

Une épave mythique
enfin retrouvée

Le boson W
ébranle la physique

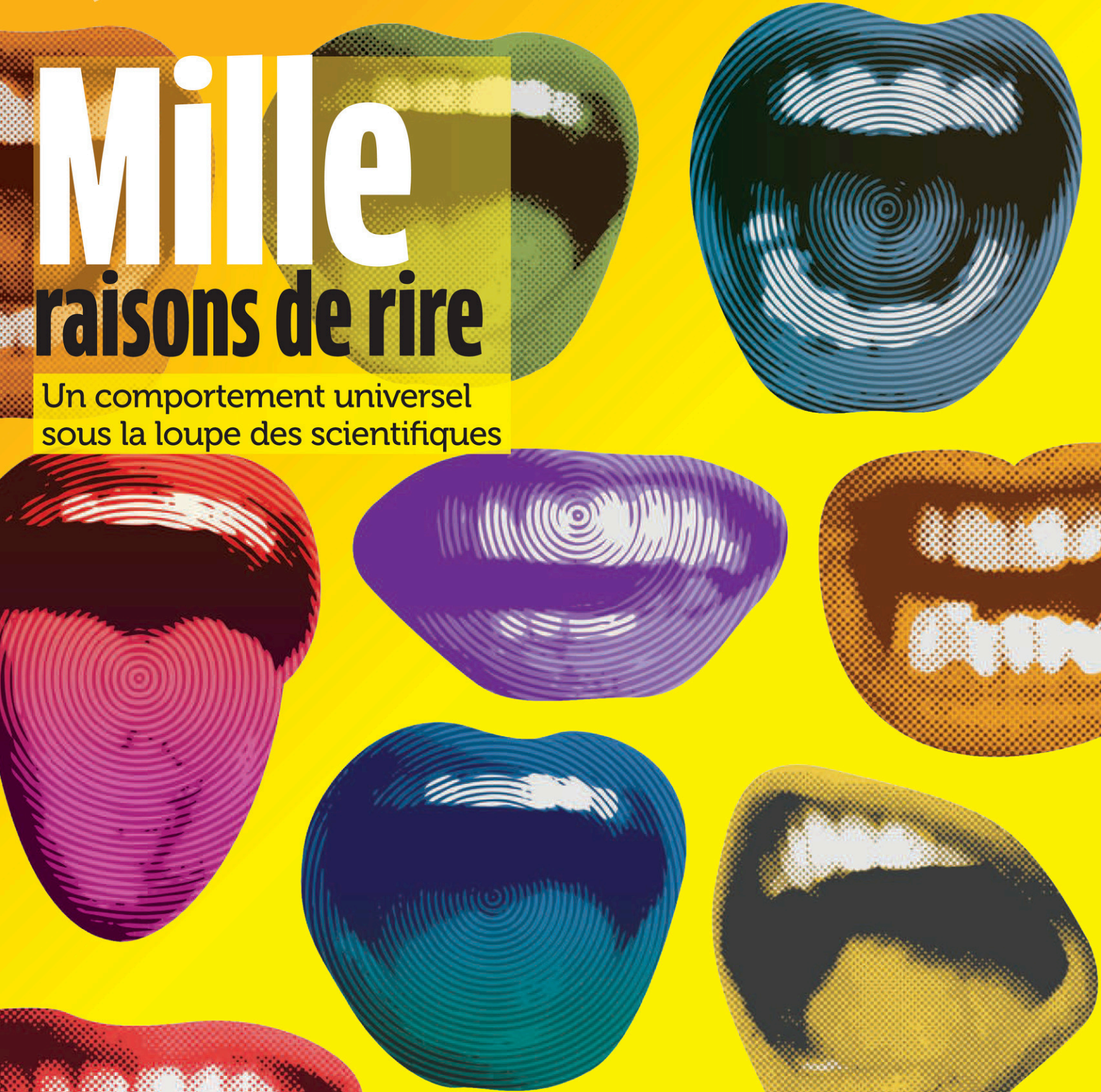


JUILLET-AOÛT 2022

QUÉBEC SCIENCE

Mille raisons de rire

Un comportement universel
sous la loupe des scientifiques



ASTROLab du parc national
du Mont-Mégantic

25 ANS D'ÉMERVEILLEMENT



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

SPECTACLE ÉTÉ 2022

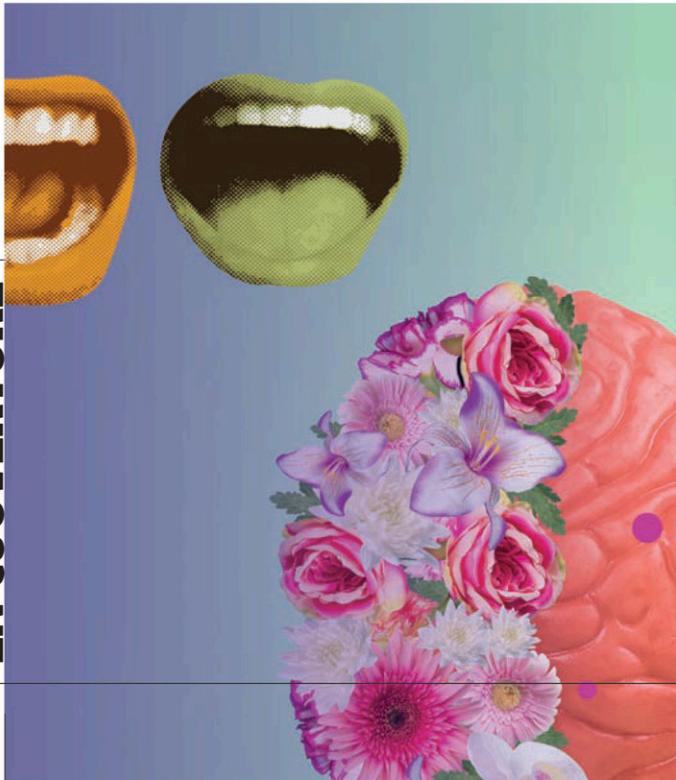
**Le Télescope spatial Webb,
une nouvelle ère en astronomie !**

SOMMAIRE

JUILLET-AOÛT
2022

QUÉBEC SCIENCE

EN COUVERTURE



Pet et Répète s'en vont au labo

Le rire est un sujet sérieux pour de nombreux chercheurs.

REPORTAGES

18 « Je vous présente l'Endurance! »

Plus d'un siècle après avoir sombré, une célèbre épave a été retrouvée en Antarctique.

26 Du sable dans l'engrenage

Le sable, une ressource inépuisable? On pourrait bientôt en manquer.

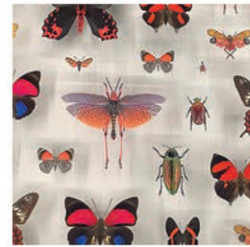
42 La rébellion du boson W

Une particule élémentaire vient semer la pagaille dans les équations des physiciens.



P. 8

P. 30



P. 6

6 Le cabinet des curiosités

On s'introduit, telle une petite bête, dans le nouvel Insectarium de Montréal.

8 DALL-E, dessine-moi un mouton!

Une intelligence artificielle crée des images de qualité à partir d'une simple description.

10 Une galaxie née juste après le big bang se révèle

Des astronomes ont découvert la galaxie la plus lointaine de la Terre jamais répertoriée.

11 Un parfum d'été... et de danger!

L'odeur terreuse qui embaume l'air après la pluie est un signal d'alerte.

14 Polluants sans frontières

Il est temps que les chercheurs s'unissent pour faire obstacle aux perturbateurs endocriniens.

4 Édito par Mélissa Guillemette

Rendre visible l'invisible



5 Babillard | 9 Carnet de santé

Par la D^{re} Alexandra S. Arbour |

11 Technopop Par Chloé Freslon |

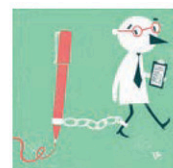
12 Polémique Par Jean-François

Cliche | 46 Culture Par Émilie Folie-

Boivin | 49 Anthropocène Par Jean-

Patrick Toussaint | 50 Rétrovisueur Par

Saturnome



P. 12

SUR LEVÉ



MÉLISSA GUILLEMETTE @mguillemett

Éditorial

Rendre visible l'invisible

La science est affaire de précision. Choisissons bien les mots pour parler de ses acteurs.

« **D**ix physiciens ont récemment fait une découverte majeure. Tout le monde s'accorde à dire que leur hypothèse de base était originale, voire farfelue.

Grâce à des instruments qu'ils ont eux-mêmes conçus, ils ont pu la confirmer. Une photo du groupe est à la une de tous les journaux.

J'ai fait lire ce texte fictif à des personnes de mon entourage. Je leur ai ensuite demandé de me décrire la photo qu'elles ont imaginée. « Ce sont des *nerds* à lunettes, cheveux frisés et habillés de façon classique », a répondu l'une d'elles. Tous des hommes ? « Oui. » « Ils sont jeunes, a dit une autre. Avec des airs de savants fous. » Des hommes ? Encore oui. Mais « j'aurais aimé imaginer des filles ! » a-t-elle répliqué.

Ce n'est malheureusement pas étonnant. Déjà, quand on entend le nom commun *scientifique*, on a tendance à voir plus souvent un homme qu'une femme. Le fameux test Draw-a-Scientist, dans le cadre duquel on demande à des enfants de dessiner une personne de science, le démontre depuis les années 1960, et cela, même si la langue anglaise est plus neutre (*a scientist* n'est ni masculin ni féminin). Les enfants dessinent des hommes dans 72 % des cas, selon une méta-analyse de 2018. S'il s'agit d'une amélioration par rapport aux premiers résultats obtenus, où les dessins de femmes étaient rarissimes, le taux ne suit pas l'accroissement réel de la présence des femmes en science.

Avec une langue genrée comme le français, si l'on demandait aux enfants de dessiner *un scientifique*, ils ne marqueraient aucune hésitation. Même chose chez les adultes : c'est ce qui s'est passé quand mon entourage s'est construit une image mentale des physiciens. Également, les grandes auteures (ou autrices) d'un article

scientifique se trouvent cachées derrière les auteurs, terme pourtant censé tous (et toutes!) les désigner. Cela parce qu'en français « le masculin l'emporte sur le féminin » ou encore parce que son emploi pour désigner des hommes et des femmes « permet d'alléger le texte ».

Débatte du genre des physiciens, aussi inutile que délibérer sur celui des anges ? Sûrement pas ! Non seulement les femmes sont en minorité en physique et dans plusieurs autres disciplines, mais on masque leur présence par la langue. Des sociolinguistes, des psycholinguistes et des neuropsychologues affirment qu'il est temps de changer nos façons d'écrire et de parler. Leur argumentaire se base sur les données probantes qui sont plutôt convaincantes : notre langue invisibilise très souvent les femmes, qu'elles soient scientifiques ou pas. Je vous invite à regarder la vidéo de la vulgarisatrice scientifique Viviane Lalande, alias Scilabus, sur le sujet. Il vous apparaîtra clair que le langage modifie notre perception du monde. Est-ce un hasard si une étude de 2012 comparant 111 pays a observé que dans les régions où une langue genrée est parlée l'égalité entre les hommes et les femmes est moins grande ?

À qui la faute ? En partie à notre ciboulot, écrivent trois chercheurs (dont deux chercheuses) de Suisse et de Norvège dans leur livre *Le cerveau pense-t-il au masculin ?* paru en 2021. « Tout se passe comme si notre cerveau ne semblait pas pouvoir se passer d'attribuer un genre aux personnes qu'on lui présente. Or, dans les langues où le féminin et le masculin cohabitent, lorsqu'on présente au cerveau des personnes utilisant la marque grammaticale masculine, celui-ci forme spontanément des représentations masculines. » C'est ce qui fait que votre cerveau boguera en lisant ce qui suit : *Les physiciens sont sortis du laboratoire. Celles*

qui voulaient poursuivre la discussion se sont assises au parc. La phrase est pourtant grammaticalement correcte.

La faute revient également à certains grammairiens d'un temps révolu (espérons-le). Dans l'ouvrage *Non, le masculin ne l'emporte pas sur le féminin*, Éliane Viennot, professeure émérite de littérature à l'Université Jean Monnet Saint-Étienne, explique que le masculin était beaucoup moins dominant jusqu'au 17^e siècle. Puis, les grammairiens ont étendu son influence sous prétexte que les hommes étaient plus nobles que les femmes. Le mot *autrice* a aussi disparu, comme pour signaler que l'écriture était une affaire d'hommes. Et soulignons que le nom *aigle* était au départ féminin, avant qu'on se ravise au 19^e siècle ; l'animal était bien trop majestueux pour ne pas se parer du genre masculin.

Mon groupe de physiciens fictif aurait pu comprendre Pauline Gagnon. *Québec Science* a interrogé cette scientifique et grande vulgarisatrice à plusieurs reprises. Elle prend toujours la peine de dire « les physiciens et les physiciennes » quand elle explique le travail de sa communauté. Voilà qui est embêtant pour le ou la journaliste qui tente de mettre le plus d'information possible dans un espace limité. Mais le terme *physiciens* employé seul transmet-il une information complète s'il nous fait imaginer un groupe exclusivement masculin ? Est-ce du bon journalisme ? D'ailleurs, comme l'immense majorité des médias, *Québec Science* n'a pour l'instant pas adopté l'écriture inclusive, contrairement à plusieurs universités et associations scientifiques, où elle est la norme. La réflexion est certainement en marche chez nous, bien que le sujet soit controversé dans l'espace public.

Un collègue d'un autre service a justement utilisé l'écriture inclusive pour répondre à mon petit jeu de la photo. « J'imagine une gang assez variée de physicien-ne-s, de 30 à 70 ans. Des gens plutôt *relax* dans leur habillement. Des cheveux ébouriffés pour les garçons, mais l'un d'eux a les cheveux longs. Les filles ont des cheveux longs ou courts. Un ou une a un style un peu gothique. » Voilà qui est rafraîchissant ! ●

JUILLET-AOÛT 2022
VOLUME 61, NUMÉRO 1

Rédactrice en chef
Mélicca Guillemette

Rédactrice en chef adjointe
Marine Corniou

Journalistes
Raphaëlle Derome, Annie Labrecque

Collaborateurs
Jean-François Cliche, Émilie Folie-Boivin, Chloé Freslon, Damien Grapton, Charles Prémont, Hugo Ruher, Alexandra S. Arbour, Saturnome, Jean-Patrick Toussaint

Corretrices-révisseurs Sophie Cazanave, Christine Dumazet

Directrice artistique Natacha Vincent

Photographes/illustrateurs/graphiste
Françoise Abbate, Louise Biloudeau, Nicole Aline Legault, Vigg

Éditeur Jean-François Rheault

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

Comptabilité Mimi Bensaïd

Chargée de projets, communications marketing Maryvonne Charpentier

Conseillère, relations de presse et marketing Stéphanie Couillard

SERVICE AUX ABONNÉS :

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

PUBLICITÉ :

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

Impression Solisco

Distribution Messageries Dynamiques
Parution : 23 juin 2022 (579^e numéro)

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

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

Envoi Poste-Publications Convention
n° 40065387.

© Copyright 2022 - *Québec Science*.
Tous droits de reproduction,
de traduction et d'adaptation réservés.

Indexé dans **repère**

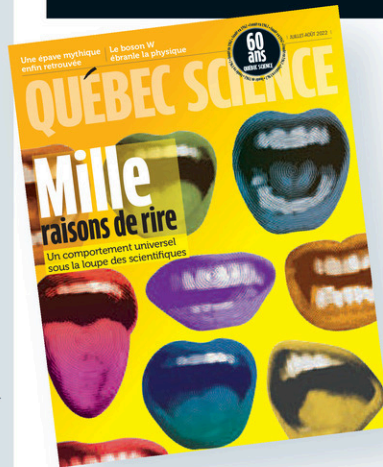
Québec Science reçoit l'aide financière du
ministère de l'Économie et de l'Innovation du
Québec. Nous reconnaissons l'appui financier
du gouvernement du Canada.



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



NOTRE COUVERTURE



Notre équipe vous a concocté un dossier sur le rire. Pour illustrer la couverture qui le met en vedette, je cherchais un symbole fort. Et j'ai trouvé! Quoi de mieux que des bouches aux couleurs éclatantes pour s'éclater? Après tout, c'est l'organe de prédilection pour s'exprimer, esclaffements compris. Il est également bon de le voir, lui qui s'est fait rare ces deux dernières années; il se cachait bien souvent sous un masque. D'inspiration pop art, cette couverture aux multiples bouches rappelle que le rire est unique à chacun, comme une signature. Voilà pourquoi ce créatif est tapissé de toutes sortes de nuances de rire.

Bonne lecture! En espérant que ce dossier vous fera sourire!

– Natacha Vincent, directrice artistique

NOS JOURNALISTES BRILLEN

Des plumes du magazine ont obtenu des nominations aux Prix d'excellence en publication numérique et aux Prix du magazine canadien : notre ancienne rédactrice en chef, Marie Lambert-Chan, pour des éditoriaux de 2021; Marine Corniou, pour son dossier sur la médecine psychédélique; et Annie Labrecque, pour son reportage sur les cartes anciennes. Cette dernière reporter a d'ailleurs remporté les honneurs aux Grands prix du journalisme indépendant pour son texte sur les oiseaux champêtres paru à l'été 2021. Félicitations!

AU REVOIR, CHLOÉ!



Vous trouverez en page 11 la dernière chronique de Chloé Freslon. Depuis 2018, cette brillante observatrice du monde des technologies a produit 29 textes pour *Québec Science*. Chacun d'eux nous a fait réfléchir et certains nous ont même fait adopter de nouveaux comportements plus éthiques, plus écologiques, plus sécuritaires. Alors qu'elle choisit de se concentrer sur son entreprise, nous lui souhaitons tout le succès qu'elle mérite.

À LIRE SUR NOTRE SITE WEB

De nouvelles données sur la grippe de 1918

La génétique du virus se révèle grâce à des échantillons de poumons infectés datant de cette époque.

Plus de 20 % des espèces de reptiles menacées

C'est le constat d'une analyse mondiale réalisée sur 10 000 espèces.

Québec Science : 60 ans à raconter la science

Une ligne de temps interactive relate l'histoire des sciences et du magazine.

Rendez-vous au www.quebecscience.qc.ca/babillard

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



SOUS LE CHARME DES INSECTES

On s'introduit, telle une petite bête, dans le nouvel Insectarium de Montréal. Le musée fait le pari que ce sera un coup de foudre entre les insectes et les plus réticents d'entre nous.

Par Annie Labrecque

Il suffit de quelques pas dans un tunnel aux airs de fourmière pour accéder à un autre univers. Tout est mis en œuvre pour qu'on se sente tel un insecte sous terre. On remarque la faible luminosité et l'on perçoit le sol qui vibre sous nos pieds – un des modes de communication utilisés par plusieurs insectes –, on saisit comme eux les couleurs et les objets qui nous entourent grâce à des animations présentées au sol et sur des écrans... « Le visiteur est invité à vivre l'environnement à travers ses sens, comme un insecte le ferait », explique Sonya Charest, chef de la division Programmes publics et éducation à l'Insectarium de Montréal.

Cette immersion prépare doucement à la rencontre « en pattes et en ailes » des premiers insectes vivants. Au moment de notre visite, nous avons pu profiter d'un tête-à-tête avec de magnifiques cétoines, des scarabées pourvus d'une robe rayée de vert, de blanc et d'orange. « Les beaux spécimens sont privilégiés pour ce rendez-vous humain-insecte », précise Sonya Charest. On cherche à susciter admiration et curiosité à l'égard des insectes afin de vaincre les réticences de certains. Les espèces choisies pour cette rencontre intime changeront périodiquement.

On entre ensuite dans un grand dôme où sont présentés des insectes naturalisés. Ces « œuvres d'art » sont classées selon leurs couleurs. Ici, un cadre où les insectes mauves sont dominants ; là, ce sont plutôt les petites bêtes roses qui amusent l'œil.

On délaisse les tunnels pour refaire surface et être baigné par la lumière naturelle dans une atmosphère tropicale. Le vivarium est le cœur de cette expédition immersive : on y côtoie des insectes en liberté. On tente de trouver les phasmes bâtons ou les insectes feuilles, les pros du camouflage ; on admire les mille-pattes qui s'extirpent de sous les troncs d'arbre ; ou l'on se laisse effleurer par les ailes d'un joli morpho bleu ou d'un monarque.

LES DÉFIS DU VIVANT

Les milliers d'insectes qui vivent à l'Insectarium ont été soigneusement sélectionnés selon de nombreux critères, dont le lieu où ils allaient habiter. « Les insectes qui sont en semi-contention dans le vivarium ne doivent pas voler, sauter ou grimper, donne en exemple Michel Saint-Germain, chef de la division Collections et recherche à l'Insectarium. Cela a été un défi d'en trouver. » L'équipe a jeté son dévolu sur les mille-pattes (même si ce sont des myriapodes et non des insectes) et les blattes Halloween, entre autres. De plus, il fallait des insectes actifs pendant le jour pour faciliter l'observation.

Les pensionnaires ont aussi été choisis en fonction de la facilité d'approvisionnement en œufs et de l'élevage. Car le musée élève sur place sa collection vivante, dans une pouponnière et un laboratoire. À ce chapitre, l'équipe s'est butée au peu de connaissances disponibles sur le cycle de

vie de certains insectes moins connus des entomologistes. « Quelle est la combinaison de températures qui pourrait accélérer l'éclosion des œufs de tel insecte ? Est-ce qu'ils vont éclore dans un an, deux ans ? On ignorait souvent leur cycle de développement », indique Michel Saint-Germain. Une espèce de mante n'a ainsi pu être retenue, puisque les œufs n'ont jamais éclos.

