

Bulle de science
Sommeil
Technofolies
Rise
Ordinateur
Mars
Futur
Natalité
Azote
Pêche
Galaxie
Fossile
Virus
Cratère
N°1279 - Avril 2024
SCIENCE&VIE

SEP M
TOP
ventes

SCIENCE & VIE

Depuis 1913

N° 1279 AVRIL 2024

ÇA FONCTIONNE!
UN ORDINATEUR BOOSTÉ
AUX CELLULES VIVANTES

AVIATION
LE MOTEUR DU FUTUR
PASSE LES TESTS

LE MONDE VU PAR LES ANIMAUX

HYPERVERSION, VIBRORÉCEPTION... 11 SENS AU CRIBLE DES CHERCHEURS

NOTRE SÉRIE

MISSION 27
SAUVER
LES TRÉSORS
ARCHÉOLOGIQUES

ASTRONOMIE
MARS, L'AUTRE
PLANÈTE BLEUE

SPORT DE HAUT NIVEAU
POURQUOI LES BLESSURES
SE MULTIPLIENT ?

L 19055 - 1279 - F: 4,90 € - RD



D : 8,40€ - BEL : 5,90€ - ESP : 5,90€ - GR : 5,90€ - DOM S : 5,90€ - DOM A : 8,40€ - ITA : 5,90€ - LUX : 5,90€
PORT CONT : 5,90€ - CAN : 7,50\$CAN - MAR : 60DH - TOM S : 880CFP - TOM A : 1620CFP - CH : 9FS - TUN : 11DTU



Le futur nous anime.

Gamme Audi Q4 e-tron : consommation mini/maxi en cycle mixte (kWh/100 km)* : 16,0 - 18,2. « Tarif » au 04/01/2024. Valeurs susceptibles d'évolution. Pour plus d'informations, contactez votre Partenaire. Depuis le 1^{er} septembre 2018, les véhicules légers neufs sont réceptionnés en Europe sur la base de la procédure d'essai harmonisée pour les véhicules légers (WLTP), procédure d'essai permettant de mesurer la consommation de carburant

POUR LES TRAJETS COURTS, PRIVILÉGIEZ LA MARCHÉ OU LE VÉLO. #SeDéplacerMoinsPolluer

Vivez l'expérience du progrès.

Audi Q4 e-tron 100% électrique



A 0 g CO₂/km

B

C

D

E

F

G

Audi Vorsprung durch Technik

et les émissions de CO₂, plus réaliste que la procédure NEDC précédemment utilisée. * Selon configuration. Volkswagen Group France, SAS au capital de 198 502 510 €, 11 avenue de Boursonne Villers-Cotterêts, RCS SOISSONS 832 277 370. Vorsprung durch Technik = L'avance par la technologie.

PENSEZ À COVOITURER. #SeDéplacerMoinsPolluer

Car Sweet Car.

Nouveau Tiguan.

Écran 15 pouces.*

Système audio premium.*

Éclairage d'ambiance avec 30 couleurs.*



Les belles histoires commencent ensemble.

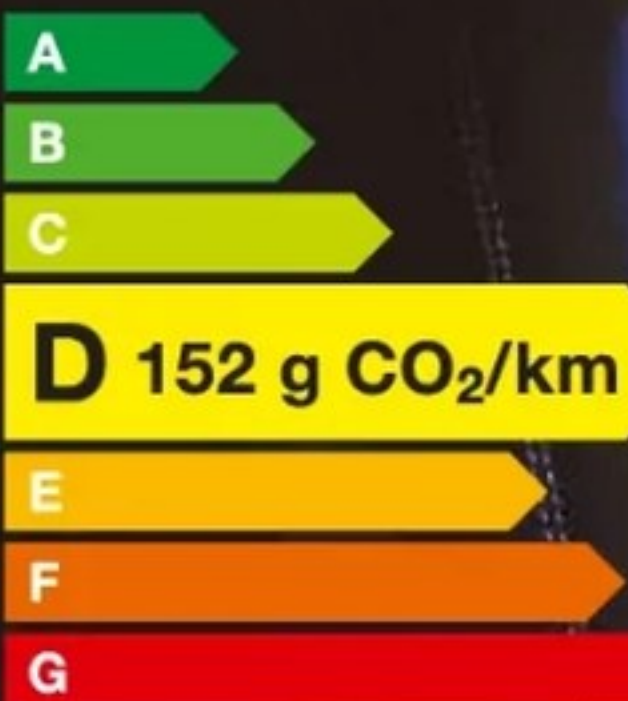


Modèle présenté : Nouveau Tiguan finition R-Line, TDI 150 DSG, certains équipements présentés peuvent être en option. * En option. Car Sweet Car : Si bien dans le Nouveau Tiguan.

Cycles mixtes de la gamme Tiguan R-line TDI 150 DSG (l/100 km) WLTP : 5,6-6,0.
Rejets de CO₂ (g/km) WLTP : 145-152. Valeurs au 02/01/2024, susceptibles d'évolution.
Plus d'informations auprès de votre Partenaire.

Depuis le 1^{er} septembre 2018, les véhicules légers neufs sont réceptionnés en Europe sur la base de la procédure d'essai harmonisée pour les véhicules légers (WLTP), procédure d'essai permettant de mesurer la consommation de carburant et les émissions de CO₂, plus réaliste que la procédure NEDC précédemment utilisée.

Volkswagen Group France - SAS au capital de 198 502 510 €
11, av. de Boursonne, Villers-Cotterêts - RCS Soissons 832 277 370.



Pour les trajets courts, privilégiez la marche ou le vélo #SeDéplacerMoinsPolluer



Yves Sciamia
ysciamia@reworldmedia.com

Dans la peau d'un...

D'innombrables animaux ont, comme nous, des yeux, des oreilles, un nez, une langue, des organes du toucher... mais que voient-ils, entendent-ils, sentent-ils, au juste? Comment éprouvent-ils le monde, avec leur corps et leur cerveau si différents des nôtres? Ces questions m'ont toujours fasciné, et la science commence à leur trouver des réponses. Tentons donc de nous glisser, fut-ce encore imparfaitement, dans leur peau!



Thomas Allard
tallard@reworldmedia.com

Athlètes sous pression

La dernière Coupe du monde de football disputée au Qatar a permis à la Fifa, l'organisateur du tournoi, d'engendrer 6,5 milliards de dollars de chiffre d'affaires. Soit 1,7 milliard de plus que celle du Brésil, huit ans plus tôt. Les revenus du sport professionnel augmentent de plus en plus, le nombre de matchs aussi. Mais voilà : les corps lâchent, les blessures s'enchaînent, et les épisodes de burn-out se multiplient. Alors, les sportifs sont-ils trop sollicités? Nous avons mené l'enquête.



notre réd' chef

Thomas Cavallé-Fol
tcavaille@
reworldmedia.com

L'ÉDITO

Imaginez : il y a quelques siècles à peine, l'animal était vu comme un être conditionné pour répondre à des *stimuli*, dénué de tout univers mental. C'était la thèse de l'"animal-machine" de Descartes, reprise par Malebranche qui, selon la légende, battait ses chiens et comparait leurs aboiements à une horloge qui sonne l'heure! Oh, il y avait bien quelques voix dissidentes, le biologiste George Romanes, par exemple, publia en 1882 *Animal Intelligence*. Mais cet essai fut taxé d'anthropomorphisme –prêter une expérience mentale aux animaux n'était pas considéré comme scientifique. Cette vision a perduré : il y a trente ans, si nous avions interrogé des scientifiques pour notre dossier, nous aurions récolté refus et moqueries. Mais tout a changé. Le séquençage a montré que nous partageons plus de 98% de notre ADN avec le chimpanzé; l'humain a été remis à sa place dans l'arbre phylogénétique; les observations du système nerveux ont confirmé la subtilité des processus cognitifs des bêtes. Résultat : une nouvelle génération de scientifiques ose enfin explorer leur psyché, et nous ouvre les portes d'un monde plus fou, plus fin, plus étonnant que tout ce que nous pouvions imaginer. Il eût été dommage de le louper par fierté.

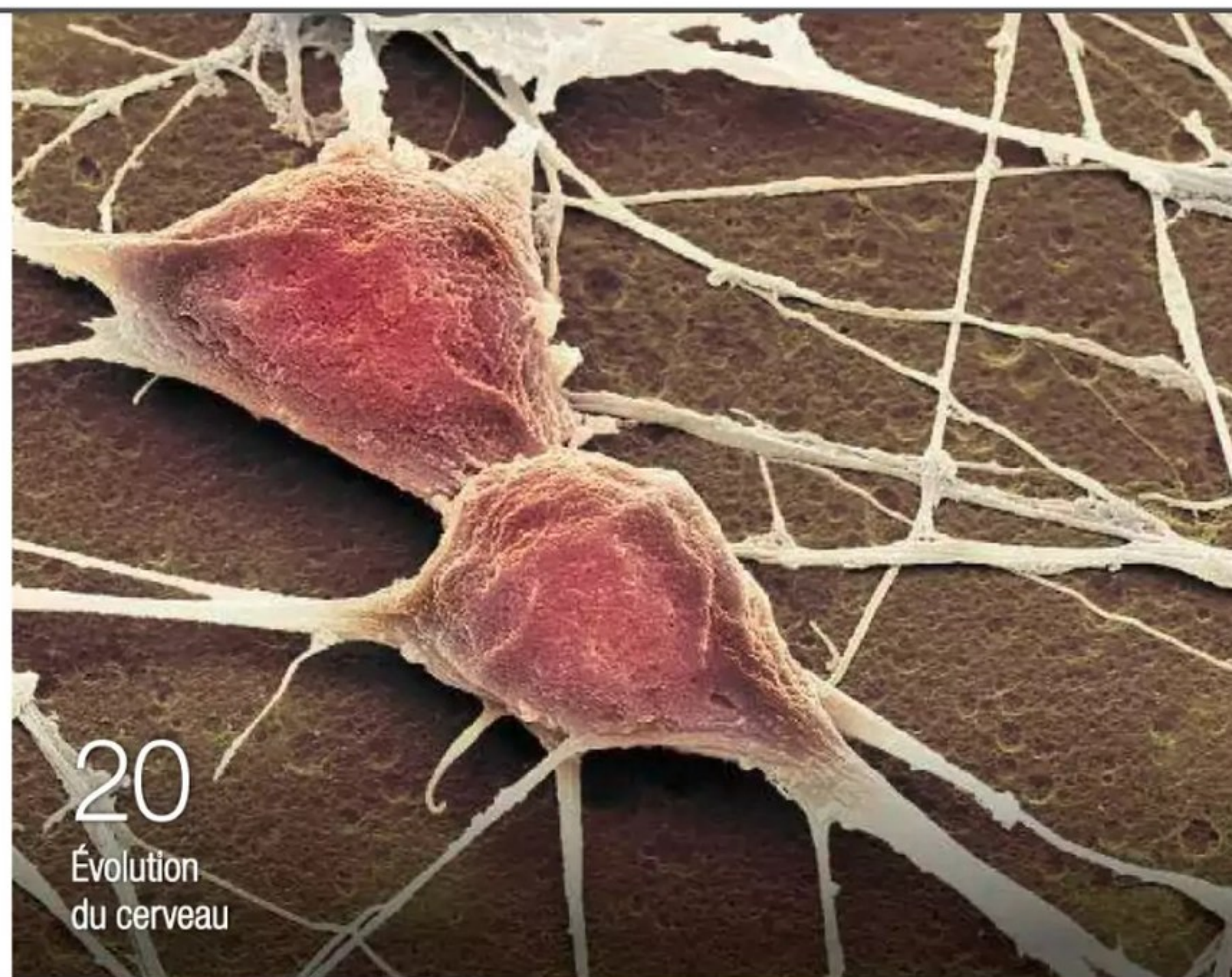
Sommaire

Avril 2024 n°1279

08 **Forum**

L'actu des sciences

- 16 **En image**
On sait enfin quel phénomène produit les cratères de glace...
- 20 **Grand angle**
Des virus ont aidé notre cerveau à se développer; des molécules ont tutoyé le zéro absolu; une galaxie sans étoiles a été détectée...
- 26 **3 découvertes sur...**
le marsupial *Antechinus*
- 32 **Focus**
Des complexes urbains de plus de 2000 ans identifiés en Amazonie!
- 34 **Et ça nous fait du bien!**
Notre sélection d'actus qui font sourire



Science & société

- 36 **ENQUÊTE**
Sport pro: une véritable épidémie de blessures
- 44 **Data**
Beaucoup de bateaux de pêche échappent à tout contrôle
- 46 **Entretien croisé**
Les écrans sont-ils vraiment nocifs pour les enfants?
- 48 **Retour sur image**
Le jour où un homme a été exécuté par inhalation d'azote
- 50 **L'étrange affaire...**
de cas regroupés de la maladie de Charcot
- 52 **Les clés pour comprendre...**
les risques liés aux antibiotiques
- 54 **En débat**
Est-ce bien nécessaire de relancer la natalité en France?
- 56 **Carte blanche**
L'écologie Plinio Sist
- 58 **Futur**
L'habitat martien s'inspirera des raies...
- 64 **Il y a pile...**
100 ans, 50 ans, 25 ans dans *Science & Vie*



S.GSCHMEISSNER/SPL/SCIENCEPHOTO.FR - FONDATION JACQUES ROUGERIE - SHUTTERSTOCK - R.ALARY/SAFRAN - SHUTTERSTOCK. COUVERTURE: SHUTTERSTOCK

SCIENCE&VIE

OFFRE SPÉCIALE ÉTUDIANTS ET ENSEIGNANTS
ABONNEZ-VOUS DÈS MAINTENANT
En quelques clics, profitez sans tarder de votre version numérique en scannant le QR Code!



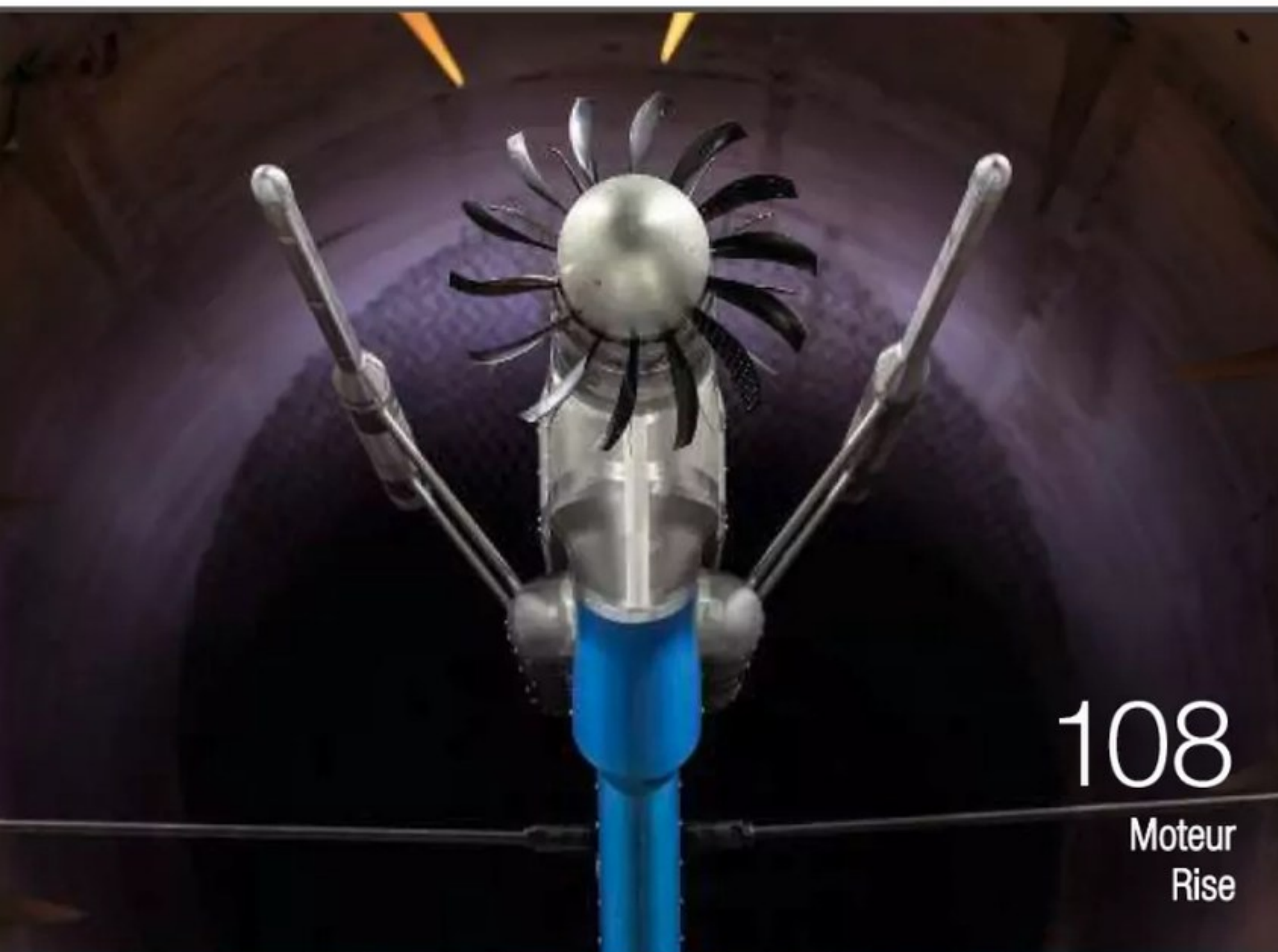


À la une

66

Le monde vu par les animaux

Hypervision, champ électrique, goût, vibrations... Pas moins de 11 sens ont été répertoriés par les chercheurs! Et les champions sont...



108

Moteur Rise

Les dossiers

- 86 **Planétologie**
Planète Mars: sous le désert, la glace?
- 92 **Métabolisme**
Grossesse: tout le corps participe!
- 96 **ARCHÉOLOGIE**
Mission: préserver les trésors de l'humanité
- 104 **Informatique**
Et les ordinateurs devinrent organiques
- 108 **Aéronautique**
Moteur Rise: enfin les premiers tests!



126

Fonte des glaces et risque de séisme

C'est dans nos vies

- 113 **En pratique**
- 116 **Technofolies**
- 120 **À voir, à lire**
- 122 **Questions/Réponses**
- 128 **Mots-croisés**
- 130 **Bulle de science**

SCIENCE&VIE 40 avenue Aristide Briand, CS 10024, 92227 Bagneux Cedex. Tél.: 01 46 48 48 48 - Fax: 01 46 48 48 67. E-mail: svmens@reworldmedia.com. Recevez *Science & Vie* chez vous. Vos bulletins d'abonnement se trouvent pp.57 et 127. Pour commander d'anciens numéros, rendez-vous sur www.kiosquemaq.com. Vous pouvez aussi vous abonner par téléphone au 01 46 48 48 96, ou par internet sur www.kiosquemaq.com.

DERRIÈRE UN TROU NOIR...

Pourrait-on imaginer que derrière chaque trou noir il y ait un trou blanc, que l'un absorberait la matière, la comprimerait, et l'autre l'expulserait pour créer de nouvelles galaxies ?

