle de l'humeur, du comportement et de l'organisation que les enfants du groupe témoin nés avant le Zika », explique-t-elle.

Même si les différences sont subtiles, elles soulignent l'importance d'étudier de près les conséquences neurologiques des infections virales. « Ce qui s'est passé avec le Zika nous a conduits à être plus réactifs et à nous intéresser sans attendre aux enfants ayant été exposés au SRAS-CoV-2 pendant la grossesse », indique-t-elle. Un suivi qu'il faudra poursuivre au moins jusqu'à l'entrée à l'école des « bébés COVID ».

cas de dengue qu'en 2020, 2021 et 2022. Un miracle ou presque, alors que l'Amérique latine a enregistré un doublement des cas entre 2021 et 2022. Au premier trimestre de 2023, on déplorait déjà plus de 340 000 infections et 86 décès sur le continent, selon l'Organisation mondiale de la santé (OMS).

Trois virus pour le prix d'un

Iván Darío Vélez, médecin et directeur du WMP en Colombie, espère que l'arrivée des moustiques *Wolbachia* fera d'une pierre… trois coups, en prévenant aussi la résurgence du chikungunya et du virus Zika, également transmis par *Aedes aegypti*. Après leur arrivée fracassante en Colombie en 2014 et en 2015, touchant des milliers de personnes, ces affections ne demandent qu'à revenir en force, puisqu'elles continuent à circuler à bas bruit chez les moustiques du coin. Elles causent des symptômes semblables à ceux de la dengue, mais le Zika comporte un risque supplémentaire : s'il infecte une femme enceinte, il peut causer des malformations graves chez le fœtus, dont une microcéphalie, soit une tête anormalement petite (voir encadré ci-contre).

Si la crise du Zika s'est éteinte il y a 6 ans aussi brutalement qu'elle a commencé, elle n'était probablement qu'un prélude à une succession d'épidémies. « Le risque de résurgence augmente, prévient Iván Darío Vélez. Ces dernières années, beaucoup de personnes ont migré des campagnes vers les centres urbains, là où sévit *Aedes aegypti*. La plupart n'ont encore jamais été exposées au virus. Quant à l'immunité du reste de la population urbaine, elle va forcément baisser au fil du temps. Pour l'instant, il y a très peu de cas de Zika, mais on s'attend à un retour du chikungunya, vu l'épidémie en cours au Paraguay et au Brésil. » La menace est réelle : les cas de « chik » étaient quatre fois plus nombreux sur le continent américain au premier trimestre 2023 que pour la même période en 2022.

Hélas, la pandémie de COVID-19 a relégué au second plan ces maladies déjà considérées par l'OMS comme négligées, freinant les scientifiques dans leurs recherches. Pour le Dr Vélez, expert de longue date des maladies tropicales, l'introduction des « moustiques *Wolbachia* » est salutaire. « Nous n'avons toujours pas de vaccins ni de médicaments contre ces maladies virales, et tout ce qu'on avait jusqu'ici, c'était des insecticides auxquels les moustiques deviennent de plus en plus résistants », explique celui qui est aussi chercheur au Programme d'étude et de contrôle des maladies tropicales, à l'Université d'Antioquia. En outre, les pulvérisations chimiques sont discutables sur les plans sanitaire et environnemental.

Quant à la bactérie utilisée pour rendre les moustiques incapables de transmettre les virus, elle semble sans risque. Contrairement à d'autres expériences menées ailleurs dans le monde qui visent à modifier génétiquement des moustiques et à les rendre stériles, l'approche du WMP ne perturbe pas les écosystèmes. Le but n'est pas de faire disparaître l'insecte, mais juste de lui substituer une version moins nuisible. « *Wolbachia* infecte déjà naturellement 50 % des espèces d'insectes, mais pas *Aedes aegypti*. En lui injectant la bactérie, on pratique le contrôle biologique sans risque pour les humains, puisque *Wolbachia* n'infecte que des cellules d'insecte », dit-il. Plusieurs mécanismes expliquent l'effet antiviral de la bactérie, parmi lesquels l'activation du système immunitaire des insectes.

Une usine hors du commun

L'usine de moustiques de WMP – la plus grosse du monde, même si elle a plutôt la taille d'un modeste laboratoire – expédie désormais ses protégés à Cali, la troisième ville de Colombie, après Bogotá et Medellín. Les adultes voyagent dans des boîtes ou des bouteilles en plastique. Ils sont libérés par des volontaires à pied ou à moto (et bientôt par des drones), qui sillonnent les quartiers cibles.

Dans une des salles, de petites gélules grises, semblables à des médicaments, reposent sur un comptoir.

ILLUSTRATION : WIKIMEDIA COMMONS

Gélules contenant des œufs de « moustiques *Wolbachia* » à disséminer.

Du sang humain est fourni aux colonies pour nourrir les femelles.

Plusieurs millions d'œufs sont récoltés chaque semaine ; ils sont tous infectés par *Wolbachia*. En effet, les mâles infectés ne peuvent avoir de descendance qu'avec des femelles infectées.

Aedes aegypti. La femelle, à gauche, a une trompe qui lui permet de piquer – et de transmettre des virus.

Les larves éclosent dans de l'eau stagnante dans une salle à 28 °C. Elles consomment de la nourriture à base de poisson.

PHOTOS : MARINE CORNIOU ; ANA CRISTINA OCHOA ; WORLD MOSQUITO PROGRAM

DIAGNOSTIC RAPIDE : UNE URGENCE !

Jahir Orozco branche un petit objet noir duquel dépasse une bandelette directement sur son cellulaire. « C'est portable et donc utilisable partout ! » se réjouit le directeur du groupe Max Planck en nanobioingénierie de l'Université d'Antioquia. Ce prototype, mis au point par son équipe, permet de détecter en quelques minutes la présence du virus Zika dans le sang, l'urine ou la salive, et d'ainsi différencier la maladie de la dengue. L'ARN du virus s'attache, sur la bandelette, à des fragments d'ARN fixes caractéristiques du Zika, ce qui entraîne la production d'un signal électrique attestant de la présence du pathogène.

L'appareil n'a l'air de rien, mais il pourrait changer la donne en cas de retour du virus. Car contrairement à la COVID-19, aucun test diagnostique rapide n'existe encore pour la dengue, le Zika et le chikungunya.

Certes, il est possible de faire des tests PCR, mais ils sont loin d'être systématiques en Colombie. Et quand les malades se présentent après quelques jours de fièvre, il est en général trop tard pour que le test soit concluant. « Le diagnostic est surtout basé sur les symptômes, mais ces trois affections se ressemblent. En ce moment, on catégorise les cas de fièvre comme "dengue", mais on pourrait passer à côté d'un cas de Zika ou de chikungunya », rapporte Iván Darío Vélez, médecin et chercheur au Programme d'étude et de contrôle des maladies tropicales à Medellín.

Le brusque déclin des cas de Zika en 2017 en Colombie a toutefois empêché l'équipe de mener de larges essais cliniques pour valider l'outil. « On a conçu des bandelettes pour détecter le SRAS-CoV-2 à la place. L'intérêt de la technique est qu'elle est adaptable, explique le chimiste. Nous comptons bientôt fabriquer nous-mêmes les puces pour être indépendants et passer à une échelle commerciale. »

Et mettre au point des tests diagnostiques rapidement, pour n'importe quel virus connu ou émergent.



Le quartier de San Javier, survolé par le Metrocable

« À l'intérieur, il y a des œufs de moustiques infectés par *Wolbachia* et des nutriments. Dans les zones difficiles d'accès, on peut lancer ces gélules dans des flaques ou des points d'eau plutôt que des moustiques adultes », explique la biologiste Viviana Vélez, qui veille au bon fonctionnement de la production.

Elle déambule à côté d'une douzaine de cages d'environ un mètre cube dans lesquelles volettent des milliers de moustiques. Sur les moustiquaires, de larges taches de sang séché rappellent que les femelles ont besoin d'un repas de sang pour pondre. Or *Aedes aegypti* ne se nourrit que de sang humain – aucun autre mammifère ne ferait l'affaire. « On pose sur les cages des poches [impropres à la transfusion] fournies par la banque de sang colombienne, et on chauffe ces poches pour leurrer les femelles », reprend notre guide. Les femelles insèrent leur trompe à travers les sacs pour se nourrir. Les mâles préfèrent l'eau sucrée.

Ces adultes captifs engendrent chaque semaine des millions d'œufs noirs, qui sont récupérés et mis à sécher sur des bandelettes de papier pour être comptés. Ils sont ensuite plongés dans l'eau, dans des bacs en plastique, dans la « pouponnière », où l'air est chaud et humide. En deux à trois heures, les minuscules œufs éclosent, comme en témoignent les points sombres qui s'agitent dans l'eau croupie. Les larves grandissent pendant une semaine, se nourrissant de chair de poisson (d'où l'odeur !) jusqu'à atteindre la taille d'un petit ver. Lorsqu'elles s'immobilisent sous la surface de l'eau, au stade de pupe, les femelles, plus grosses, sont séparées des mâles avec un tamis. Cela permet à l'équipe d'optimiser la répartition dans les cages pour avoir plus de femelles dans la colonie d'une part, et de mieux contrôler les lâchers d'autre part. « On fait des contrôles à tous les stades pour s'assurer que *Wolbachia* est toujours là », précise Viviana Vélez.