« Tous les insectes proviennent de fermes d'élevage écoresponsables, tient à souligner Sonya Charest. Les papillons monarques, par exemple, font partie d'une population résidente des tropiques. Elle n'est pas en danger, contrairement à celle qui migre du Mexique jusqu'ici. »

Le personnel prend grand soin des différentes espèces de papillons. « Des chrysalides parcourent plus de 1 000 km en avion pour parvenir jusqu'ici. On veut donc favoriser leur longévité », assure Michel Saint-Germain. Le musée possède une grande serre pour cultiver des plantes nectarifères et en nourrir les papillons et les cétoines qui en sont friands. Ils ont également accès à des fruits frais et du nectar artificiel.

« Nous avons deux chambres à température et humidité contrôlées pour obtenir les conditions idéales d'éclosion des chrysalides. Il y a ainsi de deux à quatre lâchers de papillons par jour », dit Michel Saint-Germain. Des spécimens qui accompliront assurément la mission de séduire tout un chacun. ●



La visite commence par une descente dans un tunnel réalisé avec du béton projeté qui imite la texture de la terre.



Une designer a été mise à contribution pour agencer la collection naturalisée comme des œuvres d'art. Les insectes sont ainsi regroupés selon différentes caractéristiques : couleurs, tailles, habitats, stratégies de camouflage, etc.



Une cétoïne d'Umtali aux couleurs métalliques circule en liberté dans le vivarium.

DALL-E, dessine-moi un mouton

Une entreprise californienne vient de mettre au point une technologie d'intelligence artificielle capable de créer des images de qualité à partir d'une simple description écrite.

Par Charles Prémont



Le mandat était ici de réaliser une loutre de mer dans le même style que *La jeune fille à la perle*, du peintre Johannes Vermeer. DALL-E a signé son œuvre : les blocs colorés en bas à droite.

« **P**apa, j'aimerais que tu me fasses imprimer un dessin de Pikachu qui chevauche un requin-marteau dans une mer de nuages s'il te plaît. » Si vous êtes parent d'un jeune enfant, vous savez qu'une telle demande n'est pas si farfelue. Bonne nouvelle : l'intelligence artificielle pourrait bien faire du souhait (fort précis) de votre petite Simone une réalité.

Vous pourrez remercier DALL-E, une création de chercheurs de l'entreprise californienne OpenAI. Ce système, qui porte les noms fusionnés du peintre Dali et du mignon robot de Pixar WALL-E, sait créer des images à partir de simples phrases qui lui sont soumises par un humain.

La dernière version mise au point, DALL-E 2, dévoilée en avril dernier, peut produire des images photoréalistes en haute définition, des illustrations ou encore

des figurations dans le style d'artistes particuliers. Cette intelligence artificielle est même en mesure d'ajouter des éléments dans une image préexistante de manière réaliste.

« Les résultats sont impressionnants, commente Mirco Ravanelli, membre chercheur de Mila (l'institut de recherche sur l'intelligence artificielle fondé par Yoshua Bengio, de l'Université de Montréal), qui n'a pas participé au projet. Aujourd'hui, nous découvrons que ces choses sont possibles juste en entraînant de gros réseaux neuronaux avec beaucoup de données. Et ce n'était pas clair pour la communauté [de l'intelligence artificielle] qu'il était possible d'atteindre ces niveaux dans un si court laps de temps. Ça, c'est un peu une surprise. »

DALL-E est ce qu'on appellerait un « convertisseur » (ou *transformer* en anglais). Ce genre d'intelligence artificielle

transforme une forme de donnée en une autre. Dans ce cas, il convertit du texte en images.

Lorsqu'on lui soumet une description, DALL-E utilise CLIP – un autre projet d'OpenAI capable d'associer des images à des légendes – pour la disséquer et en extraire les caractéristiques principales. Le système ne se contente cependant pas de joindre des mots à des attributs visuels ; il établit lesquels sont les plus pertinents par rapport à la façon dont un humain décrirait cette image, explique Mark Chen, chercheur chez OpenAI. Autrement dit, DALL-E comprend comment les relations entre les mots dans une phrase ont une influence sur l'image entière qu'il doit rendre.

« Ensuite, nous entraînons un modèle pour obtenir des images en deux étapes, poursuit-il. Tout d'abord, nous prenons la phrase et nous reproduisons en images les caractéristiques décrites dans le texte. Ensuite, nous faisons un rendu de ces caractéristiques pour créer une image photoréaliste. »

Pour y arriver, les scientifiques utilisent un processus nommé « diffusion ». L'intelligence artificielle y construit une image à partir de pixels se trouvant dans un ordre aléatoire et les modifie peu à peu. Grâce à son entraînement, elle est en mesure de repérer dans ce chaos de points colorés des éléments qui émergent et correspondent aux caractéristiques détectées dans la phrase. En se basant sur ceux-ci, elle peaufine les détails de cette nouvelle image jusqu'à ce que celle-ci coïncide avec la description.

Le système n'est pas encore parfait et il n'est pas rare que DALL-E fasse des erreurs. Dans les exemples présentés par OpenAI, on constate que DALL-E produit de nombreuses variations d'images pour une phrase. Si elles ne sont pas toutes convaincantes, certaines semblent tout



à fait réelles, ce qui laisse présager un bel avenir à cette technologie.

Le fait que DALL-E crée plusieurs images pour une même description permet aussi à l'équipe d'OpenAI d'évaluer si l'intelligence artificielle comprend la phrase ou si elle ne fait que répéter ce qui lui est enseigné. « Nous pouvons les utiliser pour voir à quels attributs d'une image le modèle accorde plus d'attention et ce qu'il oublie, fait observer Mark Chen. De plus, nous pouvons le tester avec des phrases complexes qui ne figurent pas dans son entraînement. Par exemple, en demandant un "ours en peluche mélangeant des produits chimiques comme un savant fou", nous voyons si le modèle est capable de construire une scène cohérente en recourant à des concepts qu'il a déjà vus – comme "ours en peluche" et "savant" –, mais qui ne sont pratiquement jamais liés dans les données utilisées pour son entraînement. »

S'il est possible d'écrire aux chercheurs sur Instagram pour leur proposer des phrases à faire dessiner par DALL-E, l'outil n'est toujours pas accessible au grand public. C'est qu'OpenAI est bien consciente des dérives qui guettent ce genre de technologies une fois entre les mains de M. et M^{me} Tout-le-monde. Outre l'occasion de produire des images violentes, blessantes ou pornographiques, le potentiel de l'utiliser pour créer de fausses nouvelles est réel. Le fait que DALL-E soit en mesure de réaliser des illustrations dans le style de différents artistes pose aussi la question du droit d'auteur.

La petite Simone risque donc de devoir attendre encore quelques années pour obtenir ses dessins. Mais qui sait ce que ses futurs enfants pourront lui demander? ●

Tension, attention!

Je me pose devant mon ordinateur afin d'écrire ma 24^e chronique pour *Québec Science*, ayant réussi à libérer quelques heures qui seront, je l'espère bien, productives.

Bip! fait mon téléphone. Je regarde le message d'une amie qui m'envoie une photo rigolote. Ah oui, je pourrais en profiter pour faire mon épicerie en ligne, il n'y a plus de lait. Hop, un petit tour sur Instagram pour me donner une erre d'aller... Une heure plus tard, je me lève et vais me chercher un café, histoire de trouver l'inspiration. Je reviens devant l'écran et regarde la page blanche, découragée de n'avoir écrit aucune ligne. Au secours! Où est donc passée ma concentration?

Ironiquement, j'ai obtenu la réponse à cette question sur mon fil d'actualité Facebook. Un ami y suggérait un article du *Guardian* portant sur le livre *Stolen Focus: Why You Can't Pay Attention*, de Johann Hari, paru en février 2022. Selon ce journaliste britannique, les médias sociaux et la vie moderne ont complètement oblitéré notre capacité de concentration. Pas surprenant étant donné que notre faculté cognitive se limiterait à une ou deux pensées à la fois – pas plus! Une expérience réalisée auprès de 136 étudiants d'université le confirme: tous devaient faire le même examen écrit, mais la moitié d'entre eux avaient leur téléphone sur la table, recevant des messages textes par intermittence. Les étudiants qui ont reçu des textos pendant l'épreuve ont moins bien réussi d'environ 20 % par rapport à leurs collègues.

Force est de constater que nous fonctionnons tous, d'une façon ou d'une autre, amputés de ces 20 %... Nous sommes constamment interrompus par un flot incessant de notifications, d'appels et de courriels. Sans compter notre attirance pour les réseaux sociaux, qui ont trouvé la recette miracle pour nous happer: attrait de la nouveauté + validation des pairs = activation des circuits de la récompense

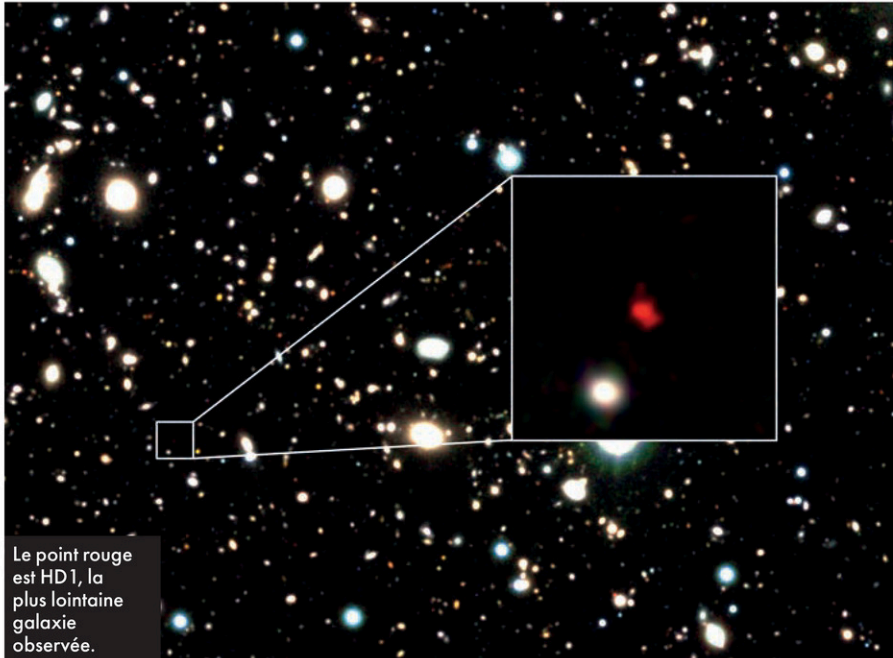
et libération de dopamine – l'hormone du plaisir – à volonté. Même si elle ne constitue pas encore un diagnostic officiel dans les manuels de psychiatrie, la cyberdépendance a des répercussions néfastes sur la santé, notamment chez les adolescents, en occasionnant des troubles de l'humeur, des difficultés de sommeil et... je vous le donne en mille, une perturbation de l'attention.

Alors que peut-on faire pour retrouver sa productivité d'antan? On peut commencer par limiter les notifications sur son téléphone intelligent. Ensuite, on peut tenter de diminuer son temps d'écran ne serait-ce que d'une seule heure par jour, ce qui serait suffisant, selon une récente étude allemande, pour augmenter la sensation de bien-être. Certains vont jusqu'à recommander un « jeûne technologique intermittent », en tentant de circonscrire son exposition à la technologie à quelques heures par jour ou de s'en abstenir complètement pendant plusieurs semaines, afin de restaurer son équilibre de dopamine cérébrale. Rappelons qu'il peut être ardu, voire impossible, de se contenir ainsi pour quelqu'un souffrant d'un déficit de l'attention avec ou sans hyperactivité, un trouble qui touche 1 adulte sur 20 et dont la prévalence a plus que doublé dans la dernière décennie.

Mais l'abstinence individuelle n'est qu'une partie de la solution, pense James Williams, un ancien publicitaire de Google devenu philosophe. Fermer son téléphone, c'est l'équivalent de mettre un masque à gaz pour lutter contre la pollution atmosphérique ou encore de manger un bâtonnet de céleri pour lutter contre l'obésité...

Il faut donc offrir un contrepoids systématique aux réseaux sociaux et autres entreprises technologiques, dont le modèle d'affaires est basé sur la dépendance des usagers. Nous pourrions, comme société, utiliser le peu d'attention collective qu'il nous reste afin de notifier notre mécontentement à nos élus! Bip-bip! ●

Une galaxie née juste après le big bang se révèle



Le point rouge est HD1, la plus lointaine galaxie observée.

Des astronomes ont découvert la galaxie la plus lointaine de la Terre jamais répertoriée. Elle pourrait abriter les premières étoiles nées dans l'Univers.

Par Hugo Ruher

Il y a bien longtemps, dans une galaxie lointaine, très lointaine... La phrase rituelle de *La guerre des étoiles* vient immédiatement à l'esprit lorsqu'on évoque HD1, la galaxie la plus distante jamais vue. Décrite en avril dernier dans l'*Astrophysical Journal*, elle se situe à 13,5 milliards d'années-lumière de la Terre. Cela signifie que la lumière qui nous arrive aujourd'hui d'HD1 a été émise il y a 13,5 milliards d'années, soit très peu de temps après le big bang. Un record !

La reculée HD1 pourrait donc abriter les étoiles parmi les plus anciennes de l'Univers, jamais observées jusqu'ici. Mais en savoir plus sur sa nature est délicat en raison de la distance qui nous sépare d'elle. « Avec des instruments puissants, nous pouvons capter sa lumière, assure Fabio Pacucci, astronome au Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics, qui a contribué à l'étude. Mais ce qui est plus compliqué, c'est de calculer précisément sa distance et surtout de définir son comportement. »

La découverte a été rendue possible grâce à plus de 1 200 heures d'observation sur toute une série de télescopes au Japon, au Chili et même dans l'espace avec le *Spitzer*. Ces instruments opèrent dans l'infrarouge, car la lumière émise il y a très longtemps est « étirée » par l'expansion

de l'Univers; la longueur d'onde de son rayonnement s'allonge, se décalant vers le rouge. Le degré de décalage est un indice crucial pour connaître la distance d'un objet et donc son âge.

Mais les instruments étant à la limite de leurs capacités, les astronomes doivent spéculer sur la nature exacte de ce coin du cosmos. Les modèles théoriques prédisent qu'HD1 devrait être très différente des galaxies qui se sont formées plus longtemps après le big bang, comme la Voie lactée. Il est admis notamment que les plus vieilles d'entre elles sont désordonnées et présentent plus rarement une forme en spirale comme chez nous, même si des contre-exemples existent.

De plus, l'Univers était à cette époque moins étendu et la matière se trouvait plus concentrée, ce qui a mené à la formation d'étoiles plus nombreuses et plus grosses. Et c'est le cas ici ! Les rares données exploitables révèlent qu'HD1 produit une quantité impressionnante d'étoiles. Encore plus que ce que prévoyaient les modèles les plus optimistes avec pas moins d'une centaine de nouveaux astres chaque année, soit 10 fois ce qui était attendu. À titre de comparaison, à peine trois par an maximum se forment dans la Voie lactée.

« Nous ne pouvons pas expliquer ce taux de formation incroyable, précise Fabio

Pacucci, mais nous pensons qu'HD1 pourrait être au milieu d'une phase intense de sursauts durant laquelle les étoiles naissent à un rythme effréné. C'est ce qui arrive lorsque le gaz est présent en très grande quantité pour constituer des étoiles. » Ces étoiles primordiales seraient dépourvues de métaux et d'autres éléments lourds, peu présents à ce stade de l'Univers.

Grosse travailleuse, la galaxie HD1 se distingue aussi par sa forte luminosité dans l'ultraviolet, qui pourrait être expliquée par la pouponnière d'étoiles géantes. Mais il existe une autre théorie. « Il y a peut-être une source de rayons UV qui vient des environs d'un trou noir supermassif », avance Fabio Pacucci. Le problème, c'est que, pour arriver à ce niveau de rayonnement, il faudrait un trou noir 100 millions de fois plus massif que le Soleil. Ce qui en ferait le plus gros jamais observé si peu de temps après le big bang.

Ces suppositions sont théoriquement cohérentes et, pour s'assurer de leur véracité, les astronomes pourront compter sur le télescope *James-Webb*, beaucoup plus sensible dans l'infrarouge, qui pourra étudier de plus près cette galaxie. De là à y discerner des combats de Jedi ? ●

Un parfum d'été... et de danger!

Par Damien Grapton



L'odeur terreuse qui embaume l'air après la pluie évoque souvent le retour des beaux jours et les joies du jardinage. Mais pour certains vers communs de nos sols, il s'agit plutôt d'un signal de danger.

Les scientifiques savent depuis longtemps que la géosmine, une molécule produite par un grand nombre de bactéries du sol, est responsable de ce parfum si particulier. Mais son rôle n'est pas toujours clair. « La géosmine n'aide pas les cellules à croître ou à se diviser », dit Brandon Findlay, professeur au Département de chimie et de biochimie de l'Université Concordia.

Une étude de son équipe publiée dans le journal *Applied and Environmental Microbiology* démontre que la bactérie *Streptomyces coelicolor* utilise plutôt la géosmine pour sauver sa peau. De nombreux animaux sont capables de détecter ce composé chimique, dont les nématodes de l'espèce *Caenorhabditis elegans*. Ces minuscules vers peuplent les sols de la planète entière, jusqu'en Antarctique, et se nourrissent des bactéries qui y vivent. L'équipe a étudié le mouvement et le comportement des vers sur des plaques de gélose contenant de la géosmine. Elle a ainsi observé que les vers évitent soigneusement les zones

où est présente cette molécule au goût si particulier. « La géosmine ne les tue pas, mais les vers l'associent à des effets négatifs », résume Brandon Findlay.

En effet, *Streptomyces coelicolor* produit de la géosmine, mais également des toxines qui seraient fatales aux nématodes s'ils décidaient de gober quelques-unes de ces bactéries en guise de repas. « L'idée est que les bactéries utilisent la géosmine comme signal d'alerte pour repousser les prédateurs », explique la première auteure de l'étude, Liana Zaroubi. Un peu comme la grenouille des fraises ou le monarque annoncent leur toxicité par des couleurs vives tandis que certaines plantes ont des épines, *S. coelicolor* libère de la géosmine pour signifier qu'il vaut mieux se tenir loin d'elle. Ces mécanismes de défense sont appelés « aposématisme ».

L'odorat humain est très sensible à la géosmine : il peut la détecter même en infimes quantités, de l'ordre de « quelques gouttes dans une piscine », illustre le professeur Findlay. Si son odeur est plaisante, son goût serait en revanche beaucoup plus désagréable. La géosmine serait-elle un signal de danger potentiel pour l'humain aussi? Cela reste à prouver! ●

CHLOÉ FRESLON  @f_chloe

Technopop



Les nouveaux *cool* du quartier

La « grande démission », nom donné à la vague de départs d'employés depuis le début de la pandémie, a particulièrement touché le monde des technologies. Une étude récente révèle que près des trois quarts des salariés du secteur prévoient quitter leur emploi dans les 12 prochains mois, citant comme principales raisons les occasions d'avancement limitées, une culture d'entreprise toxique et le retour forcé au présentiel.

Ce dernier point est particulièrement étonnant pour une industrie qui avait jusqu'à tout récemment la réputation d'avoir des pratiques en ressources humaines innovantes. Massages sur chaise, nourriture gratuite en accès continu, possibilité de se consacrer à des projets personnels pendant les heures de bureau : dans les années 2000, n'importe quelle personne *tech* avait des étoiles dans les yeux en s'imaginant travailler chez Google.

Les employés, évidemment, ne veulent pas perdre les libertés acquises pendant la pandémie. Pourquoi donc Google, Meta et plusieurs autres veulent-ils absolument ramener leur personnel dans leurs locaux? C'est d'autant plus difficile à comprendre considérant que Google a connu des revenus records pendant la pandémie et que le prix de l'essence grimpe en flèche. La fidélisation et la satisfaction des travailleurs sont essentielles à la croissance des entreprises. Dans ce contexte, obliger les gens à venir au bureau semble risqué.

Cette « rigidité » profite aux secteurs émergents liés à la chaîne de blocs. Les horaires y sont individualisés, tandis que le travail à distance et la flexibilité géographique sont la norme. Par exemple, chez Nansen, une plateforme d'analyse de chaînes de blocs pour les professionnels et les investisseurs en cryptomonnaies, l'avantage social préféré des employés est la possibilité de travailler, tous frais payés, dans l'un des satellites de l'entreprise situés à Miami, Lisbonne et Singapour.

Les géants de la Silicon Valley ne sont plus les jeunes *cool* du quartier. Quinze ans après l'essor de la culture techno, le monde a changé. Les employés souhaitent travailler comme ils le veulent et quand ils le veulent. Est-ce vraiment trop demander? ●



JEAN-FRANÇOIS CLICHE  @clicjf

Polémique

Révisons le système de révision

Imaginez une chaîne de montage de haute technologie où sont fabriqués des appareils sophistiqués et difficiles à assembler. Dans une telle usine, le contrôle de la qualité est une étape cruciale qui demande une main-d'œuvre ultraqualifiée. Mais voilà, les employés chargés de cette opération ne sont jamais payés : ils travaillent à temps plein ailleurs et le directeur de l'usine s'attend à ce qu'ils prennent un peu de leur temps pour venir bénévolement s'assurer que le produit final respecte les standards de qualité.

Vous trouvez que ce scénario n'a aucun sens ? Vous avez raison, aucune industrie ne peut se permettre de fonctionner de cette manière. Sauf une, apparemment : celle de la publication scientifique.