Édith Jacquot, internet

S&V “Mathématiquement, c'est possible, répond Jean-Pierre Luminet, astrophysicien au Laboratoire d'astrophysique de Marseille. Il pour-

rait en effet y avoir une connexion entre un trou noir et un trou blanc très éloignés l'un de l'autre : c'est la théorie des trous de ver.” La matière capturée et déchiquetée par un trou noir ressurgirait alors par son pendant blanc dans un autre coin de l'Univers, bien des années plus tard. “Soumise à nouveau à la gravité, elle pourrait se condenser pour former de nouvelles étoiles et planètes”, continue l'astro-

physicien. Reste que les trous de ver sont extrêmement fragiles : selon la théorie, la moindre perturbation, comme le passage d'une particule élémentaire, peut les détruire instantanément. “C'est pourquoi ces structures me semblent peu plausibles, ajoute Carlo Rovelli, physicien à Aix-Marseille Université. Selon moi, un trou blanc est simplement l'évolution d'un trou noir. Le premier se trouve donc



au même endroit que le deuxième, dans son futur.” “Derrière” un trou noir ne serait donc pas une question de “où”, mais de “quand”.

“Ravages des chats domestiques”, écrivez-vous ? Si nos activités relèvent du ravage, existe-t-il un terme pour illustrer les vôtres, d'activités ?

Signé “Un chat en train de parcourir l'une de ses sept vies sous enveloppe humaine”, internet, à propos du n°1278, p. 108



QUID DES SOLUTIONS HYDROÉLECTRIQUES ?

Le sujet “Stocker l'électricité issue du renouvelable” (n°1275, p. 102) est l'un des plus importants de notre époque –bravo pour ce choix. Mais vous passez trop rapidement sur les possibilités hydroélectriques, qui ont pourtant un bon rendement et un impact écolo-

gique pas forcément plus important que les autres.

Pascal Jacquelin, Gien (45)

S&V Les stations de transfert d'énergie par pompage d'eau, ou Step, capables d'injecter rapidement de grosses puissances pour répondre aux pics de consumma-

Méthode antibuzz

Votre texte sur la tentation du buzz dans la recherche (n°1278, p. 50) m'a interpellé. Lorsque je préparais ma thèse en biologie végétale à l'université de Lausanne, en Suisse, mon directeur de thèse, le professeur P.-É. Pilet, nous donnait des articles publiés et nous demandait d'en faire un exposé critique devant nos collègues. Outre la satisfaction de mettre en évidence des erreurs méthodologiques ou statistiques, cet exercice nous permettait de relativiser la "vérité scientifique" et d'acquérir un esprit particulièrement critique devant la "chose écrite". Je pense qu'il devrait être pratiqué systématiquement lors d'une formation académique.

William Baehler, internet

tion mais aussi d'absorber l'électricité abondante, ont en effet un bon rendement (80 %). La France compte aujourd'hui six de ces ouvrages, qui représentent 5 GW de capacité de stockage, et 3 GW de nouvelles Step sont prévues d'ici à 2050. Las, il paraît compliqué d'en faire plus... D'abord, parce que peu de sites naturels sont suscep-

tibles d'accueillir deux lacs artificiels séparés de 500 à 1 000 m d'altitude. Ensuite, parce que de tels aménagements nécessitent un investissement important et de long terme, qui ne peut se planifier qu'au niveau étatique. Enfin, parce qu'ils impactent le tourisme et les écosystèmes, suscitant une opposition forte des populations locales.



VIE PRIMITIVE: ELLE S'ORGANISAIT EN ÉCOSYSTEMES!

Un témoignage exceptionnel du mode de vie des plus anciens micro-organismes ayant vécu sur la planète: voilà ce que nous livre une étude menée par les universités Linnaeus (Suède) et de Göttingen (Allemagne). Elle prolonge notre sujet de une de janvier 2024 (n°1276, p. 68), où nous rapportons les difficultés des géologues cherchant à faire parler les rares roches primitives ayant échappé à la tectonique des plaques. En 4 milliards d'années, celle-ci a recyclé presque toute la surface terrestre. Mais les montagnes de Barberton, en Afrique du Sud, offrent encore des sédiments vieux de 3,42 milliards d'années. Leur analyse révèle la présence de molécules organiques, dont la signature isotopique suggère fortement l'origine biologique, mais surtout, elle laisse à penser que des échanges fructueux s'étaient déjà établis entre divers types de micro-organismes! "Dans ces communautés, on avait toujours plusieurs espèces, souligne Frances Westall, directrice de recherche émérite au Centre de biophysique moléculaire (Orléans). Cette étude dévoile comment des photoautotrophes, capables de vivre en exploitant l'énergie du soleil, produisaient de la matière organique qui était ensuite consommée par d'autres types de microbes." Dès son émergence, la vie aurait donc fonctionné en écosystèmes –avec le succès qu'on lui connaît.

Anne Debroise

M. TUMELAIRE



On en reparle



ONDES GRAVITATIONNELLES: FEU VERT POUR LISA

En août 2023 (n°1271, p. 86), nous partions en quête des ondes gravitationnelles, notamment celles venues des premiers instants de l'Univers. Pour capter ces oscillations de l'espace-temps générées lors d'événements cosmiques violents, les astronomes misaient sur de futurs instruments, dont Lisa, un interféromètre spatial alors dans les cartons de l'Agence spatiale européenne (ESA). C'est officiel depuis le 25 janvier: Lisa va être construit! "C'est la plus grosse mission scientifique que l'ESA ait jamais faite", souligne Antoine Petiteau, astrophysicien au CEA-Irfu, responsable français de Lisa. La construction du satellite (en fait trois satellites formant un triangle) commencera début 2025, déléguée à un industriel que l'ESA doit encore choisir. L'Écosse est en charge des instruments optiques embarqués, la Belgique et les Pays-Bas s'attellent aux photodiodes qui mesurent l'interférence, l'Espagne à la mesure des températures, l'Italie et la Suisse à la masse de référence, l'Allemagne au système électronique, la Nasa aux lasers et au télescope qui les émet et les reçoit. "La France est en charge des appareils au sol qui mesurent les performances du cœur de l'instrument, et à la fabrication du centre d'analyse de données." Une collaboration internationale prévue pour décoller en 2035.

Évrard-Ouicem Eljaouhari

M. TUMELAIRE

L'EXPÉRIENCE DU DÉBAT

J'ai été choquée par l'article "Une chimère de singe a été créée" (n°1277, p. 26). Aussi, je voudrais savoir pourquoi une telle expérience a été menée... et pourquoi vous publiez un article révélant de la cruauté envers les animaux sans autre explication que "la science"!

Stéphanie Muselet (Internet)

S&V Voilà une saine indignation... Merci de nous donner l'occasion de revenir sur les questions morales que soulèvent de telles recherches. Il s'agissait ici de faire naître un macaque doté, en partie, de cellules provenant d'un autre individu de la même espèce. Des expériences de ce type sont courantes chez les souris, mais en tentant de les reproduire chez un primate, plus proche de nous, les chercheurs se rapprochent de la frontière de ce qui est éthiquement acceptable. "Nous ne menons pas ce genre de recherches juste pour augmenter nos connaissances," indique

Pierre Savatier, de l'institut Stem-cell & Brain Research de Lyon. Mais bien parce qu'elles devraient permettre, dans quelques années ou quelques décennies, de soigner et sauver des personnes malades."

Elles poursuivent deux objectifs principaux: l'un consiste à produire des modèles animaux – des animaux chez qui un ou plusieurs gènes responsables de maladies humaines ont été introduits afin de tester de nouvelles thérapies; l'autre est la fabrication d'organes humanisés pour des malades en attente de greffe. Et où qu'elles soient menées dans le monde, de telles expériences sont encadrées par des comités d'éthique dont le but est de s'assurer que la souffrance infligée aux animaux reste acceptable au regard des bénéfices attendus. Une évaluation forcément subjective, qui est amenée à évoluer à la fois avec nos sociétés et avec le temps. Et c'est justement pour faire vivre ce débat que nous les rapportons.

Erratum

JC Desnoyers, du Grau-du-Roi (30), et Francis Jeanbaptiste, sur internet, nous font tous deux remarquer que si les batteries des voitures électriques avaient une densité massique d'énergie de 250 kWh/kg (n°1278, p. 95), une seule pourrait tirer un TGV! Ils ont raison: les batteries actuelles sont de 250 Wh/kg – toutes nos excuses pour cette boulette mille fois trop tassée. Le coupable est condamné à copier mille fois "Wh/kg" sur le recto d'une feuille format Science & Vie. Va falloir écrire petit.

Et si la foule faisait partie du charme?

Et si

vos vols étaient offerts?

Réduction supplémentaire de 10%
en réservant avant le 31 mars



©YURI CHOUFOR/KARSTEN BIDSTRUP

Croisières en Antarctique avec vols offerts

ÉCONOMISEZ JUSQU'À

5590€ PAR CABINE

Depuis 1896, nous sommes les pionniers de l'exploration. Réservez votre croisière d'expédition avant le 31 mars et nous vous offrons les vols internationaux sur une sélection de départs. Vivez une expérience unique à bord de navires confortables et parfaitement adaptés à nos destinations d'exception.

Tél: 01 86 26 06 22

hxexpeditions.com/fr
ou dans votre agence de voyages

HX HURTIGRUTEN
EXPEDITIONS



Changez votre regard sur le monde.

Offre soumise à conditions, non rétroactive, valable pour toute nouvelle réservation simultanée d'une croisière d'expédition et d'un forfait acheminement aérien du 28.12.23 au 31.03.24. La réduction « Vols offerts » s'applique sur le prix du forfait acheminement aérien vendu séparément de la croisière et uniquement sur les vols en classe économique au départ de Paris (en fonction des disponibilités). Ne s'applique pas sur les vols inclus dans l'itinéraire de la croisière. Cette offre est valable sur une sélection de départs et un nombre limité de cabines. Le prix de la croisière reste modulable et évolutif en fonction du remplissage du navire comme indiqué dans les conditions particulières de ventes. Non combinable avec les autres offres en cours (Réservation anticipée, tarif Groupes ou autre tarif spécifique) sauf la remise 1893 Ambassador. Hurtigruten France SAS au capital de 40 000 € - R.C.S Paris B 449 035 005 - IM 075100037 - APST RCAPST HISCOX/125 520.

En savoir plus



UNE SOCIÉTÉ **H** HURTIGRUTEN GROUP



FÊTE DE LA NATURE : RETISSEZ DES LIENS AVEC LE MONDE VIVANT

La 18^e édition de la Fête de la Nature, dont nous sommes partenaires, aura lieu cette année du 22 au 26 mai, partout en France! Sous forme d'animations gratuites, cet événement permet à des centaines de milliers de personnes de vivre, en compagnie de passionnés qui transmettent leurs connaissances et leur amour de la nature, une expérience qui sèmera peut-être une

première graine dans leur relation au vivant. Et ces graines peuvent être semées partout! Au cœur des forêts, au bord des rivières, dans les parcs des villes ou dans les jardins ouverts pour l'occasion, la Fête de la Nature célèbre la diversité naturelle dans toutes ses composantes. Vous souhaitez organiser votre événement et obtenir le label Fête de la Nature? Rendez-vous sur le site

fetedelanature.com. Côté public, connectez-vous à la même adresse à partir du 1^{er} avril pour découvrir le programme détaillé des manifestations. On espère vous y voir nombreux!



Giliane Douls
pour le marketing
Science & Vie

NOUS SERONS DANS LES ÉCOLES AVEC LE CLEMI!



Comme chaque année, nous participerons à la "Semaine de la presse et des médias dans l'École". Cet événement a pour objectif d'aider les élèves, de la maternelle au lycée, à comprendre et décrypter l'univers des médias, apprendre à vérifier les sources et l'information, développer leur goût pour l'actualité et se forger leur identité de citoyen. Une occasion pour les rédactions de s'exprimer et d'expliquer les fondamentaux du journalisme auprès des élèves. Décliné en quatre versions pour couvrir tous les âges, à partir de

3 ans, les différentes rédactions de *Science & Vie* vont animer plus de dix visioconférences et mettre à la disposition de tous les professeurs les versions numériques de nos magazines.

Plus d'infos sur: clemi.fr

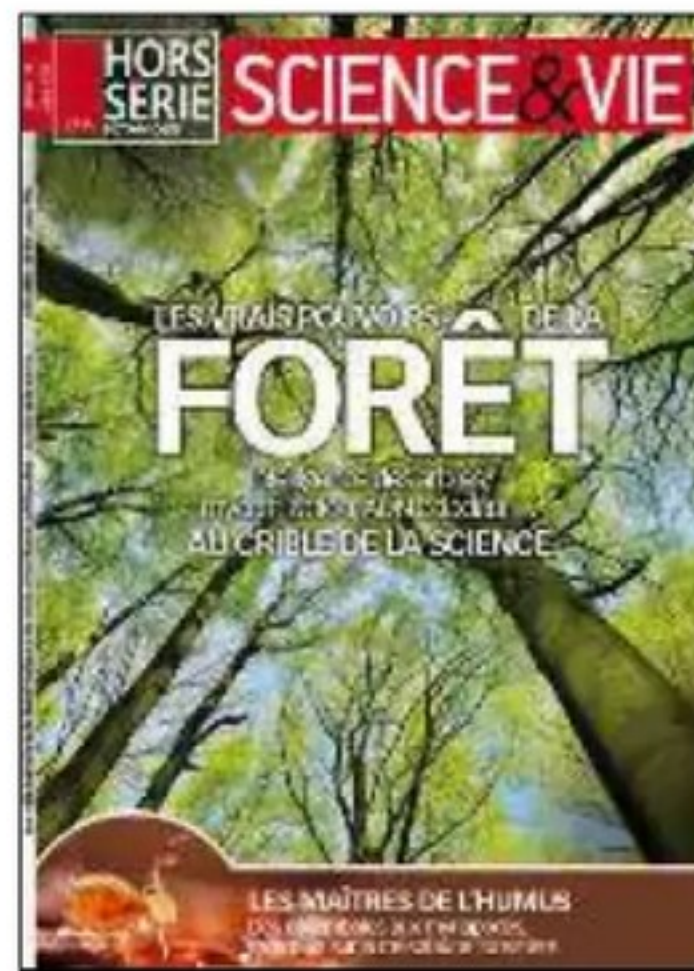




LE FESTIVAL SCIENTILIVRE EST DE RETOUR

Porté par l'association Délires d'encre, ce festival revient pour sa 24^e édition et met le "Cap sur les océans" en explorant les divers enjeux liés à la protection et à la compréhension de ces milieux. Partez en exploration à travers un village-atelier animé par de nombreuses associations et différents laboratoires de recherche. Découvrez des expositions sur le thème des océans. Participez à des conférences littéraires et scientifiques autour de divers sujets comme le 7^e continent, l'exploration maritime, la cognition des poissons et bien d'autres. Enfin, rencontrez des auteurs sur les stands des librairies Ombres Blanches et Terres de Légendes.

les 6 et 7 avril 2024 à Labège (31). Accès gratuit.
Infos sur: scientilivre.org



FASCINANTE FORÊT

La forêt fascine non seulement les promeneurs mais aussi les scientifiques, qui se penchent sur ses prodiges biologiques: l'union symbiotique des racines avec les champignons, l'échange d'informations de houppier à houppier, la capacité des arbres à fournir des ressources médicamenteuses, et bien d'autres pouvoirs...

S&V Hors-Série n°312, 5,95 €



UNE TERRE SACRÉE

Que disent l'archéologie et les historiens de cette terre entre mer Rouge et Jourdain, où sont nées les trois religions monothéistes? *Les Cahiers* tentent de comprendre pourquoi elle est, et reste, un point névralgique qui nous dit toujours quelque chose de notre humanité.

Les Cahiers de S&V n°215, 6,90 €



DANS LA TÊTE D'UN GORILLE

Ce mois-ci, *Science & Vie Découvertes* t'em-mène à la rencontre des gorilles. Découvre les particularités et le mode de vie de ces grands singes en danger d'extinction. Et apprends-en plus sur les actions et les avancées de ceux qui les protègent et de ceux qui les étudient.

S&V Découvertes n°304, 5,90 €



VOUS AVEZ DIT MOCHE ?

Ils sont peut-être vilains mais méchamment cool! Blobfish luisant, aye-aye aux griffes acérées, tarsier globuleux ou nasique... Ces animaux sont tout aussi nécessaires à la planète qu'un panda, un lionceau ou un bébé phoque. Nous vous racontons leurs superpouvoirs.

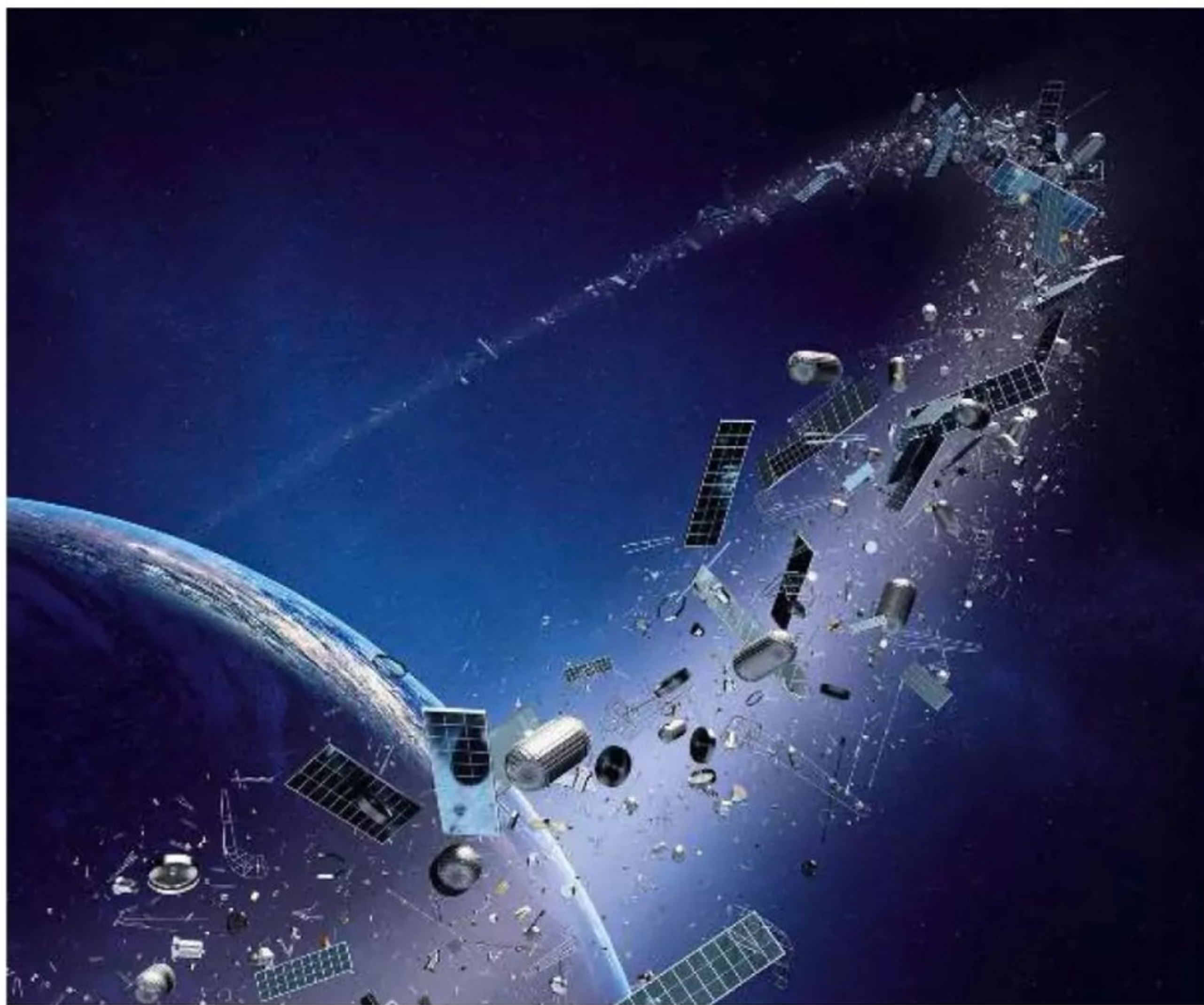
S&V Junior n°415, 5,20 €



LA SCIENCE DE LA PLUIE

Ce mois-ci, *Mon petit Science & Vie* avec Nano te dévoile les secrets de la pluie. Pourquoi il pleut? D'où vient la pluie? À quoi elle sert? Qu'est-ce qui se passe quand il pleut trop ou pas assez? Prépare tes bottes, ton ciré et ton parapluie pour suivre Nano et ses amis sous la pluie!