Le quartier de San Javier, à l'ouest de Medellín, est l'un des derniers à avoir été « ensemencés » par le WMP, début 2019. Dans ce *barrio* populaire, les maisonnettes en briques ou en planches de bois semblent s'empiler à flanc de montagne. Les rues, souvent trop étroites pour laisser passer des voitures, alternent avec des escaliers à pic. Pour désenclaver ces zones défavorisées, un téléphérique (le Metrocable) a été construit dans les années 2000. En survolant les toits de tôle, lestés par de grosses pierres pour les jours de vent, on aperçoit des flaques et des récipients en plastique encore humides de la dernière

PHOTO : MARINE CYGLER

ENFIN UN VACCIN CONVAINCANT CONTRE LA DENGUE

Les premières tentatives de vaccin anti-dengue datent des années 1930. Il aura donc fallu près d'un siècle pour mettre au point un vaccin efficace, qui vient d'être approuvé au Brésil, en Indonésie et dans l'Union européenne. La Colombie devrait leur emboîter le pas et approuver le nouveau vaccin de l'entreprise pharmaceutique japonaise Takeda, qui promet de diminuer de 61 % les infections et de 85 % les cas graves, selon les résultats de l'essai de phase III annoncés en juin 2022.

Si la mission a été si complexe, c'est entre autres parce que le virus de la dengue circule sous quatre formes, aussi appelées sérotypes, qu'il faut cibler d'un seul coup. C'est d'ailleurs ce qui rend les épidémies si fréquentes : les personnes peuvent être infectées tour à tour par chacun des sérotypes, et les symptômes sont en général pires lors des infections subséquentes.

pluie. Des lieux de ponte de rêve pour *Aedes aegypti*… En partie en raison de pratiques inadéquates de stockage de l'eau, les maladies transmises par les moustiques sont plus présentes dans les quartiers à faible statut socio-économique.

Comme partout où le WMP a libéré des insectes, des réunions d'information ont été organisées au préalable auprès des groupes communautaires de San Javier et des écoles. « On a un taux d'acceptation sociale de plus de 95 % dans tous les quartiers », affirme Iván Darío Vélez. Les élèves sensibilisés deviennent des « Wolbiamigos », amis des *Wolbachia*.

Conflit d'approches

Le projet irrite manifestement Raúl Rojo, le coordinateur du programme de contrôle des vecteurs au Secrétariat de la santé de Medellín. « Je suis l'un des plus grands détracteurs de *Wolbachia* », lance-t-il dans son bureau vitré de la mairie, d'où la vue sur les montagnes est imprenable.

Ce spécialiste de santé publique a consacré sa carrière à expliquer aux gens que les moustiques étaient dangereux et qu'il fallait éliminer les lieux de ponte : déchets, récipients, pneus et tout ce qui peut contenir de l'eau stagnante. Avec son discours à contre-pied sur les « gentils moustiques », le WMP sème la confusion, estime-t-il.

Raúl Rojo attribue plutôt la baisse de l'incidence de la dengue au programme de surveillance des moustiques mis en place par la municipalité, le « plus complet et le plus innovant » du pays. « Toutes les villes colombiennes suivent les lignes directrices de l'Organisation panaméricaine de la santé. Cela consiste à déclarer et à comptabiliser les cas de dengue, et à surveiller les populations de vecteurs », explique Raúl Rojo.

Mais cette stratégie est insuffisante : lorsqu'il y a une éclosion de cas, il est trop tard – le virus étant alors déjà très répandu chez les insectes. « À Medellín, depuis 2015, nous effectuons en plus une surveillance virologique chez les moustiques. Nous en capturons plusieurs milliers par année, dans les maisons, pour rechercher la présence des virus. Cela nous permet de repérer les risques d'éclosion 45 jours avant que les cas commencent à se multiplier ; ainsi, nous pouvons faire des pulvérisations ciblées d'insecticide en amont. » L'idée est de tuer les épidémies dans l'œuf.

Hors pandémie de COVID-19, environ 10 000 visites annuelles à domicile sont effectuées par le personnel municipal ou des prestataires pour capturer les indésirables avec des aspirateurs et les soumettre à une analyse PCR pour détecter les pathogènes. Si le taux de positivité à l'un des trois virus dépasse un certain seuil, la zone est pulvérisée. L'équipe de Raúl Rojo forme elle aussi de jeunes élèves, par le biais de jeux, de chansons et d'exposés, pour créer des « comités anti-dengue » et inciter la population à éliminer les sites propices aux larves. Les campagnes de sensibilisation impliquent aussi des adultes de la communauté.

La dynamique naturelle de la maladie, mal comprise, pourrait aussi expliquer le faible nombre de cas, estime Raúl Rojo. « Dans des villes voisines comme Envigado, où *Wolbachia* n'a pas été introduite, les cas de dengue ont chuté aussi. C'est donc difficile d'attribuer le succès actuel à la bactérie », observe-t-il.

Catalina Alfonso-Parra, microbiologiste à l'Institut colombien de médecine tropicale et spécialiste d'*Aedes*, livre ses doutes. « La communauté scientifique est critique parce qu'il n'y a pas eu d'article publié, révisé par les pairs, portant sur l'essai de Colombie. Les lâchers préliminaires à Bello ont eu lieu il y a 7 ans. Et depuis, aucune donnée n'a été rendue publique ! C'est peut-être efficace, je ne dis pas le contraire, mais montrez-nous la méthodologie et les analyses ! » s'exclame-t-elle.

Du côté du WMP, on promet une publication dans les mois à venir, comparant trois quartiers sans intervention à trois où ont eu lieu les lâchers. Pour l'instant, la référence du programme est un essai mené en Indonésie qui a fait l'objet d'une publication en 2021, dans le *New England Journal of Medicine*. Il montre une réduction de l'incidence de la dengue de 77 % et des hospitalisations de 86 %. Quant au nord de l'Australie, premier site de test, il a été déclaré en 2019 exempt de dengue pour la première fois en un siècle. Encourageant !

Pour le Dr Vélez, ces guerres de clocher n'ont pas lieu d'être. Contre *Aedes aegypti*, mieux vaut multiplier les armes, dit-il, et une stratégie n'empêche pas l'autre. María Cristina Carrasquilla Ferro, entomologiste à l'Université des Andes à Bogota, est du même avis. « La stratégie *Wolbachia* est très prometteuse. Mais pour lutter contre les maladies transmises par des moustiques, une seule solution n'est jamais suffisante. Il faut continuer à contrôler les sites de ponte et à éduquer la population. »

L'arrivée récente d'un nouveau « véhicule à virus », le moustique *Aedes albopictus*, inquiète aussi les autorités locales. « Nous l'avons détecté pour la première fois dans la ville en 2011, indique Raúl Rojo, qui surveille sa présence grâce à plus de 400 pièges à œufs, répartis aux quatre coins de la ville. Depuis, il s'est rapidement répandu… il prédomine même dans certains quartiers. Il est de plus en plus souvent porteur de virus, et il n'est pas visé par le WMP. » Si *aegypti* se contente des zones tropicales, *albopictus*, lui, a déjà été détecté en Ontario et pourrait même s'établir pour de bon au Canada d'ici 2040, selon certains modèles.

Les virus, eux aussi, profitent de cette expansion. « La dengue est la maladie transmise par des moustiques qui croît le plus rapidement dans le monde, expose Bryan Callahan, directeur des affaires publiques du WMP. Son incidence a augmenté de 3000 % depuis 1970 ! On déplore 400 millions de cas par an, dans 129 pays. Et on considère que la moitié de la population mondiale est désormais à risque. » Même l'Europe se prépare ; le sud de la France est depuis peu le théâtre de cas de dengue attrapée sur place, et des éclosions de chikungunya ont déjà eu lieu en Italie.

L'expérience colombienne a en tout cas convaincu le Brésil, qui affiche le plus grand nombre de cas de dengue au monde. Le WMP s'apprête à y construire une usine qui produira dès 2024 jusqu'à 5 milliards de moustiques bienveillants par an ! Le but est de protéger 70 millions de personnes en zone urbaine. « *Wolbachia* s'autofinance : pour chaque dollar investi, on estime qu'il y a un retour de 5,61 $ en 10 ans en frais de santé publique », soutient Bryan Callahan.

Une chose est sûre : l'initiative vrombissante du WMP a le mérite d'attirer l'attention sur ces maladies qui progressent de façon alarmante. En parallèle, d'autres efforts de recherche commencent à porter leurs fruits. Un vaccin contre la dengue devrait être approuvé sous peu en Colombie. Et l'équipe d'Iván Darío Vélez est prête à tout moment à tester un vaccin à ARN expérimental contre le Zika, mis au point à l'Université du Wisconsin, aux États-Unis. On espère aussi que des traitements antiviraux, en cours de développement, viendront prêter main-forte aux équipes médicales.

Dans les laboratoires du WMP, la certitude de faire œuvre utile se lit sur tous les visages. Tout le monde connaît de près ou de loin les effets de la dengue, qui a longtemps fait partie du paysage. Alors, si une petite bactérie peut limiter les dégâts de l'insatiable *Aedes aegypti*, cela vaut sans doute le coup d'essayer.