Pratiquement aucune revue savante ne rémunère ses « réviseurs », soit ceux qui relisent les articles soumis pour voir à ce que les expériences qui y sont décrites ont été bien menées et qu'elles appuient les conclusions qui en sont tirées. Il s'agit pourtant d'une tâche qui demande une fine expertise du domaine, en plus, très souvent, d'une maîtrise avancée des statistiques. D'un point de vue strictement économique, cette main-d'œuvre vaut très cher, puisqu'elle est très rare et que la demande est grande – des millions d'articles savants sont publiés chaque année ! Mais dans les revues scientifiques, le travail de révision est bénévole.

Il y a une bonne part de tradition là-dedans. Depuis l'« invention » de la revue savante, au 17^e siècle, les réviseurs ont toujours travaillé gratuitement, une forme de devoir civique pour eux. Ce devoir a toutefois pris des proportions monstres : une étude parue l'an dernier dans *Research Integrity and Peer Review* a estimé que la révision par les pairs a demandé au bas mot environ 100 millions d'heures de travail dans le monde en 2020. Juste aux États-Unis, en calculant un taux horaire raisonnable, ce travail revient annuellement à environ 1,5 milliard de dollars. On parle de 600 autres millions pour la Chine et de l'équivalent de 400 millions pour le Royaume-Uni la même année. C'est sans compter le reste de la planète ! Quand on sait que la plupart des principales maisons d'édition savante dans le monde (Elsevier, Taylor & Francis, Wiley, Springer Nature, etc.) sont des compagnies à but lucratif dont les marges de profit sont considérables, on mesure à quel point cette situation est inique.

Au-delà de l'équité, quelque chose me semble brisé dans ce système ou à tout le moins dépassé. Avec la pression de publier qui pèse maintenant sur les chercheurs, ceux-ci produisent bien plus d'articles qu'il y a 50 ans. De 2008 à 2018, le nombre d'articles savants (révisés par les pairs) parus dans le monde en science et ingénierie est passé de 1,8 à 2,6 millions par année. Et ce n'est pas parti pour ralentir : comme l'écrivait récemment Richard Smith, éditeur du *British Medical Journal* de 1991 à 2004, la numérisation de l'édition savante fait en sorte qu'il est maintenant beaucoup plus facile, et financièrement beaucoup moins risqué, de lancer une nouvelle revue qu'à l'époque où tout était imprimé. Les publications dématérialisées se sont d'ailleurs multipliées depuis 20 ans.

En outre, comme la révision est une tâche ingrate et sans contrepartie, peu de chercheurs s'y adonnent – de sorte qu'environ 20 % des scientifiques font 80 % du travail, ce qui est intenable, concluait une étude sur le sujet parue dans *PLOS ONE* en 2016.

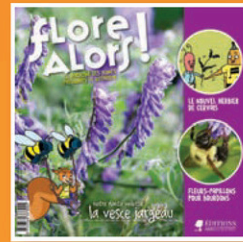
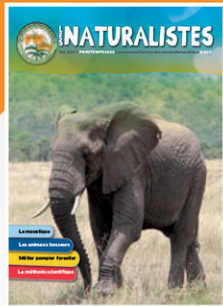
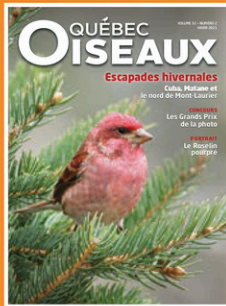
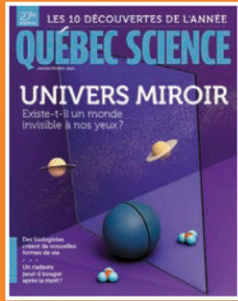
La tension est manifeste : si des chercheurs qui sont de plus en plus surchargés doivent faire de plus en plus de révision, quelque chose doit finir par céder. En toute logique, la qualité en souffre... Il y a, certes, de nombreux comités de lecture qui s'acquittent consciencieusement de leur tâche.

Mais trop souvent, par manque de temps, les réviseurs laissent passer des articles de très faible qualité ou formulent peu de commentaires utiles. On l'a d'ailleurs vu nombre de fois depuis le début de la pandémie, quand des recherches médiocres, sinon frauduleuses, ont été publiées. Elles ont semé beaucoup de confusion au sujet de « traitements » très douteux contre la COVID-19, comme l'hydroxychloroquine et l'ivermectine.

Pas étonnant que de plus en plus de voix plaident pour qu'on paie les experts qui relisent les études. Il y aurait certainement des inconvénients – peut-être moins de moyens pour les éditeurs ou des prix d'abonnement à la hausse pour les universités et les laboratoires. À terme, on ne pourra pas éviter une révision du système.

Peut-être même faudrait-il aller encore plus loin et carrément « professionnaliser » la tâche ? Je me demande ce qu'en penseraient les dirigeants de cette étrange usine... Chose certaine, la société – les clients de l'usine à publications scientifiques – y gagnerait. ●





LA SCIENCE ACCESSIBLE!

magazinesdescience.com

La science se lit aussi ici :
sciencepresse.qc.ca • acfas.ca/publications/magazine
aestq.org/spectre • multim.com

Polluants sans frontières

Les perturbateurs endocriniens, ces substances qui interfèrent avec notre système hormonal, sont partout. Il est temps que les chercheurs unissent leurs forces pour y faire obstacle, estime Valérie Langlois. **Par Marine Corniou**





écotoxicologue Valérie Langlois travaille « pour la cause ». Elle remue ciel et terre pour faire gonfler les rangs des scientifiques autour d'un projet ambitieux : mieux comprendre et mieux encadrer les perturbateurs endocriniens, ces composés omniprésents dans l'environnement qui brouillent les signaux hormonaux des organismes vivants. Avec sa collègue Isabelle Plante, elle aussi chercheuse à l'Institut national de la recherche scientifique (INRS), elle a fondé en 2020 le Centre intersectoriel d'analyse des perturbateurs endocriniens, le CIAPE, un regroupement international de plus de 150 chercheurs. Le collectif vient de publier 14 synthèses des connaissances sur ces contaminants et leurs effets dans la revue *Environmental Research*. Un état des lieux indispensable, alors que

la notion d'« exposome », soit l'ensemble des polluants auxquels les êtres vivants sont exposés de la conception à la mort, prend de plus en plus d'ampleur en épidémiologie et en biologie.

Québec Science : Que sont les perturbateurs endocriniens ?

Valérie Langlois : Ce sont des contaminants omniprésents qui peuvent interférer avec le système hormonal des organismes vivants. Ces substances chimiques agissent à très faible dose en mimant l'action des hormones ou en les empêchant de fonctionner. Elles ont de nombreux effets sur la santé, car les hormones sont les messagers qui assurent la communication entre les différents organes dans le corps à toutes les étapes de la vie.

Le bisphénol A en est un exemple emblématique. Il est incorporé dans de nombreux plastiques, notamment dans les bouteilles, les emballages alimentaires, les tickets de caisse, etc. Une fois dans le corps, il peut se lier au récepteur des œstrogènes [hormones sexuelles femelles] et augmenter la prolifération de certaines cellules par exemple.

On trouve également des perturbateurs endocriniens dans les peintures, les pesticides, les produits ménagers, les cosmétiques... Ils peuvent s'immiscer dans notre corps par l'alimentation, la peau, l'air ambiant. Les organismes aquatiques, eux, sont contaminés par l'eau.

Au total, on connaît environ 1 000 substances qui ont une action sur le système hormonal. Mais il y en a sûrement davantage !

Les perturbateurs endocriniens agissent à des doses infimes. Il est donc impossible de définir un seuil de toxicité acceptable – à part l’absence totale du produit.

QS Vos synthèses dans *Environmental Research* proposent un état des lieux exhaustif des connaissances sur le sujet. Quels sont les principaux constats ?

VL On sait depuis longtemps que, en raison de leur capacité à mimer les hormones sexuelles, certains de ces contaminants nuisent à la reproduction des poissons, des amphibiens, des oiseaux, des mammifères et des humains.

Mais ce ne sont pas les seules hormones perturbées. De fait, ces substances, en particulier plusieurs pesticides, peuvent aussi interférer avec les hormones du stress comme le cortisol et les hormones thyroïdiennes. C’est moins connu, mais c’est tout aussi grave, sinon plus : les hormones thyroïdiennes agissent en chef d’orchestre du développement des organismes. Les effets peuvent donc se faire sentir sur le métabolisme, le contrôle du stress, l’immunité, le développement neuronal... À long terme, il y a aussi des risques accrus de souffrir de certains cancers.

De plus, les hormones se régulent les unes les autres. Il y a donc un effet de cascade : si l’une d’elles est perturbée, cela va avoir une influence sur d’autres hormones. On a tendance à regarder chaque phénomène séparément, alors que tout est interrelié.

QS Certaines études ont montré que les perturbateurs endocriniens affectent non seulement les organismes qui y sont exposés, mais aussi leur descendance. Pouvez-vous nous en dire plus ?

VL En effet, l’exposition d’une génération de poissons à ces contaminants peut modifier la façon dont l’ADN sera transcrit dans leur progéniture et ces changements peuvent persister au fil des générations. Des études ont mis au jour que des poissons adultes exposés à des antidépresseurs [qui modifient les taux de cortisol] ne présentent pas de changements dans leur réponse au stress ; en revanche, les individus de la quatrième génération affichent une réponse modifiée à

un facteur de stress par rapport aux poissons jamais exposés au produit pharmaceutique. Il y a donc des effets transgénérationnels.

Les perturbateurs endocriniens traversent aussi le placenta. Des maladies chroniques telles que le diabète et l’obésité ont été associées à une exposition à ces substances durant la vie foetale [notamment les polluants organiques persistants, les biphényles polychlorés, les pesticides organophosphorés...].

QS Vous avez mis sur pied le CIAPE dans l’idée de briser les silos entre les spécialités de la recherche. Pourquoi ce besoin ?

VL Le Centre est né d’un financement de l’INRS destiné à stimuler les regroupements de chercheurs. Nous avons tout de suite fédéré 170 chercheurs à l’échelle internationale autour des perturbateurs endocriniens. L’idée était de mettre en contact des gens qui ne se sont jamais parlé. Pour écrire les 14 revues de littérature, justement, il a souvent fallu colliger les informations sur les animaux et les humains et donc faire l’effort d’échanger, alors que les chercheurs en santé humaine et ceux en biologie animale travaillent rarement ensemble.

Cela nous a permis de dresser un état des lieux de toutes les connaissances sur le sujet dans tous les secteurs, chez tous les animaux, à tous les échelons. Nous abordons aussi les solutions potentielles et la réglementation.

QS Est-ce difficile d’encadrer l’utilisation de ces substances ?

VL À l’échelle des gouvernements ou des agences internationales, il y a des protocoles pour évaluer le potentiel effet endocrinien d’un produit avant son approbation. Mais la réalité est complexe, car nous sommes exposés à un mélange de contaminants tout au long de notre vie. Il

est donc difficile de relier un problème de santé à une exposition à des perturbateurs spécifiques.

De plus, pour la plupart des polluants, comme les métaux, plus la dose d’exposition est élevée, plus les effets sur la santé sont importants. Avec les perturbateurs endocriniens, c’est plus subtil : ils agissent à des doses infimes et donc il est impossible de définir un seuil de toxicité acceptable – à part l’absence totale du produit.

L’autre problème dans la réglementation actuelle, c’est qu’on interdit le contaminant problématique plutôt que son type d’action. Prenez l’exemple du bisphénol A. Au Canada, il a été interdit en 2008 dans les biberons ; en Europe, il l’est aussi dans les contenants alimentaires comme les boîtes de conserve. Pour le remplacer, les fabricants ont opté pour le bisphénol S ou F, c’est-à-dire des molécules légèrement différentes, mais qui ont probablement la même capacité à imiter les œstrogènes. Il faudrait plutôt proscrire d’emblée toutes les molécules ayant une activité œstrogénique au lieu de les examiner une à une.

QS Ces contaminants sont innombrables : n’est-ce pas décourageant ? Sous quel angle aborder le problème ?

VL Avec de la patience ! Il faut se rappeler que les changements n’arrivent pas vite sur le plan réglementaire. Cela prend 20 ans, parfois plus, mais ils finissent par se produire. De toute façon, si l’on voulait réduire l’usage des pesticides de manière draconienne, on ne passerait pas de l’agriculture industrielle à l’agriculture biologique en une après-midi ! Et l’effet économique de la réglementation est un enjeu non négligeable.

Dans la prochaine année, le CIAPE va tenir quatre webinaires rassemblant des biologistes, des spécialistes de la santé humaine, des sciences sociales et du trai-

tement des eaux. Nous allons réfléchir sur les aspects réglementaires canadiens, car le Canada est justement en train de revoir sa façon d'analyser le risque lié aux produits chimiques. L'Amérique du Nord est très en retard par rapport à l'Europe en termes de réglementation.

Une autre mission du CIAPE est la sensibilisation de la population. Nous allons notamment publier deux livres pour les enfants, dont un cet été sur une grenouille et son marais. Car plus les gens sont éduqués, plus ils peuvent faire bouger les choses localement.

QS Que peut-on faire à sa propre échelle ?

VL Il ne faut pas attendre les décisions internationales ou les mesures fédérales pour bouger. Les municipalités peuvent prendre des décisions, être plus exigeantes que le gouvernement fédéral. On l'a vu

quand Montréal a interdit la vente et l'usage de 36 pesticides, dont le glyphosate, en janvier 2022.

De façon plus graduelle, les villes peuvent décider de limiter progressivement l'utilisation de pesticides sur leur territoire ou de mettre en place des solutions pour décourager le recours aux ustensiles jetables ou aux sacs de plastique.

Quant aux particuliers, ils peuvent réduire leur consommation de biens en général, restreindre les achats de jouets en plastique, privilégier les aliments bio, éviter les produits chimiques à la maison...

C'est en mobilisant le plus de monde possible, dans la population et parmi les chercheurs, que nous allons trouver de nouvelles pistes à explorer. Je suis une fourmi dans une fourmilière, mais tous ensemble nous allons réussir à changer les choses. ●

COMMENT LA BATAILLE ÉCOLOGIQUE EST DEVENUE UN DEVOIR CITOYEN ?

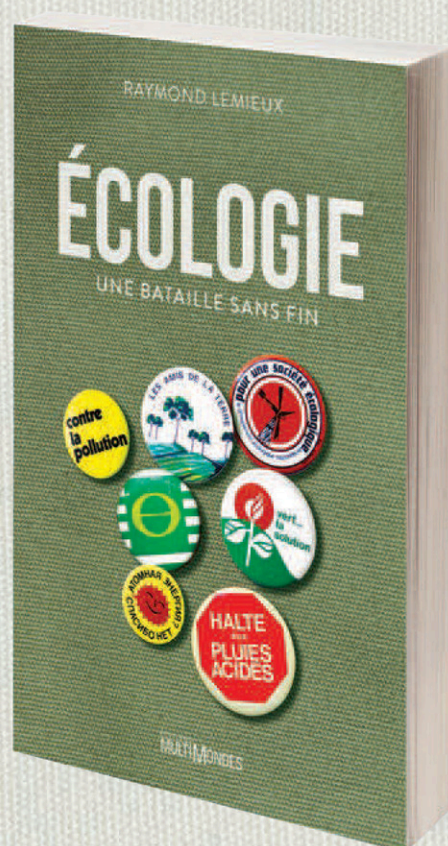
UN ESSAI SUR LE GRAND MOUVEMENT SOCIAL QUI FAIT DE L'ÉCOLOGIE UNE VALEUR CIVIQUE DÉSORMAIS FONDAMENTALE.

ÉDITIONS
MULTIMONDES

editionsmultimondes.com



Offert en versions numériques



« JE VOUS PRÉSENTE L'ENDURANCE ! »

Un peu plus d'un siècle après le naufrage de l'*Endurance*, son épave, l'une des plus célèbres du monde, a été retrouvée début 2022 en Antarctique, à plus de 3000 mètres de profondeur. Un exploit technologique qui ravive le souvenir de l'âge d'or de l'exploration polaire. **PAR CHARLES PRÉMONT**



espoir s'amenuisait. Après plus de quatre semaines de recherches en mer, la carcasse de l'*Endurance* demeurait introuvable. La pression pesait sur les épaules de Nicolas Vincent, le responsable de la prospection sous-marine de l'expédition menée par le Falklands Maritime Heritage Trust. Le résultat final dépendait d'un travail d'équipe, bien sûr, mais il sentait les regards anxieux tournés vers lui. « Il y avait de l'inquiétude, c'est certain, se remémore-t-il. Nous étions à trois jours de la fin de l'expédition, sur le point de rentrer bredouilles. Ça représentait quand même trois ans de travail... »

Nicolas Vincent avait été consultant à terre lors de la première expédition pour dénicher la célèbre épave, en 2019, mais c'est à lui qu'on avait fait confiance, cette fois, pour fouiller les abysses. Avec les membres de son équipe, il avait passé des mois à se préparer. Ils avaient testé

leurs drones sous-marins dans les profondeurs de la Méditerranée, près de Toulon, fabriqué d'immenses blocs de glace pour vérifier les performances de leur foreuse, conçu des procédures pour mettre à l'eau leurs robots à partir d'un hélicoptère. Ils ne pouvaient être plus prêts. Ils le devaient. Chaque expédition coûtant plusieurs millions de dollars, Neptune seul savait s'ils pourraient un jour revenir.

Malgré des avancées technologiques fulgurantes depuis l'époque d'Ernest Shackleton, l'explorateur britannique dont la mission avait conduit au naufrage de l'*Endurance*, fouiller les bas-fonds de la mer de Weddell demeure un défi herculéen. Entre les températures glaciales, les courtepentes de glaces flottantes en dérive appelées « packs » et les vents violents, un nombre incalculable de variables peuvent faire la différence entre le succès et l'échec.

L'Endurance
coincé dans la glace
en août 1915



En cette journée du 5 mars 2022, pour détendre leurs nerfs, Menson Bound, le directeur de l'exploration d'Endurance22, et John Shears, le responsable de l'expédition, avaient décidé de s'aventurer un peu sur la banquise. « Mais dès que nous avons remis le pied sur le navire, on nous a intimé par le biais de l'interphone d'aller sur le pont, a raconté M. Bound en entrevue avec l'organisation Reach the World. Nous avons couru. Lorsque nous sommes arrivés, Chad [Bonin, le superviseur des drones sous-marins] avait un drôle de sourire aux lèvres. Nicolas [Vincent] nous a accueillis en nous tendant son téléphone : "Messieurs, je vous présente l'Endurance", a-t-il dit. J'ai vu la photo et j'ai été absolument soufflé. »

Les images retransmises dans le monde entier ont effectivement de quoi impressionner. Grâce à des drones sous-marins de dernière génération, l'équipage a pu filmer de près la relique centenaire. En passant à sa poupe, les caméras ont mis en évidence le lettrage métallique de son nom surmontant une étoile polaire. Assise bien droite, elle constitue ce qu'on désigne comme une épave cohérente, c'est-à-dire qu'elle tient en un seul morceau. Les eaux froides de l'Antarctique l'ont particulièrement bien protégée : l'absence de parasites susceptibles de s'attaquer au bois a permis de limiter les dégâts. « Sa préservation est absolument incroyable, a ajouté Menson Bound. On peut encore voir de la peinture ! »

MISSION POLAIRE

En août 1914, Ernest Shackleton quitte l'Angleterre à bord de l'Endurance en direction de l'Antarctique. C'est la troisième fois que l'explorateur s'y rend. Lors de ses deux premiers essais, il s'était approché du mythique pôle Sud sans l'atteindre. Et avant qu'il ait eu le temps de faire une nouvelle tentative, Roald Amundsen, son compétiteur norvégien, lui damait le pion en réussissant l'exploit tant convoité.

Shackleton s'attaquait donc à une autre première : traverser l'Antarctique d'un bout à l'autre en passant par le pôle Sud. Malheureusement pour lui et son équipage, les choses ne se déroulent pas comme prévu. La glace, particulièrement épaisse, rend la navigation difficile. En

janvier 1915, l'Endurance est pris en étau par les packs. Il n'en sortira jamais. Dix mois plus tard, en novembre de la même année, le vaisseau coule au fond de la mer de Weddell.

Ce qui assurera la postérité à Shackleton, ce n'est donc pas la réussite d'une première mondiale, mais bien la prouesse d'avoir survécu à ce qui allait devenir le plus improbable voyage de retour (dont le trajet est détaillé aux pages 22 et 23). Chassant les quelques animaux présents sur la banquise qui craquait sous leurs tentes, mangeant leurs propres chiens de traîneau, naviguant par les eaux froides sur leurs canots de sauvetage pendant des centaines de milles nautiques, cassant la glace qui se formait sur les coques, tous les hommes de Shackleton réchappèrent de ce cauchemar qui se termina en août 1916, deux ans après leur départ de l'Angleterre. À ce jour, Shackleton demeure l'un des explorateurs les plus connus du monde. Conséquemment, l'Endurance est une épave de renom.

En 2019, c'était également John Shears et Menson Bound qui avaient appareillé le S.A. *Agulhas II* pour retrouver l'Endurance, sans succès. « Nous étions à la recherche de l'Endurance depuis presque 10 ans, explique Menson Bound. Nous avons d'abord eu cette tentative malheureuse. Cette fois-ci tout a fonctionné pour nous ! »

Même si « tout a fonctionné » dans cette expédition, cela ne veut pas dire que les choses ont été simples. Les conditions de recherche en Antarctique sont particulièrement inhospitalières en raison des températures très froides, des vents violents, des blizzards et surtout des glaces mouvantes. Seulement quatre bâtiments auraient navigué sur ces eaux au fil de l'histoire, selon l'estimation de John Shears.