Mon Petit S&V n°32, 5,95 €



COMMENT ENDIGUER LA POLLUTION SPATIALE

Alors que l'espace n'a cessé d'être convoité ces soixante dernières années par les plus grandes puissances mondiales et les plus grosses compagnies privées, personne n'a jamais mesuré l'impact de la pollution spatiale. Aujourd'hui, à des centaines de kilomètres au-dessus de nos têtes, orbitent des millions de pièces de fusées ou des débris de satellites de manière non contrôlée, allant à une vitesse

vertigineuse. Le monde scientifique alerte sur ce sujet car si rien n'est fait, l'exploration spatiale et les systèmes de communication en dehors de la Terre ne seront plus possibles d'ici trente ans. Comment pouvons-nous récolter ces déchets et éviter d'éventuels désastres ?



Alerte en orbite : la menace des débris spatiaux
Vendredi 19 avril à 20h45



La face cachée des pôles
Les mercredis
3 & 10 avril à 20h45






L'INÉPUISABLE EXPLORATION DU CIEL

Le guide ultime du Système solaire, raconté par des explorateurs passionnés qui ont envoyé des vaisseaux spatiaux sonder l'Univers. De l'enfer du Soleil à la beauté glacée de Pluton, ces récits de découverte étonnamment émouvants sont illustrés par de superbes images de l'espace.



Les secrets du Système solaire
Tous les mardis à
20h45, dès le 9 avril

Offre réservée aux abonnés de science-et-vie.com

Plus d'informations sur @scienceetvietv   

Pour l'électricité, vous avez le choix :

verte

verte

Depuis 2016, pour mieux vous accompagner dans la transition énergétique, ENGIE propose uniquement une électricité verte, certifiée à 100 % par des garanties d'origine renouvelable, pour tous ses nouveaux contrats.*



**ENGIE**

L'énergie est notre avenir, économisons-la !

*Électricité verte : pour tout nouveau contrat d'électricité souscrit par un client particulier, à l'exclusion des offres Classique, de l'offre Elec Référence Essentielle 1 an et de l'offre d'électricité Happ-e, ENGIE achète l'équivalent de la quantité d'électricité consommée par le client en Garantie(s) d'Origine émise(s) par des producteurs d'énergie renouvelable.

Une Garantie d'Origine certifiée que de l'électricité a été produite à partir d'une source d'énergie renouvelable et injectée sur le réseau électrique.

ENGIE : SA AU CAPITAL DE 2 435 285 011€ - RCS NANTERRE 542 107 651.

L'actu des sciences



GÉOLOGIE

ON SAIT ENFIN QUEL PHÉNOMÈNE PRODUIT LES CRATÈRES DE GLACE

Ce mystère mobilisait les scientifiques depuis une dizaine d'années : plusieurs cratères profonds d'une cinquantaine de mètres et larges de plusieurs dizaines se sont récemment formés dans l'ouest de la Sibérie, dans les péninsules de Yamal et de Gydan. Par quel mécanisme et pourquoi uniquement là ?

Des géophysiciens de l'université d'Oslo, en Norvège, répondent enfin. En fait, la région est riche en gaz naturel, notamment en méthane. *"Formé en profondeur, ce méthane remonte par des failles vers la surface, où le pergélisol n'est épais que d'une dizaine de mètres,* explique Helge Hellevang, qui a dirigé les recherches. *La chaleur*

émanant de cette réserve de gaz fait alors fondre la base du pergélisol." Une fonte déjà entamée en surface par le réchauffement climatique... *"Doublement fragilisé, le pergélisol ne peut plus retenir la pression du gaz,* poursuit le géologue. *C'est l'explosion, comme une bouteille de champagne !"*

Jusqu'à présent, huit cratères ont été repérés mais ils pourraient être plus nombreux. *"Certains ont pu être comblés par l'accumulation d'eau et l'affaissement des sols à proximité",* estime Helge Hellevang. À noter : ce phénomène n'est pas sans conséquence pour le climat, le méthane étant un puissant gaz à effet de serre. **O.D.**

< Ces cratères sont liés à la présence de méthane sous le pergélisol.

V. PUSHKAREV/RUSSIAN CENTRE OF ARCTIC EXPLORATION/REUTERS



0 ms La goutte s'apprête à tomber.



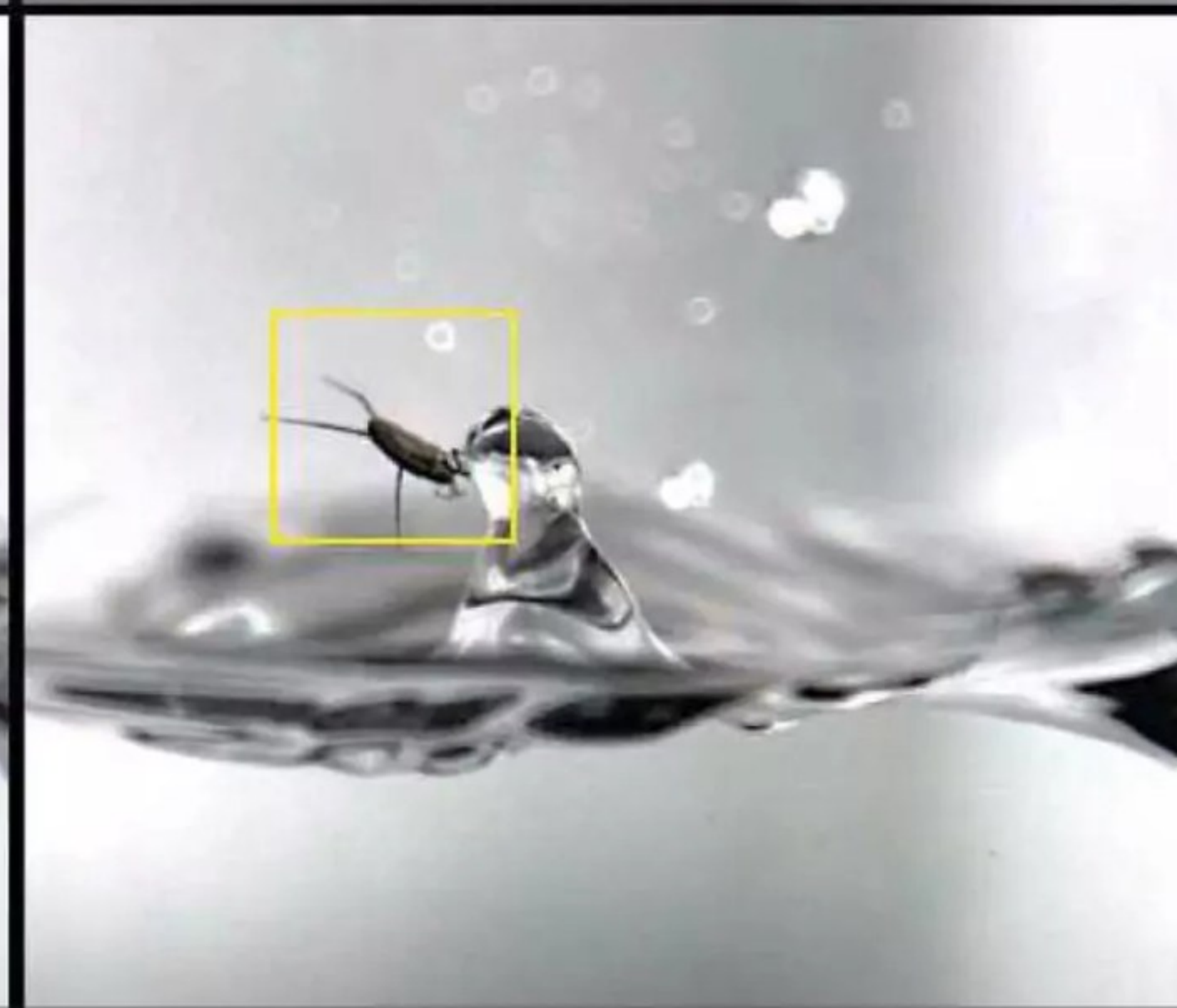
29 ms L'araignée d'eau est piégée dans un premier cratère...



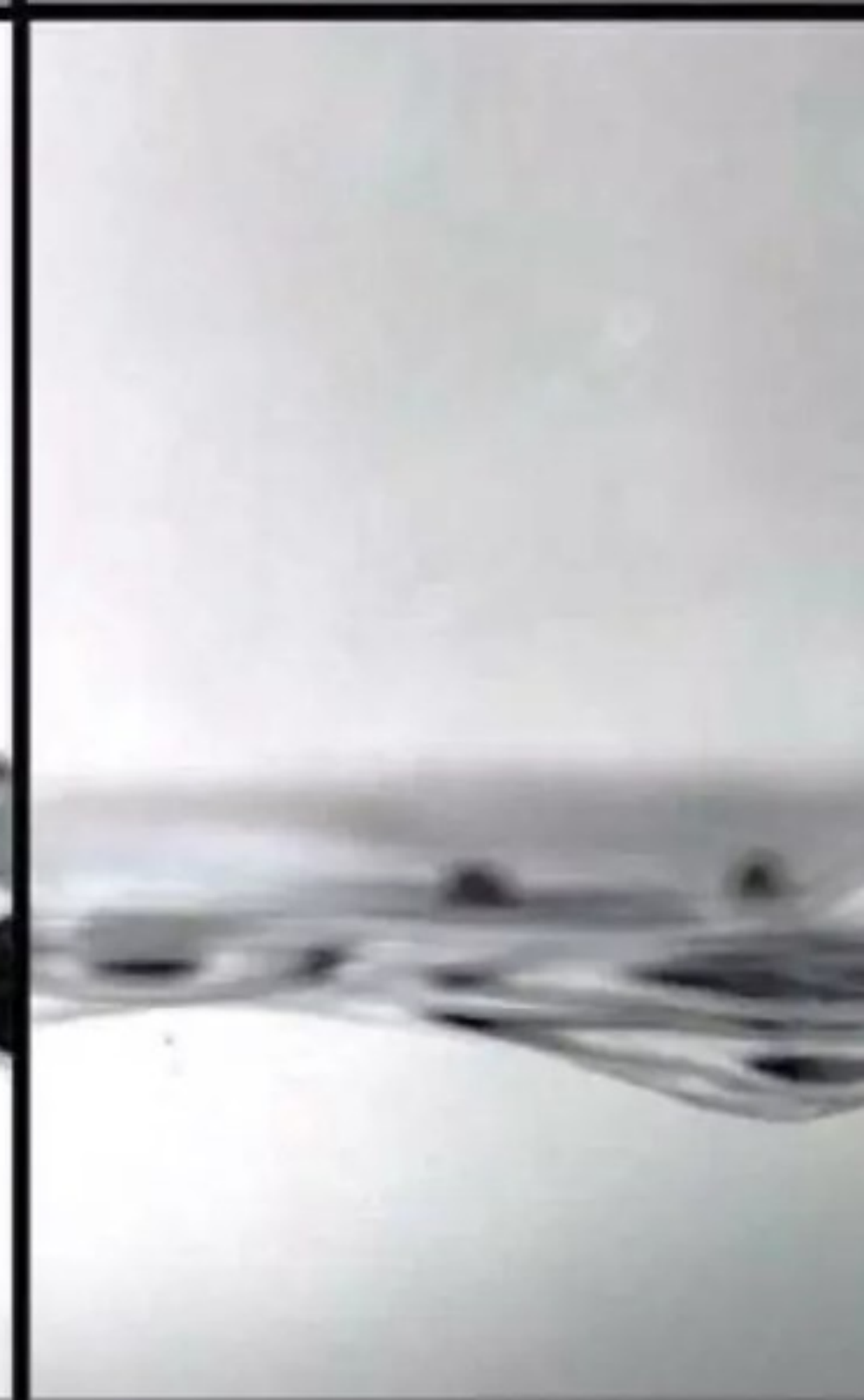
129 ms ... puis éjectée.



234 ms Elle tombe ensuite dans un second cratère...



272 ms ... et elle est soit éjectée à nouveau...



272 ms soit engloutie – et sauvée par ses poils.

PHYSIOLOGIE ANIMALE

VOICI COMMENT LES ARAIGNÉES D'EAU RÉSISTENT À LA PLUIE

Une goutte de pluie tombant sur une araignée d'eau, c'est l'équivalent de deux voitures s'écrasant sur un humain. Alors comment cet insecte résiste-t-il ? La question taraudait Andrew Dickerson, de l'université du Tennessee, aux États-Unis. Dans son laboratoire, ce physicien a filmé des araignées d'eau glissant à la surface d'un aquarium, alors que tom-

baient des gouttes d'eau de 4 mm de diamètre à une vitesse d'environ 9 m/s. Résultat ? Au point d'impact, une goutte crée un cratère qui s'écrase et l'insecte y tombe sans que cela ne l'affecte. "L'araignée d'eau possède un exosquelette si robuste qu'elle résiste à une pression dix fois supérieure à celle d'une goutte de pluie, explique

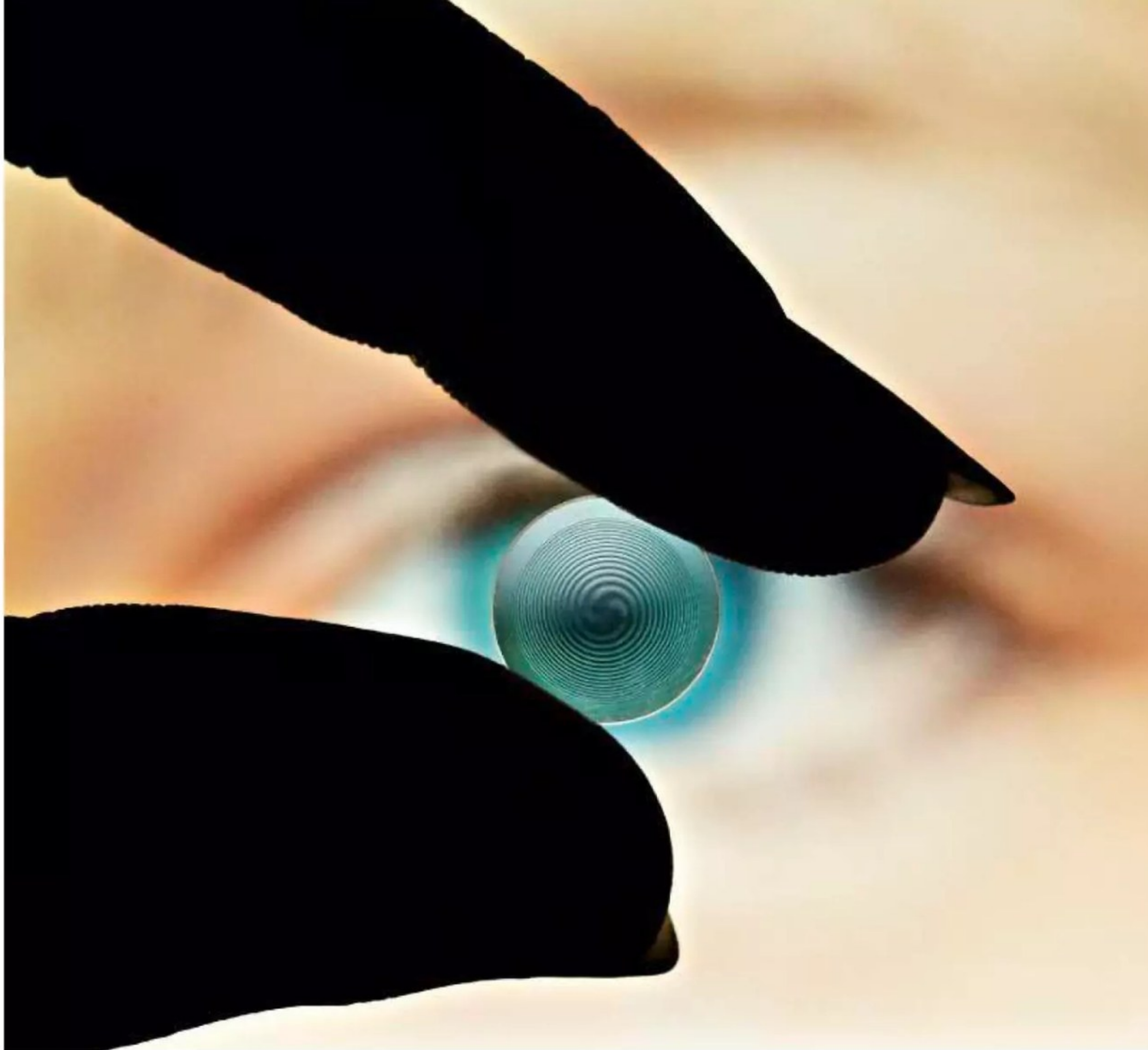
Andrew Dickerson. *Et elle est si légère que dans un mouvement de rebond, un jet d'eau ascendant la projette dans les airs.*"

Mais le jet retombe ensuite pour former un second cratère – le vrai danger. Là, deux solutions : ou l'araignée d'eau est à nouveau éjectée, ou elle se retrouve piégée. "Le choc peut-être si violent qu'elle se

retrouve sous l'eau", témoigne le physicien. Pourtant, l'insecte résiste ! "Les poils de son corps emprisonnent une couche d'air qui forme un plastron protecteur lui permettant de respirer sous l'eau une dizaine de minutes, expose Andrew Dickerson. Le plastron lui permet aussi de flotter et de nager pour regagner la surface." Pratique. O.D.



^ Dans cette situation cataclysmique, l'insecte peut compter sur son exosquelette... et sur ses poils.



^ La forme en spirale optimise la focalisation de la lumière : les lentilles s'adaptent donc à un plus grand nombre de cas.

DARENA. WATSON ET AL. - LAURENT GALINIER

OPTIQUE

CETTE LENTILLE SPIRALÉE EST PLUS EFFICACE QUE LES MODÈLES CLASSIQUES

Lorsque nous regardons un objet, la courbure du cristallin de notre œil change selon la distance à laquelle il se trouve. Mais chez les myopes ou les presbytes, cette accommodation se fait mal... Pour pallier ce défaut, les lentilles de contact actuelles disposent bien de plusieurs zones de focalisation concentriques : certains cercles corrigent pour une vue rapprochée, d'autres, éloignée. Sauf qu'en fonction de la luminosité, *"il se peut que l'on perde des focales"*, révèle Bertrand Simon, chercheur à l'Institut d'optique. Avec ses collaborateurs, ils ont donc développé une lentille à spirale. *"Elle fait apparaître des vortex optiques qui focalisent la lumière en plusieurs zones"*, explique Bertrand Simon. Résultat : la vision est nette quelles que soient la distance et la luminosité ! L'effet est même plus spectaculaire que prévu. *"On ne sait pas encore pourquoi, mais on constate l'apparition d'une hyperacuité visuelle."*

E.-O.E.