Ce reportage a été produit grâce à une bourse du Fonds québécois en journalisme international.



CETTE LIMACE QUI VEUT CONQUÉRIR LE MONDE



Une nouvelle étude de l'Université de Montréal fait état de la première mention au Québec de la limace *Arion vulgaris*, l'une des espèces les plus envahissantes d'Europe.

Par Mélissa Khadra

Pour Érik L'Heureux, doctorant en sciences biologiques à l'Université de Montréal, les limaces sont beaucoup plus qu'un sujet de thèse. Elles sont une vraie passion. Si bien que ses proches lui envoient régulièrement des photos des limaces qu'ils croisent sur leur chemin.

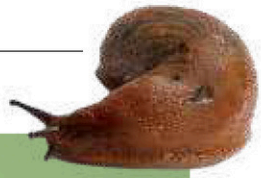
Le 25 août 2021, il a reçu une photo qui allait changer le cours de sa carrière. Il a tout de suite compris qu'il avait affaire à un spécimen différent des autres, par sa grande taille et sa coloration atypique brun-orangé. Intrigué, il demande à sa collègue, qui a pris la photo au parc linéaire de la Rivière-Saint-Charles, à Québec, de lui rapporter quelques spécimens.

Plusieurs heures de dissection et d'analyses génétiques plus tard, le verdict tombe : il s'agit bien d'*Arion vulgaris*, l'une des 100 espèces les plus envahissantes d'Europe. Cette découverte, inédite au Québec, a fait l'objet d'une publication début 2023 dans *BioInvasions Records*. Il s'agit de la troisième mention de cette espèce en Amérique du Nord – elle a été découverte en Ontario en 2018 et au Mexique en 2021.

« L'introduction d'*Arion vulgaris* est une mauvaise nouvelle », soutient Érik L'Heureux. Probablement originaire de France, cette limace cause des ravages dans la plupart des pays de l'Union européenne depuis de nombreuses années.

Comme toutes les espèces envahissantes, elle est une menace pour la biodiversité. Mais elle incarne surtout un cauchemar pour le secteur agricole. « Elle a beaucoup d'impacts sur les cultures, principalement au moment de la germination des graines », explique Xavier Cucherat, un spécialiste des mollusques et de la taxonomie des limaces qui a fondé

PHOTOS : SHUTTERSTOCK.COM ; MENEER ZJEROEN/WIKIMEDIA COMMONS



en 2018 sa propre firme de consultation en biologie, Arion.idé, en France. « Dans certains cas, des parties entières de champs peuvent être détruites », ajoute-t-il.

Une étude suédoise a estimé que les tentatives de contrôle d'*Arion vulgaris* et les pertes de culture qui lui sont imputables ont engendré en 2006 des coûts variant entre 6 et 60 millions de dollars canadiens.

Mais ce n'est pas tout. Selon une étude parue en 2020, cette espèce a tendance à être davantage colonisée par certains parasites que les espèces locales. Elle serait notamment un hôte intermédiaire pour des nématodes qui causent des problèmes cardiorespiratoires chez les chiens et les renards.

UNE LIMACE QUI SE DÉMARQUE

Comment cet indésirable s'est-il retrouvé au Québec ? Nul ne le sait. Mais *Arion vulgaris* aime voyager, et elle est facilement introduite par le transport de matériaux ou de végétaux, note Xavier Cucherat. C'est une espèce qui préfère les milieux anthropisés, comme les jardins, les friches et les terrains agricoles, aux milieux naturels.

Bien que l'on ne puisse pas affirmer avec certitude qu'*Arion vulgaris* a le potentiel de faire autant de ravages au Québec qu'en Europe, son caractère invasif est bien documenté. Il est lié à plusieurs facteurs. D'abord, l'espèce est très prolifique : elle se reproduit à une vitesse très élevée. Puisqu'elle est hermaphrodite, lors de la copulation, les deux individus peuvent aussi se féconder mutuellement. Chacun d'entre eux pourra pondre de 200 à 400 œufs par an. Une densité impressionnante de 65 individus par mètre carré a déjà été observée dans des jardins en Pologne, en 2007.

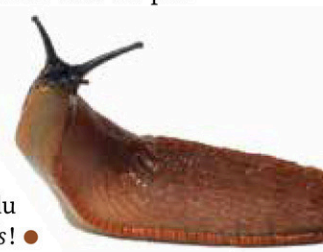
Arion vulgaris présente également une grande mobilité et une capacité à résister aux conditions environnementales défavorables. Elle est grande (jusqu'à 15 cm) et a la capacité de se nourrir d'une large gamme de plantes. Résultat : elle peut coloniser rapidement un nouveau territoire. Ainsi, une première limace *Arion vulgaris* a été aperçue en Norvège en 1988. Quelque 20 ans plus tard, l'espèce s'était établie dans 192 municipalités du pays, indique un article scientifique paru dans *Fauna norvegica*.

Érik L'Heureux se félicite toutefois de la détection précoce du mollusque au Québec. Il travaille déjà à la mise en place d'un plan d'intervention qui permettrait de limiter l'invasion, avec Guillaume Auclair, directeur des opérations à la Société de la Rivière-Saint-Charles, et Mustapha Ramdani, conseiller en environnement à la Ville de Québec. Les deux ont pris la découverte d'*Arion vulgaris* très au sérieux.

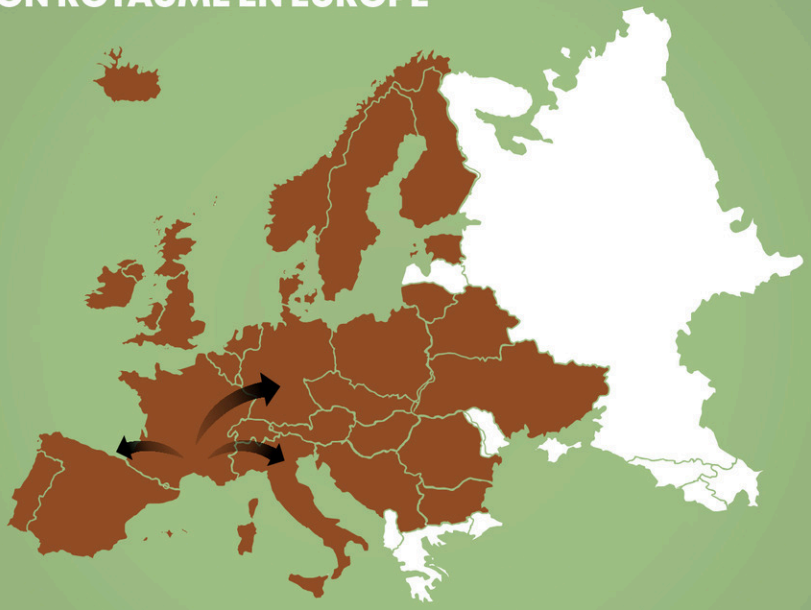
L'équipe de la Société de la Rivière Saint-Charles s'affairera, au cours des prochaines semaines, à faire un inventaire du nombre d'individus et à déterminer leur zone de distribution. Des dizaines de spécimens ont déjà été observés, dont certains en copulation, ce qui indique que l'espèce est bien établie. « Il est encore temps de faire une intervention fructueuse », estime Guillaume Auclair.

Pour le moment, selon Mustapha Ramdani, le problème est surtout esthétique : le parc linéaire est très achalandé, et les limaces dérangent le public qui emprunte les sentiers. Le conseiller en environnement souligne l'importance d'obtenir une aide financière de la part des gouvernements fédéral et provincial. Malheureusement, les limaces ne semblent pas préoccuper les autorités autant que d'autres espèces envahissantes, comme le roseau commun.

Leur complexité y est peut-être pour quelque chose. S'il est aisé pour quiconque d'identifier les oiseaux ou les papillons, l'identification des limaces requiert des analyses génétiques et des dissections, comme en témoigne le cas de la photo envoyée à Érik L'Heureux. Même dans la littérature scientifique, les limaces sont souvent mal ou pas du tout identifiées. De là l'importance de la passion unique d'Érik L'Heureux. Plusieurs devront compter sur lui pour freiner la conquête du monde d'*Arion vulgaris* !



SON ROYAUME EN EUROPE



Depuis les années 1950, *Arion vulgaris* étend son territoire. Elle est présente à différents degrés dans les pays en marron sur cette carte. La limace a également été aperçue en Russie ces dernières années, ainsi qu'au Mexique et au Canada. Elle aime coloniser des environnements perturbés par l'humain et peut s'hybrider avec des espèces locales.

PHOTOS ET IMAGE : SHUTTERSTOCK.COM

SURVIVRE AU COUP DE FOUDRE

La foudre frappe avec une puissance inouïe. Si la très grande majorité des victimes survivent, certaines vivront toutefois avec des séquelles importantes, qui se déclarent parfois plusieurs mois après l'évènement. Plongeon dans le monde de la kéraunopathologie, la spécialité médicale qui étudie les fulgurés.