Pour traquer une épave, on détermine d'abord une zone de prospection. Dans le cas de l'Endurance, elle était justement bien connue. Si Shackleton a longtemps été glorifié pour ses qualités de meneur, on découvre de plus en plus le rôle crucial qu'a joué le capitaine du navire, Franck Worsley, dans le sauvetage. Ce sont ses capacités exceptionnelles de navigateur qui ont permis à l'expédition de ne pas se

perdre et d'atteindre l'île de l'Éléphant, un point dans l'immensité de l'océan, puis la Géorgie du Sud, une autre île. Dès que l'Endurance a été pris dans les glaces, Worsley a continuellement noté la position de l'équipage dans un journal qui existe toujours.


Une fois le territoire à explorer établi, il faut le quadriller. Comme la mer de Weddell fait plus de 3 000 mètres de profondeur et que ses eaux sont extraordinairement froides, il était nécessaire d'envoyer des drones sous-marins afin de procéder à un balayage par sonar latéral. Cette technologie permet aux scientifiques de sonder le fond marin « de côté » plutôt que d'en avoir une vue en surplomb.

C'est ici qu'entrent en scène les Sa-ber-tooths, des drones sous-marins hybrides, c'est-à-dire pouvant se guider de manière autonome ou être télécommandés. Conçus par Saab et ayant la taille d'une petite voiture, ils ont navigué à 90 % de la profondeur de la colonne d'eau et étaient en mesure de balayer un chenal de 1 400 m² pour chaque mètre d'avancée. Lorsque les opérateurs voient une structure pouvant être une épave, ils s'empressent d'aller l'explorer pour confirmer leur découverte.

Simple ? Pas tant que ça. Utiliser un drone sous-marin sous les glaces est extrêmement complexe. Ces appareils doivent demeurer en communication constante avec les équipements du navire. Il faut donc que ce dernier les suive. Mais les packs épais de la mer de Weddell compliquent cette tâche. On peut donc perdre le contact avec le véhicule. « En eau libre, ce n'est pas trop grave, indique Nicolas Vincent, que nous avons joint durant ses vacances bien méritées en France. Nous pouvons anticiper où nous allons le retrouver pour rétablir le contact et le récupérer. Mais avec les glaces, ce n'est pas toujours possible d'être au rendez-vous. »

D'ailleurs, au cours de l'expédition de 2019, l'un de ces précieux robots avait été égaré. Pour éviter un tel drame cette fois-ci, Nicolas Vincent a opté pour un drone relié au bateau par une fibre optique fortifiée de kevlar. Ils en ont déroulé jusqu'à huit kilomètres de long, un record ! (suite en page 24)

Grâce à des drones sous-marins de dernière génération, l'équipage a pu filmer l'épave de près.

An underwater photograph of a shipwreck. The scene is dimly lit, showing a large wooden steering wheel in the center, partially covered in marine growth. To the right, a wooden cabin structure is visible. The foreground is dominated by a thick, horizontal wooden beam, also heavily encrusted with various sea anemones and other marine life. The overall atmosphere is one of a well-preserved but overgrown historical site.

Plus de 100 ans après son naufrage, l'épave est encore intacte. À son départ en 1914, le navire embarquait 27 membres d'équipage, un passager clandestin, 69 chiens et un chat.



Le navire s'est coincé en janvier 1915 dans la glace. L'équipage et ses chiens tuent le temps.

LE PÉRIPE DE SHACKLETON

AOÛT 1914

Départ de l'Angleterre en direction de la Géorgie du Sud.

DÉCEMBRE

Départ de la Géorgie du Sud malgré l'avertissement de baleiniers norvégiens quant aux conditions particulièrement mauvaises de la glace cette année-là.

JANVIER 1915

L'Endurance se prend dans les glaces de la mer de Weddell. Après plusieurs efforts pour le dégager, l'équipage décide de camper sur la banquise.

OCTOBRE

La pression des glaces est trop forte, et les dommages au navire forcent son abandon.

NOVEMBRE

L'Endurance coule. Par deux fois, Shackleton essaiera de gagner l'île Paulet à pied, sans succès. L'équipage doit attendre que la dérive des glaces le mène vers des eaux ouvertes.





Tous les hommes de Shackleton réchappèrent de ce cauchemar.



En rouge, le voyage de l'*Endurance*; en jaune, la dérive du bateau pris dans les glaces; en vert, la dérive de l'équipage sur les packs et le voyage en canot vers l'île de l'Éléphant; en bleu, le trajet du canot *James Caird* jusqu'en Géorgie du Sud.

AVRIL 1916

Lorsque les glaces se brisent sous le campement, les membres de l'équipage mettent tout l'équipement possible sur les trois canots de sauvetage : le *James Caird*, le *Dudley Docker* et le *Standcomb Wills*. Ils naviguent alors vers l'île de l'Éléphant, à quelque 800 milles nautiques. Ils l'atteignent le 15 avril.

24 AVRIL

Départ de Shackleton, du capitaine Worsley et de quatre autres membres d'équipage sur le *James Caird* en direction de la Géorgie du Sud. Le reste des hommes attendra sur l'île de l'Éléphant d'être secouru.

8 MAI

Shackleton et son groupe accostent en Géorgie du Sud, mais sur le mauvais côté de l'île. Pour rejoindre les secours, ils doivent franchir une chaîne de montagnes dont certains sommets atteignent 3 000 m. Ils laissent sur place certains membres de l'équipe trop mal en point.

20 MAI

Arrivée de Shackleton et de son équipage à la station baleinière de la Géorgie du Sud.

21 MAI

Les hommes laissés sur la plage en Géorgie du Sud sont secourus.

30 AOÛT

Sauvetage réussi de l'équipage resté sur l'île de l'Éléphant, après quatre tentatives d'accostage.



Les notes de Worsley étaient si précises que l'équipage a finalement repéré l'épave à quatre milles nautiques des estimations du capitaine.

Pourquoi, alors, a-t-il fallu deux expéditions pour la localiser? La glace, encore une fois. Comme les packs sont en constant mouvement, le bateau ne peut naviguer de façon linéaire. Pour maximiser ses chances de quadriller toute la zone déterminée, la mission Endurance22 avait noué des partenariats avec des scientifiques allemands, qui ont créé un modèle de dérive des glaces pour prévoir leur déplacement et établir le meilleur chemin pour la prochaine plongée.

L'exploration de l'aire s'est donc faite par morceaux, Nicolas Vincent et son équipe ayant la responsabilité d'assembler toutes les pièces de ce puzzle et de s'assurer de ne négliger aucun « trou ». « Il y a une histoire assez amusante, dit Nicolas Vincent. La partie sud-est de la zone à explorer a été couverte pendant plusieurs jours par de la glace ancienne qui était très épaisse et dont la dimension était égale à la moitié de toute la zone. Donc, nous n'avons pas pu aller là où se trouvait l'épave. »

Puis, à la plongée fatidique, une structure est enfin apparue sur l'écran d'un sonar. On a fait passer les Sabertooths en mode télécommandé pour s'en approcher : il s'agissait bien de l'Endurance. « Ce fut un immense soulagement et une grande fierté, raconte Nicolas Vincent. C'est une équipe magnifique, qui a travaillé sans arrêt, parfois dans des conditions extrêmes, sans jamais rien lâcher. Exactement dans l'esprit de Shackleton. »

QUELLE IMPORTANCE SCIENTIFIQUE ?

La dépouille du navire a été explorée en long et en large grâce aux caméras des engins. Ceux-ci ont ensuite effectué une numérisation 3D en très haute définition

de l'épave. C'est qu'il n'est pas question d'y toucher. La sépulture de l'Endurance est considérée comme un site historique et protégée selon le Traité sur l'Antarctique. Endurance22 a donc recueilli un maximum de données et prépare un documentaire sur cette découverte.

Si la localisation de l'Endurance a enflammé les esprits à travers le monde, il s'en est trouvé pour poser la question (dont, avouons-le, *Québec Science*) de la valeur scientifique de ce succès. Après tout, on connaissait le navire, on avait peu de raisons de douter de son emplacement approximatif et les technologies de l'époque n'ont pas de réels secrets.

« C'est vrai que l'écho médiatique de cette découverte et son importance scientifique ne sont pas la même chose, mentionne Marijo Gauthier-Bérubé, cofondatrice de l'Institut de recherche en histoire maritime et archéologie subaquatique, un organisme québécois à but non lucratif. Tout de même, elle va nous permettre de savoir à quel point le récit rapporté correspond à ce qui est observé sur l'épave. Quand on a la chance d'avoir les récits historiques et les sources archéologiques, c'est intéressant de faire la comparaison entre les deux. Même chose en ce qui a trait à la construction du bateau. C'est vrai qu'on a ses plans, mais souvent, entre ce qui est prévu et ce qui se passe sur le chantier, il y a une différence. »

C'est également la raison pour laquelle ce type d'expédition rassemble plusieurs équipes de diverses disciplines, selon Marijo Gauthier-Bérubé. Si l'accent médiatique a été mis sur l'épave mythique, Endurance22 avait à son bord des scientifiques qui ont mené des recherches sur l'évolution des banquises de l'Antarctique, en météorologie et en océanographie. Quelques ingénieurs étaient présents pour en apprendre davan-

tage sur les interactions entre les glaces et le navire. Les structures sous-marines étant particulièrement rares dans ce coin du monde, le fait que l'épave a été colonisée par de nombreux animaux permettra aussi de mieux comprendre la faune locale.

Et d'un point de vue historique, cette mise au jour a certainement son importance. « C'est vraiment une belle découverte, souligne Marc-André Bernier, conseiller spécial en archéologie subaquatique à Parcs Canada. C'est un des navires les plus mythiques du monde. Ces épaves nourrissent l'imaginaire et font ressortir les exploits de cette époque de la course aux pôles. »

La boucle est donc bouclée : le dernier chapitre du récit si fascinant de l'expédition d'Ernest Shackleton vient de s'écrire. Les membres de l'expédition ont d'ailleurs apporté le message au célèbre explorateur en allant se recueillir sur sa tombe en Géorgie du Sud. Gageons qu'il repose un peu plus en paix. ●

« C'est une équipe magnifique, qui a travaillé sans arrêt, parfois dans des conditions extrêmes, sans jamais rien lâcher. Exactement dans l'esprit de Shackleton. »

– Nicolas Vincent



Le S.A. Agulhas II
a sillonné la mer de
Weddell à la recher-
che de l'épave.



Nicolas Vincent,
le responsable de
la prospection
sous-marine de
l'expédition
Endurance22

Un drone
sous-marin
Sabertooth à
la surface



DU SABLE DANS L'ENGRENAGE



Le sable est l'ingrédient de base d'une myriade de matériaux. On le croyait inépuisable, mais on pourrait bientôt en manquer.

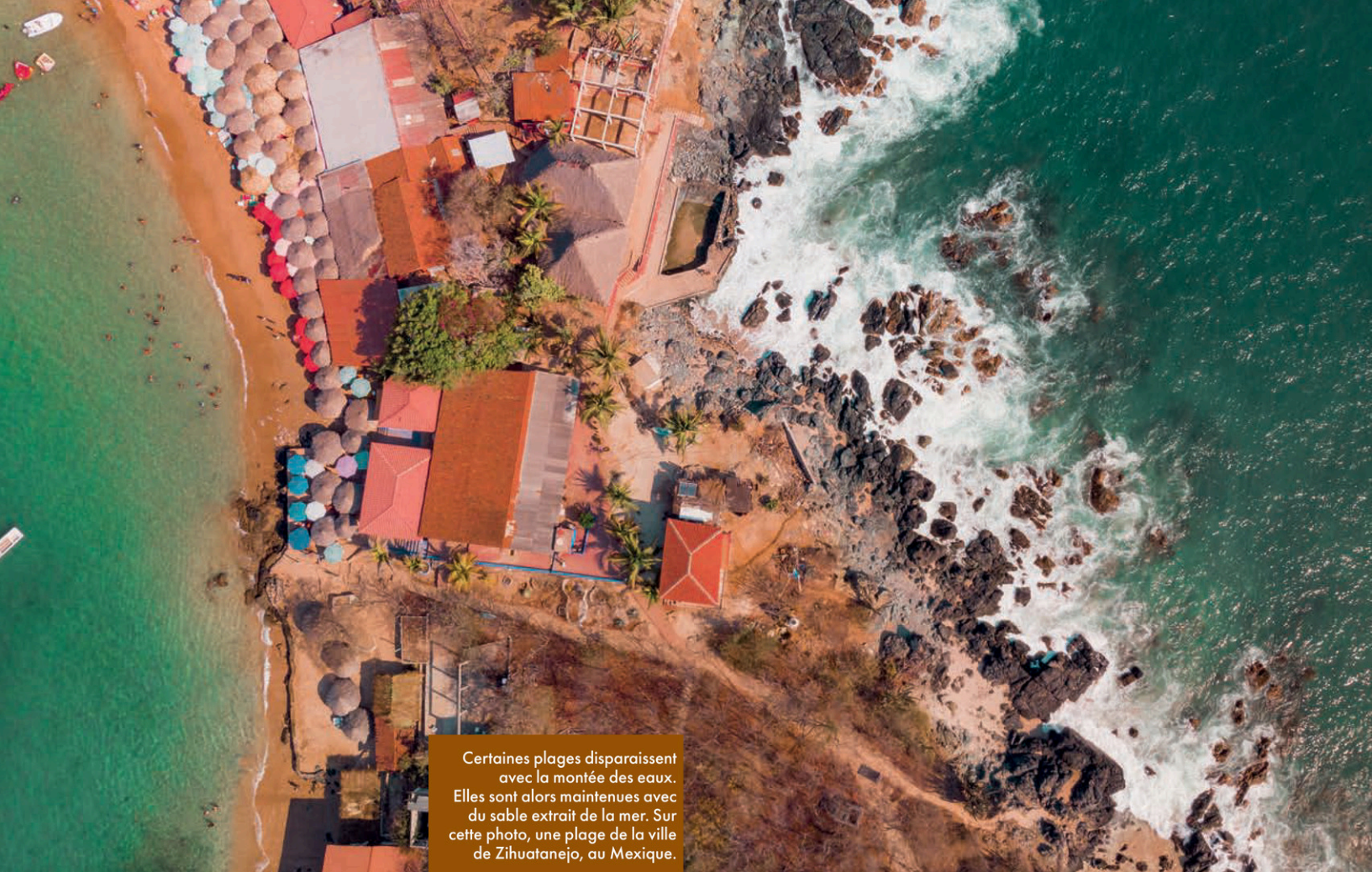
PAR ANNIE LABRECQUE

Negril, en Jamaïque, a tout d'un paradis. Mer turquoise, kilomètres de plages, falaises photogéniques, complexes hôteliers chics, chaises longues qui vous appellent... Mais ce n'est pas pour profiter du soleil que le chercheur Pascal Peduzzi s'y trouvait en 2012 : il essayait plutôt de comprendre ce qui provoquait l'érosion des côtes. Son équipe avait été mandatée par le gouvernement jamaïcain pour se pencher sur le phénomène, car celui-ci menaçait les plages et donc le secteur touristique.

Avec ses collègues, il a rapidement trouvé l'origine du problème. « Des villageois rapportaient que des gens armés allaient sur la plage la nuit pour ramasser du sable. Je me suis demandé comment on pouvait en venir aux armes pour voler

cette ressource ! » confie le professeur du Département F.-A. Forel des sciences de l'environnement et de l'eau de l'Université de Genève.

Après l'eau, le sable est la ressource naturelle la plus exploitée de la planète. Il est indispensable dans la fabrication du béton et de l'asphalte, qui accaparent le plus gros de la demande ; il sert à produire du verre, des fenêtres, des panneaux solaires, des puces électroniques, des microprocesseurs et bien plus encore. Tant et si bien qu'on estime la consommation mondiale de sable à environ 18 kg par personne par jour ou 50 milliards de tonnes annuellement. « C'est énorme ! C'est comme si l'on construisait un mur de 27 m sur 27 tout



Certaines plages disparaissent avec la montée des eaux. Elles sont alors maintenues avec du sable extrait de la mer. Sur cette photo, une plage de la ville de Zihuatanejo, au Mexique.



Le sable transformé industriellement à partir de roches concassées peut entrer dans la composition de différents matériaux de construction.



L'extraction du sable perturbe l'écosystème marin : érosion, perte de biodiversité, salinisation des aquifères...

IL FAUT :

3 000 t

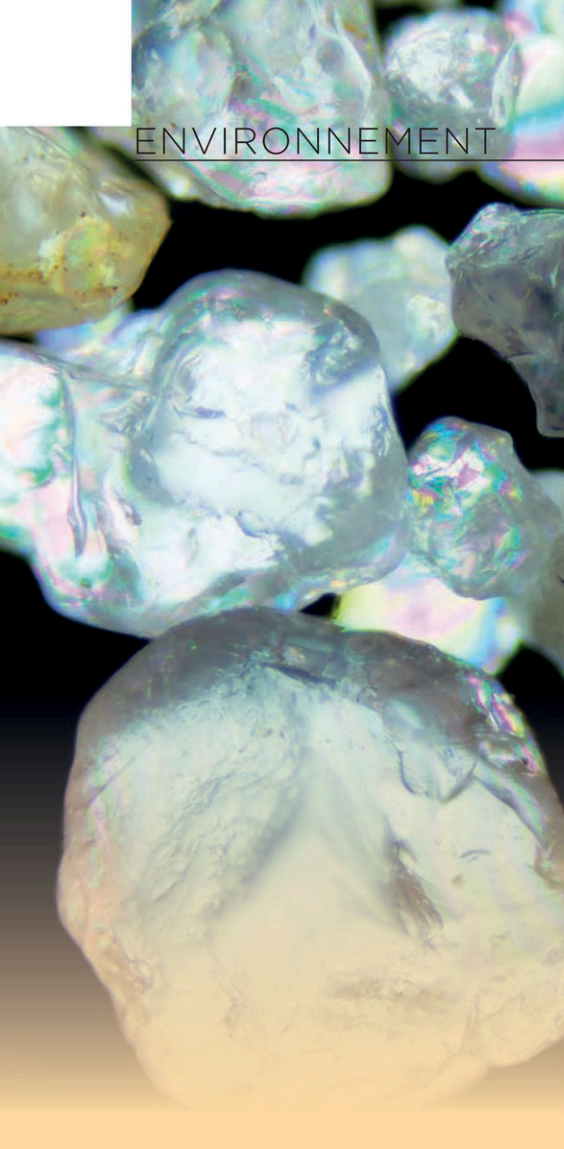
de sable pour construire un hôpital

30 000 t

pour construire un kilomètre d'autoroute

12 000 000 t

pour construire une centrale nucléaire



QU'EST-CE QUE LE SABLE ?

Le sable est composé de minéraux dont les grains varient en taille. Chaque grain possède une taille comprise entre 63 microns et 2 millimètres, selon l'échelle granulométrique de Wentworth. Au-delà de 2 millimètres, on parle plutôt de gravier.

autour de l'équateur terrestre... chaque année ! » s'exclame Pascal Peduzzi.

Son séjour à Negril a changé la trajectoire de ses recherches : la protection du sable est devenue son cheval de bataille. Deux ans plus tard, il soulignait dans une étude à quel point la quantité de sable extrait de la nature met en péril les écosystèmes marins et côtiers et à quel point la ressource est plus rare qu'on le croit. « On ne peut pas extraire, transporter et utiliser un tel volume sans effets environnementaux et sociétaux massifs », indique celui qui est également directeur du Programme des Nations unies pour l'environnement/GRID-Genève (PNUE/GRID-Genève). Au menu : érosion du littoral, perte de biodiversité, résistance moindre aux catastrophes naturelles. La demande exponentielle, qui dépasse le renouvellement naturel du sable, expose les pays à une pénurie à l'échelle mondiale.

Déjà, en 2005, l'Institut d'études géologiques des États-Unis s'inquiétait des pénuries de sable dans le pays. La demande de sable s'est accélérée sur la planète dans les dernières décennies en raison des besoins grandissants en infrastructures (routes, barrages, bâtiments) des sociétés industrialisées. « La Chine consomme à elle seule environ 56 % de la quantité de sable et de gravier dans le monde. Elle a utilisé en 3 ans autant de sable que les États-Unis en 100 ans », affirme Pascal Peduzzi. Le chercheur craint d'ailleurs qu'un scénario similaire survienne sur le continent africain, où l'on prévoit un accroissement exponentiel de la population, dont une grande proportion migrera des campagnes vers les villes. Les villes africaines accueilleront ainsi 950 millions de personnes en plus d'ici 2050.

Le sable est même employé pour agrandir des villes ! Singapour a gagné plus de 20 % en superficie grâce au sable, donne en exemple Pascal Peduzzi : « Ce sable supplémentaire a été majoritairement pris en Malaisie et en Indonésie, mais ces pays ont arrêté les exportations en constatant les problèmes environnementaux occasionnés par son extraction sur leur territoire. Singapour est ensuite allée en chercher dans des pays voisins. »

LE GRAIN IDÉAL

Les fines particules de sable se forment très lentement – pendant des dizaines de milliers d'années. La plupart sont le fait de l'érosion des roches transportées par la pluie, le vent, les rivières et les glaciers des montagnes vers les étendues d'eau. La forme, la taille et la composition des grains sont donc très diversifiées d'un endroit à l'autre, comme la plage ou le fond d'une rivière. C'est ainsi qu'on peut trouver du sable noir, rose, blanc ou brun selon les différents minéraux présents dans l'environnement.