ÉVOLUTION

DES VIRUS ONT AIDÉ NOTRE CERVEAU À SE DÉVELOPPER

On les connaît pour leurs effets nuisibles, mais les virus peuvent aussi contribuer favorablement à l'évolution. La preuve : une séquence génétique cruciale pour la production de myéline, cette gaine qui entoure les axones des neurones et accélère la transmission du message nerveux, nous vient d'un rétrovirus. Une équipe britannique a récemment identifié, chez le rat, une séquence génétique qui régule l'expression de la protéine basique de la myéline MBP. Or celle-ci est similaire à celle d'un rétrovirus actuel bien connu ! Il s'agirait ainsi d'un vestige : suite à une infection ancienne, la séquence rétrovirale aurait intégré le génome des vertébrés et persisté.

Le même code a été retrouvé chez 22 vertébrés à mâchoire (mammifères, poissons, oiseaux...), mais pas chez ceux sans mâchoire ni chez les invertébrés. Ce qui laisse penser que l'événement, et donc l'irruption dans le cerveau de la myéline telle qu'on la connaît aujourd'hui, coïncide avec l'apparition des vertébrés à mâchoire, il y a environ 360 millions d'années. Cette infection bénéfique pour l'évolution ne serait pas unique : *"Nous pensons que plusieurs vagues ont eu lieu, contribuant à la diversité des espèces de vertébrés que nous connaissons"*, explique Tanay Ghosh, biologiste à l'université de Cambridge. En apportant aux nerfs compacité et soutien structurel, la myéline, ou plutôt le virus à son origine, a en tout cas favorisé le développement de cerveaux complexes. **E.H.**



▲ La myéline, qui enrobe les axones (en blanc) des neurones, a pour origine un rétrovirus.



SHUTTERSTOCK - S.GSCHMEISSNER/SPL/SCIENCEPHOTO.FR

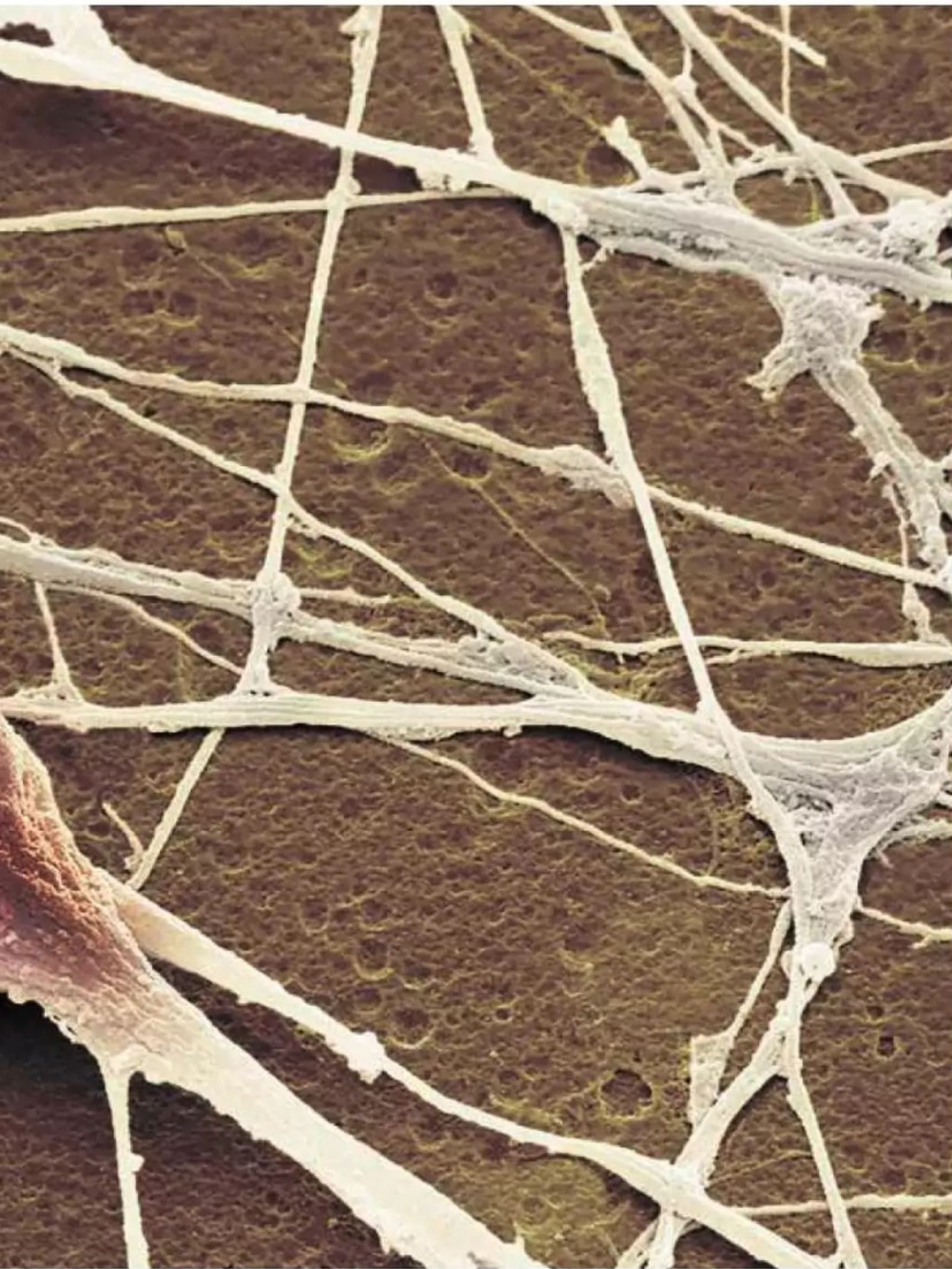
MÉTÉOROLOGIE

LES ÉCLIPSES SOLAIRES CHASSENT LES NUAGES

C'était une hypothèse, c'est désormais prouvé : lors d'une éclipse solaire, les nuages ont tendance à disparaître. Des météorologues de l'Institut royal de météorologie de Delft, aux Pays-Bas, l'ont démontré en analysant les images satellite prises

◀ L'air chaud et humide, qui forme les cumulus, voit sa remontée ralentie par le froid.

lors de trois éclipses solaires partielles, entre 2005 et 2016. Leur étude révèle la rapidité du phénomène : *"Dès que le Soleil est occulté à 15 %, les cumulus de faible altitude se dissipent pour quasiment disparaître lors de l'occultation maximale, puis reviennent 50 minutes plus tard"*, rapporte Victor Trees, l'un des auteurs. Seuls les



nuages présents au-dessus du sol, et non de la mer, sont concernés.

Pourquoi cette disparition ? *“Le sol se refroidit, vu qu’il est moins ensoleillé. L’ascension des flux d’air chaud et humide est ralentie, or ce sont eux qui, en temps normal, se condensent pour former des cumulus, explique Victor Trees. Une fois l’éclipse terminée, le sol se réchauffe à nouveau, et de nouveaux cumulus se forment.”* Ainsi, l’occultation du Soleil n’est pas

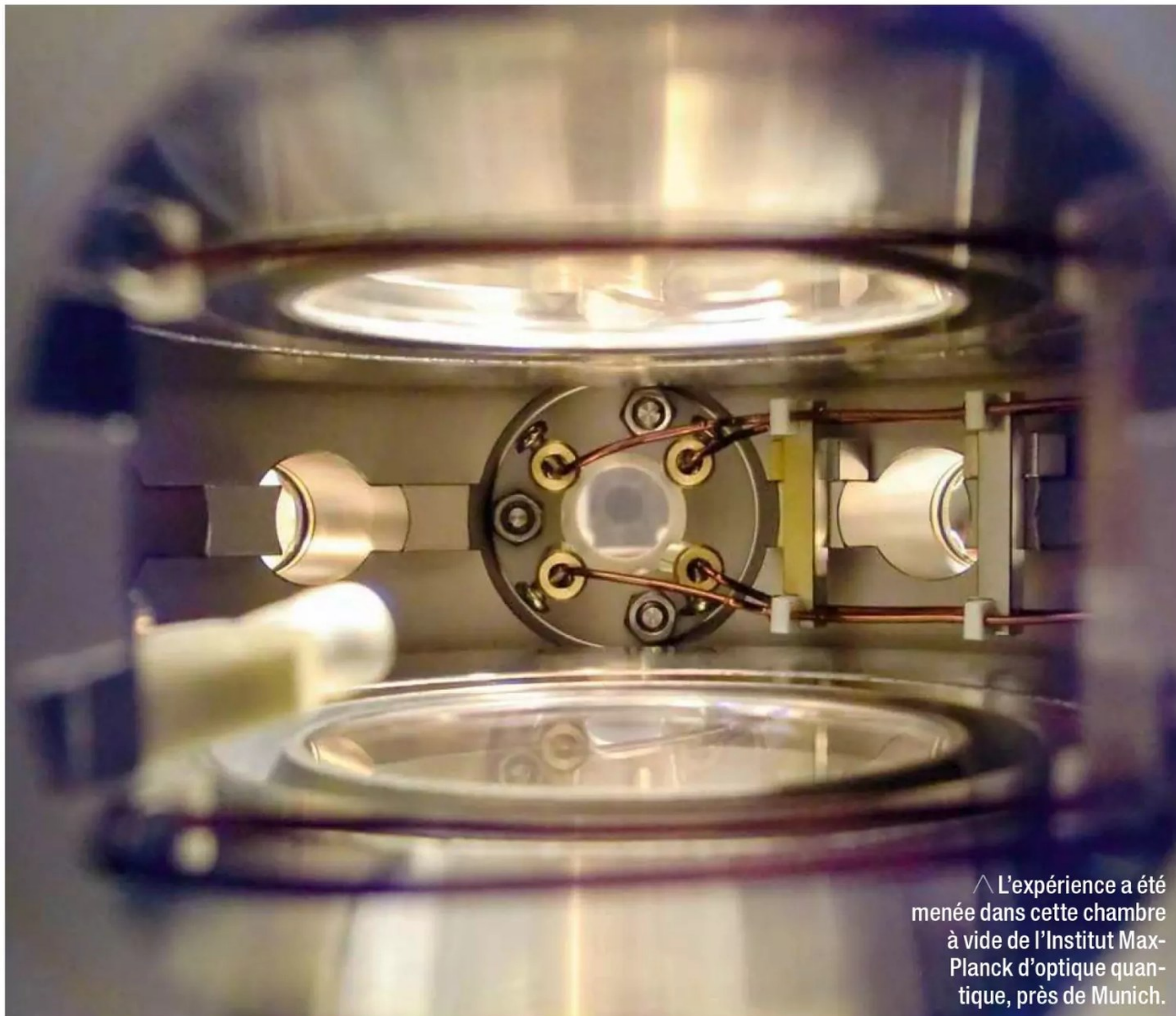
sans conséquences sur la météo... L’équipe tient donc à mettre en garde contre certaines dérives technologiques. Pour atténuer le réchauffement climatique, des stratégies envisagent en effet de refroidir artificiellement la Terre, ceci en créant une éclipse artificielle à l’aide de voiles solaires réfléchissantes placées dans l’espace. *“Cela pourrait provoquer l’effet inverse et empêcher la formation de précipitations locales”, prévient Victor Trees. O.D.*

Ça reste à prouver...

IL EXISTERAIT DES PLANÈTES PLATES !

Et si, au lieu de se former sphériques, certaines planètes se façonnaient aplaties comme des Smarties ? Ce pourrait être le cas pour des gazeuses, selon des chercheurs britanniques qui ont utilisé un modèle alternatif de formation des planètes.

Actuellement, le modèle standard est celui “par accrétion” : autour d’une protoétoile tourne un disque de gaz et de poussières. Ces dernières s’agglomèrent peu à peu, puis quand ce cœur – bien rond – est environ 10 fois plus massif que la Terre, il attire le gaz et une planète gazeuse se forme. Problème : *“Cela ne permet pas d’expliquer comment des planètes telles que Jupiter peuvent grossir autant avant que le gaz ne s’évapore”,* pointe Dimitris Stamatellos, physicien à l’université du Lancashire central, qui a dirigé l’étude. D’où la nécessité, selon lui, d’un nouveau modèle dit “d’instabilité gravitationnelle”. Dans ce dernier, le disque se disloque sous son propre poids, et les fragments qui en résultent donnent des planètes. *“Les planètes gazeuses ont alors le temps de se façonner”,* assure le chercheur. Avec une forme aplatie, donc, vu que le disque lui-même est plat. *“On ne s’attend pas à ce que les planètes soient parfaitement sphériques. Jupiter a toujours un aplatissement de 6 %. Mais on ne s’attendait pas à ce qu’elles se forment si plates !”,* s’amuse-t-il. Elles s’arrondiraient avec le temps. Pourrait-on prouver l’existence de tels astres par l’observation ? *“Cela paraît difficile”,* déplore le physicien. Pour l’heure, trois planètes ont été observées dans leur disque hôte, mais seulement par le dessus. Impossible, donc, de dire si elles sont aplaties ou non, il faudrait capter leur profil. *“Peut-être que le prochain télescope géant européen, l’ELT, le permettra”,* espère Dimitris Stamatellos. E.-O.E.



^ L'expérience a été menée dans cette chambre à vide de l'Institut Max-Planck d'optique quantique, près de Munich.

PHYSIQUE FONDAMENTALE

DES MOLÉCULES ONT TUTOYÉ LE ZÉRO ABSOLU

MPQ
Seulement 0,000 000 1 Kelvin : c'est l'infime température à laquelle ont été refroidies des molécules de $(\text{NaK})_2$, devenant les plus grosses molécules à atteindre une température aussi proche du zéro absolu. Car si la technique pour refroidir des atomes est maîtrisée – on les irradie de lasers : leur vitesse est alors réduite drastiquement et, comme celle-ci est liée à la température, cette dernière chute aussi –, il en va tout autrement pour les molécules. “Elles peuvent rester insensibles aux photons des lasers”, explique Xing-Yan Chen, chercheur à l'Institut Max-Planck d'optique quantique, en Allemagne. Pour y parvenir, le physicien a dû procéder par

étapes : d'abord, à partir d'un gaz de milliers d'atomes de sodium (Na) et de potassium (K), il a formé des molécules de NaK grâce à des lasers et des champs magnétiques. Puis il a refroidi ces molécules de NaK jusqu'à 97 nK (nanokelvins). Enfin, dans le but de former des molécules plus grosses encore, il a collé les complexes NaK deux à deux grâce à des micro-ondes. “Ce type d'interaction ne peut tenir qu'à basse température, elle se briserait à température ambiante”, révèle Xing-Yan Chen. Cette dernière étape a réchauffé un peu le système, mais 1 100 molécules de $(\text{NaK})_2$ ont ainsi été formées à une température de 100 nK – un exploit. **E.-O.E.**

COLLECTIF CHERCHE DÉVELOPPEUR IT CONNECTÉ AUX MÊMES VALEURS

➤ Harmonie Mutuelle recrute



REJOIGNEZ UN COLLECTIF
QUI AGIT POUR LA SANTÉ
DES PERSONNES ET DE
LA SOCIÉTÉ.

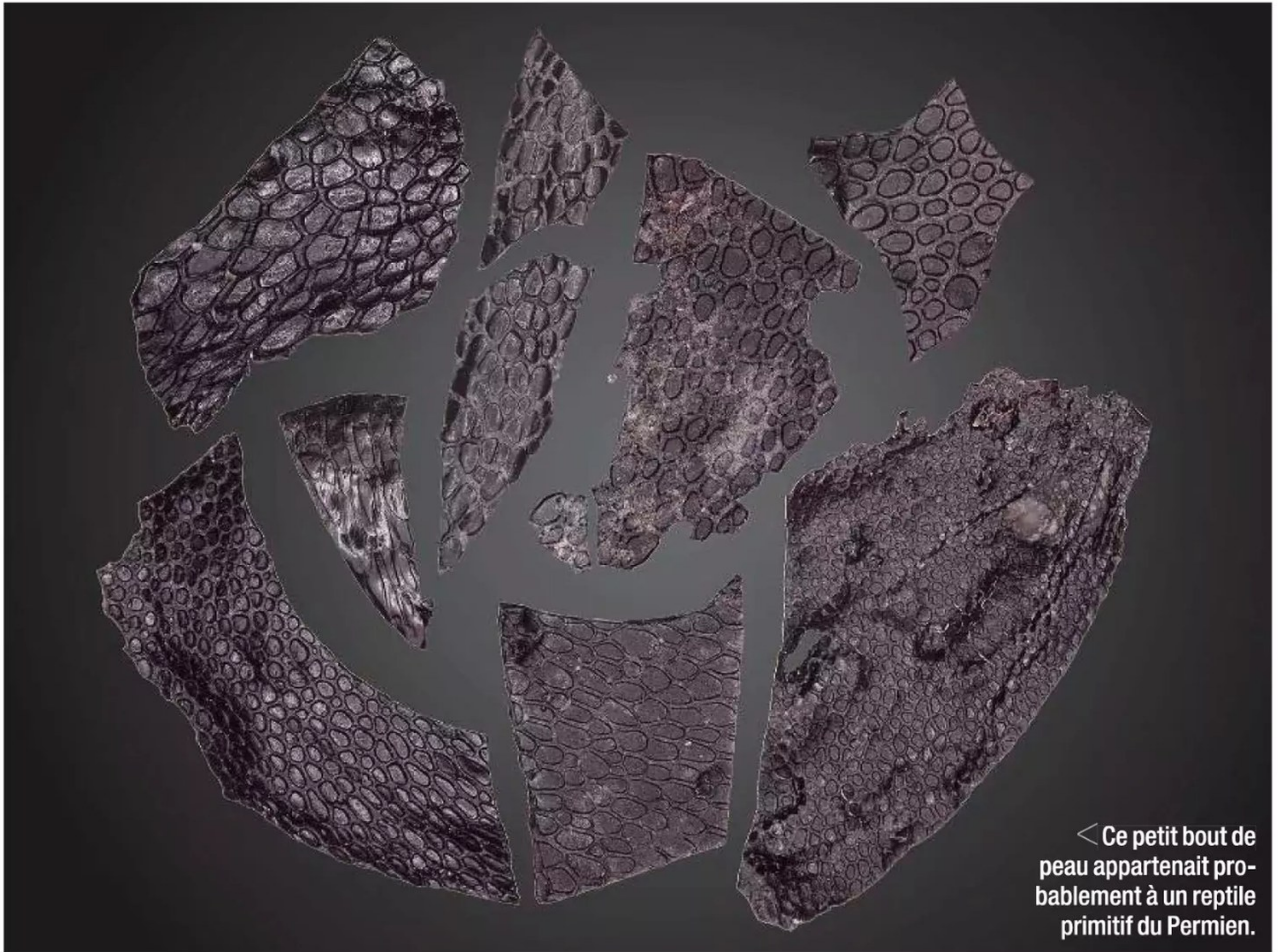


**Harmonie
mutuelle**

GRUPE **vyv**

AVANÇONS collectif





< Ce petit bout de peau appartenait probablement à un reptile primitif du Permien.