Par Guillaume Roy

ILLUSTRATION : JULIE ROCHELEAU
DIRECTION ARTISTIQUE : SOPHIE BENMOUYAL



CHAQUE SECONDE DANS LE MONDE, DE 50 À 100 ÉCLAIRS SURVIENNENT, DONT ENVIRON 20 % QUI FRAPPENT LE SOL.

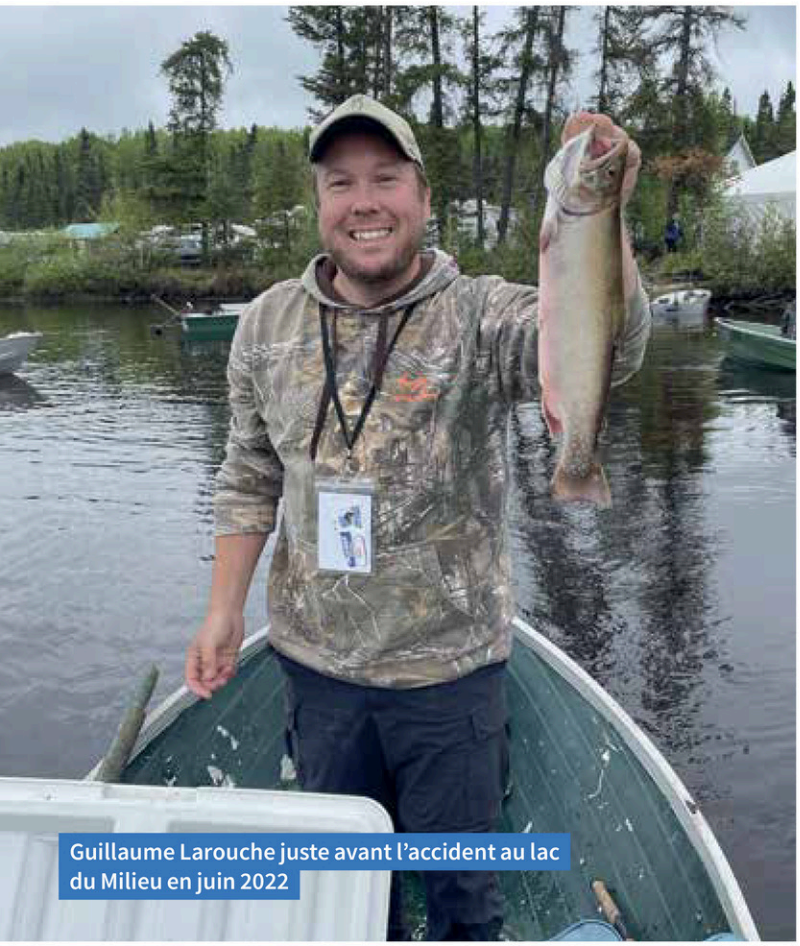
LA pêche est bonne en ce samedi matin de juin 2022 sur le lac du Milieu, dans la réserve faunique Ashuapmushuan, au Saguenay–Lac-Saint-Jean. L'eau grouille de vie. Guillaume Larouche espère sortir le plus gros spécimen parmi les poissons ensemencés dans le cadre du Double défi de la mouchetée. Après une belle bataille avec un individu vigoureux, l'amateur de pêche sort une truite de 1,75 livre. Respectable, mais trop chétif pour permettre de remporter un prix.

Après le dîner, le ciel s'obscurcit au loin. Guillaume et trois amis décident d'aller se réfugier dans leur remorque transformée en *camper* pour l'occasion. Pendant cette pause obligée, Guillaume Larouche remarque l'eau qui coule d'une bâche, formant une douche improvisée. Une demi-heure après le dernier coup de tonnerre, il décide d'en profiter pour se laver.

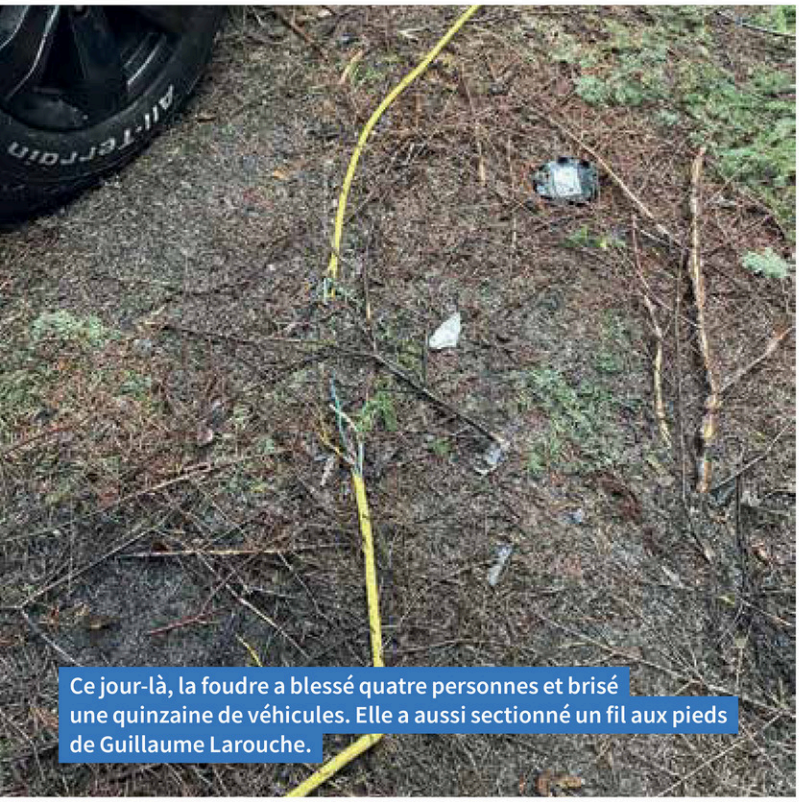
C'est à ce moment que la foudre frappe, à un peu plus d'un mètre de lui, directement sur la camionnette. « J'ai senti le courant entrer par les pieds et monter jusqu'à ma taille. Je voyais des étincelles partir du sol jusqu'à mon visage. J'étais convaincu que tout était terminé pour moi », se souvient l'homme de 40 ans, avant d'ajouter que la camionnette a été déclarée une perte totale après cet incident, car les circuits électriques étaient détruits.

Lorsqu'il se rend compte qu'il est encore en vie, il n'entend plus rien. Il remarque qu'un fil électrique est sectionné à ses pieds. « C'était le fil qui se rendait de la génératrice jusqu'au *trailer*. C'est peut-être ce fil qui m'a sauvé la vie en déchargeant une partie du courant », dit-il.

Une ambulance l'emmène rapidement à l'hôpital de Roberval, où le personnel déclenche le processus « Hydro-Québec », prévu lors de décharges électriques. « On m'a mis en observation pendant 24 heures, et on m'a fait passer toute une batterie de tests :



Guillaume Larouche juste avant l'accident au lac du Milieu en juin 2022



Ce jour-là, la foudre a blessé quatre personnes et brisé une quinzaine de véhicules. Elle a aussi sectionné un fil aux pieds de Guillaume Larouche.

imagerie, électrocardiogramme, réflexes, etc. Mais je n'avais pas de séquelle physique », note Guillaume Larouche qui, ironiquement, travaille pour Hydro-Québec.

« Seulement 10 % des gens frappés par la foudre en meurent », résume le Dr Rémi Foussat, un urgentologue français qui a fait sa thèse sur les atteintes neurologiques des survivants à la foudre, en se basant sur les données françaises. Ces personnes miraculées sont appelées *fulgurées* (le terme *foudroyé* étant réservé à celles qui en meurent).

Au Canada, chaque année, 2 ou 3 décès sont attribuables à la foudre, et 180 personnes en moyenne sont blessées, selon une étude parue en 2020. Les victimes, surtout des hommes, sont souvent en camping, en randonnée, en train de travailler ou de pratiquer un sport extérieur quand le malheur survient. La plupart n'ont pas la chance de Guillaume Larouche et restent aux prises avec des séquelles : fatigue, douleurs, maux de tête, troubles de la concentration… D'autres affirment au contraire sortir de l'expérience avec des capacités cognitives accrues, comme ce Français qui s'est mis à composer de la musique, un cas cité par le magazine *Sciences et Avenir* en 2022. D'autres encore présentent d'étranges marques sur la peau, semblables à des dessins de fougère.

Chose certaine, les effets de la foudre sur le corps humain sont aussi mystérieux que difficiles à étudier, vu le petit nombre de personnes qu'il est possible de faire participer à la recherche. C'est pour tenter de démythifier la chose que des spécialistes français issus de plusieurs disciplines ont fondé l'Institut de médecine environnementale kéraunique, en 2022, intégré au Service d'aide médicale urgente de Toulouse. Le but : comprendre les effets de la décharge, qui ne dure qu'entre un millième et un centième de seconde, sur les différents organes. Et en particulier sur le cerveau. « Le corps humain produit de l'électricité pour son propre fonctionnement, notamment pour faire fonctionner le cerveau, et la décharge électrique vient créer une interférence avec l'organisme », explique le Dr Foussat.