Les ressources en sable ne sont pas uniformément réparties sur la planète. Les endroits montagneux en possèdent davantage que d'autres, qui peinent à s'en procurer. « La pénurie de sable se fait déjà sentir dans des États insulaires, comme les Maldives, qui disposent de très peu de cette ressource », mentionne Pascal Peduzzi. Ils ont besoin de sable pour construire des protections côtières afin de contrer la hausse du niveau des mers et doivent s'en procurer ailleurs que chez eux.

De plus, tous les sables ne se valent pas. Même si les déserts comme le Sahara nous semblent être d'immenses réserves, ils ne font pas partie de la solution. Leurs grains, à force de se heurter constamment sous l'effet du vent, s'arrondissent. « Si ce sable est inséré dans un mélange de béton, la forme des grains fait en sorte qu'ils ne se lient pas bien entre eux », détaille Patrick Lajeunesse, professeur de géographie à l'Université Laval.

Lorsque les compagnies minières ne peuvent extraire la précieuse matière des carrières, elles se tournent vers les rivières et le fond des mers. D'après les estimations de Pascal Peduzzi, de 3 000 à 5 000 navires aspirent du sable près des côtes. Ce sable marin possède les bonnes propriétés de rugosité et d'angularité pour une intégration dans les matériaux. « Pour construire des bâtiments aussi élevés que la tour Burj Khalifa de Dubaï, il est nécessaire d'avoir du béton de haute performance et de qualité et, pour cela, il faut du sable marin et non pas du désert », illustre Damien Pham Van Bang, professeur et spécialiste en hydrodynamique et transport sédimentaire à l'Institut national

de la recherche scientifique (INRS). Ironiquement, la ville de Dubaï, qui s'étend sur une petite partie de l'immense désert Rub al-Khali, a dû aller chercher son sable de construction en Australie!

Plus fou encore : il existe une « mafia du sable ». Ce commerce illégal de la ressource a été signalé dans plus de 70 pays, selon une étude publiée en mars dernier dans *Nature Sustainability*. « Les gouvernements doivent cartographier les zones où il est possible de prendre du sable et celles où ça ne l'est pas pour en contrôler la qualité, mais aussi sécuriser des emplois », souligne Pascal Peduzzi. Cela fait d'ailleurs partie des recommandations du rapport 2022 du PNUE *Sand and Sustainability: 10 Strategic Recommendations to Avert a Crisis*, qui invite les pays à mieux surveiller l'utilisation du sable et les lieux d'extraction.

Les enjeux sont clairs. Prenons l'exemple de l'extraction de sable en Indonésie, souvent effectuée de manière illégale. Elle a mis en péril une centaine d'îles indonésiennes. « Cette opération a eu d'importantes répercussions sur l'environnement, observe Damien Pham Van Bang, dont l'érosion côtière et une perte de biodiversité. » Ces régions sont également plus exposées aux inondations et risquent de voir leur nappe phréatique contaminée par l'eau salée, ce qui ruine l'approvisionnement en eau potable.

D'AUTRES OPTIONS

Pourrait-on se passer du sable? Des chercheurs planchent sur diverses solutions, notamment la valorisation des déchets. Dans un rapport publié au mois d'avril, un groupe de scientifiques de l'Université de Genève et de l'Université du Queensland a examiné s'il était possible de récupérer les déchets miniers d'une exploitation de fer du Brésil pour en extraire du sable. « Cette mine de fer doit entreposer des dizaines de milliers de tonnes de résidus par année. En étudiant l'aspect physicochimique de ces résidus, on s'est aperçu qu'ils étaient en grande partie composés de sable », décrit Pascal Peduzzi, qui a participé à la rédaction de ce rapport.

Pour transformer les résidus en « sable minéral », ou *ore-sand*, on doit

passer par une série d'étapes (flottaison, séparation, filtration). La forme de ces grains est à mi-chemin entre ceux du sable concassé et ceux du sable marin, ce qui permet une intégration dans l'industrie de la construction. « C'est très intéressant autant du point de vue économique que sur le plan écologique. On peut même purifier davantage ces matériaux pour atteindre une haute qualité de sable et en faire du verre », ajoute M. Peduzzi.

Pourrait-on élargir cette stratégie à d'autres mines? De quoi faire d'une pierre deux coups : d'après les estimations, l'industrie minière rejeterait de 30 à 60 milliards de tonnes de déchets miniers par année. Il faut toutefois effectuer une analyse physicochimique de chaque site, car le potentiel dépend du minerai extrait.

Parmi les autres avenues possibles pour remplacer le sable, Pascal Peduzzi nomme les cendres résiduelles de la combustion des déchets ainsi que la sciure de bois, qui pourrait entrer dans la composition d'un béton léger qui flotte sur l'eau. « Ce sont par contre des solutions à petite échelle », souligne-t-il.

Au Québec, Louis-César Pasquier, professeur à l'INRS qui se spécialise dans les technologies de captage du CO₂, a effectué des travaux pour réutiliser les résidus de construction et ceux de démolition du béton. « Le sable peut être extrait de ces matériaux avec des méthodes de séparation physique. On évite ainsi d'aller chercher cette ressource en milieu naturel », dit-il.

Dans tous les cas, le spectre d'une pénurie mondiale de sable représente un éventail de pistes à explorer, d'après Damien Pham Van Bang. « Cela doit nous encourager à nous diriger vers le recyclage, la réutilisation de matériaux ou la recherche d'autres matériaux. Il faut revisiter nos pratiques afin de les adapter et de les rendre plus respectueuses de l'environnement », plaide-t-il. Si les plus grandes tours de ce monde sont considérées comme des chefs-d'œuvre architecturaux, il les voit sans contester comme un symbole de la pollution mondiale et de notre consommation effrénée de sable. ●



LE CAS DU QUÉBEC

Le Québec est privilégié : en plus de posséder un vaste territoire et plusieurs montagnes, il est naturellement pourvu d'étendues de sable. « La province bénéficie de grandes accumulations de sable, notamment dans les vallées des Laurentides et aux alentours de Québec et du Saguenay-Lac-Saint-Jean, explique Patrick Lajeunesse, de l'Université Laval. Il y a très longtemps, plusieurs lacs se sont formés pendant la fonte des glaces. Lorsque ces lacs se sont vidés, ils ont laissé derrière eux des amoncellements de sable qui se retrouvent un peu partout, sans nécessairement être près des rivières. »

Le fleuve Saint-Laurent fournit aussi une quantité considérable de sable. Il transporterait environ quatre millions de tonnes de sable par an, d'après Damien Pham Van Bang, de l'INRS. Cependant, de grands ouvrages comme les barrages, les ports ou les centrales électriques, situés près d'importants cours d'eau, contribuent à raréfier l'apport en sable. « Cela crée une interruption du flux sédimentaire allant de la montagne vers le littoral. Il y a moins de sédiments qui iront se déposer dans les cours d'eau », explique le chercheur.

Le Québec peut également compter sur des carrières où les roches sont concassées et broyées pour s'approvisionner en sable de construction.

PET ET RÉPÈTE S'EN VONT AU LABO

Le rire

et sa version extrême, le fou rire, comptent assurément parmi les sensations les plus agréables de l'expérience humaine. La psychologie, les neurosciences et même les chercheurs en communication animale s'y intéressent ; ces vocalisations en ont long à dire !

AUX ORIGINES DU RIRE

32

DE QUOI RIT-ON ?

37

L'ARME SECRÈTE DES BÉBÉS

40



AUX ORIGINES DU RIRE

D'où viennent ces cris de joie incontrôlés qui nous empêchent de respirer ? De loin, répondent les spécialistes de l'évolution. Le rire serait ainsi un produit de la sélection naturelle ! **PAR MARINE CORNIOU**

Je dois l'existence de ma descendance à un fou rire. Il y a plus de 15 ans, alors que je commençais à fréquenter celui qui deviendrait le père de mes enfants, une vive dispute a failli mettre fin à notre relation naissante. Nous étions furieux l'un contre l'autre, prêts à rentrer chacun chez soi, quand un oiseau bien avisé a lâché une fiente sur l'épaule de mon détestable bien-aimé.

En quelques secondes, ce volatile salitaire nous a fait passer des pleurs de rage aux larmes de rire. Et même à une hilarité irréprensible, nourrie par le trop-plein d'émotions. Comment rester fâchés après ça ? « Quand on rit avec quelqu'un, on se sent proche de lui, c'est immédiat », résume Guillaume Dezecache, chercheur au Laboratoire de psychologie sociale et cognitive de l'Université Clermont Auvergne, en France. L'histoire de mon couple lui donne raison !

On a beau devenir rouge, suer, pleurer, manquer de s'étouffer, chercher sa respiration et avoir mal aux côtes, rire aux éclats est une expérience plaisante. « Rire, c'est violent pour le corps, comme un effort sportif. Et ça procure le même bien-être », poursuit le chercheur. Les éclats de rire ont aussi des effets antidouleurs avérés et font baisser les hormones du stress.

« Faire rire, c'est faire oublier », écrivait d'ailleurs Victor Hugo dans son roman *L'homme qui rit*. Le rire, pourtant, a été lui-même un peu oublié par les chercheurs, qui lui préfèrent les émotions négatives, plus sérieuses... Et potentiellement plus problématiques pour la santé. « On ignore encore beaucoup de choses à propos du rire, notamment parce qu'on ne peut pas l'étudier de façon standard. Si vous isolez quelqu'un dans un laboratoire, il y a peu de chances qu'il rigole ! C'est une activité sociale », rappelle Fausto Caruana, spécialiste en neurosciences cognitives à l'Université de Parme, en Italie. De fait, on est 30 fois plus susceptible de rire quand on est en groupe que lorsqu'on est seul ; plus on est de fous, plus on rit.

À cela s'ajoute le défi de l'imagerie cérébrale : impossible pour un cobaye de rester immobile dans un appareil d'imagerie s'il se tord de rire. Alors, comment comprendre ce qui se passe dans un cerveau hilare ?

Comment savoir d'où émerge cet étrange comportement qui nous fait émettre toutes sortes de sons inimitables ? Comment décrypter sa signification sociale et affective ? Comme souvent en science, c'est en se tournant vers les animaux et vers les cas « anormaux » (voir l'encadré p. 35) que les chercheurs défrichent le domaine du rire. Et sans vendre le punch, une chose apparaît claire depuis une dizaine d'années : si le rire est si incontrôlable, c'est qu'il vient de loin ! Au même titre que la peur ou la colère, il exprime notre nature bestiale. Et il ouvre une fenêtre unique sur la complexité de nos relations sociales.

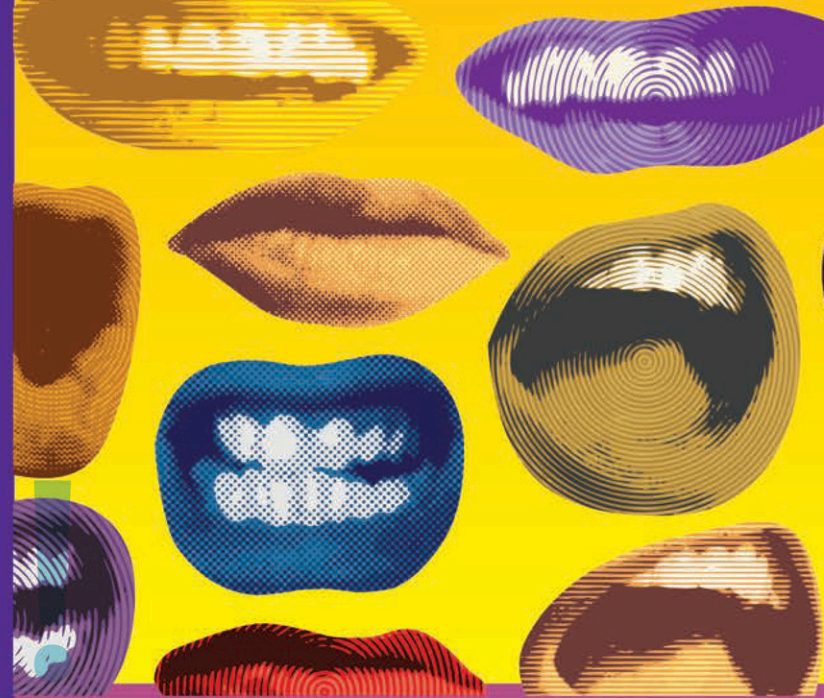
LE RIRE BIEN AVANT L'HUMOUR

« Deux dogmes hérités des philosophes doivent être déconstruits. D'abord, le rire n'est pas le propre de l'humain ; ensuite, il n'est pas toujours associé à l'humour », indique d'emblée Fausto Caruana, qui vient de coordonner un numéro spécial sur le rire de la revue *Philosophical Transactions of the Royal Society B*.

N'en déplaise à Aristote ou à Rabelais, qui prétendaient que l'humain était le seul animal doté de la faculté de rire, les grands singes aussi s'esclaffent. Charles Darwin l'avait d'ailleurs observé ; et il suffit de chatouiller un gorille ou un chimpanzé pour s'en convaincre. Ou, à défaut, de se promener sur YouTube

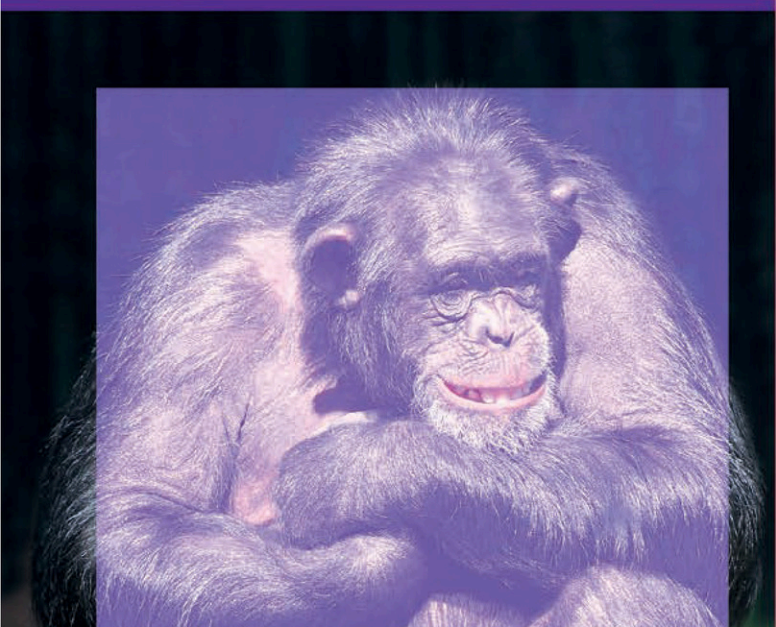


HA! HA! HA!

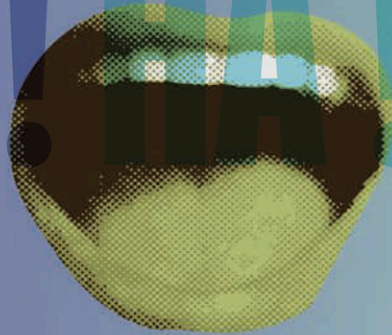
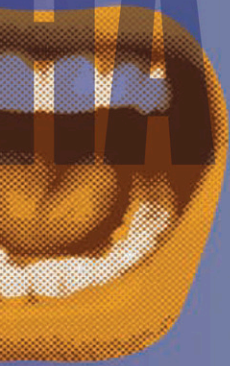


HA! HA! HA!

HA! HA! HA!



HA ! HA ! HA ! HA !



Le signal vocal permet d'éviter que le jeu tourne à la violence. C'est une façon de dire qu'on n'est pas sérieux.

– Guillaume Dezecache



HA ! HA ! HA !

pour en avoir la preuve en images. Or, si les grands singes rient, c'est que notre ancêtre commun devait, lui aussi, se bidonner à l'occasion, il y a de cela de 10 à 16 millions d'années. C'est ce qu'a montré une étude marquante menée en 2009 par des primatologues de l'Université de Portsmouth, qui ont chatouillé un total de 21 jeunes orangs-outans, gorilles, chimpanzés et bonobos ainsi qu'un gibbon siamang et trois bébés humains. L'équipe dirigée par Marina Davila-Ross a enregistré les éclats de rire de tout ce beau monde et les a comparés selon 11 critères acoustiques, comme la durée et la fréquence des vocalisations. « En gros, plus les espèces sont proches sur le plan génétique, plus leurs rires se ressemblent », commente Guillaume Dezecache. Ainsi, chimpanzés, bonobos et petits humains ont des vibrations vocales similaires; les orangs-outans et les gorilles, moins proches de nous, produisent des sons plus bruyants et moins réguliers.

Les cinq derniers millions d'années ont toutefois fait diverger le rire *sapiens*. « Le gros changement, c'est que les humains ont un meilleur contrôle de leurs vocalisations. Les grands singes rient en inhalant et en expirant; nous, on peut faire ha, ha, ha! car on ne rit qu'en expirant », ajoute le chercheur. Une maîtrise qu'on doit peut-être à la bipédie : selon certaines hypothèses, elle aurait libéré le diaphragme et les muscles

intercostaux, leur permettant de réguler plus finement le flux d'air. Mais il est amusant de constater, comme l'ont fait des chercheurs en 2021, que le rire des tout-petits est plus « ancestral » et ressemble encore à celui des chimpanzés, les bébés riant à la fois à l'inhalation et à l'expiration. Cela dit, aucun adulte en plein fou rire n'est à l'abri d'un reniflement inopiné...

« Le rire humain est très primitif. Sur le plan mécanique, il ressemble davantage à une respiration qu'à une forme de langage », détaillait la chercheuse Sophie Scott, vedette britannique du sujet, dans une conférence sur la neuroscience du rire en 2019. C'est, ni plus ni moins, un « cri de base » de mammifère, argue la professeure de neurosciences cognitives à la University College London. Et si ce cri a été sélectionné par l'évolution, c'est qu'il a une fonction centrale : « C'est une invitation au jeu. Or, le jeu est crucial chez les animaux. » C'est en jouant que les jeunes mammifères, en particulier, s'entraînent à chasser, apprennent les règles sociales, créent des liens avec leurs congénères.

D'où l'idée de Gregory Bryant, chercheur en communication à l'Université de Californie à Los Angeles, de se pencher sur les « vocalisations de jeu » dans le règne animal. On savait déjà que des rats de laboratoire adéquatement chatouillés émettaient des ultrasons saccadés, qu'ils poussent aussi quand ils jouent. Mais son

équipe a recensé ce type de signaux de jeu chez 65 espèces animales, dont des vaches, des chiens, des renards, des phoques et même quelques oiseaux. « C'est plus que ce à quoi on s'attendait, mais en réalité la plupart des animaux sociaux en produisent probablement sans que cela soit documenté. Notre article est le premier à discuter des profondes connexions évolutives entre ces signaux vocaux », explique le chercheur, dont l'édifiante synthèse a été publiée dans la revue *Bioacoustics* en 2021. Ainsi, selon lui, les origines du rire pourraient remonter à plusieurs dizaines de millions d'années.

Son constat rejoint celui de Sophie Scott, car ces cris de jeu ont un point commun : ils ressemblent à un halètement. « On suppose qu'ils découlent d'une évolution de la respiration d'effort accompagnant le jeu », dit Gregory Bryant, précisant que la plupart des jeux animaux s'apparentent à des bagarres, des bousculades. De quoi être essoufflé, en somme.

« Le signal vocal permet d'éviter que le jeu tourne à la violence. C'est une façon de dire qu'on n'est pas sérieux. C'est pareil chez les humains, même si l'on n'a plus besoin des chatouilles ni du contact physique pour rire. On peut créer l'effet de surprise à distance, avec une blague par exemple », analyse Guillaume Dezecache, qui a signé en 2021 une synthèse sur le rire et le sourire chez les primates avec Marina Davila-Ross.

À LA RECHERCHE DU POINT R

En 1903, le neurologue français Charles Féré détaillait un cas étrange dans la *Revue neurologique* : celui d'un patient pris d'un fou rire incoercible qui annonçait en fait un accident vasculaire cérébral. « Beaucoup de lésions neurologiques, de maladies neurodégénératives et certaines formes d'épilepsie causent des fous rires pathologiques », indique Fausto Caruana, du Conseil national de la recherche en Italie. Ce sont ces patients malchanceux qui ont permis aux chercheurs de découvrir les zones cérébrales associées au rire. Et elles sont multiples. On sait que le tronc cérébral, à la base du cerveau, gère les aspects moteurs du rire authentique : spasmes du visage, du diaphragme et du larynx, augmentation du rythme cardiaque, rougeur, contraction de la vessie (oups!)... Ce centre est relié aux lobes frontaux, qui coopèrent avec les zones du cerveau traitant les émotions et avec l'hypothalamus. On est ici dans l'aspect « social » du rire, dans la compréhension de l'humour.

Mais y a-t-il un « centre du rire », une zone cérébrale qui orchestrerait tout cela ? Fausto Caruana a enquêté avec des neurochirurgiens néerlandais qui opèrent des patients épileptiques. « Dans certaines épilepsies résistantes au traitement, on peut localiser le foyer des crises dans le cerveau et le retirer », explique-t-il. Pour mieux circonscrire la zone problématique, des électrodes intracrâniennes sont souvent implantées avant l'intervention. Et pour éviter que le cerveau soit endommagé, le patient est conscient pendant l'opération et communique ses sensations.