PALÉONTOLOGIE

VOICI LE PLUS VIEUX FOSSILE DE PEAU DU MONDE

Ce fragment d'épiderme pas plus gros qu'un ongle a environ 289 millions d'années. Il a été découvert au sein des grottes Richards Spur, aux États-Unis, par des paléontologues amateurs, qui l'ont confié à des chercheurs de l'université canadienne de Toronto. *"En examinant le fossile au microscope, nous étions sous le choc : il s'agissait d'un morceau de peau, c'est très rare !"* raconte Ethan Mooney, coauteur de l'étude. *Nous pensons qu'il a été préservé aussi longtemps grâce à la couche de sédiments qui le recouvrait, au manque d'oxygène, mais aussi aux infiltrations d'hydrocarbures survenues sur le site à son époque, le Permien.* En l'absence d'ossements associés, difficile de déterminer de quelle espèce il s'agit... Mais il y a des indices : la peau est couverte de motifs en forme d'écailles, semblables à celles de crocodiles, et présente des structures similaires à celles des serpents et des lézards. *"Il pourrait s'agir de Captorhinus aguti, un reptile primitif qui abondait à cet endroit",* conclut le paléontologue. **L.G.**

ETHAN D. MOONEY AND TEA MAHO

54

C'est le nombre d'atomes formant le plus petit nœud jamais vu, un nœud moléculaire en forme de trèfle obtenu totalement par hasard en laboratoire ! Des chercheurs chinois et canadiens tentaient de lier des acétylures d'or à des structures de carbone pour former des chaînes de molécules d'or appelées caténanes. Mais au lieu de former une structure complexe, les molécules se sont assemblées en un nœud extrêmement serré. **O.D.**



LE CONTRAT DE CONFIANCE

Depuis 50 ans, votre confiance est notre priorité.
C'est pourquoi l'ensemble des collaborateurs au sein de Darty s'engage à respecter 15 engagements "PRIX, CHOIX, SERVICES, DURABILITÉ".

RENDRE LA QUALITÉ ACCESSIBLE GRÂCE À NOS PRIX

1. On s'engage à vous proposer une gamme de produits premier prix et fiables dans toutes nos catégories électroménager et multimédia.
2. On s'engage à vous proposer tous les mois plus de 1000 produits en promotion sur le meilleur de la technologie et de l'équipement de la maison.
3. On s'engage à rendre vos projets plus accessibles grâce à nos solutions de financement, nos offres de reprise et notre gamme d'appareils de seconde vie.
4. On s'engage à vous rembourser la différence si vous trouvez moins cher ailleurs, même sur internet ⁽¹⁾.

VOUS ACCOMPAGNER DANS DES CHOIX ÉCLAIRÉS

5. On s'engage à ne sélectionner que des produits de qualité en évaluant nos fournisseurs et vendeurs marketplace sur la fiabilité, la réparabilité et le niveau de consommation d'énergie de leurs gammes d'appareils.
6. On s'engage à identifier clairement les produits les plus durables de leur catégorie via notre sélection appelée « Choix Durable », constituée grâce aux données exclusives issues des plus de 2 millions de réparations annuelles de nos experts SAV ⁽²⁾.
7. On s'engage à vous proposer un conseil humain et expert, partout : en magasin, lors d'un appel, une visio, sur le chat, nos articles en ligne sur Darty & Vous ou nos réseaux sociaux.
8. On s'engage à faciliter le retour d'un produit vendu par Darty, en vous permettant de le retourner dans l'un de nos 500 magasins en France métropolitaine, dans les 15 jours suivant votre achat en magasin ou sur Darty.com.

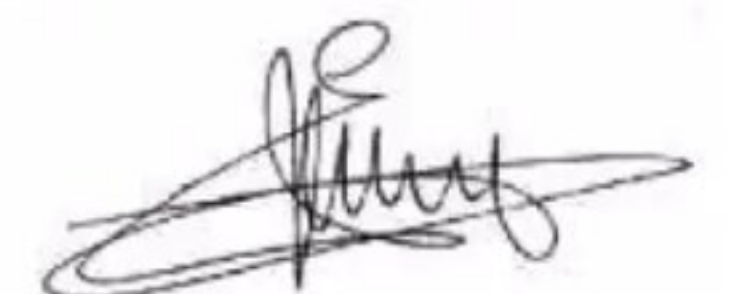
VOUS PROPOSER LES MEILLEURS SERVICES

9. On s'engage à mettre nos 500 magasins au service de vos achats en ligne, pour vous permettre d'y retirer gratuitement, et en moins d'1h s'ils sont en stock, vos produits achetés sur darty.com ou par téléphone.
10. On s'engage partout en France métropolitaine à livrer et installer vos appareils gros électroménagers et TV de plus de 40" dans la pièce de votre choix, à les mettre en service, à vous donner des conseils d'usage et à récupérer plusieurs de vos anciens appareils ⁽³⁾.
11. On s'engage à rendre la réparation accessible à tous. On se déplace partout en France métropolitaine pour réparer à votre domicile votre gros électroménager et vos TV de plus de 40". On prend en charge dans nos 500 magasins vos appareils petit électroménager et multimédia.

PLACER LA DURABILITÉ AU CŒUR DE TOUTES NOS ACTIONS

12. On s'engage à faire durer vos appareils plutôt que les remplacer par du neuf : en vous accompagnant dans l'entretien et l'autoréparation grâce à nos ressources gratuites telles que la communauté sav.darty.com, le magazine en ligne Darty & Vous ou nos tutos vidéo, et en les réparant pour vous tant que c'est possible, même si vous les avez achetés ailleurs.
13. On s'engage à vous donner le choix d'acheter des produits de seconde vie jusqu'à 30% moins chers que le neuf et toujours avec les services Darty.
14. On s'engage à vous proposer toutes les options de livraison pour recevoir vos achats effectués sur darty.com et on vous donne les clés pour bien choisir en vous indiquant leur impact carbone.
15. On s'engage à venir récupérer vos appareils volumineux usagés à votre domicile, gratuitement et sans contrepartie d'achat. Pour les plus petits, pensez à les ramener en magasin. Ils seront reconditionnés ou recyclés ⁽⁴⁾.

ENRIQUE MARTINEZ
Directeur Général Fnac Darty



(1) Voir conditions détaillées dans les CGV disponibles sur darty.com, paragraphe 4.2. (2) Retrouvez les informations détaillées concernant le Choix durable sur www.darty.com/achat/boutique/choix-durable/index.html (3) Voir conditions détaillées dans les CGV disponibles sur darty.com, paragraphe 3.3. (4) Voir conditions détaillées dans les CGV disponibles sur darty.com, paragraphe 6.1.

3 DÉCOUVERTES SUR...

LE MARSUPIAL ANTECHINUS

Deux études australiennes se sont penchées sur le comportement de ces petits marsupiaux aux allures de musaraignes, qui vivent sur l'île-continent et en Nouvelle-Guinée. De quoi mieux comprendre leur étonnante stratégie de reproduction qui, chaque année, laisse leur population décimée.

PAR LISE GOUGIS

1

Les mâles sacrifient leur sommeil pour se reproduire...

À l'aide d'analyses électrophysiologiques et métaboliques, des chercheurs de l'université australienne La Trobe ont pu évaluer le temps de sommeil du marsupial. Ils ont constaté que pendant toute la période de reproduction, qui dure environ trois semaines, les mâles *Antechinus* dorment trois heures de moins par nuit, deux fois moins qu'en temps normal. Une façon de rester sur le qui-vive afin de ne pas rater la moindre opportunité dans leur compétition pour l'accès aux femelles, et maximiser ainsi leurs chances de paternité.

2

... au point d'en mourir...

Sauf que les accouplements peuvent durer 14 heures sans interruption ! Si bien que l'issue de ce marathon sexuel se révèle fatale pour les mâles car ils sont non seulement épuisés par le manque de sommeil, mais aussi par le stress. Comme ils produisent énormément de testostérone pour attirer les femelles, cela fait bondir leur niveau de cortisol au point d'atteindre un stade critique pour leur organisme. Leur rythme cardiaque s'emballe, leur système immunitaire tombe en panne, leurs organes lâchent et ils meurent avant leur premier anniversaire, alors que les femelles vivent deux ans.

3

... avant d'être dévorés par leurs congénères

Ce sacrifice des mâles n'est pas vain ! Une autre équipe australienne a découvert que leurs cadavres font le régal de leurs congénères – un comportement cannibale observé pour la première fois en août 2023 dans le parc national de Nouvelle-Angleterre. Les malheureux mâles décédés prématurément constituent un repas très énergétique pour les femelles gestantes ou allaitantes, ce qui permet d'assurer la survie de leur descendance. Les mâles des autres espèces d'*Antechinus*, qui se reproduisent plus tard, en profitent aussi : ils prennent alors du poids et se préparent pour leur propre marathon sexuel... Avant d'en mourir à leur tour.

Un intérêt très intéressant.

5,50%

5,50%, c'est le taux d'intérêt annuel brut
de notre Livret+, pendant 4 mois.

Pour toute première ouverture jusqu'au 15/04/2024. Dans la limite d'un Livret+ par personne
et 100000 euros de dépôt. Taux de base contractuel de 2% en vigueur au 16/10/2023.



J'aime ma banque

Réservée aux clients majeurs, résidents fiscaux en France, **sous réserve du maintien du Livret+ jusqu'au 31 décembre 2024**. Sous réserve de détenir un compte de dépôt Fortuneo. Les versements nets effectués jusqu'à 100000€ seront rémunérés au taux annuel brut promotionnel de 5,50% pendant 4 mois à compter de la quinzaine suivant la date d'ouverture du Livret+. Au-delà de 100000€ ainsi qu'à l'issue de la période de bonification de 4 mois, les versements nets seront rémunérés au taux de base contractuel, susceptible de modification selon les Conditions Générales Fortuneo. Délai de rétractation de 14 jours. Les intérêts sont soumis aux prélèvements fiscaux et sociaux.

Fortuneo est une marque commerciale d'Arkéa Direct Bank. Société Anonyme à Directoire et Conseil de Surveillance au capital de 89198952 euros. RCS Nanterre 384288890. Siège social : Tour Ariane - 5, place de la Pyramide 92088 Paris La Défense. Courtier en assurance n°ORIAS 07 008 441.

✓ J0613+52 (ici, son nuage d'hydrogène colorisé) serait-elle une galaxie fossile ?



ASTRONOMIE

UNE GALAXIE SANS ÉTOILES A ÉTÉ DÉTECTÉE

Depuis vingt ans, l'équipe de Karen O'Neil, à l'Observatoire de Green Bank, aux États-Unis, cherche des galaxies massives à faible brillance de surface. Ces structures gazeuses à peine plus lumineuses que le noir profond du ciel ne sont distinguables qu'au prix de longues poses par plusieurs radiotélescopes à la recherche d'hydrogène neutre. Or, l'an dernier, le radiotélescope de Green Bank a pointé par erreur dans une mauvaise direction : une zone totalement sombre à environ 270 millions d'années-lumière. *“À la surprise générale, nous avons découvert un nuage d'hydrogène neutre de la taille d'une galaxie massive”*, indique la radioastronome. Sauf qu'aucune étoile n'y est visible – pour le moment en tout cas. Baptisée J0613+52, cette galaxie de gaz primordial est très isolée, ce qui l'aurait préservée de toute influence conduisant à la formation d'étoiles. *“Peut-être est-ce le premier fossile galactique connu, venu d'une époque où les étoiles n'étaient pas encore apparues ?”* s'interroge Karen O'Neil. **O.D.**

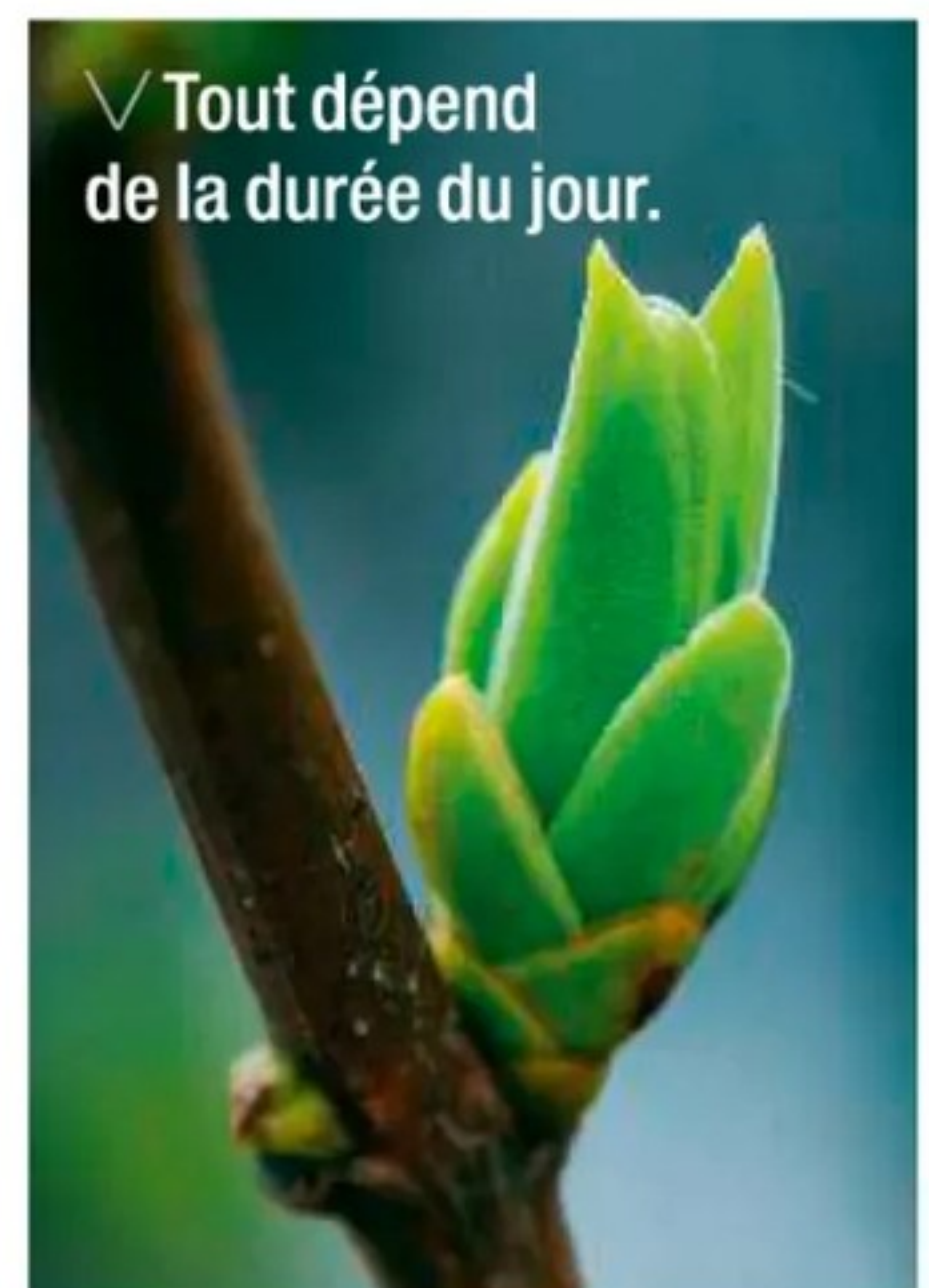
STSCI POSS-1/NSF/GBO/PAUL VOSTEEN - SHUTTERSTOCK

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE

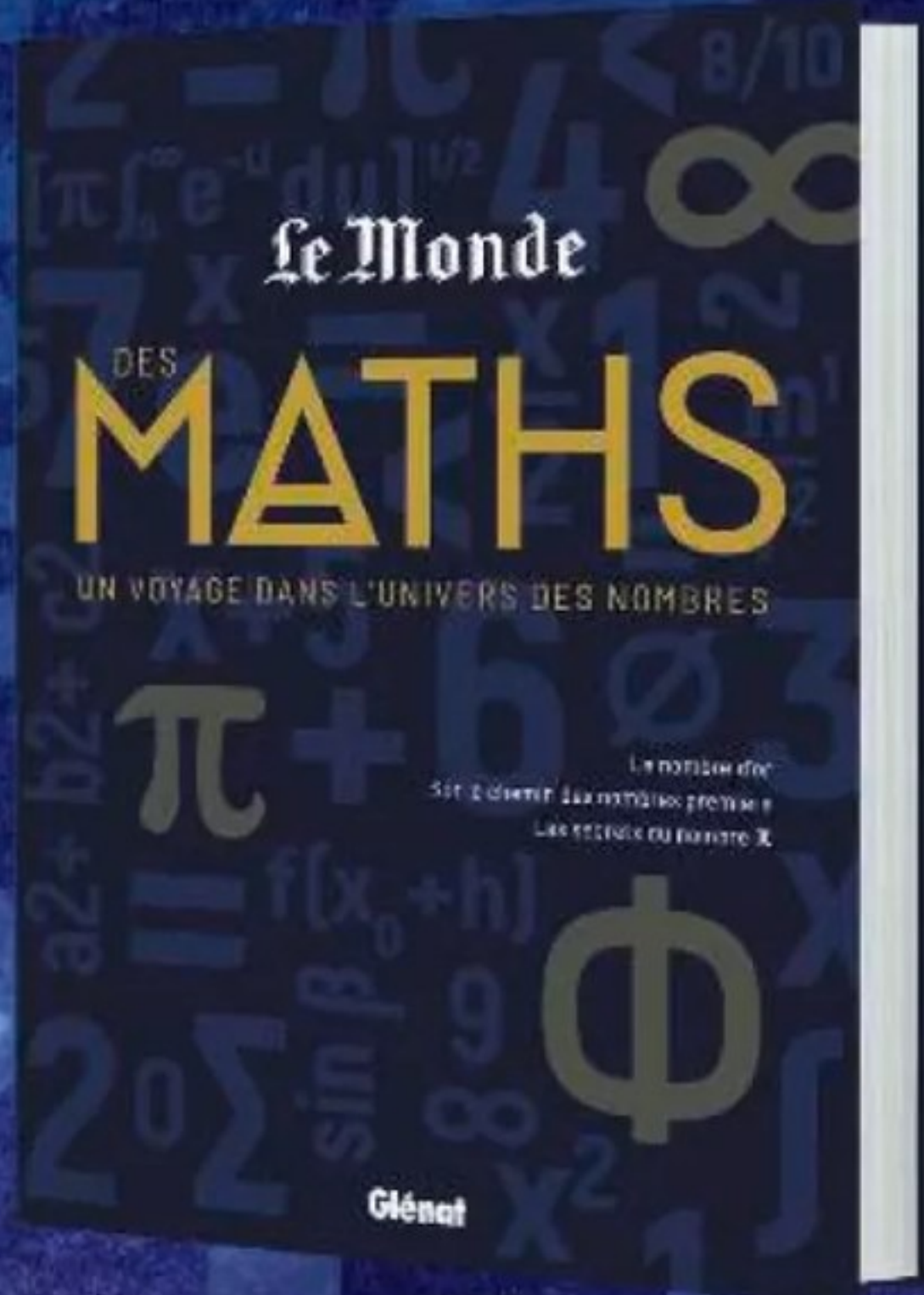
FEUILLES OU FLEURS, COMMENT LES PLANTES DÉCIDENT ?