LA FORCE DU COLLECTIF

Au cours des dernières années, en France, quatre cas de fulguration collective, où plus d'une dizaine de personnes ont été frappées par la foudre simultanément, ont permis d'approfondir les connaissances. Une cohorte en particulier est scrutée à la loupe : il s'agit de 14 individus fulgurés en 2017, alors qu'ils s'abritaient de la pluie sous un arbre d'Azerailles, dans le Cantal.

Ce type de travaux scientifiques confirme le fait que la liste des symptômes immédiats est longue : perte de connaissance, arrêt cardiorespiratoire, puis paralysie, agitation, confusion, amnésie, hémorragies cérébrales, troubles de la mémoire et de la parole, troubles sensoriels affectant la vision et l'ouïe, vertiges, déficit moteur, surdité, desquamation…

Ces troubles disparaissent souvent aussi rapidement qu'ils sont survenus. C'est un tel cas, celui d'un berger frappé par la foudre en 1974 près de Toulouse, qui a donné envie à Christian Virenque, un médecin français, de s'intéresser au sujet (c'est lui qui a plus tard supervisé le travail de Rémi Foussat). « La

PHOTOS : GUILLAUME LAROUCHE

foudre l'a rendu quadriplégique. Il a passé une nuit isolé dans son champ jusqu'à ce que quelqu'un le retrouve, le lendemain matin. Il était dans un état critique et il n'arrivait pas à parler. Il a été transporté jusqu'à l'hôpital de Toulouse en hélicoptère, duquel le jeune homme, dans la vingtaine, est sorti… en marchant, disant qu'il voulait rentrer chez lui pour s'occuper de ses vaches. »

LA FOUDRE PEUT FRAPPER DEUX FOIS AU MÊME ENDROIT.

De nombreux effets peuvent aussi apparaître à retardement, jusqu'à deux ans plus tard, notamment des changements de comportement et de personnalité. À l'instar de deux personnes d'Azerailles qui ont eu des superpouvoirs pendant quelques semaines. Une femme pouvait tout à coup multiplier des nombres de trois chiffres (en plus de parler avec l'accent alsacien !), tandis qu'un homme pouvait déterminer le jour de la semaine de n'importe quelle date. « Il n'y a pas d'explication, car, quand on fait une imagerie cérébrale, on ne voit rien », remarque Christian Virenque.

On trouve dans la littérature scientifique toutes sortes de bizarreries neurologiques : une femme de 23 ans qui a eu des hallucinations visuelles, apercevant des personnes inconnues, des animaux et des objets ; un homme soudainement incapable de distinguer le chaud du froid ; un autre ayant oublié comment lire et écrire ; d'autres encore étant devenus colériques.

Dans sa carrière, Christian Virenque a aussi rencontré des cas encore plus farfelus, dont une dame qui se prétendait médium après le coup de foudre et un pompier fulguré qui aurait quant à lui développé le pouvoir de magnétiseur et de guérisseur. Voilà la preuve que le cerveau est fortement secoué !

SURVIVRE À LA FOUDRE

Mais comment est-il même possible de survivre à la foudre, qui peut délivrer de 10 à 100 millions de volts et jusqu'à 110 000 ampères ? C'est un million de fois plus puissant que le courant électrique domestique, d'après le Centre canadien d'hygiène et de santé au travail.

On comprend que les nerfs et les neurones, qui conduisent le mieux le courant, subissent souvent les plus graves dommages. Viennent ensuite le sang et les muscles (et donc le cœur), eux aussi très conducteurs. Même sans lésion externe apparente, les dégâts peuvent être majeurs.

Pour les quelque 24 000 décès attribuables à la foudre annuellement dans le monde, c'est l'arrêt cardio-respiratoire qui est généralement fatal. Selon les données de l'organisme américain responsable de la sécurité au travail, l'Occupational Safety and Health Administration, l'arrêt respiratoire est possible à partir de 50 milliampères.

En plus du courant électrique, la chaleur – jusqu'à 30 000 °C – peut occasionner de graves brûlures. Mais l'extrême brièveté de la décharge électrique permet à la majorité de s'en sortir.

CERTAINS ÉCLAIRS FRAPPENT MÊME LORSQUE LE CIEL EST TOUT BLEU.

Comme chaque coup de foudre est unique, la gravité de l'atteinte dépend d'une foule de facteurs, explique le seul neurophysiologiste (une spécialité qui étudie les fonctions du système nerveux) au Québec, Sébastien Fournier, qui a une pratique privée. « La durée de la décharge, l'impédance, la composition du corps et la résistance peuvent moduler les atteintes subies par les gens frappés par la foudre », souligne l'homme qui a fondé Rempart Neurophysiologie, une entreprise qui offre des services neurologiques aux hôpitaux et cliniques dans tout le Canada.

La façon dont la personne est électrisée aussi : ce n'est pas la même chose de se faire frapper directement,



QU'EST-CE QU'UN ÉCLAIR ?

C'est lorsque la tension entre les nuages et le sol (ou un autre objet) dépasse deux millions de volts par mètre qu'un éclair se produit, d'après une revue de littérature publiée dans le magazine scientifique *Burns*. Ce phénomène forme un arc électrique, qui peut varier en magnitude selon plusieurs facteurs, dont la quantité d'énergie du système, le voltage, la résistance, le type de courant, la durée du contact avec la source et la trajectoire.

Contrairement au courant alternatif, que l'on trouve dans nos maisons, l'éclair produit du courant continu d'une intensité de 30 000 à 50 000 ampères.

UN MORAL ÉLECTRIQUE ?

Bien que la foudre soit jusqu'à un million de fois plus puissante qu'un courant électrique standard, on peut quand même brosser certaines analogies médicales avec l'utilisation de l'électricité pour traiter certains maux, note le neurophysiologiste Sébastien Fournier. « L'ECT [électroconvulsivothérapie] est utilisée depuis plus de 70 ans afin de traiter des troubles d'ordre neurologique-psychiatrique. Si elle existe encore, c'est qu'elle produit des résultats tangibles. »

Cette technique permet notamment de traiter les dépressions graves, mais les experts ne savent pas exactement ce qui se produit dans le cerveau. « Les décharges électriques dans le cerveau peuvent interrompre des connexions synaptiques et en créer de nouvelles », note Sébastien Fournier, ajoutant que certaines études tendent à démontrer que l'électricité pourrait déclencher ce processus de fabrication de nouveaux circuits.

PHOTO : SHUTTERSTOCK.COM

IL NE PEUT PAS Y AVOIR D'ÉCLAIR SANS TONNERRE.

la foudre traversant alors le corps de part en part, que d'être en contact avec un objet ou un arbre qui reçoit la décharge ou encore d'absorber le courant par les pieds, lorsque l'éclair a d'abord touché le sol.

Ce qui se passe vraiment à l'échelle microscopique, dans les divers tissus et organes, est encore flou. Un des projets de recherche réalisés au cours des dernières années par l'équipe du Dr Foussat (et qui sera publié en 2024) a permis de découvrir que la foudre laissait une signature sous la forme de nanoparticules dans le corps humain. « On cherche à savoir si c'est la polymérisation des nanocomposites dans le corps qui peut causer les problèmes médicaux », explique Rémi Foussat. Ces agrégats uniques formés à la suite du passage de la foudre pourraient générer des troubles neurologiques en différé dans le corps humain.

Pour l'instant, les experts ne savent pas trop quels impacts ces nanoparticules peuvent avoir sur le corps humain, mais elles permettent au moins d'attester qu'une victime a été bel et bien frappée par la foudre, auprès des compagnies d'assurances, note Christian Virenque. Mais il faudra étudier encore bien des cas pour confirmer le tout, soit entre 800 et 2000 fulgurés pour atteindre une validité statistique.

Ce qui n'est pas simple… Sur les 300 à 500 personnes fulgurées en France chaque année, moins de 10 % vont se déclarer au groupe de recherche, soit de 10 à 30 fulgurés sur une base annuelle.

DES IMPACTS PSYCHOLOGIQUES

Si plusieurs victimes vivent avec des troubles physiques, les conséquences psychologiques sont souvent les plus importantes. « Les gens ont eu l'impression de mourir et ils revivent souvent ces images en boucle, ce qui altère profondément leur vie personnelle », dit le Dr Foussat. Une étude du groupe parue en 2019 dans le *Journal of Psychosomatic Research* indique que 57 % des 49 individus fulgurés participant ont vécu un épisode de dépression majeure. Le quart du lot rapportait des symptômes d'un possible trouble de stress post-traumatique.

Guillaume Larouche, le pêcheur fulguré, a vécu un épisode sombre deux semaines après l'accident. « J'avais le regard vide, et ma blonde ne me reconnaissait plus, raconte-t-il. Pendant deux ou trois semaines, j'avais toujours la larme à l'œil. J'étais sur le point de consulter, mais le moral est revenu du jour au lendemain. »

Il a pu s'en remettre sans aide professionnelle. Mais d'autres n'y parviennent pas, constate Rémi Foussat. « Une des rares choses que l'on a pu prouver dans notre domaine, c'est que la réhabilitation psychologique doit être précoce pour être efficace, tout comme les programmes de rééducation des muscles et de la parole », dit-il.

Certains fulgurés ne consultent parfois que plusieurs années après avoir été frappés par la foudre. « C'est un accident que beaucoup de gens minimisent, les victimes tout comme les médecins », déplore le Dr Foussat.