C'est ce qui a permis à l'équipe de découvrir des « points » sensibles dans le cortex qui, lorsqu'on les stimulait par des électrodes, déclenchaient l'hilarité des patients. Au total, plusieurs points, dans au moins quatre régions, pouvaient déclencher le rire. « Certaines de ces régions contrôlent à la fois le côté moteur et le côté émotionnel du rire, car les patients ressentaient une vraie joie », note le chercheur. Le cortex cingulaire antérieur (situé juste derrière le cortex préfrontal), qui joue un rôle dans l'anticipation des récompenses et les émotions, a retenu l'attention des chercheurs. Comme il s'active également lorsqu'on entend quelqu'un d'autre rire, il pourrait abriter un système « miroir » expliquant la contagiosité du rire. « Quant à savoir pourquoi il y a tant de "centres du rire" dans le cerveau... Cela veut sûrement dire quelque chose, mais quoi ? s'interroge Fausto Caruana. De toute évidence, le rire est beaucoup plus complexe qu'un mouvement de bras ou de jambes ! » Pour lui, c'est en tout cas la preuve que le rire est intrigant et qu'il est temps de le prendre au sérieux.

Le rire nerveux suivrait cette même logique, selon le neuroscientifique indo-américain Vilayanur Ramachandran. Dans les situations inconfortables ou anxiogènes, le rire servirait à convaincre les autres (ou à se convaincre soi-même) qu'« il n'y a rien là ».

Pas étonnant, puisqu'il est si répandu, que le rire soit un langage universel. On peut rire avec quelqu'un dont on ne parle pas la langue, avec un inconnu ou encore en entendant des enregistrements de rires. Sophie Scott a d'ailleurs vérifié cette assertion auprès des Himbas de Namibie, un peuple qui vit à l'écart de la culture moderne. Elle leur a fait écouter des enregistrements sonores de diverses exclamations de Londoniens (dégoût, peur, triomphe, soulagement, etc.) et a fait la même chose en sens inverse (expressions émotives himbas écoutées par les Britanniques). Des deux côtés, le rire était l'émotion positive qui était la plus facilement reconnue.

FAUX-SEMBLANT, VRAI PLAISIR

Mais aussi ancestral soit-il, le rire humain n'en est pas moins subtil. On a appris, au fil du temps, à l'utiliser non pas uniquement comme invitation à jouer, mais aussi comme forme complexe de communication. On ricane pour masquer sa gêne, pour atténuer sa douleur, on s'esclaffe pour se moquer, pour séduire, pour manifester son intérêt, pour adoucir ses reproches ou tout simplement pour fluidifier les conversations ordinaires. « Bon, allez, j'y vais, hin, hin, hin! », ou « Tiens, je reprendrais bien de la soupe, hi, hi! » : en moyenne, on « rigole » cinq fois en 10 minutes de conversation, bien plus que ce qu'on tend à estimer, et on rit plus quand on parle que lorsqu'on écoute. En fait, moins de 15% des épisodes de rire surviendraient en réaction à quelque chose de drôle.

D'ailleurs, dans le cerveau, « on distingue deux formes de rire : le rire spontané et le rire volitionnel, de politesse », résume Guillaume Dezecache. Le second est une convention sociale, un savoir-faire qu'on acquiert en devenant adulte. Personne, ou presque, n'est dupe : les humains (à l'exception des jeunes enfants) perçoivent bien la différence entre les deux types de rire, y compris lorsqu'on leur fait entendre des esclaffements d'étrangers. C'est ce qu'a fait Gregory Bryant il y a quelques

années. Il a enregistré des duos d'étudiants en train de discuter; certains étaient bons amis, d'autres se connaissaient à peine. Il a ensuite isolé de courts segments sonores où on entend les deux personnes rire et les a fait écouter à plus de 800 personnes issues de 21 communautés, allant d'autochtones de Nouvelle-Guinée à des villageois péruviens en passant par des citadins chinois. Bilan : la plupart des gens étaient capables de dire si les deux interlocuteurs étaient amis ou non. Et le rire explosif et sincère, plus aigu, était bien sûr plus contagieux pour les auditeurs que les ricanements polis.

« Ces deux types de rire passent par des réseaux de neurones différents, dit de son côté Fausto Caruana. On le sait grâce à des personnes ayant des lésions cérébrales qui les rendent incapables de rire sur commande, donc de produire un rire de politesse. Si on leur fait une blague, en revanche, elles peuvent rire de bon cœur! Donc, ces gens sollicitent pour ce rire spontané une autre région de leur cerveau. »

Le rire intentionnel, moins authentique, demande d'ailleurs un effort d'interprétation de la part des interlocuteurs. En 2013, des chercheurs ont fait écouter des ha, ha! « forcés » à des volontaires dans un appareil d'imagerie cérébrale. L'écoute a activé des zones du cortex préfrontal qui jouent un rôle dans la compréhension des intentions des autres; le rire spontané, lui, n'activait pas ces zones de décodage. Mais il semble que ce « lubrifiant conversationnel » ait la même fonction que son pendant plus primitif : il fait du bien et il contribue lui aussi à renforcer les liens avec les autres.

GLU SOCIALE

Des chercheurs britanniques et finlandais ont montré les effets neurobiologiques du rire en 2017 sans faire de distinction entre le « vrai » et le « faux » rire, mais en s'intéressant à l'aspect social de la chose. Puisqu'il est complexe d'examiner par résonance magnétique le cerveau de quelqu'un qui rigole, ils ont eu l'idée de le faire après le rire, en utilisant un marqueur qui se lie aux récepteurs des opioïdes (ou endorphines). Les participants étaient scrutés deux fois : après avoir passé 30 minutes seuls dans une pièce et après avoir regardé des vidéos comiques

en compagnie d'amis proches. Les images ont révélé une augmentation de la production naturelle d'opioïdes dans plusieurs régions du cerveau après la partie de rigolade. « On se doutait que le rire libérait des opioïdes en raison de mesures indirectes notamment, car il fait diminuer le seuil de perception de la douleur. Mais c'est la première étude qui le prouve directement », précise l'un des auteurs, Lauri Nummenmaa, de l'Université de Turku.

« La libération d'opioïdes est une forme de récompense », commente le neuroscientifique Fausto Caruana, non engagé dans l'étude. Le sentiment de bien-être qui en résulte est un puissant encouragement à renouveler l'expérience amicale, clé de la survie – la sociabilité et la coopération ayant indéniablement contribué au succès évolutif d'*Homo sapiens*. Par ailleurs, plus les participants avaient de récepteurs à opioïdes dans le cerveau, plus ils avaient le rire facile. Ce trait physiologique pourrait être à l'origine des différences individuelles en matière de sociabilité, selon les auteurs finlandais. On connaît tous quelqu'un qui est très bon public!

Ces mêmes chercheurs avancent que le rire jouerait finalement le même rôle que l'épouillage chez les primates, qui entraîne lui aussi la libération d'opioïdes : cohésion du groupe, bien-être, apaisement des tensions. Sauf qu'en choisissant de rire entre amis plutôt que de s'épouiller longuement, les humains auraient gagné du temps, ce qui leur a permis d'agrandir leurs réseaux sociaux par rapport aux grands singes. Vu sous cet angle, le choix n'est pas difficile. Même la pire des blagues – ou la plus impromptue des fientes d'oiseau – est plus tentante qu'une séance de peigne à poux et de décrochage de lentes. Alors, à vos blagues! Prêts? Riez! ●

En moyenne, on « rigole » cinq fois en 10 minutes de conversation, et on rit plus quand on parle que lorsqu'on écoute.

DE QUOI RIT-ON ?

Des comédies athéniennes aux gags sur la guerre en Ukraine, l'humour et le rire n'ont jamais cessé de susciter le scandale, mais aussi la réflexion.

PAR RAPHAËLLE DEROME



Sur la vidéo de type caméra cachée, une femme sort d'un restaurant avec une amie. Le voiturier revient avec leur véhicule en mentionnant avoir entendu un bruit suspect dans le coffre. Les deux femmes l'ouvrent et se mettent à hurler de frayeur : à l'intérieur, un rat géant gigote ! Sauf qu'en réalité, ce n'est qu'un acteur affublé d'un costume bon marché. La surprise passée, les deux femmes éclatent de rire... et mon amie aussi. « Ce sont des farces idiotes, mais je ne peux pas m'empêcher de rire quand j'en vois ! Les autres ne comprennent pas à quel point elles m'amuse », confesse-t-elle.

De mon côté, la vidéo me laisse de marbre. J'éprouve par contre un malin plaisir à rebattre les oreilles à mon entourage de calembours de qualité douteuse. Alors que ma collègue, elle, pouffe de rire quand quelqu'un est mal à l'aise.

Mais pourquoi tout cela nous fait-il rire ? Qu'est-ce qui est drôle au juste ? Depuis toujours, les penseurs ont de la difficulté à s'entendre là-dessus. C'est sans doute que l'humour et le rire ont plusieurs visages. De fait, on rit pour bien des raisons... et l'humour ne sert pas qu'à faire rire.

Philosophes et psychologues notamment se sont d'abord demandé ce qui suscitait le rire. Dans la Grèce antique, l'humour n'avait pas toujours bonne réputation. Si Aristophane n'hésitait pas à mettre en scène des blagues grivoises, Platon condamnait les comédies, vils di-

vertissements qui, selon lui, corrompaient l'âme du public au lieu de l'élever vers un idéal moral. Il voyait le rire comme une émotion violente, signe d'une perte de contrôle de soi. Et si Aristote appréciait les traits d'esprit dans la conversation, il notait que l'effet comique est souvent obtenu aux dépens de ceux qu'on tourne en ridicule...

Quant à Freud, il considérait que le rire servait plutôt à libérer une accumulation de tensions nerveuses. Pour lui, les blagues étaient l'expression de pensées et de sentiments réprimés.

De nos jours, on retient plutôt la théorie de l'incongruité. Elle postule que l'humour naît de la surprise ou de la contradiction. La majorité des blagues ou des situations drôles contiennent en effet un élément inattendu ou illogique. La chute du gag

vient résoudre cette incongruité, suscitant la satisfaction – quand on « comprend » la blague, bien sûr.

DIS-MOI DE QUOI TU RIS...

En psychologie, il existe un adage voulant que les chercheurs s'intéressent aux thèmes qui les concernent personnellement. C'est certainement le cas de Julie Aitken Schermer, professeure à l'Université Western Ontario. Elle raconte avoir commencé à étudier l'humour... pour développer un meilleur sens de l'humour! « Ce serait super si je pouvais amuser les gens... surtout mes étudiants! J'y travaille encore », soupire-t-elle.

La recherche sur l'humour est un vrai défi, d'autant qu'il n'y a pas de consensus sur ce qui peut être défini comme comique. « Si l'on demande aux gens de juger si quelque chose est drôle, chacun aura un point de vue différent. Certains se tordent de rire en regardant les Monty Python, alors que d'autres froncent les sourcils », dit la professeure. Ces différences individuelles la fascinent. (Je me demande ce qu'elle penserait de la vidéo du rat géant dans le coffre d'une voiture!)

Le *Questionnaire des styles d'humour*, publié en 2003 par le chercheur canadien (désormais retraité) Rod Martin, apporte toutefois de l'eau au moulin. Traduit en 12 langues et cité plus de 2 000 fois dans la littérature scientifique, cet outil validé permet de désigner le style d'humour d'un individu. Il en existe quatre types, qui sont bénéfiques ou néfastes sur les relations sociales et la santé mentale.

Souvent utilisé par les extravertis, l'« humour affiliatif » sert à amuser les autres. C'est un badinage amical et bienveillant qui facilite les relations et réduit les tensions. Pensez à ces plaisanteries qu'on échange autour de la machine à café.

Quand on est seul, on peut se rabattre sur l'« humour rehaussant l'image de soi ». C'est la capacité à rire sagement de soi-même et des situations négatives du quotidien. Il aide à faire face au stress, à maîtriser les émotions et favorise l'estime de soi. « C'est un humour essentiel! Imaginez une personne qui doit réapprendre à marcher après un accident. Si elle chute durant ses exercices de réadaptation, elle peut s'en vouloir, adopter un point de vue négatif et se dire qu'elle n'arrivera jamais à remarcher. Ou bien elle peut essayer d'en rire et, alors, elle est bien plus susceptible de continuer ses efforts », soutient Julie Aitken Schermer, qui a coécrit un article sur l'usage de l'humour par les professionnels de la réadaptation plus tôt cette année.

Les deux autres styles d'humour du *Questionnaire* ont un visage plus sombre. Ainsi, l'« humour agressif » ridiculise une personne ou un groupe : sarcasmes, moqueries, critiques... Il vise à écraser les autres pour mieux dominer. « Bien qu'il soit surtout considéré comme inadapté, j'estime qu'il peut aussi renforcer la cohésion dans un groupe, relativise la professeure. Pensez aux équipes sportives qui raillent leurs adversaires : à l'intérieur de l'équipe, l'effet est positif. Mais c'est horrible à entendre pour la formation adverse! »

Quant à l'« humour autodestructeur », on devrait peut-être s'en méfier... C'est

une sorte d'autodénigrement, une tentative désespérée de se faire accepter des autres aux dépens de l'estime de soi. « À petites doses, ça peut aller, mais si une personne en fait usage constamment, c'est préoccupant », met en garde la spécialiste.

Ce style d'humour est en effet fortement associé aux symptômes dépressifs, à la dépendance à l'alcool, au trouble de la personnalité limite et à des comportements tels que l'automutilation. Et ceux qui y recourent risquent plus de se sentir seuls. « En se rabaissant continuellement, ils mettent les autres mal à l'aise et les font fuir », avance Julie Aitken Schermer.

Les cliniciens qui remarquent ce type de discours chez leurs patients devraient rester aux aguets, car il peut indiquer un dégoût de soi. « Il pourrait être intéressant d'enseigner à ces patients d'autres façons d'utiliser l'humour », indique-t-elle. Et inutile de se transformer en clown : le simple fait de se remémorer une anecdote comique permet de se remonter le moral et empêche la rumination.

HUMOUR SALVATEUR

Et l'humour noir? Il n'est pas forcément du côté sombre de la force. De nombreuses recherches démontrent que l'humour se faufile régulièrement là où l'on ne l'attend pas... notamment dans les unités de soins palliatifs. « Un patient mourant essaiera d'utiliser l'humour pour atténuer la détresse des membres de sa famille et de ses amis. Ce n'est pas qu'il trouve la situation drôle, c'est qu'il essaie de rendre la chose plus facile pour ceux qui viennent le voir », souligne Julie Aitken Schermer. Comme titrait la couverture du défunt magazine

De 25 % à 30 %

des publicités
feraient appel
à l'humour.

Une façon pour les marques
d'être plus « aimables » et
d'ainsi gagner en influence
auprès des consommateurs.

Un exemple de mème qui joue sur les mots et sur les codes culturels



Personnage de film culte (Pikachu, le Joker de Batman, Bob l'éponge), photo iconique (la gifle donnée à Chris Rock par Will Smith durant la cérémonie des Oscars), chorégraphie tendance... tout élément facile à reconnaître peut servir de matière première pour créer un mème.

satirique *Croc*, c'est pas parce qu'on rit que c'est drôle...

Dans les services des urgences et chez les premiers répondants (pompiers, policiers, ambulanciers), l'humour noir est d'ailleurs fréquent, révèle une synthèse canadienne publiée en 2010 dans le *Journal of Loss and Trauma*. « Dans des situations de vie ou de mort, l'humour noir permet de ventiler ses émotions, d'augmenter la cohésion du groupe et de prendre de la distance pour pouvoir agir de manière efficace », écrivaient Alison Rowe et Cheryl Regehr, toutes deux rattachées alors au Département de travail social de l'Université de Toronto. Bref, un moyen éprouvé de faire face au stress du métier. Par contre, gare aux professionnels qui badineraient en langage cru devant les patients, les victimes ou leur famille : ce serait absolument déplacé !

Rire des tragédies serait une réaction normale et saine, et non un manque de sensibilité, selon les spécialistes. À preuve, lors de crises majeures, même M. et M^{me} Tout-le-Monde utiliseront éventuellement l'humour scabreux pour remettre la tragédie en perspective. Les blagues pandémiques ne sont-elles pas légion ?

Le tout suit un cycle prévisible, postulait en 2003 le spécialiste américain du folklore Bill Ellis dans un article portant sur les blagues inspirées par les attentats du World Trade Center. On observe d'abord une période de latence, en signe de respect pour les endeuillés. Puis, on cherche des boucs émissaires. Enfin, on s'oriente vers une résolution. Chacun sachant que ces blagues sont socialement inacceptables, les premières apparaissent généralement sur le Web, où l'anonymat permet d'évacuer sa tension émotionnelle sans risquer d'offenser directement les gens touchés...

QUI MÈME ME SUIVE

Si le Web regorge de caricatures amusantes, de diaporamas drôles, de gazouillis à la répartie aiguisée et d'hilarantes vidéos de bricoleurs maladroits, les mèmes constituent un phénomène socioculturel à part entière.

Ils peuvent prendre plusieurs formes, mais classiquement, on pense à une image (photo d'un quidam, d'une vedette, d'une peinture célèbre...) sur laquelle est apposée une courte phrase. Le mème peut prendre la forme d'un commentaire sur l'actualité, d'une simple anecdote à laquelle on peut s'identifier en souriant, d'une image visant à ridiculiser un politicien du camp adverse, etc.

« On associe généralement les mèmes à l'humour, mais en réalité, le message derrière est souvent sérieux. Ils sont de nature humoristique pour capter l'attention et être partagés plus efficacement », nuance Megan Bédard, doctorante en études sémiotiques à l'Université du Québec à Montréal et codirectrice de l'ouvrage collectif *Pour que tu mèmes encore*, paru l'an dernier.

Plus qu'une simple image comique, un mème est surtout une variation sur une syntaxe déjà connue. « Un mème efficace enveloppe son propos dans un récit visuel basé sur la répétition de choses que l'on connaît déjà. Notre cerveau est donc plus apte à reconnaître ce genre de contenu que si l'on était face à quelque chose de totalement nouveau. Les mèmes deviennent un langage qu'on peut utiliser pour être de connivence avec d'autres. Mais pour les comprendre, il faut avoir les références... C'est un humour partagé par une communauté », note l'étudiante.

D'ailleurs, un mème qui circule abondamment en inspirera d'autres à son tour, nourrissant ce processus d'imitation-modification par lequel les mèmes évoluent.

Les mèmes offrent aux chercheurs une porte ouverte sur la psyché collective, une façon prometteuse d'étudier la réaction populaire à des faits d'actualité, mentionne Megan Bédard. « Ça permet de voir ce qui intéresse les gens, ce qui se partage, quel est le discours dominant, quels contenus récoltent des votes négatifs ou positifs. »

La spécialiste de la culture populaire constate que ces images infiltrent même les salles de cours universitaires : « Les mèmes ont une vertu pédagogique certaine pour expliquer des sujets plus abstraits, obscurs ou difficiles à comprendre. Grâce à l'humour et à l'utilisation de références connues, les étudiants assimilent vraiment plus facilement la matière. »

Plusieurs études laissent d'ailleurs penser que diverses formes d'humour peuvent améliorer les performances scolaires, notamment en diminuant l'anxiété des étudiants. Ce fut le cas des participants à une étude américaine publiée en 2012 dans la revue *Humor* : ceux qui avaient regardé des images comiques avant un examen de mathématiques ont rapporté moins d'anxiété et obtenu de meilleurs résultats que ceux qui avaient plutôt lu des poèmes avant l'épreuve.

L'humour agirait aussi comme un déclencheur du jeu dans le cerveau. Il aiderait à réfléchir de manière moins strictement logique, à être plus ouvert aux idées originales et à résoudre les problèmes de manière plus créative, selon la littérature sur le sujet.

Mais ces vertus ne sont pas universelles. En Chine, par exemple, les étudiants sont plus ambivalents à l'égard de l'humour en classe, le considérant comme une perte de temps ou une source de stress ! Il faut dire que, dans la culture chinoise, la relation maître-élèves est très hiérarchisée, ce qui rend l'exercice humoristique plus périlleux. Comme quoi en matière d'humour, tout est question de contexte... ●

Ils sont trop jeunes pour comprendre nos blagues. Pourquoi les bébés rient-ils autant ?

PAR RAPHAËLLE DEROME

L'ARME SECRÈTE DES BÉBÉS

C'est un moment magique dans la vie des parents. Quelques semaines après la naissance de leur enfant, ils sont gratifiés d'un premier sourire. Un peu plus tard apparaissent d'irrésistibles premiers rires.

« Les bébés rient beaucoup plus que nous. Pourquoi ? Est-ce important ? Que veulent dire les rires ? À quoi servent-ils ? Voilà ce que je me demandais quand j'ai commencé à étudier le rire chez les poupons il y a 11 ans », relate Caspar Addyman, directeur de l'InfantLab au Goldsmiths College, l'une des composantes de l'Université de Londres.

Mais bonne chance pour étudier ce comportement en laboratoire ! « On a d'abord essayé de chatouiller des bébés. Cela semblait être un moyen garanti de les faire rire », raconte le psychologue du développement. Mais dans cet environnement peu familier, ils ne rigolaient pas.

Même problème quand le chercheur et un parent riaient à tour de rôle pour voir si Bébé les imiterait. « Il vous regarde

avec attention, mais ne rit pas ! Par contre, quand on fait semblant de bâiller, il bâille. Peut-être que nos rires sur commande n'étaient pas assez convaincants... », suppose Caspar Addyman.