Fleurir ou faire pousser des feuilles ? Selon une récente étude américaine, les deux phénomènes seraient influencés par la durée du jour (photopériode) mais régis par des mécanismes différents. *“Les plantes mesurent deux photopériodes distinctes au cours d'une même journée, pour contrôler indépendamment leur floraison et leur croissance”*, explique Joshua Gendron, de l'université Yale, aux États-Unis, l'un des auteurs. *“D'un côté, une photopériode absolue grâce à leurs photorécepteurs, qui détectent de très faibles luminosités afin de contrôler le temps de floraison ; de l'autre, une période photosynthétique liée à la durée de la photosynthèse qui régule la croissance végétative.”* Reste à savoir comment la fleur prend le pas sur la feuille, ou inversement. **E.H.**

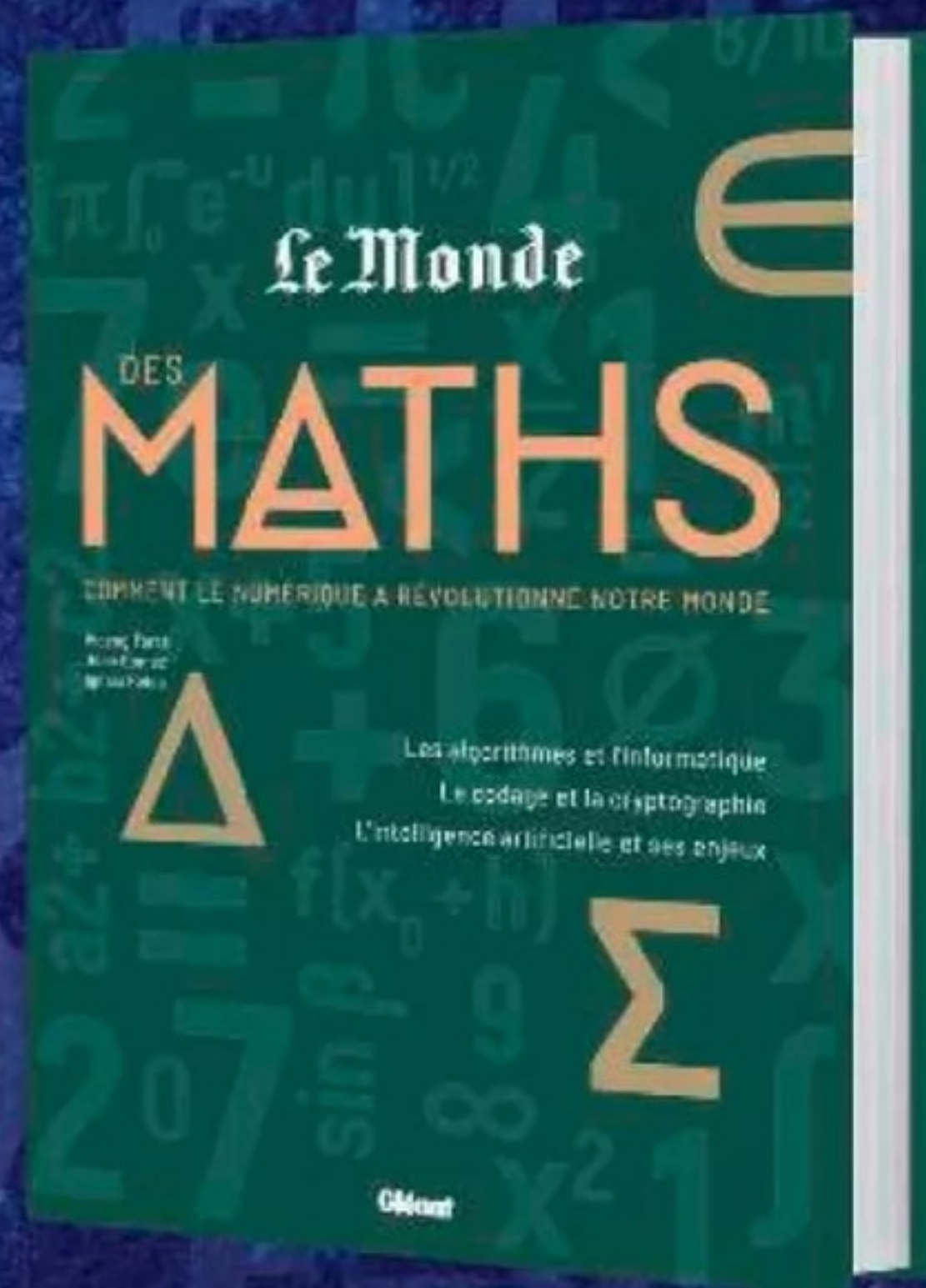
✓ Tout dépend de la durée du jour.



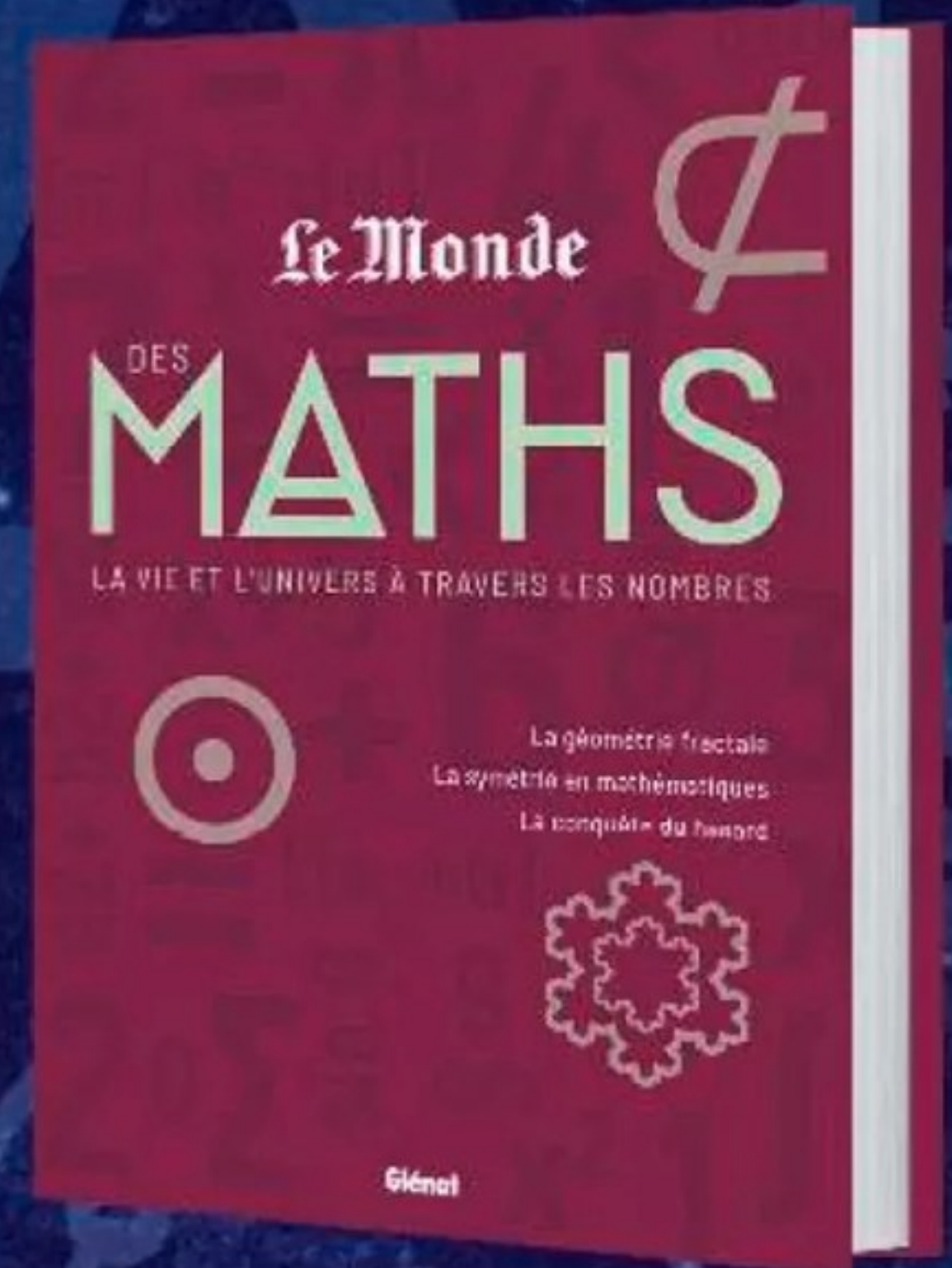
LES BEAUX LIVRES DE TOUS LES SAVOIRS



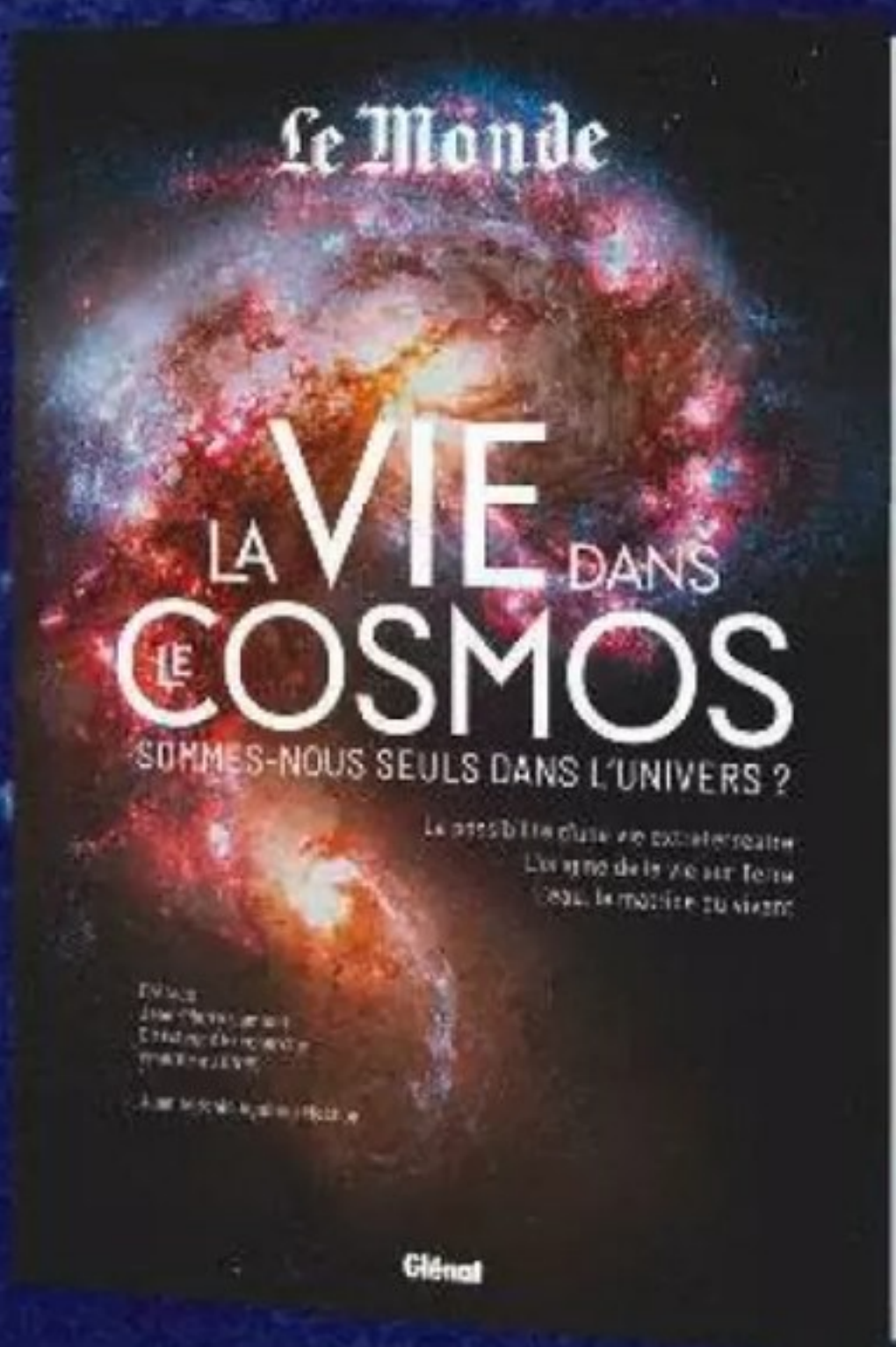
Un voyage dans l'univers
des nombres



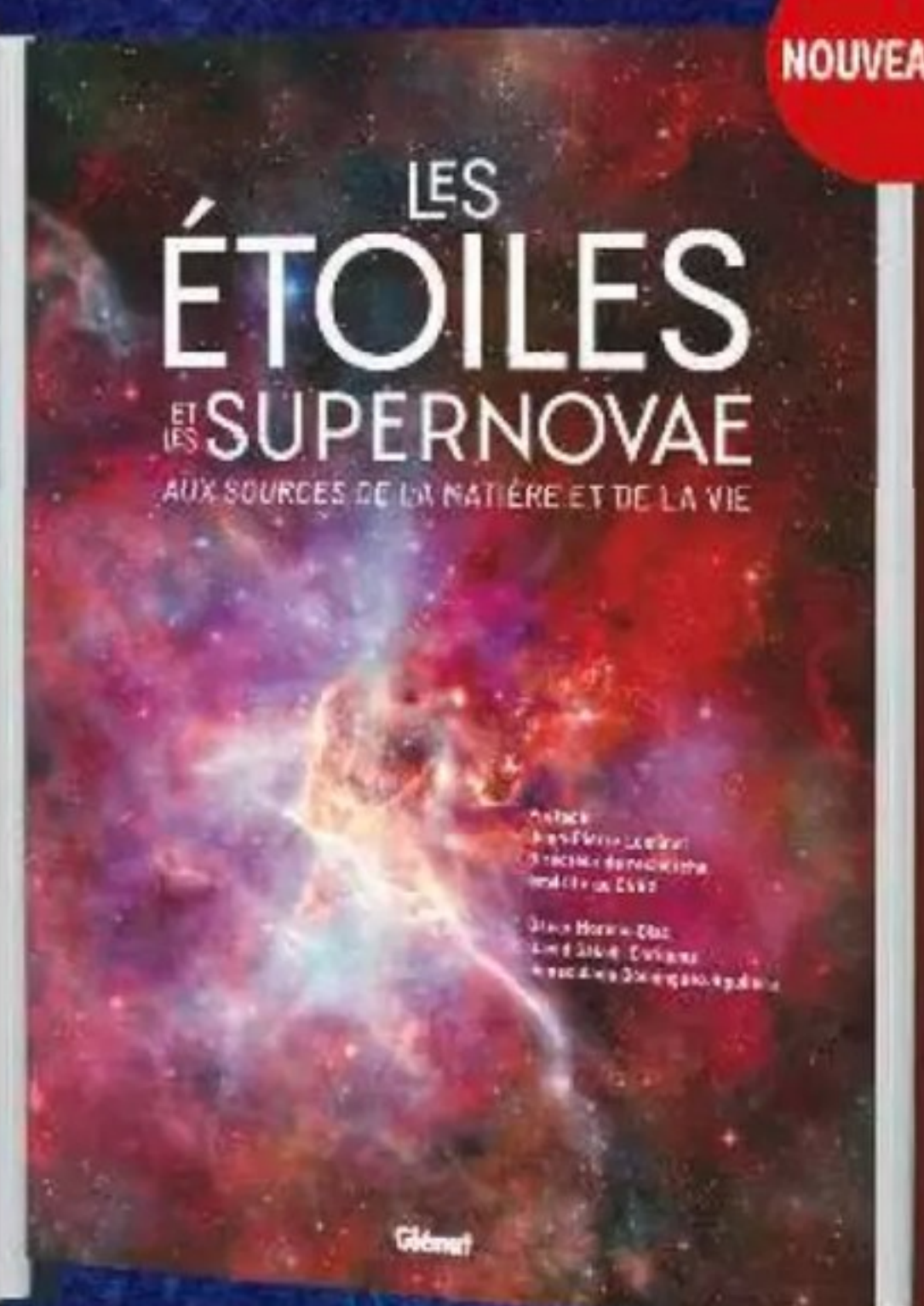
Comment le numérique
a révolutionné notre monde



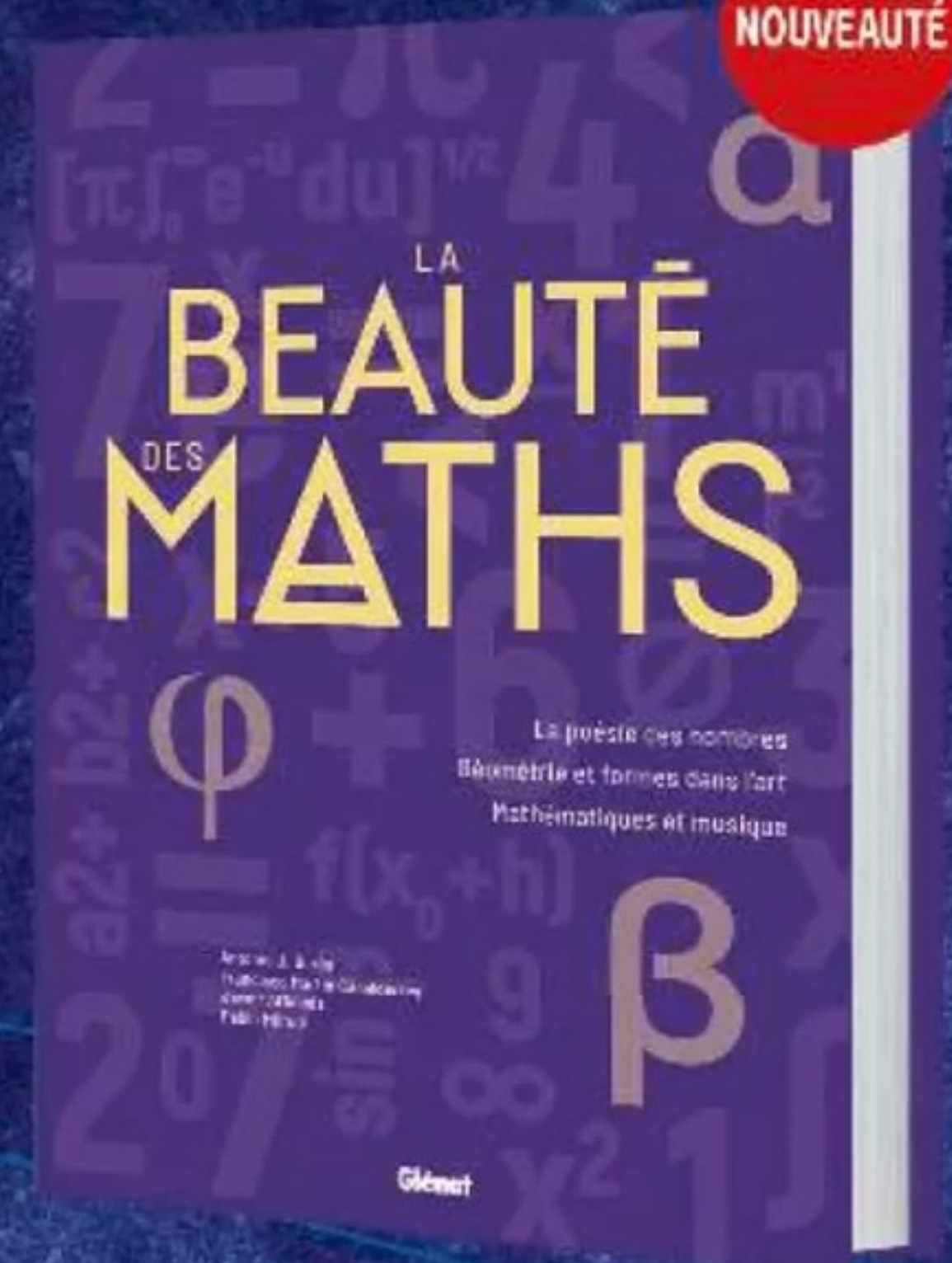
La vie et l'univers
à travers les nombres



Sommes-nous seuls
dans l'univers?



Aux sources
de la matière et de la vie



Les mathématiques
et la création artistique

Tome 5 en septembre

Dans la même série:

- Big bang
- Les trous noirs

TECHNOLOGIE

ON PEUT IMPRIMER DU MÉTAL EN 3D

Une équipe du MIT, aux États-Unis, a développé une nouvelle méthode d'impression de métal liquide. Les chercheurs ont fondu à 700°C de l'aluminium, un métal très répandu dans la construction et facilement recyclable, avant de le pousser à travers une buse en céramique. Cette dernière dépose, en même temps que l'aluminium, un sillon formé de poudre de billes de verre de 100 µm de diamètre, au sein duquel le métal se déverse et refroidit en quelques minutes. Résultat : il n'est pas nécessaire de fabriquer un moule de l'objet à imprimer ! Une contrepartie, toutefois : la texture du métal n'est pas lisse, l'impression n'est pas précise. *"La buse détermine dans une large mesure la résolution de l'imprimante et sa fiabilité"*, explique Zain Karsan, aujourd'hui à l'ETHZ de Zurich, en Suisse, qui a mené l'étude. Reste que cette technique suffit à beaucoup d'éléments métalliques pour être fonctionnels – c'est le cas de cette chaise.