Le chercheur aimerait mettre en place un programme d'autopsie chez les personnes et les animaux foudroyés, « pour comprendre un peu mieux la diffusion du courant lors d'un coup de foudre », dit-il, ajoutant devoir trouver les fonds pour financer un tel projet.

Un an après avoir été frappé par la foudre, Guillaume Larouche s'estime chanceux d'être en vie. Ce père de deux enfants essaie de profiter de chaque instant, car on ne sait jamais ce qui peut nous tomber sur la tête ! Au moment de l'entrevue, il s'apprêtait même à retourner au tournoi de pêche, espérant cette fois que la chance lui offrirait un gros poisson plutôt qu'un éclair. ●



COMMENT SE PROTÉGER DE LA FOUDRE

⚡ Selon le Centre canadien d'hygiène et de sécurité au travail (CCHST), il n'existe pas d'endroit sécuritaire à l'extérieur pendant un orage. On recommande donc de se mettre à l'abri dans une maison, loin des objets, ou dans une voiture.

⚡⚡ S'il n'y a aucun abri, choisissez une zone de bas-relief et tenez-vous loin des objets de grande taille et loin des arbres.

⚡⚡⚡ Restez à plusieurs mètres d'autres personnes, car le courant peut circuler d'un individu à un autre.

⚡⚡⚡⚡ Il est aussi recommandé de s'accroupir et de garder les deux pieds joints, car un arc électrique peut se former entre les jambes, ce qui peut causer une plus grande décharge électrique. Le CCHST recommande de se mettre en boule avec les mains autour des genoux pour présenter la plus petite cible possible, tout en réduisant le contact avec le sol.

⚡⚡⚡⚡⚡ On dit qu'un tiers des blessures et des décès causés par la foudre surviennent au début des orages, un tiers au plus fort de la tempête et un autre tiers après les moments les plus intenses.

⚡⚡⚡⚡⚡⚡ Autre détail important, la foudre peut frapper jusqu'à 16 kilomètres en dehors des zones de précipitations, et on recommande d'attendre 30 minutes après le passage d'un orage pour sortir de son abri.

PHOTO : SHUTTERSTOCK.COM

Jean-Patrick Toussaint @JeanPatrickT



La révolution ne sera pas hydrogénée

Il y a longtemps que l'hydrogène est perçu comme une façon d'alimenter le futur. Dès 1981, un rapport du Comité spécial de l'énergie de remplacement du pétrole de la Chambre des communes du Canada recommandait d'investir massivement dans ce vecteur énergétique pour être à l'avant-garde et aller au-delà des énergies fossiles. Quelques années plus tard, le Canada était considéré comme un leader, selon un article du *Washington Post*, avec des millions de dollars d'investissements en recherche et développement, en plus d'avoir un Conseil de l'industrie de l'hydrogène, dont le siège se trouvait d'ailleurs à Montréal. L'hydrogène attirait l'attention alors que les pluies acides, la pollution de l'air et l'effet de serre étaient les nouveaux sujets chauds.

Quelque quarante ans plus tard, l'hydrogène refait surface et gagne en popularité, tel un bon vieux succès remis au goût du jour, à la sauce *Stranger Things*. Il existe maintenant en trois « couleurs ». On le qualifie de gris quand il est créé à partir de gaz naturel en utilisant une énergie fossile et que le CO_2 dégagé par l'opération n'est pas capté ; de bleu lorsqu'il y a un captage du CO_2 pour le même processus ; et de vert quand il est produit à partir d'eau et grâce à des énergies renouvelables. Cet engouement renouvelé pour l'hydrogène serait-il un vœu pieux ?

À l'heure actuelle, la majeure partie (95 %) de l'hydrogène produit dans le monde est gris et a donc une empreinte carbone fort élevée. Comme l'expliquait Valérie Borde dans un dossier bien étoffé sur le sujet paru dans *L'actualité* en 2021, l'hydrogène gris est produit depuis plusieurs décennies déjà à l'échelle mondiale, celui-ci étant utilisé, notamment, pour le raffinage de produits pétroliers et pour la fabrication d'engrais. Quant aux procédés de captage du CO_2 que suppose l'hydrogène bleu, ils sont loin d'être satisfaisants, en dépit de ce que laisse croire l'industrie pétrolière.

Reste l'hydrogène vert, qui devient de plus en plus alléchant pour plusieurs secteurs et certains États, particulièrement en Europe alors que la Commission européenne s'est dotée de cibles de production de ce vecteur d'énergie afin de contribuer à l'atteinte de ses objectifs de réduction de gaz à effet de serre. Cependant, ses coûts de production et de distribution demeurent salés, sans compter que, pour plusieurs spécialistes, l'électricité produite à partir de sources d'énergie renouvelable devrait être utilisée directement pour alimenter certains secteurs (par exemple, le chauffage d'édifices et le transport) plutôt que pour fabriquer de l'hydrogène.

Dans tous les cas, la production d'hydrogène à faibles émissions progresse lentement. Le plus récent rapport de l'Agence internationale de l'énergie (AIE), publié en septembre 2022, indiquait que, si tous les projets actuellement en évaluation se concrétisaient (ce qui ne risque pas d'arriver, puisque seulement 4 % sont en réalisation), la production d'hydrogène à faibles émissions pourrait atteindre entre 16 et 24 millions de tonnes par an d'ici 2030. Or, selon le même rapport, afin de respecter nos engagements climatiques mondiaux, il faudrait en produire 34 millions de tonnes par an. Nous sommes donc encore loin du compte.

Qui plus est, l'AIE considère la production d'hydrogène bleu comme étant à « faibles émissions », au même titre que l'hydrogène vert. L'industrie pétrolière doit être morte de rire, elle qui se drape de plus en plus dans de belles ambitions de carboneutralité, et qui fait l'éloge de l'utilisation de l'hydrogène bleu. Pour ses détracteurs, cet hydrogène représente une façon pour l'industrie fossile de poursuivre ses activités nocives pour le climat sous le couvert de la transition énergétique.

Quel rôle pour l'hydrogène dans nos efforts climatiques alors ? Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat indique que l'hydrogène représentera seulement 2,1 % de l'énergie consommée mondialement en 2050. De plus, une étude parue dans *Nature Energy* en septembre 2022 souligne que l'hydrogène vert – sa forme la plus « propre » – risque de ne représenter que 1 % de la demande d'énergie mondiale en 2035. L'idée d'une véritable révolution énergétique alimentée par l'hydrogène est donc à prendre avec un grain de sel.

Certes, l'hydrogène pourrait jouer un rôle dans la complexe transition énergétique, notamment au sein d'industries telles que la sidérurgie, la cimenterie ou le secteur maritime, comme le mentionnait dans une lettre ouverte Johanne Whitmore, de la Chaire de gestion du secteur de l'énergie à HEC Montréal. La question demeure donc de savoir si nous en ferons un usage judicieux, afin de réduire l'empreinte carbone des secteurs difficiles à électrifier, ou si les promesses de l'hydrogène nous en feront voir de toutes les couleurs. ●

ILLUSTRATION : SHUTTERSTOCK.COM



Émilie Folie-Boivin @efolieb

CULTURE

VISITER

ESCAPADES SCIENTIFIQUES SOUS LE SOLEIL

Vous prenez la route des vacances et cherchez de l'inspiration pour découvrir les trésors cachés de nos belles régions ? Voici trois charmants endroits à mettre à l'itinéraire.



De passage au royaume du bleuet, un arrêt à l'**Odyssée des bâtisseurs** d'Alma s'impose ! En plus de s'intéresser au patrimoine historique du Lac-Saint-Jean et à l'importance de l'eau et de l'hydroélectricité pour la région, le musée héberge cet été une nouvelle exposition temporaire : *Frette ou tablette – 400 ans de bière au Québec*. Elle raconte les plus délicieux moments du parcours de la cervoise dans la province. Il est question du découragement des colons français qui ont dû se rabattre sur la bière, puisque la vigne d'ici n'était pas comestible, ainsi que de la domination publicitaire de la broue dans les années 1970, alors qu'elle représentait la moitié des publicités à la télé. L'exposition tout indiquée pour une région où les microbrasseries brassent de bonnes affaires !