Le rire chez les bébés a longtemps été négligé par le monde de la recherche. Les spécialistes des bébés ne s'intéressaient pas au rire et les spécialistes du rire ne s'intéressaient pas aux bébés ! Qu'à cela ne tienne... Caspar Addyman – dont le frère est humoriste, tiens, tiens ! – était convaincu qu'étudier scientifiquement le rire chez les poupons pouvait nous aider à mieux comprendre les bébés, mais aussi l'humour chez les humains de tous âges. Le scientifique a donc eu l'idée de se retirer de l'équation. « On a mené un sondage international pour demander aux parents ce qui faisait rire leurs tout-petits », dit l'universitaire. Une méthode plus « naturaliste » qui a porté ses fruits.

DES CRÉATURES SOCIALES

Première découverte étonnante : si le premier rire apparaît en moyenne vers trois mois, certains bébés rient dès l'âge d'un mois ! Mais au début, ce n'est pas tant l'humour qui les fait rire. « Ce sont d'abord et avant tout les gens. Fondamentalement, les humains sont des êtres sociaux, et cela vaut aussi pour les bébés, soutient Caspar

Addyman. Dès qu'ils sont capables de retenir notre regard, ils veulent interagir avec nous, mais ils ont peu de moyens pour le faire. Pendant des mois, ils ne sont pas en mesure de parler, ne peuvent pas nous dire ce qu'ils veulent... et d'ailleurs ils ne savent probablement même pas ce qu'ils veulent ! Mais ils peuvent nous regarder, sourire et rire avec nous. »

Le chercheur poursuit : « D'un point de vue évolutif, notre espèce est plus sociale et plus intelligente que d'autres. Mais les tout-petits humains sont moins autonomes et ont besoin d'apprendre énormément de choses, surtout du point de vue social. Si l'on considère que le rire sert à créer des liens sociaux, les bébés doivent établir ces liens avec le plus de gens possible ! »

Rire est une manière pour Bébé de capter (et de garder) l'attention des autres membres de la famille pour apprendre d'eux... une forme de communication précoce, avant même l'acquisition du langage.

Un avis partagé par Elena Hoicka, professeure à l'Université de Bristol et spécialiste du développement du sens de l'humour chez les enfants. « Au début, bien sûr, le bébé ne comprend pas tout à fait ce qui est drôle. Par exemple, son parent fait un geste bizarre, puis tout le monde sourit et rit. Le bébé rit aussi. Et petit à petit, il découvre ce qu'est l'humour », décrit la scientifique.



DUR, DUR D'ÊTRE UN BÉBÉ

Un bébé de votre entourage est plutôt sérieux ? Pas de panique ! Les sondages menés par les deux experts interrogés montrent surtout la grande fourchette d'âges auxquels surviennent le premier rire ou les différentes étapes dans l'évolution du sens de l'humour. Caspar Addyman se veut rassurant : « Si un enfant rit plus tard que les autres, ce n'est pas en soi indicateur d'un retard de développement. »

L'an dernier, elle a proposé dans la revue *Behavior Research Methods* la première échelle développementale du sens de l'humour chez les zéro à quatre ans, établie grâce à un autre sondage mené auprès de plus de 700 parents de différents pays. Son Early Humor Survey décrit la séquence générale d'apparition d'une vingtaine de types d'humour chez les enfants.

Durant la première année de vie, l'humour « sensoriel » est à l'honneur : les coucous, les chatouilles... La vue et l'ouïe se développent, d'où l'intérêt pour les voix comiques ou les grimaces. Vers un an, les bébés adorent qu'on essaie de les attraper. « Puis vers deux ans, avec le développement du langage, ils aiment qu'on utilise des mots étranges pour désigner des objets », souligne Elena Hoicka. Avec la découverte des tabous sociaux viendront les blagues de pets et autres mots à saveur scatologique... Les jeux de mots ne viendront que plus tard, bien souvent après quatre ans.

Si la fréquence fait l'importance, l'humour joue assurément un rôle sérieux : le sondage a montré que les enfants appréciaient l'humour en moyenne toutes les deux heures et l'utilisaient eux-mêmes toutes les trois heures. De vrais bouffons !

BLAGUER POUR APPRENDRE

L'humour permet aux enfants d'entraîner et de développer leur cognition sociale, c'est-à-dire leur capacité à comprendre ce que les autres pensent, explique Elena Hoicka. « La plupart du temps, quand on fait une blague, on a un public. On s'apprête à dire quelque chose de déroutant ou à faire quelque chose de bizarre, mais on ne veut pas que les autres nous prennent au sérieux : on veut qu'ils s'amuse. Il faut donc trouver un moyen de communiquer à l'autre qu'on fait cette chose bizarre, ensemble, exprès. Qu'on est sur la même longueur d'onde ! »

Le côté social du rire a aussi été révélé lors d'une expérience effectuée par Caspar Addyman dans une garderie. Des tout-petits regardaient des dessins animés comiques seuls, en duo ou en groupe de quatre à six bambins. « Avec un ami, les enfants souriaient ou riaient huit fois plus souvent que lorsqu'ils étaient seuls. Mais le nombre de rires n'augmentait pas dans le plus grand groupe. » Si le rire provenait d'un effet de contagion, l'écoute en groupe aurait dû engendrer encore plus de rires... Pour le chercheur, le rire est donc d'abord un signal qu'on envoie aux autres pour signaler sa joie, son contentement, son amusement.

À l'avenir, Elena Hoicka espère mieux comprendre comment l'humour influe sur d'autres aspects du développement des

tout-petits, comme la créativité ou leur façon de réagir au stress. Avec une plus grande cohorte, on pourrait peut-être aussi distinguer le sens de l'humour particulier des enfants autistes par exemple.

Caspar Addyman voit également d'autres questions intéressantes à étudier. « On n'a jamais entrepris d'études longitudinales qui pourraient indiquer si les bébés qui rient beaucoup à huit mois rient toujours autant à deux ans. Je suis aussi très intrigué par la synchronie [c'est-à-dire la tendance à s'influencer réciproquement] qui s'établit entre la mère et le bébé lors de leurs interactions. Est-ce que cette compréhension mutuelle augmente si le rire est présent ? » s'interroge le chercheur.

Alors que plus tard dans la vie le rire peut avoir des côtés sombres (pensons à l'intimidation dans les cours d'école ou au travail), le rire des poupons est d'autant plus charmant qu'il est pur et authentique. « C'est une récompense que les bébés peuvent offrir à leurs parents pour leurs soins », pense Caspar Addyman. De quoi compenser toutes ces nuits écourtées ? ●

LA RÉBELLION DU

BOSON W

Le boson W, une particule élémentaire, vient semer la pagaille dans les équations des physiciens. **PAR MARINE CORNIOU**

L'annonce du Fermilab, en avril dernier, a eu l'effet d'une bombe. Une bombe minuscule pour le commun des mortels, mais qui pourrait faire voler en éclats le monde bien rangé de la physique des particules. Après 10 ans de calculs, le centre de recherche américain a dévoilé dans la revue *Science* la valeur de la masse d'une particule élémentaire, le boson W, avec deux fois plus de précision que ce qui était connu précédemment.

Le hic, c'est que cette masse n'est pas celle à laquelle on s'attendait. De fait, le boson W est légèrement plus lourd que ce que prévoit la théorie. « C'est une sorte de désaccord, ou plutôt une tension, entre la valeur mesurée et la valeur prédite par nos équations. C'est très intrigant », commente Brigitte Vachon, professeure au Département de physique de l'Université McGill.

Pour prendre la mesure de cette discordance, il faut revenir sur quelques notions de base et notamment sur le « modèle standard » utilisé pour décrire l'univers subatomique (voir p. 44). Ce cadre théorique formulé dans les années 1970 se résume facilement. Il stipule, d'une

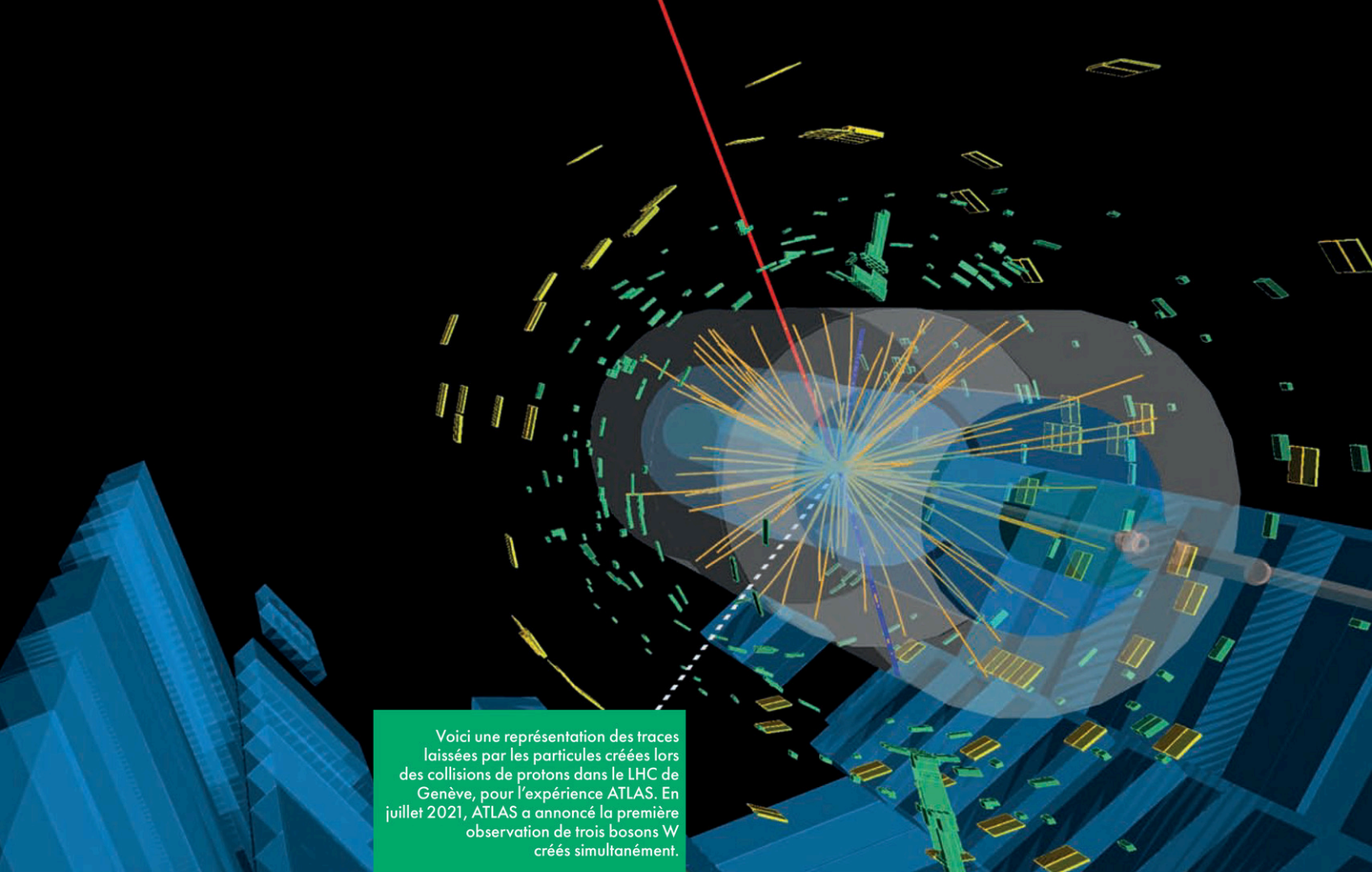
part, que toute la matière est faite de particules fondamentales et, d'autre part, que ces particules interagissent entre elles en échangeant d'autres particules (les particules de matière sont les fermions; les particules d'interaction, les bosons). Au total, on compte ainsi 12 briques élémentaires qui interagissent par le biais de trois forces : la force électromagnétique, l'interaction forte et l'interaction faible. Les prédictions du modèle standard ont toutes été vérifiées expérimentalement... et elles se sont avérées jusqu'ici étonnamment justes.

Le boson W, découvert en 1983, est un membre important de cette ménagerie. « Il transmet l'interaction faible, une force responsable de la radioactivité et qui régule la production d'énergie dans le Soleil », indique Yves Sirois, chercheur en physique des hautes énergies au Centre national de la recherche scientifique, en France. Grâce à d'anciennes expériences menées dans divers accélérateurs de particules, la masse du boson W était à peu près connue : de l'ordre de 80 fois celle du proton.

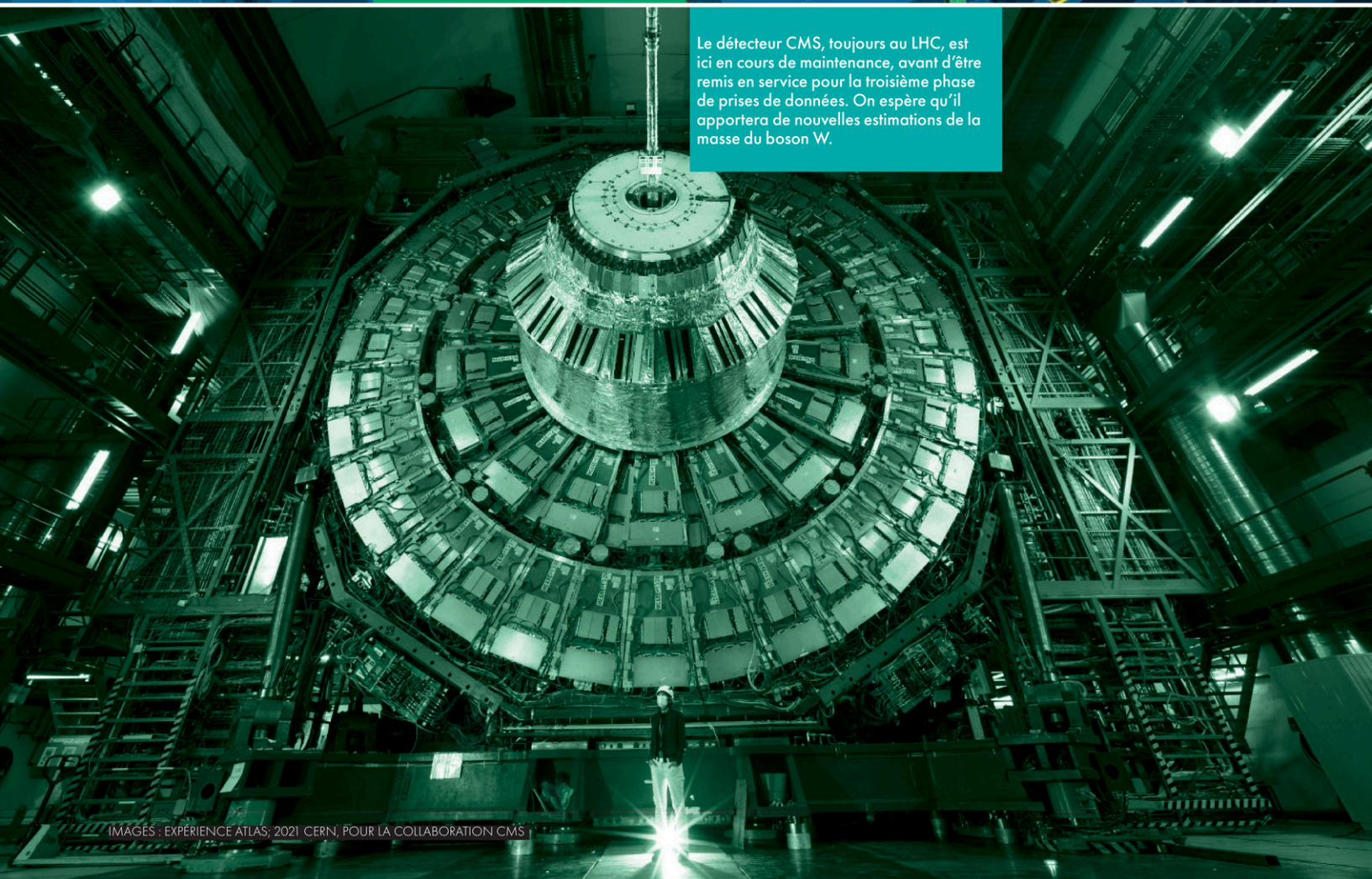
Mais cette masse, on peut aussi la « deviner » de façon purement théorique. « Le modèle standard est une sorte de

toile mathématique, et les valeurs qui y figurent sont interreliées », reprend Brigitte Vachon. Ainsi, la masse du boson W est délimitée par d'autres paramètres, explicitement les masses du quark top et du boson de Higgs. On peut donc prédire l'une en connaissant les deux autres. Or, les masses du quark top et du boson de Higgs sont désormais bien établies grâce entre autres au Grand collisionneur de hadrons (LHC), à Genève, où ce dernier boson a été officiellement découvert en 2012. Si bien qu'on a une idée précise de ce à quoi devrait ressembler le boson W s'il obéit au modèle standard.

C'est justement là que ça cloche. Les 400 chercheurs de la collaboration Collider Detector at Fermilab ont réanalysé les données collectées par leur accélérateur de protons et d'antiprotons entre 2001 et 2011 (date de son arrêt définitif). Ces données avaient déjà permis d'estimer la masse du boson W en 2012, mais pas assez clairement... Pour gagner en précision, les physiciens ont décortiqué quatre fois plus de données, affiné leur connaissance du détecteur, pris en compte la position de chaque câble, tout recalculé et tout revérifié, maintes fois, pendant 10 ans!



Voici une représentation des traces laissées par les particules créées lors des collisions de protons dans le LHC de Genève, pour l'expérience ATLAS. En juillet 2021, ATLAS a annoncé la première observation de trois bosons W créés simultanément.



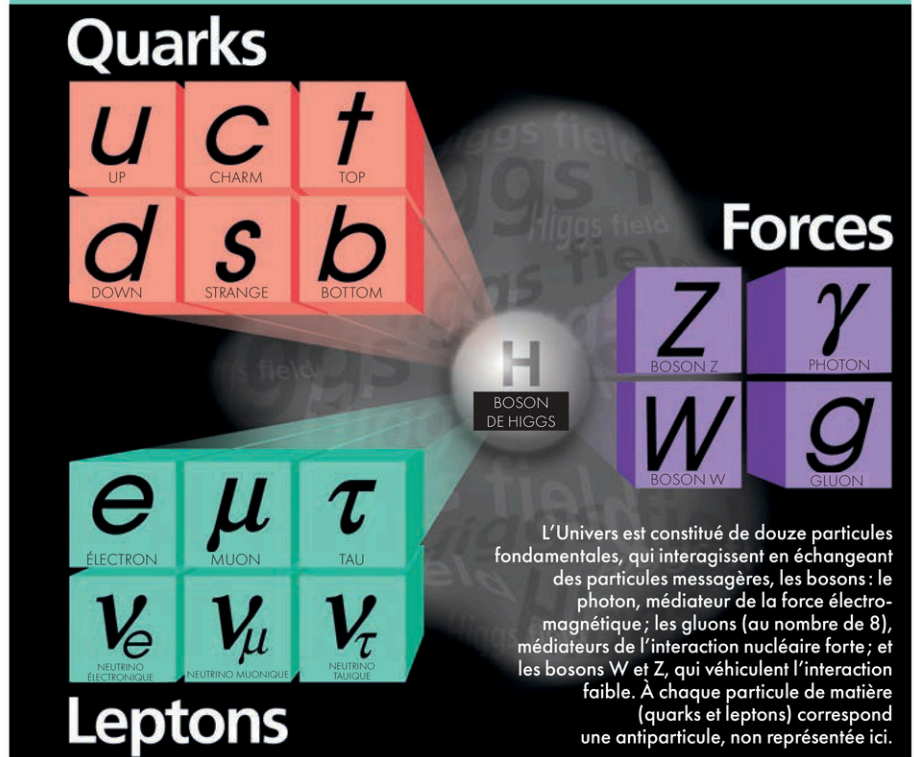
Le détecteur CMS, toujours au LHC, est ici en cours de maintenance, avant d'être remis en service pour la troisième phase de prises de données. On espère qu'il apportera de nouvelles estimations de la masse du boson W.

L'ÉVANESCENT BOSON W

Pour illustrer la précision avec laquelle ils ont estimé la masse du boson W, les chercheurs du Fermilab ont utilisé cette analogie : c'est comme s'ils avaient pesé un gorille de 363 kg avec une précision de 42,5 g. Sauf qu'on ne dépose pas un boson W sur une balance ! « C'est très difficile de mesurer la masse du boson W. Il y a beaucoup de sources d'erreurs potentielles », indique d'emblée Yves Sirois, physicien pour l'expérience CMS au Grand collisionneur de hadrons. Il faut savoir que les particules élémentaires sont presque toutes instables, à l'exception de l'électron, du photon et des neutrinos. Dans les collisionneurs, on fait s'entrechoquer violemment des protons qui, grâce à leur énergie, donnent naissance à toutes sortes de particules, dont parfois un boson W. Notons qu'il faut 10 millions de collisions pour produire un seul éphémère boson W. Au Fermilab, la nouvelle analyse de la masse du boson W s'est fondée sur des milliers de milliards de collisions. Mais ces nouvelles particules disparaissent aussitôt qu'elles sont créées, se désintégrant en entités plus stables. Impossible, donc, d'apercevoir directement la trace d'un boson de Higgs ou d'un boson W, par exemple, dans un détecteur. Ce qu'on observe, ce sont les particules plus légères qui résultent de leur désintégration. Un peu comme les miettes d'une biscotte dont on se servirait pour reconstituer, patiemment, la biscotte initiale et trouver sa forme...

« Le boson W se désintègre en un neutrino accompagné d'un électron ou d'un muon. Or, les neutrinos sont indétectables. On utilise donc une particule tierce, le boson Z, pour corriger les calculs », précise Yves Sirois. C'est donc dire que les scientifiques n'ont que la moitié des miettes pour remonter à la source... D'où les années de vérifications prudentes avant le dévoilement des résultats.