S.F.



< Le résultat obtenu n'est pas lisse, mais ce n'est pas forcément gênant.

MATHÉMATIQUES

AUX CARTES, UNE BATAILLE PEUT ÊTRE ÉTERNELLE !

Le jeu "Beggar-My-Neighbour Records" est un cousin de la "bataille corse" : le but est d'obtenir toutes les cartes. Tour à tour, les joueurs en déposent une au centre. Rien ne se passe si c'est un nombre (sauf un as). Mais si c'est un valet, une dame, un roi ou un as, l'adversaire doit déposer (respectivement) 1, 2, 3 ou 4 cartes, et l'autre ramasse la pile (à moins qu'en payant sa pénalité il ne découvre une figure ou un as). Depuis son invention, de nombreux mathématiciens se sont

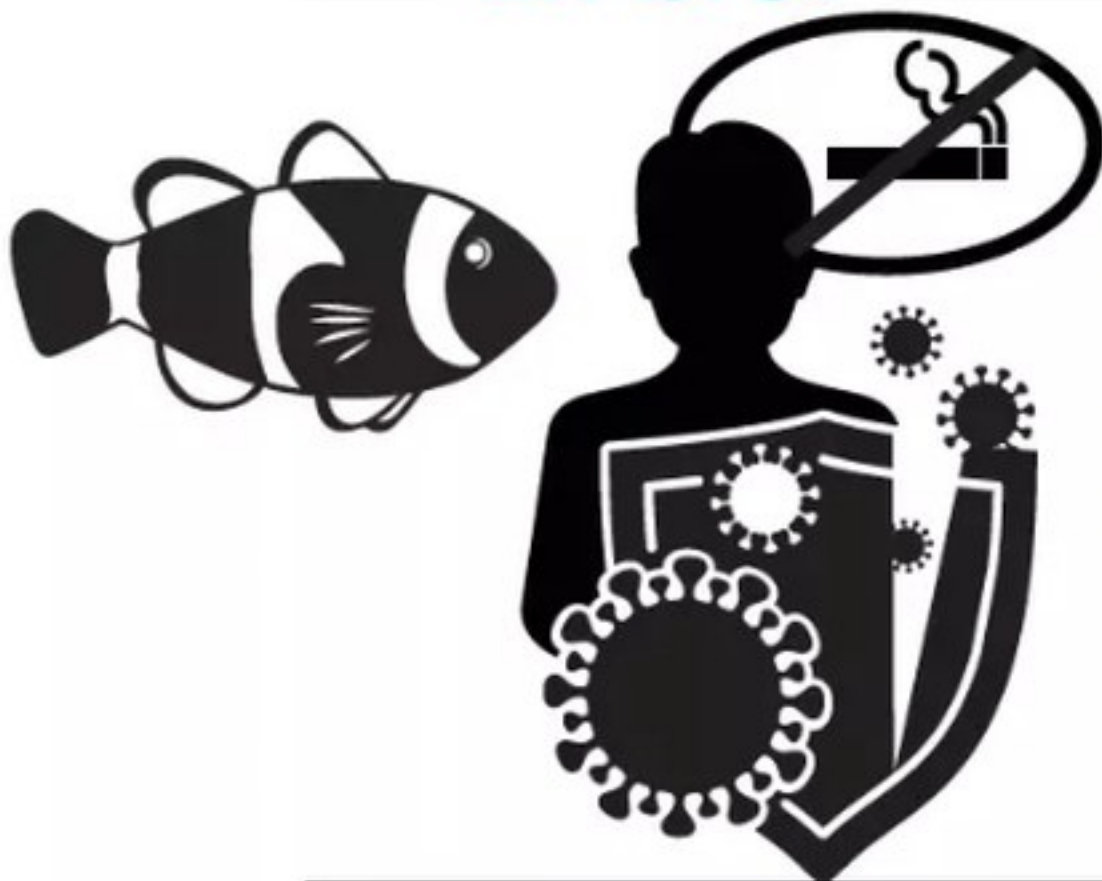
demandé si un certain mélange pouvait rendre ce jeu sans fin. La réponse, trouvée en février par l'Américain Brayden Casella, est oui ! Le mathématicien s'est attelé à cette énigme en commençant avec de petits jeux de cartes. *"J'ai été très surpris de constater que j'avais réussi"*, se réjouit-il. Pour ceux qui voudront piéger leurs amis dans une boucle éternelle, voici la distribution : ---R---D-RDAV-----AAV--V-- et -----D----RD-V-----RA (où "-" est un nombre indifférencié).

C.M.

1700

C'est, en années, l'âge d'un œuf intact découvert dans une fosse romaine à Aylesbury, en Angleterre – un cas unique au monde ! Grâce aux rayons X, les chercheurs ont vu qu'il renfermait encore son précieux liquide et sa chambre à air. Ils cherchent maintenant à extraire une partie de son contenu, afin de déterminer l'espèce qui l'a pondu. Délicat... L.G.

En bref



LES POISSONS-CLOWNS SAVENT COMPTER

Au moins jusqu'à 3, d'après une expérience menée par des chercheurs japonais ! L'*Amphiprion ocellaris* serait en effet capable de distinguer en un coup d'œil ses congénères des autres poissons-clowns rayés, qui n'arborent pas trois bandes blanches comme lui. Une capacité qui lui permettrait de repérer les intrus et de protéger son territoire.

L.G.

LE TABAGISME ALTÈRE DURABLEMENT L'IMMUNITÉ

Et ce, jusqu'à 15 ans après avoir arrêté de fumer ! C'est le constat de biologistes de l'Institut Pasteur après avoir exposé à des microbes variés des échantillons de sang provenant de 1 000 volontaires. Un processus épigénétique – notamment une modification de l'expression de gènes impliqués dans l'immunité – serait en cause.

A.D.



AL BRONZO
DAL 1877
Barilla[®]
LAVORAZIONE GREZZA

VOUS MÉRITEZ BIEN UNE BONNE DOSE DE RÉCONFORT AL DENTE !

Après une journée passée à un rythme effréné, une soirée pluvieuse, une semaine à jongler entre le travail et la famille, il est enfin temps de se poser. Profitez d'un repas réconfortant et savoureux.

Un goût intense pour un plaisir inattendu

Ce soir, vous n'avez envie que d'une seule chose : vous faire plaisir... Au programme : soirée *cocooning* avec un bon repas chaud qui fait du bien au corps et au cœur. Pourquoi ne pas déguster un plat tranquillement installé(e) entre les coussins de votre canapé moelleux ? Mais pas n'importe quel plat ! Des pâtes Barilla Al Bronzo*, au goût et à la texture uniques, à la douce couleur ambrée et à la rugosité incomparable... Vous vous sentez déjà mieux.

Une rugosité incomparable pour une accroche parfaite de la sauce

La sélection soignée de grains de blé dur de haute qualité et une méthode de fabrication exclusive font de ces pâtes Barilla Al Bronzo* un produit d'exception. Le secret d'un goût si intense vient de moules en bronze qui dessinent des microgravures sur les pâtes. Résultat : une rugosité exceptionnelle qui accroche parfaitement la sauce préparée avec attention. Prêt(e) pour une aventure gustative hors du commun qui va vous changer de l'ordinaire ?



LA RECETTE

SPAGHETTONI AL BRONZO À LA TOMATE

PRÉPARATION 20 MIN – CUISSON 12 MIN

Ingrédients pour 4 personnes

- Pour les spaghetti :** • 300 g de spaghetti Al Bronzo
• 4 g de sel • 10 ml d'huile d'olive vierge extra • 200 ml de tomates mûres mixées
- Pour les spaghetti croustillants :**
• 100 g de spaghetti Al Bronzo • 1 l d'eau • 2 g de sel de table
• 200 ml d'huile de tournesol à 160°C
- Pour les tomates confites :**
• 6 tomates mûres pelées • 3 ml d'huile d'olive vierge extra • 3 g de sel de table • 3 g de sucre • 2 g de feuilles de menthe (optionnel)
- Pour la touche finale :** • 15 g de feuilles de menthe (optionnel)
• 50 ml d'huile de tournesol

- Pour les spaghetti :** cuisinez les spaghetti *al dente* dans une grande casserole d'eau bouillante salée, égouttez et servez avec une sauce à base de tomates.
- Pour les spaghetti croustillants :** cuisinez les spaghetti dans une grande casserole d'eau bouillante salée pendant 12 minutes, égouttez et laissez reposer. Faites frire les spaghetti jusqu'à ce qu'ils soient dorés.
- Pour les tomates confites :** coupez les tomates en quatre lamelles et retirez les graines. Assaisonnez les lamelles de tomates avec du sel, de l'huile d'olive vierge extra, du sucre et de la menthe (optionnel). Faites-les dorer au four à 57 °C pendant 3 heures.
- POUR LA TOUCHE FINALE (optionnel) :** faites chauffer l'huile dans une poêle à 60 °C, mélangez avec la menthe et laissez infuser pendant 30 minutes. Retirez la menthe. Disposez les spaghetti avec la sauce tomate dans un plat, ajoutez la menthe infusée d'huile (optionnel), les tomates confites et les spaghetti croustillants sur le dessus.



* À retrouver dans les grandes et moyennes surfaces près de chez vous.



Les images saisies par un Lidar...

Sur une terrasse bordant l'Upano, le site de Sangay regroupe des structures dont certaines remontent à -500 avant notre ère.

ARCHÉOLOGIE

DES COMPLEXES URBAINS DE PLUS DE 2000 ANS IDENTIFIÉS EN AMAZONIE !

À l'abri de la forêt équatorienne, un vaste réseau de tertres, plateformes... reliés par des routes a été découvert, révélant l'existence de cités antiques.

PAR VALENTIN FAIVRE

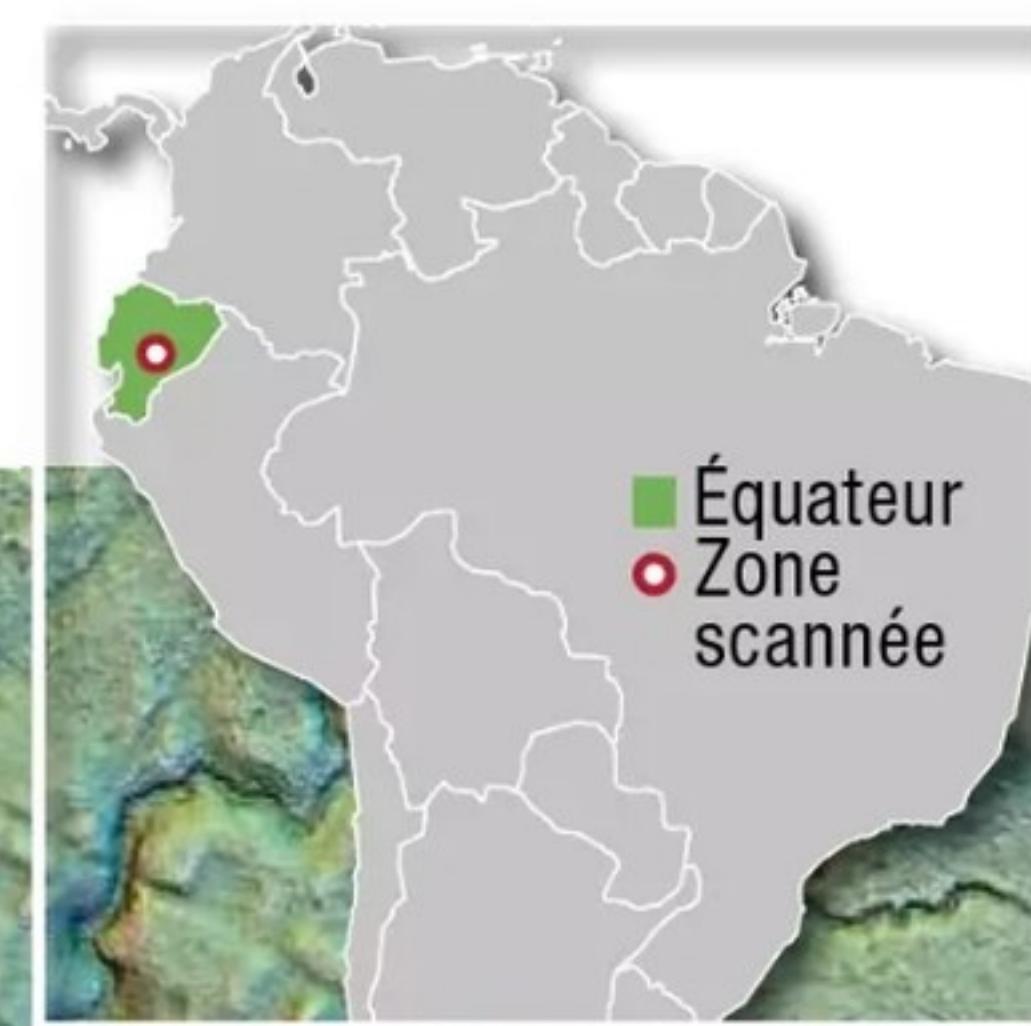
Regardez bien les images ci-dessus : nous sommes au sud de l'Équateur, plus précisément près du versant est de la chaîne des Andes, dans la vallée de l'Upano. Cette région montagneuse de l'Amazonie est sauvage, et pourtant... voilà que surgissent de nombreuses formes géométriques reliées par des droites : des structures connectées par des routes ! Cette incroyable découverte, nous la devons à une équipe internationale et à la technologie Lidar, qui a permis de cartographier finement la zone – l'aboutissement d'un projet de plusieurs

décennies. Qui a réussi : c'est tout un réseau dense de cités datant de l'Antiquité qui vient d'être retrouvé, un véritable trésor archéologique.

Tout commence il y a vingt-sept ans, alors que Stéphane Rostain, archéologue au CNRS, organise des fouilles dans la région. *"Nous avons identifié plusieurs monticules organisés autour de places centrales"*, raconte-t-il. Pour le chercheur, ces vestiges semblent reliés, mais impossible de s'en assurer sans bénéficier d'une vision plus large...

L'occasion survient bien des années plus tard. *"En*

Sur le site de Copueno, les reliefs captés témoignent d'anciennes constructions (habitations, édifices rituels...), reliées par une route principale.



200 m

2015, un ancien militaire russe a proposé ses services au gouvernement équatorien, poursuit Stéphane Rostain. Il voulait cartographier, à l'aide d'un Lidar, une grande zone le long des contreforts des Andes."

TEMPLES ET HABITATIONS

A. DORISON ET S. ROSTAIN - STÉPHANE JUNGERS L'Équateur accepte et finance l'équipement. Un avion de l'armée doté d'un scanner survole alors la région à 300 m d'altitude, effectuant plusieurs passages afin d'obtenir les meilleurs résultats possibles. "Un scanner Lidar fonctionne comme un radar, mais avec de la

lumière, explique Antoine Dorison, chercheur postdoctoral au CNRS et coauteur de l'étude. Il balaie une zone avec un laser qui se réfléchit sur la surface terrestre."

La densité de la canopée peut poser problème, a fortiori en Amazonie. "La lumière ne traverse pas les feuilles, elle se glisse entre les interstices du feuillage, résume le chercheur. Mais plusieurs passages permettent de capturer une image très précise de la topographie." Résultat : quelque 600 km² –l'équivalent de la petite couronne parisienne– sont scannés.

... ont permis d'analyser finement la zone

Grâce à l'utilisation d'un Lidar, technique de télédétection par des faisceaux laser, l'épaisse forêt amazonienne a pu être percée. Résultat : des images d'une qualité exceptionnelle, qui ont dévoilé toute une organisation urbaine jusqu'alors inconnue.

L'équipe de Stéphane Rostain reçoit les données en 2021 et, en 2023, la moitié est analysée.

Les résultats confirment leurs soupçons : "Nous avons découvert cinq grands centres urbains et dix plus petits, tous truffés d'habitations et de temples, ainsi que des centaines de parcelles cultivées dans les plaines ou en terrasses à flanc de montagne, décrit Stéphane Rostain. Le tout est relié, sur des dizaines

de kilomètres, par des routes rectilignes, très difficiles à construire dans cet environnement balafré par de profondes ravines." Grâce aux fouilles précédentes, certaines de ces structures ont pu être datées : elles ont jusqu'à 2 500 ans, soit 1 000 de plus que toutes les autres sociétés amazoniennes complexes connues. Cette civilisation de la vallée de l'Upano pourrait abriter encore bien des secrets.



PERMIS DE VOLER

L'histoire est digne d'un James Bond : en Inde, un pigeon voyageur a été relâché par la police après 8 mois de détention. Le chef d'accusation ? Espionnage pour le compte de la Chine, l'oiseau ayant été intercepté avec un message illisible rédigé en chinois. Sauf qu'après enquête, il s'avère qu'il s'était juste perdu alors qu'il participait à une course à Taïwan...

63%

C'est la part des conseils financiers diffusés sur TikTok considérés comme dangereux, voire illégaux, d'après une étude de WallStreetZen, une plateforme spécialisée dans la Bourse. Qui l'eût cru ?

MACHINE ARRIÈRE

Serait-ce la fin des caisses automatiques dans les supermarchés ? Selon la BBC, de nombreux magasins limitent l'accès aux bornes, voire y renoncent définitivement... parce qu'elles donnent lieu à deux fois plus de vols ! Ces larcins seraient majoritairement involontaires, mais à la rédaction, on doute. La machine est suspecte.

SHUTTERSTOCK

QU'EST-CE QUI POURRAIT MAL SE PASSER ?

Pour lutter contre le réchauffement climatique, des scientifiques de l'université de l'Ohio proposent de modifier le microbiote océanique – les bactéries qui constituent les océans – afin qu'il capture plus de CO₂. Notamment en utilisant certains virus capables de modifier le comportement des micro-organismes. Plein de films commencent comme ça...

ET ÇA NOUS FAIT DU BIEN !

Faut aimer ses voisins...

Vous ne savez pas quoi faire de toute l'année 2025 ? La Nasa recherche 4 volontaires pour vivre et travailler à l'intérieur d'un 2 pièces (plus des mini-chambres dotées de salles de bain individuelles) de 160 m² pendant un an... sans possibilité de sortir ! Le but est d'étudier les impacts psychiques qu'une future mission habitée sur Mars pourrait engendrer. On va envoyer un journaliste – on ne sait jamais !

MATHS VULCAINES



Des chercheurs américains ont demandé, de 60 manières différentes, à des IA conversationnelles comme ChatGPT de résoudre des problèmes mathématiques. Eh bien, elles se révèlent plus performantes si on tente de les corrompre, de les menacer, ou si elles endossent le rôle d'un capitaine dans *Star Trek*. En même temps, quand Spock écoute, faut pas se tromper.

YEE-HAW !

La société chinoise Nio, concurrente de Tesla, vient de dévoiler l'ET9, sa prochaine voiture électrique. L'engin a une nouvelle fonctionnalité étonnante : il se secoue pour enlever la neige qui aurait pu s'accumuler sur la carrosserie... Utile... surtout à la montagne.