Frette ou tablette – 400 ans de bière au Québec, à l'Odyssée des bâtisseurs, à Alma, jusqu'au 30 septembre 2023, odysseedesbatisseurs.com



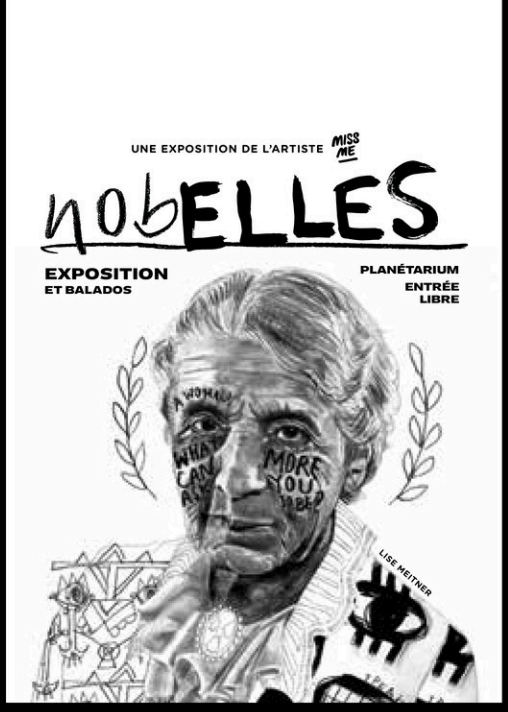
Au sud-ouest de la péninsule gaspésienne, le parc national de Miguasha nous propulse 380 millions d'années en arrière, à l'époque où les vertébrés terrestres faisaient leurs premiers pas. C'est d'ailleurs là qu'a été retrouvé le seul fossile complet d'*Elpistostege*, un tétrapode crucial pour retracer l'évolution des vertébrés. Il y a de quoi y passer des heures : en plus d'observer les fossiles exceptionnels soigneusement choisis parmi la vaste collection du parc, on profite de la randonnée autoguidée, du rallye scientifique et des nombreuses activités d'interprétation offertes sur ce site paléontologique inscrit sur la liste du patrimoine mondial de l'UNESCO.

Parc national de Miguasha, à Nouvelle, sepaq.com



Classée réserve mondiale par l'UNESCO, la biosphère du Lac-Saint-Pierre est un autre joyau de notre territoire. La richesse exceptionnelle de ce milieu humide est mise en valeur au Biophare de Sorel-Tracy, musée soulignant la singularité du lac et l'histoire de son patrimoine industriel. Pour une expérience encore plus immersive, on réserve une randonnée nautique guidée de trois heures afin de s'imprégner du paysage aux airs de bayou.

Biophare et Randonnée nature, à Sorel-Tracy, biophare.com et randonneenature.com



VISITER ET ÉCOUTER

GUERRIÈRES SILENCIEUSES

Quelle succulente proposition fait Espace pour la vie au public avec *nobELLES* ! Cette surprenante exposition du Planétarium de Montréal présente sept scientifiques exceptionnelles que l'histoire a tenues dans l'ombre. Pour faire le portrait de ces chercheuses rebelles, il fallait une personnalité pareillement culottée, et c'est l'artiste multidisciplinaire montréalaise MissMe qui a hérité de la mission. Elle utilise la puissance de son trait pour faire briller ces étoiles de la physique (Lise Meitner), des mathématiques (Emmy Noether) et de l'aérospatiale (Mary Jackson), entre autres. L'exposition est aussi doublée d'un balado en deux volets. La première partie aborde des moments marquants de la vie de chaque femme auréolée et la seconde propose d'enrichissantes discussions entre l'animatrice Lili Boisvert et des spécialistes sur différents thèmes liés aux scientifiques, tels le syndrome de l'imposteur et la persévérance dans l'adversité. Devoir d'histoire important et récit audio fort bien ficelé, il rapporte des injustices qui donnent envie de hurler. Le tout rend hommage à la détermination de ces guerrières silencieuses.

nobELLES, au Planétarium de Montréal, accès gratuit, et sur votre plateforme de balado préférée, espacepourlavie.ca/balados-nobelles

PHOTOS : FONDS SOCIÉTÉ D'HISTOIRE DU LAC-SAINT-JEAN ; SÉPAQ ; MARC ROSS. IMAGE : PLANÉTARIUM DE MONTRÉAL



LIRE

UN MAGAZINE À CROQUER

Nos mousses ne feront qu'une bouchée de *Miam*, le premier magazine jeunesse québécois sur l'alimentation, dont la mission est de nourrir l'imaginaire, un aliment à la fois. Dans le numéro d'inauguration, sorti au printemps, la rhubarbe sert de trame de fond. Une histoire de la délicieuse Fanny Britt porte sur l'amitié et le pouvoir rassembleur de la cuisine, et notre rédactrice en chef adorée, Mélissa Guillemette, dresse une biographie enrichissante de cette plante printanière. On retrouve aussi des jeux, des recettes à cuisiner en famille, des bédés et de succulentes illustrations de la main de la crème des artistes du crayon (Cathon, Cyril Doisneau, Benoît Tardif). Bref, que des ingrédients de qualité. Le deuxième numéro, qui sortira à la mi-juillet, portera sur le melon brodé. Publié quatre fois par année, voilà un magazine qui met toute la famille en appétit !

Miam, miam.ca



REGARDER

FAIRE SA TOILETTE

Toute une armada de corps de métiers œuvre à garder nos milieux de vie propres. Et dans le cas des métropoles, les éléments à considérer en matière de gestion des déchets sont nombreux. Dans *Espèces d'ordures*, l'attachant animateur Frédéric Choinière, collaborateur à *Ça vaut le coût*, à Télé-Québec, se porte volontaire pour plonger au cœur du sujet, en explorant une dizaine de villes. À New York, il visite une entreprise qui recycle les matelas et embarque dans l'auto-balayeuse du métro ; à Londres, il fouille les fonds de la Tamise à la recherche d'objets de valeur ; à Bruxelles, il nettoie le canal maritime à bord d'un bateau électrique. Qui sait, il y a peut-être un épisode sur votre destination de vacances ? Jetez-y un œil en ligne avant de partir pour voir la ville autrement !

Espèces d'ordures, animé par Frédéric Choinière, sur TV5Unis, 10 épisodes de 48 minutes, tv5unis.ca/especes-dordures

LIRE

ALERTE ROUGE



Ah, les règles ! Ce « handicap que la nature a donné aux femmes », ce « problème d'hygiène » qu'il faut « cacher »… Voilà les sympathiques termes qu'emploie la publicité depuis la création des serviettes et des tampons jetables pour aider les femmes à se « libérer ». C'est aussi la matière première d'*Une histoire des produits menstruels*, de l'autrice française Jeanne Guien, qui aborde le marketing de ces marchandises apparues au 19e siècle pour remplacer les linges lavables qu'utilisaient nos aïeules (et qui marquent un fulgurant retour). La doctorante en philosophie spécialiste de l'obsolescence et du consumérisme propose ses réflexions sur plusieurs thèmes brûlants d'actualité, que ce soit la pollution des cours d'eau par les industries, les paradoxes de la taxe rouge ou les recherches qui ont permis de montrer les risques des produits hygiéniques jetables pour la santé des femmes. Une enquête foisonnante qui, soyons honnêtes, fait souvent voir rouge.

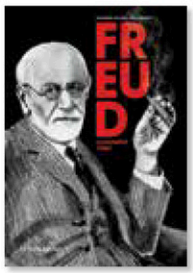
Une histoire des produits menstruels, par Jeanne Guien, Éditions Divergences, 240 p.

AVENTURES BLOBESQUES

Il est bien vivant, plutôt gluant, mais ce n'est ni un animal, ni un champignon, ni un végétal. Il n'a peut-être pas de cerveau, mais il est capable d'apprendre et de parcourir des labyrinthes. Dans *Moi le blob*, Audrey Dussutour célèbre cette mystérieuse créature qu'est *Physarum polycephalum*, qu'elle connaît comme le fond de sa poche. L'éthologue dégourdie est bien déterminée à nous le faire aimer autant qu'elle avec cette proposition audacieuse où le blob se raconte à la première personne. Il parle de sa composition spongieuse, de ses goûts (le gras, miam !) et de ses dégoûts, de ses aventures (dans l'espace !) et de ses exploits (contrôler des robots et jouer au chef d'orchestre !). Le livre arrive même à donner envie de remplacer son levain pandémique par l'élevage d'un vrai blob tout en mucus et en pseudopodes. L'autrice et directrice de recherche au Centre national de la recherche scientifique, en France, indique où le dénicher et comment en prendre soin, en plus de glisser une dizaine d'expériences à faire en sa compagnie avec le matériel du bord. De bien beaux projets à réaliser à l'école ou en famille !