MODÈLE STANDARD DE LA PHYSIQUE DES PARTICULES



L'Univers est constitué de douze particules fondamentales, qui interagissent en échangeant des particules messagères, les bosons : le photon, médiateur de la force électromagnétique ; les gluons (au nombre de 8), médiateurs de l'interaction nucléaire forte ; et les bosons W et Z, qui véhiculent l'interaction faible. À chaque particule de matière (quarks et leptons) correspond une antiparticule, non représentée ici.

« Une affirmation extraordinaire nécessite une preuve extraordinaire », a justifié un porte-parole du groupe lors de la grande annonce.

Le bilan de ce travail de moine ? La masse du boson W, mesurée avec une précision de 0,01 %, est de 80 433 mégaélectronvolts (MeV), alors que la valeur anticipée par le modèle standard est de 80 357 MeV. Statistiquement, cela correspond à une différence de sept écarts types. Une broutille ? Pas du tout. « Toutes les mesures en physique sont sujettes à une marge d'erreur, à une incertitude. Une différence d'un écart type a 68 % de chances de survenir par hasard. Par contre, une déviation de sept écarts types a très, très peu de chances de se produire par hasard », décrypte John Conway, professeur de physique à l'Université de Californie à Davis et signataire de l'article. Autrement dit, on est fort probablement devant quelque chose de bien réel.

« Si c'est vérifié, ce sera une découverte absolument énorme. Cela veut dire qu'il y a quelque chose derrière le modèle standard,

une nouvelle physique qui vient influencer sur les masses des particules », s'enthousiasme Yves Sirois. Cette « nouvelle physique », rappelons-le, est le Graal des chercheurs. Car le modèle standard a beau être une construction formidable, il est incomplet. Il fait par exemple l'impasse sur la matière noire, l'asymétrie matière-antimatière dans l'Univers, l'origine de la masse des neutrinos, etc. Des « détails » qu'il est franchement dérangeant de laisser inexplicés.

UNE SÉRIE D'ACCROCS

Ces nouveaux résultats sont d'autant plus intéressants qu'ils s'ajoutent à plusieurs autres fissures du modèle standard récemment mises au jour, explique Brigitte Vachon. « Avec l'augmentation de la précision des mesures dans plusieurs expériences, on voit apparaître des points de tension un peu partout. »

Ainsi, en 2021, une équipe du Fermilab avait déjà trouvé un décalage entre observations et théorie, détaillé dans les *Physical Review Letters*, concernant une autre particule nommée muon. Ce cousin massif de

l'électron agit comme un minuscule aimant et, après plus de 15 ans de suspense, les chercheurs ont confirmé que l'une de ses propriétés magnétiques s'écarte légèrement de la prédiction théorique. Un désaccord de 0,0025 %, mais qui a moins d'une chance sur 40 000 d'être dû au hasard...

Pour autant, la communauté reste prudente. Plusieurs anomalies de ce type se sont révélées des pétards mouillés par le passé. Car les sources d'erreurs sont multiples. D'abord, évaluer la masse d'une particule est loin d'être simple et, à ce chapitre, le boson W est particulièrement contrariant (voir l'encadré p. 44). Ensuite, les équations sont elles-mêmes sujettes à caution. « Les prédictions théoriques de la masse du boson W dépendent des résultats obtenus au LHC, à Genève, car c'est nous qui fournissons les mesures des masses du boson de Higgs et du quark top », précise Yves Sirois, membre d'une des expériences du LHC qui ont permis la découverte du boson de Higgs.

« Nous connaissons ces masses avec une grande précision, mais nous continuons d'affiner nos mesures. Et nous allons aussi mesurer directement la masse du boson W pour confirmer de façon indépendante la mesure du Fermilab », indique le chercheur. Il est optimiste, alors que le LHC vient d'être « rallumé » pour une troisième phase de prises de mesures. « Dans un an, nous devrions avoir des résultats préliminaires et dans trois ou quatre ans, à la fin de cette troisième phase, nous aurons la même précision dans les résultats que le Fermilab. »

De quoi confirmer, peut-être, qu'il manque bel et bien un ou plusieurs ingrédients dans le modèle standard. Quant à la nature de cette mystérieuse physique manquante... elle reste pour l'instant très floue. « La déviation que nous avons observée pourrait être expliquée par un large éventail de nouvelles théories, et ce résultat ne nous dit pas lesquelles. Notre meilleur espoir est de trouver

des preuves de l'une d'entre elles dans les expériences du LHC », mentionne John Conway, qui travaille aussi à cet accélérateur.

À partir de 2029, le LHC passera en effet dans une phase dite de « haute luminosité », qui permettra d'exploiter la structure au maximum en augmentant le nombre de collisions de protons. De quoi observer des phénomènes très rares et, croisons les doigts, découvrir des particules inconnues qui viendraient expliquer l'inexplicable. « Plus nous relèverons d'anomalies, plus nous aurons d'indices pour nous orienter vers une théorie plutôt qu'une autre », détaille Brigitte Vachon.

En attendant, la masse improbable du boson W a mis les cerveaux des théoriciens en surchauffe. « Ils soumettent des articles tous les jours; je ne les ai même pas comptés tellement il y en a! » s'amuse la physicienne. Le boson W a décidément tout d'une petite bombe. ●

Le bonheur est tout près...



Bas-Saint-Laurent
et Gaspésie

Cantons-de-l'Est

Lac-Saint-Jean

Montérégie

Traversée
du Québec

Vos vacances à vélo au Québec

Cet été, offrez-vous des vraies vacances à vélo. Pour une escapade de 3 jours ou un plus long séjour, faites votre choix parmi 35 magnifiques itinéraires et découvrez le bonheur des vacances actives.

Vous roulez, on s'occupe de tout!

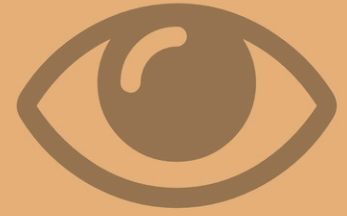
RÉSERVEZ MAINTENANT!
veloquebecvoyages.com
514 521-8356 • 1 800 567-8356, poste 506



Vélo Québec
VOYAGES

Photo : Didier Bertrand

Titulaire d'un permis du Québec



REGARDER
Pour écoanxieux avertis

Quand les drapeaux rouges levés par les scientifiques, les accords mondiaux et les films n'arrivent pas à nous pousser à l'action face à la crise climatique, comment continuer à vivre en sachant que l'humanité se dirige droit dans le mur ? Dans son percutant documentaire *Une fois que tu sais*, le réalisateur Emmanuel Cappellin tend le micro aux spécialistes qui sonnent l'alarme afin de comprendre ce que nous pouvons apprendre de notre expérience collective pour affronter les épreuves à venir. Ce film aborde de plein fouet un sujet angoissant qu'il est souvent plus aisé d'ignorer. Tout en évoquant la dépendance aux énergies fossiles, la décroissance des systèmes et la politique de l'effondrement, il réussit à laisser filtrer une fine lumière teintée d'un tragique optimisme.

Une fois que tu sais, écrit et réalisé par Emmanuel Cappellin en collaboration avec Anne-Marie Sangla, disponible sur les grandes plateformes de visionnement



VISITER

Vent du Nord



Un doux vent nordique souffle sur le château Ramezay ces jours-ci et il prend la forme de deux expositions temporaires : *Mondes inuit : la collection Saladin d'Anglure* et *Roald Amundsen : leçons de l'Arctique*.

Dans la première, une quarantaine d'objets fabriqués par les mains agiles et créatives des Inuits et que l'anthropologue Bernard Saladin d'Anglure a amassés au fil de ses séjours sont présentés et dévoilent les croyances et le mode de vie de ces hommes et de ces femmes. Parmi ces trouvailles du quotidien, une magnifique combinaison d'hiver (*atajuq*) en caribou destinée à un enfant, des jeux d'osselets et un attrape-poux (*kumatsiuti*). On s'assure de bien lire les compléments d'information pour mieux saisir toute l'ingéniosité des peuples nordiques.

Quant à l'exposition sur le célèbre explorateur polaire Roald Amundsen, connu pour être le premier à avoir traversé le passage du Nord-Ouest et avoir atteint les deux pôles, elle révèle l'ampleur des défis logistiques auxquels l'explorateur et son équipage ont dû faire face, ne serait-ce que pour se ravitailler, se vêtir et se déplacer sur le territoire. On aborde ses liens avec les communautés autochtones ainsi que la contribution de l'expédition Gjøa, qui a permis la collecte de données scientifiques, notamment sur le magnétisme polaire. L'exposition réalisée par le Musée du Fram à Oslo est principalement composée d'extraits de journaux de bord, de textes sur les expéditions et de nombreuses photos d'archives, mais quelques artefacts ont aussi fait la route jusqu'à Montréal, comme un surprenant sac à outils en peau de poisson et la montre d'Amundsen.

Au Musée du château Ramezay, jusqu'au 9 avril 2023



Biodiversissant

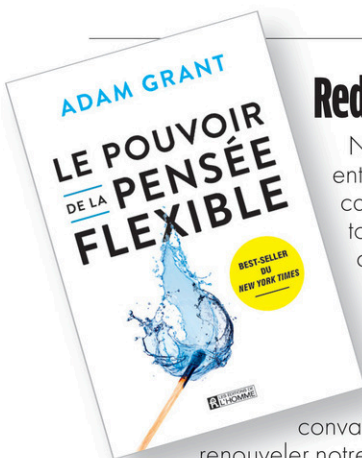
Que ce soit dans son épisode sur les cerfs de Longueuil, les baleines noires du Saint-Laurent ou la rainette faux-grillon, le balado *Faits biodivers* présente des enjeux liés à la biodiversité avec habileté et nuance. Alexandre Shields, journaliste en environnement au quotidien *Le Devoir*, dirige avec brio ses entretiens avec des spécialistes; les angles philosophiques et éthiques abordés dans les entrevues permettent d'éclairer les zones grises de chaque sujet et de mieux saisir toute la complexité que suppose la cohabitation entre l'humain et la nature.

Faits biodivers, par Savoir média, savoir.media/series/faits-biodivers

LIRE Des icônes en couleurs

La collection De petit.e à grand.e des éditions La courte échelle s'enrichit des biographies de deux icônes des sciences, soit la mère de la paléontologie, Mary Anning, et le célèbre naturaliste Charles Darwin. Dès l'âge de la maternelle, les enfants auront le plaisir de découvrir comment une simple passion peut un jour changer le cours de l'histoire. On accompagne les jeunes apprentis au fil des illustrations colorées et des récits invitants qui distillent l'essentiel de ces legs scientifiques.

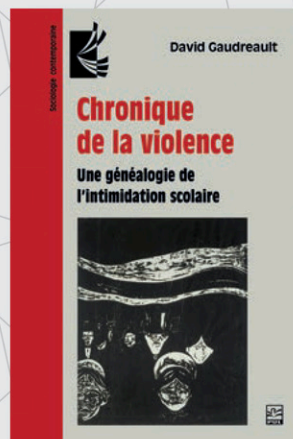
Mary Anning, par María Isabel Sánchez et illustré par Popy Matigot, et *Charles Darwin*, par María Isabel Sánchez et illustré par Mark Hoffmann, 32 p. chacun



Redéfinir sa pensée

Nous avons tous, un jour, été confrontés à des gens qui entraient en collision avec nos pensées : ce patron trop campé sur ses positions, cet ami qui refuse d'admettre ses torts ou cette intransigente belle-sœur antivaccin. Sans compter que, parfois, cette personne psychorigide, c'est nous ! Dans son essai *Le pouvoir de la pensée flexible*, Adam Grant, psychologue et professeur en management et en théorie comportementale à l'Université de Wharton, aux États-Unis, utilise les avancées en sciences cognitives pour nous convaincre des bienfaits de « désapprendre » le monde pour renouveler notre pensée et nous ouvrir aux découvertes. Il vante les mérites de penser comme les scientifiques, mettant en lumière l'humilité avec laquelle ils mettent à l'épreuve leurs hypothèses et cultivent activement l'ouverture d'esprit. Ce succès de librairie du *New York Times* vise à nous outiller afin de mieux vivre ensemble. Avec le foisonnement de modèles inspirants qu'il partage, ce livre est aussi percutant que crucial.

Le pouvoir de la pensée flexible, par Adam Grant, Éditions de l'Homme, 352 p.



LIRE

Autres temps, autres mœurs

Les querelles de cour d'école n'avaient pas la même ampleur ni la même signification au siècle dernier qu'aujourd'hui. Avec son ouvrage *Chronique de la violence*, le doctorant du Département de sociologie de l'Université Laval David Gaudreault mène une étude approfondie de l'intimidation scolaire. En enquêtant sur la façon dont la déviance juvénile a été définie au fil du temps, il favorise une nouvelle compréhension du sujet.

Chronique de la violence : une généalogie de l'intimidation scolaire, par David Gaudreault, Les Presses de l'Université Laval, 268 p.

Nous sommes ici

Alors que l'humain laisse une empreinte indélébile sur le climat et influence la biodiversité, il est important – surtout par les temps qui courent – de se rappeler qu'il est aussi capable d'engendrer du bon et du beau. John Green (*Nos étoiles contraires*) se permet une parenthèse dans la fiction avec l'essai *Bienvenue dans l'Anthropocène*. Cette jolie livraison au rayon de la douceur prend la forme de courtes critiques des affaires frivoles, essentielles et même dramatiques issues du monde contemporain. L'auteur à succès les décline selon un système d'étoiles, à la façon des critiques de cinéma. La comète de Halley (4,5 étoiles), *Super Mario Kart* (4 étoiles) ou la méningite virale (1 étoile) ne sont que quelques-uns de la quarantaine d'aspects de notre vie sur son radar. Il partage ses réflexions sur chacun d'eux en les documentant sous forme de chapitres brefs et fouillés. Une « chronique sensible des choses humaines », dit l'auteur et j'ajouterais que le résultat est souvent touchant et toujours divertissant.

Bienvenue dans l'Anthropocène, par John Green, Gallimard, 368 p.

Québec Science rayonne depuis 60 ans!

Abonnez-vous maintenant et
économisez jusqu'à **51 %**.



ABONNEMENT
41 \$
1 AN
+ taxes

68 \$ + taxes 2 ANS

94 \$ + taxes 3 ANS

*Aussi disponible
en version numérique.*

Abonnez-vous!

quebecscience.qc.ca

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

QUÉBEC SCIENCE
L'heure est à la science



La fin des héros verts ?



ans leur récent ouvrage *Au commencement était... Une nouvelle histoire de l'humanité*, les auteurs David Graeber

et David Wengrow écrivent que « ce sont souvent les personnes qui sont *quelque peu* hors normes qui deviennent des leaders ».

J'ai immédiatement pensé à toutes ces figures de proue environnementales qui se sont illustrées au fil des dernières décennies. Ces héros de l'environnement ont su éveiller notre intérêt, nous ébranler, nous convaincre, nous motiver, nous amener à les suivre dans leurs idéaux. Nous avons même fondé beaucoup d'espoir sur eux par moments.

Il y a eu, pour ne nommer que ceux-là, les David Attenborough, Jane Goodall et David Suzuki, ainsi que sa fille Severn Cullis-Suzuki, qui a fait vibrer les dignitaires des Nations unies à l'âge de 12 ans, en 1992... soit bien avant la naissance de Greta Thunberg. Il y a eu aussi les Al Gore, Bill McKibben, Naomi Klein, Nicolas Hulot, Aurélien Barreau et, chez nous, Steven Guilbeault... bien que ce dernier ne fasse peut-être pas l'unanimité.

Soyons clairs : la plupart de ces personnes ont un parcours exceptionnel et ont accompli des choses extraordinaires, surtout en environnement. J'aimerais ici attirer l'attention non pas tant sur eux que sur nous. Au-delà de l'étiquette de « héros verts » que nous sommes en droit de leur attribuer – étiquette que plusieurs des intéressés balaièrent sans doute du revers de la main –, tâchons plutôt de comprendre pourquoi nous tendons à mettre notre destin environnemental collectif dans les mains d'une poignée d'individus.

Les travaux de Jem Bendell, professeur à l'Université de Cumbria, au Royaume-Uni, nous offrent quelques pistes de réponse. Son regard sur le « leadership durable » est particulièrement éclairant. Dans un article paru en 2017, lui et ses coauteurs affirment ainsi que la notion de leadership (et notamment celle de leadership durable), telle qu'elle est employée dans le discours dominant, nous enferme dans des rapports de force restrictifs, contrecarrant du coup la transition vers une société et une économie véritablement durables.

Par un engouement démesuré pour les héros, caractéristique propre à la notion admise de leadership, nous minimisons le pouvoir de la grande majorité des personnes : nous supposons que le commun des mortels ne peut influencer le cours des choses, nous rappelent Jem Bendell et ses collègues.

La décision du gouvernement fédéral d'approuver le projet d'hydrocarbures terre-neuvien Bay du Nord, quelques jours après la sortie d'un rapport alarmant du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, en avril dernier, est un véritable cas d'école. Car à en juger par les vives réactions et la déception quasi généralisée envers le ministre Guilbeault, qui a autorisé ce projet (même si la décision ne lui appartenait pas entièrement), il semble que nous soyons encore quelque peu prisonniers du mythe et de la romance associés aux héros... aussi « verts » soient-ils.

Jem Bendell et ses collaborateurs mentionnent pourtant que tout un chacun peut faire preuve de leadership et qu'il nous faut d'ailleurs revoir cette notion afin de changer notre perception de ces héros verts, puisque ce sont des personnes à tous les échelons de la société qui peuvent contribuer au changement social... et pas seulement ces quelques individus « hors normes ».

Bien entendu, il ne s'agit pas de nier l'apport de certains acteurs dans nos efforts environnementaux. Mais au lieu de nous concentrer sur des chefs de file aux grandes qualités qui peuvent nous décevoir, sans doute serait-il sage de former des groupes susceptibles de fonctionner et de collaborer plus efficacement, permettant ainsi au leadership d'émerger.

Justement, la multiplication des initiatives collectives et citoyennes qui s'inscrivent dans l'action climatique est peut-être la manifestation que nous détournons peu à peu notre regard des héros verts. Est-ce là que réside la clé de cette transition dont nous parlons tant ? Par la création de ce tissu humain qui cherche à échapper aux mailles d'un leadership vert au vernis écaillé, trop *top down* et pas suffisamment fédérateur, malgré toutes les bonnes intentions ? Avons-nous besoin de plus de meneurs « quelque peu hors normes » ou d'individus qui vont créer de nouvelles normes et de nouvelles possibilités ? ●

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

Si vous êtes comme moi, répondre au téléphone est un calvaire! Ces voix qui viennent de nulle part, sans même l'aide d'un fil, c'est angoissant!

C'est à se demander quel diable a bien pu inventer la transmission de la voix humaine par ondes!

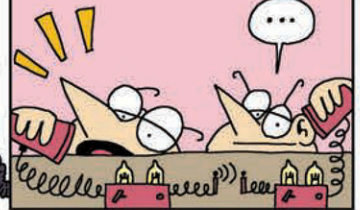


Allô? Saturnome? Ici « Québec Science », où est votre dernière chronique? Nous partons à l'impression à l'instant!

Si vous ne répondez pas immédiatement, nous allons engager votre ennemi juré, Vautoumome, pour faire le travail à votre place!



Dès la fin du 18^e siècle, de nombreux chercheurs s'intéressent aux transmissions par ondes, et plusieurs découvertes sont faites.



Au Brésil, le prêtre Roberto Landell se passionne pour le sujet et à partir de 1893 mène de nombreuses expériences.

Ah là là, faire des sermons à distance, de chez moi, en pantoufles...

Le rêve.



Il réussit à transmettre la voix humaine sur des distances allant de 8 à 12 kilomètres et offre des démonstrations publiques en 1899 et en 1900.

C'est un gars qui veut rentrer dans police mais la police se tasse faque y rentre dans le mur!

Waaahaha hahahaha hahahaha!!!

La technologie employée pour cet exploit demeure un mystère, puisque les journaux et Landell lui-même parlent peu de l'invention. Ce n'est qu'un peu plus tard que Landell commence à déposer des brevets.

C'est privé! Inventez vos propres trucs!!

Voleurs!



Le 14 décembre 1906, Reginald Fessenden, natif de la région de Memphrémagog, fait date dans l'histoire en transmettant sa voix par ondes radio et...



Vautoumome?

Je m'occupe de cette chronique désormais! Ça t'apprendra à ignorer tes appels!

QUOI!?

Donc, le 31 février 1587, Billie Eilish invente la transmission de la voix humaine.



Fin.

MAIS C'EST ARCHIFAUZ !!! Enfin, je pense.

Allô?... Est-ce que quelqu'un peut nous envoyer une chronique...?

Saturnomezz



RESTEZ CONNECTÉ À LA SCIENCE

Science • Santé • Espace • Société • Technologie

www.quebecscience.qc.ca



QUÉBEC SCIENCE
L'heure est à la science

Et suivez-nous



UNE AVENTURE EXALTANTE
À TRAVERS LE SYSTÈME SOLAIRE



AILLEURS

PLANÉTARIUM RIO TINTO ALCAN

RÉSERVEZ EN LIGNE

AILLEURS EST CONÇU PAR L'AMERICAN
MUSEUM OF NATURAL HISTORY,
NEW YORK (WWW.AMNH.ORG).



espacepourlavie.ca

150 YEARS AMERICAN MUSEUM
OF NATURAL HISTORY



Communauté métropolitaine
de Montréal

Montréal



espace
pour la
vie montréal