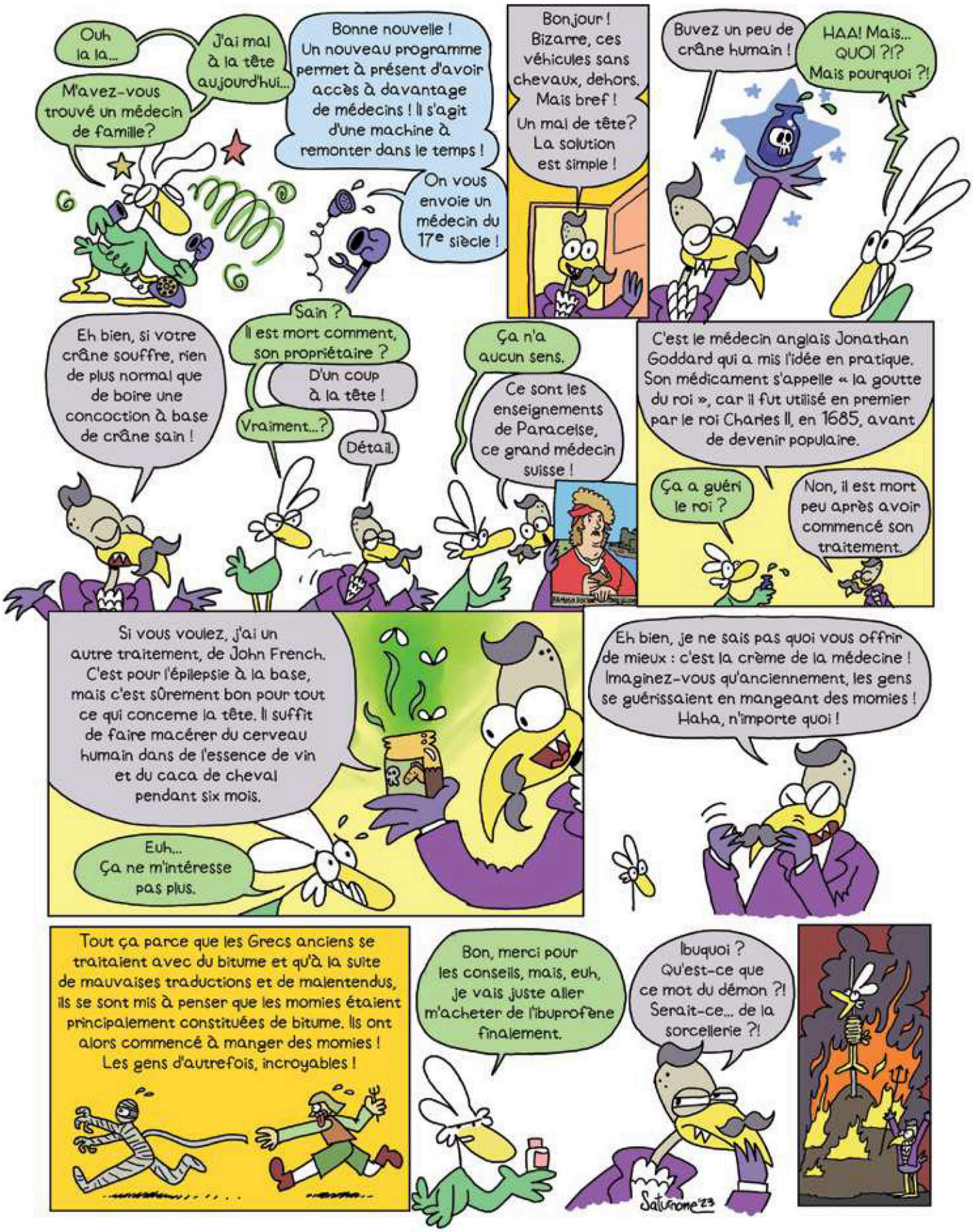
Moi le blob, par Audrey Dussutour, illustré par Simon Bailly, humenSciences, 248 p.

À PETIT FEU



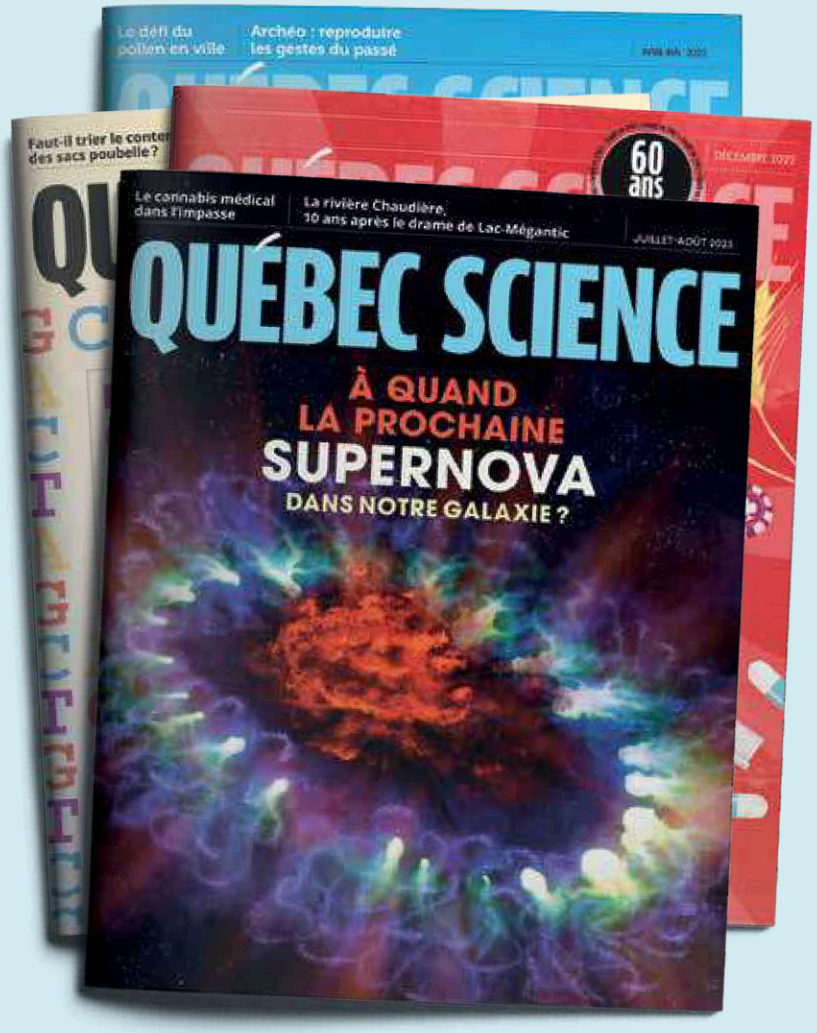
Freud était un fumeur invétéré. Il carburait aux cigares cubains, s'en enfilant jusqu'à 20 par jour. Le père de la psychanalyse était conscient des ravages de son fidèle compagnon, mais il refusait de s'en débarrasser, affirmant qu'il l'aidait à se concentrer. Pas question d'écraser, même lorsqu'il apprend être atteint d'un vilain cancer de la mâchoire. C'est un pan de vie assez personnel de cette figure mythique qu'expose la psychiatre et artiste québécoise Suzanne Leclair dans *Freud, le moment venu*, une bande dessinée revenant sur les 15 dernières années de la vie du neurologue autrichien. Elle y raconte qu'intimidés par la notoriété de l'homme, les médecins lui cachent d'abord le terrible diagnostic. Puis, c'est un Freud entêté et assoiffé de vérité que l'on suit au cours de 34 interventions chirurgicales, alors même que l'Europe est gangrénée par le nazisme. L'autrice effleure le délicat sujet des soins de fin de vie offerts à Freud, à une époque où l'aide médicale à mourir était loin de faire les manchettes.

Freud, le moment venu, par Suzanne Leclair et William Roy, La Boîte à Bulles, 144 p.


Ouh la la...
J'ai mal à la tête aujourd'hui...
M'avez-vous trouvé un médecin de famille?
Bonne nouvelle ! Un nouveau programme permet à présent d'avoir accès à davantage de médecins ! Il s'agit d'une machine à remonter dans le temps !
On vous envoie un médecin du 17e siècle !
Bonjour ! Bizarre, ces véhicules sans chevaux, dehors. Mais bref ! Un mal de tête? La solution est simple !
Buvez un peu de crâne humain !
HAA! Mais... QUOI ?!? Mais pourquoi ?!
Eh bien, si votre crâne souffre, rien de plus normal que de boire une concoction à base de crâne sain !
Sain ? Il est mort comment, son propriétaire ?
D'un coup à la tête !
Vraiment...?
Détail.
Ça n'a aucun sens.
Ce sont les enseignements de Paracelse, ce grand médecin suisse !
C'est le médecin anglais Jonathan Goddard qui a mis l'idée en pratique. Son médicament s'appelle « la goutte du roi », car il fut utilisé en premier par le roi Charles II, en 1685, avant de devenir populaire.
Ça a guéri le roi ?
Non, il est mort peu après avoir commencé son traitement.
Si vous voulez, j'ai un autre traitement, de John French. C'est pour l'épilepsie à la base, mais c'est sûrement bon pour tout ce qui concerne la tête. Il suffit de faire macérer du cerveau humain dans de l'essence de vin et du caca de cheval pendant six mois.
Euh... Ça ne m'intéresse pas plus.
Eh bien, je ne sais pas quoi vous offrir de mieux : c'est la crème de la médecine ! Imaginez-vous qu'anciennement, les gens se guérissaient en mangeant des momies ! Haha, n'importe quoi !
Tout ça parce que les Grecs anciens se traitaient avec du bitume et qu'à la suite de mauvaises traductions et de malentendus, ils se sont mis à penser que les momies étaient principalement constituées de bitume. Ils ont alors commencé à manger des momies ! Les gens d'autrefois, incroyables !
Bon, merci pour les conseils, mais, euh, je vais juste aller m'acheter de l'ibuprofène finalement.
Ibuquoi ? Qu'est-ce que ce mot du démon ?! Serait-ce... de la sorcellerie ?!
Saturnome'23

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 RENOUVELER

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 !


FILM
360°
IMMERSIF
LA CARTE DES ÉTOILES
VERS L'UNIVERS INCONNU
PLANÉTARIUM
ACHETEZ VOS BILLETS EN LIGNE
espacepourlavie.ca
OSAKA SCIENCE MUSEUM
LiVE
GOTO INC
VIAU
Communauté métropolitaine de Montréal
Montréal
espace pour la vie montréal