**GAGNEZ DU
POUVOIR D'ACHAT**

À partir de
11,05€/mois

Ne payez que pour ce dont vous avez besoin

DÉCOUVREZ NOTRE NOUVELLE COMPLÉMENTAIRE SANTÉ SUR MESURE



**7 niveaux
de garanties**
+4 renforts
supplémentaires



**Une souscription
jusqu'à 115 ans**
sans questionnaire médical
ni délai de carence



La seule mutuelle
qui anticipe vos
remboursements



CONTACTEZ-NOUS :

Par courrier
**OMNIIZ - 40 avenue Aristide Briand
92220 Bagneux**
En complétant le formulaire à retourner
par vos soins avec affranchissement

Par Internet
En vous rendant directement sur
www.omniiz.fr/top-sante-assurance
ou en flashant le QR Code ci-dessus

Par téléphone
En nous appelant au
01 41 33 53 45
de 9h à 18h

Je souhaite être contacté(e) par téléphone pour bénéficier d'un bilan de mes besoins GRATUITEMENT donc je renseigne mes coordonnées :

Nom : _____ Prénom : _____ Date de naissance : ____ / ____ / ____ Statut familial : _____
Régime social : _____ Téléphone : _____ E-mail : _____ @ _____ . _____ Code Postal : _____

Responsable de traitement des données personnelles : Omniiz. Finalités du traitement : gestion de la relation client, opérations promotionnelles et de fidélisation. Données postales et téléphoniques susceptibles d'être transmises à nos partenaires. Conformément à la loi Informatique et Libertés du 6-01-1978 modifiée, vous pouvez exercer vos droits d'opposition, accès, rectification, effacement, portabilité, limitation à l'utilisation de vos données ou donnez vos directives sur le sort de vos données après décès en écrivant à Omniiz-DPO, service juridique, 40 avenue Aristide Briand 92220 Bagneux, ou par mail à dpo@omniiz.fr Vous pouvez introduire une réclamation auprès de la CNIL - www.cnil.fr. Pour toutes autres informations, vous pouvez consulter nos CGV sur Omniiz.fr / GHOC
** Pour toute souscription d'une de nos offres d'assurance - société par actions simplifiée au capital de 5 000 euros - siège social : 8, rue Barthélémy-Danjou - 92100 Boulogne-Billancourt - RCS Nanterre 907 945 646.
En soumettant vos informations, vous acceptez nos mentions légales et notre politique de confidentialité (à retrouver sur notre site www.omniiz.fr/mentions-legales et www.omniiz.fr/politique-de-cookies-et-confidentialite).

Sport pro

Une véritable épidémie de blessures

LES 3 CHIFFRES À RETENIR

89

C'est le nombre de matchs que disputera un footballeur de haut niveau en une saison (d'août à juin) à partir de la campagne 2024-2025, s'il joue tous les matchs avec son club et son équipe nationale. Cela représente une hausse de 11 % par rapport aux saisons précédentes.

20 %

C'est la part moyenne de matchs ratés par un joueur de NBA pour cause de blessure lors de la saison 2017-2018. Soit une augmentation de 5 points par rapport à la saison 1998-1999.

23 %

C'est l'augmentation du temps moyen des matchs de tennis masculins lors des Grands Chelems entre 1999 et 2023. Ils passent ainsi de 2 heures et 54 minutes à 2 heures et 21 minutes, soit 33 minutes supplémentaires.

De plus en plus de blessures, de plus en plus graves: tel est le revers de la médaille pour les sportifs de haut niveau, acteurs d'un système qui s'emballe, où la quête de l'exploit se doit d'être un spectacle ultra-lucratif. La prise de conscience est là, mais elle s'apparente à une course de fond.

PAR THOMAS ALLARD



◀ Le 16 novembre dernier, le Norvégien Erling Haaland s'est blessé au pied lors d'un match amical contre les îles Féroé.

UN PHÉNOMÈNE QUI TOUCHE TOUS LES CLUBS EUROPÉENS

Que ce soit en Espagne, en Allemagne, en Angleterre ou en Italie, les joueurs des clubs participant aux coupes d'Europe se blessent de plus en plus.



12

C'est, en jours, la durée d'indisponibilité moyenne des joueurs du club de football du FC Barcelone à la suite d'une blessure.

SOURCE: SEIO.ES, 2022

C'était en août dernier, à la 55^e minute du match de rugby de préparation France-Écosse : Romain Ntamack sort boitillant du jeu. Victime d'une rupture d'un ligament croisé du genou gauche, l'athlète français est alors éloigné des terrains pendant plusieurs mois, ratant la Coupe du monde 2023 à domicile. En novembre, c'était le footballeur norvégien star Erling Haaland qui se tenait la cheville, étendu sur la pelouse, avant de passer six semaines à l'infirmerie. Quelques mois plus tôt, la joueuse de tennis canadienne Bianca Andreescu quittait le tournoi de Miami en chaise roulante suite à une torsion de sa cheville gauche...

Rien de bien étonnant, pensez-vous ? Le simple revers de la médaille dans la vie d'un sportif professionnel ? Faux : ces blessures capables de bouleverser les saisons et condamner des carrières, autrefois occasionnelles, sont aujourd'hui monnaie courante. Depuis quelques années, en effet, les calendriers surchargés, les voyages entre chaque match et le faible temps de repos accordé aux joueurs envoient leur santé dans les cordes. À tel point que la question se pose : en demandons-nous trop à nos athlètes ?

STÉPHANE JUNGERS



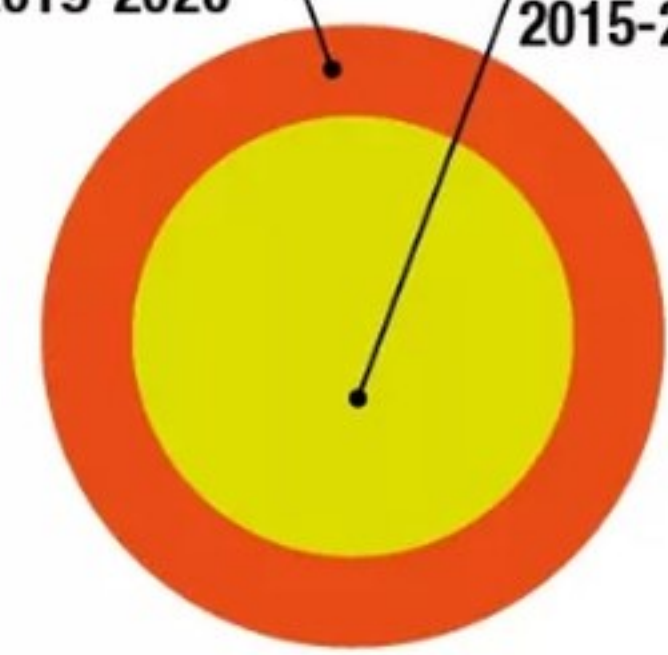
Au rugby, leur gravité augmente

Le nombre de jours d'absence pour blessure a presque doublé en 15 ans dans le championnat anglais.



86
2019-2020

62
2015-2016



Le nombre de blessures pour 1 000 heures de jeu dans cette même compétition a augmenté de 39 % entre les saisons 2015-2016 et 2019-2020.



Au football, elles sont à la fois mentales et physiques

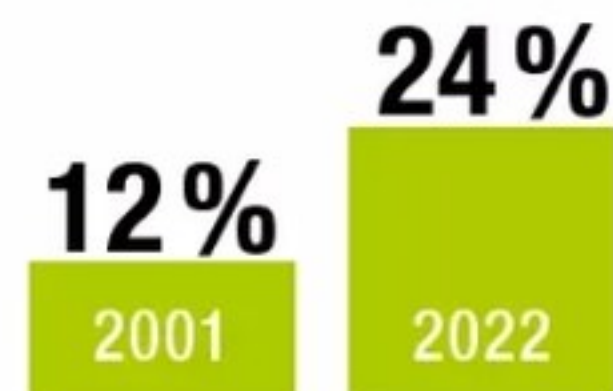
20 %

des joueurs ont ressenti un niveau de fatigue mentale extrême après le Mondial 2022, qui s'est joué à la mi-saison, selon un sondage du syndicat des footballeurs réalisé en 2023.

44 %

des joueurs ont déclaré ressentir une fatigue physique extrême à cette même période.

La proportion de blessures aux ischio-jambiers a doublé dans les championnats européens entre 2001 et 2022. En cause, des tactiques davantage portées sur les sprints.



Si la situation concerne tous les sports, le football, par sa popularité et son économie gargantuesque, en est le porte-étendard. En juin dernier, la Fédération internationale des associations de footballeurs professionnels (Fifpro) tirait ainsi la sonnette d'alarme, se disant "de plus en plus inquiète pour la santé des jeunes joueurs". Il faut dire que la saison 2022-2023 a été particulièrement longue :

logée au chausse-pied dans le calendrier, entre le 20 novembre et le 18 décembre 2022, la Coupe du monde au Qatar a obligé les sportifs engagés dans les prestigieuses compétitions européennes à jouer un match tous les trois jours entre septembre et novembre.

CADENCE INFERNALE

Résultat, 44 % des coéquipiers interrogés par la Fifpro indiquaient en jan-

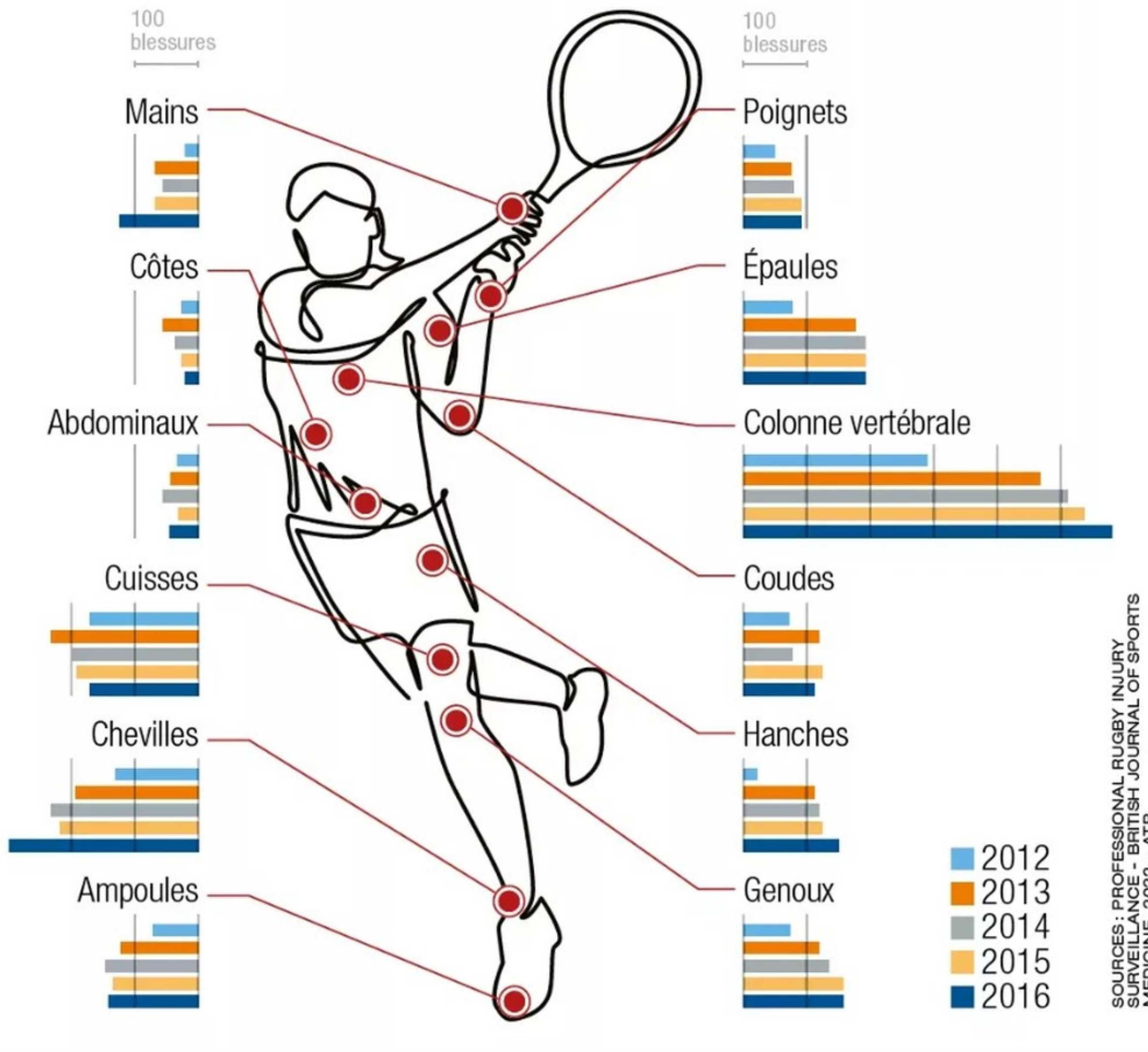
vier 2023 ressentir une fatigue physique accrue par rapport aux saisons précédentes. Surtout, nombre d'entre eux ont été victimes de blessures plus graves qu'à l'accoutumée. Entre octobre 2022 et janvier 2023, la durée moyenne d'indisponibilité des joueurs est passée de 11,35 à 19,41 jours, selon une étude menée par le groupe d'assurance Howden. En cause : une aggravation des lésions

le nombre de blessures est en hausse



Au tennis, elles touchent dorénavant tout le corps

Entre 2012 et 2016, les blessures à la cheville, au coude, à l'épaule, au poignet, au genou, à la hanche et à la colonne vertébrale ont explosé (données pour les joueurs masculins).



aux ischio-jambiers, à la cheville, au mollet et au tibia. Une situation qui, selon la Fipro, ne devrait pas s'améliorer: "L'encombrement du planning observé au cours de la saison écoulée risque de s'accroître dans les années qui viennent, car les nouvelles compétitions et les formats élargis ne cessent d'ajouter des matchs." Le syndicat estime ainsi que les meilleurs joueurs en auront

jusqu'à 11% de plus dès la saison 2024-2025, pour un total de 89 confrontations. Par comparaison, les stars de la fin du siècle dernier disputaient rarement plus de 60 rencontres par an.

Cette cadence touche également les joueuses internationales, constate Emmanuel Vallance, responsable de la performance au sein de la section féminine de l'Olympique lyonnais,

l'une des meilleures équipes d'Europe: "Beaucoup de footballeuses jouent dans les grands clubs européens viennent du continent américain ou d'Océanie. Alors, à chaque match international, elles subissent un décalage horaire important." Ces déplacements lointains soumettent parfois les athlètes à des climats complètement différents, avec des fortes variations de tempéra-

ture et de taux d'humidité. "Cela peut affecter les performances et favoriser la survenue de maladies ou de blessures", déplore Bruno Marrier, responsable du développement athlétique au sein du club de football de l'AS Monaco. Certaines joueuses, comme la star norvégienne de l'OL Ada Hegerberg, sont d'ailleurs récemment montées au créneau pour dénoncer ce rythme infernal.

INTENSITÉ ACCRUE

Bien sûr, cette cadence ne concerne qu'une minorité des professionnels, "les sportifs qui cumulent les matchs avec leur pays et ceux de coupe d'Europe en club", souligne Bruno Marrier. Sauf que l'épidémie de blessures n'est pas uniquement liée au calendrier: la pratique même du ballon rond a beaucoup évolué ces dernières années. "Le football moderne exige plus de courses de forte intensité et d'agressivité. Résultat, les corps sont soumis à un plus haut niveau de contraintes pouvant générer davantage de blessures", constate le spécialiste de l'AS Monaco.

Une étude menée par une équipe de chercheurs suédois et britanniques a ainsi montré que la part des atteintes aux ischio-jambiers a doublé entre 2001 et 2022, grimant de 12% à 24% des passages à l'infirmerie. "Ce sont des muscles →

souvent lésés quand un joueur pique un sprint”, confirme Bruno Marrier.

CHOCES SUR LA TÊTE

La hausse drastique de l'intensité et du rythme est encore plus exacerbée dans les sports de contact, tel le rugby. Là aussi, ceux qui ont la chance de jouer à la fois en sélection nationale et en Coupe d'Europe avec leur club effectuent un nombre de matchs monstrueux. Ce sont autant d'occa-

sions supplémentaires de subir des chocs sur le crâne. “En plaquant, par exemple, le joueur s'expose à un coup de genou en pleine tête”, remarque Patrice Péran, directeur de recherche à l'Inserm au sein du Centre de neuro-imagerie de Toulouse. Ce qui est préoccupant. “Les rugbymen encaissent un certain nombre d'impacts à la tête au cours d'un match, jusqu'au moment où l'un des coups, plus fort que

les autres, conduit à l'apparition de symptômes comme une désorientation, ou une perte de mémoire. On parle de commotion cérébrale”, poursuit le spécialiste. Le joueur doit alors impérativement sortir du terrain. “Après une commotion, il est désorienté et peut se mettre en danger sans même s'en rendre compte. S'il reste sur le terrain, il risque de se blesser à nouveau”, alerte Patrice Péran.

Est-ce ce qui a contribué à la grave blessure au genou du troisième ligne du XV de France, Anthony Jelonch, lors de l'édition 2023 du Tournoi des six nations? Le joueur, d'abord sorti sur protocole commotion, était revenu sur le terrain... avant de se blesser sévèrement. Ce qui a suscité la colère de son père, Jérôme Jelonch, dans la presse: “En le laissant se reposer, on aurait pu éviter ce qui est arrivé

S. JUNGERS

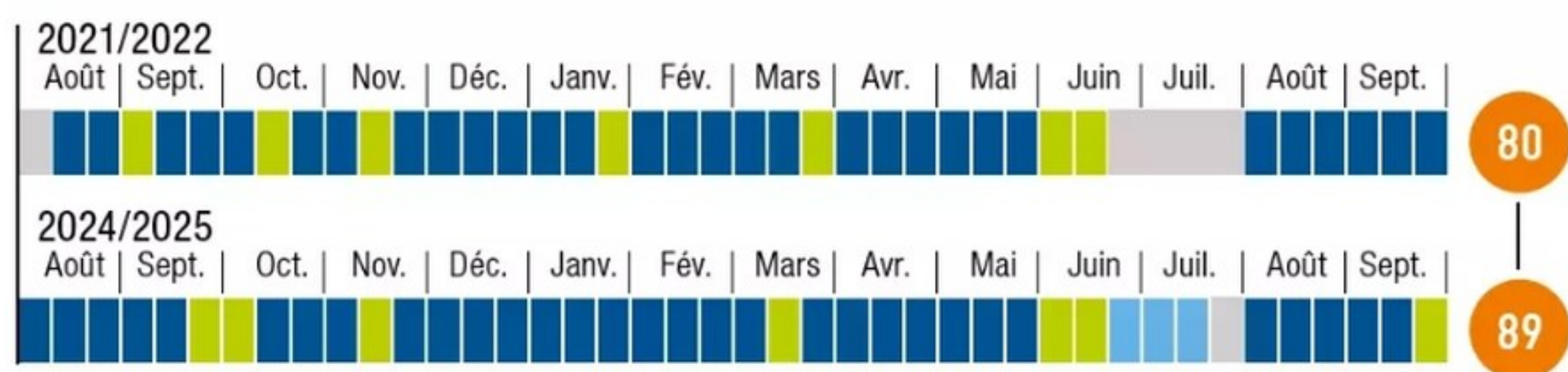
Une épidémie aux multiples causes

Des calendriers de plus en plus surchargés

Les footballeurs et les rugbymen qui disputent à la fois le championnat, les coupes d'Europe et les matchs avec leur sélection internationale sont confrontés à des calendriers surchargés, avec de moins en moins de temps de repos.

PÉRIODES DE 10 JOURS PASSÉES...

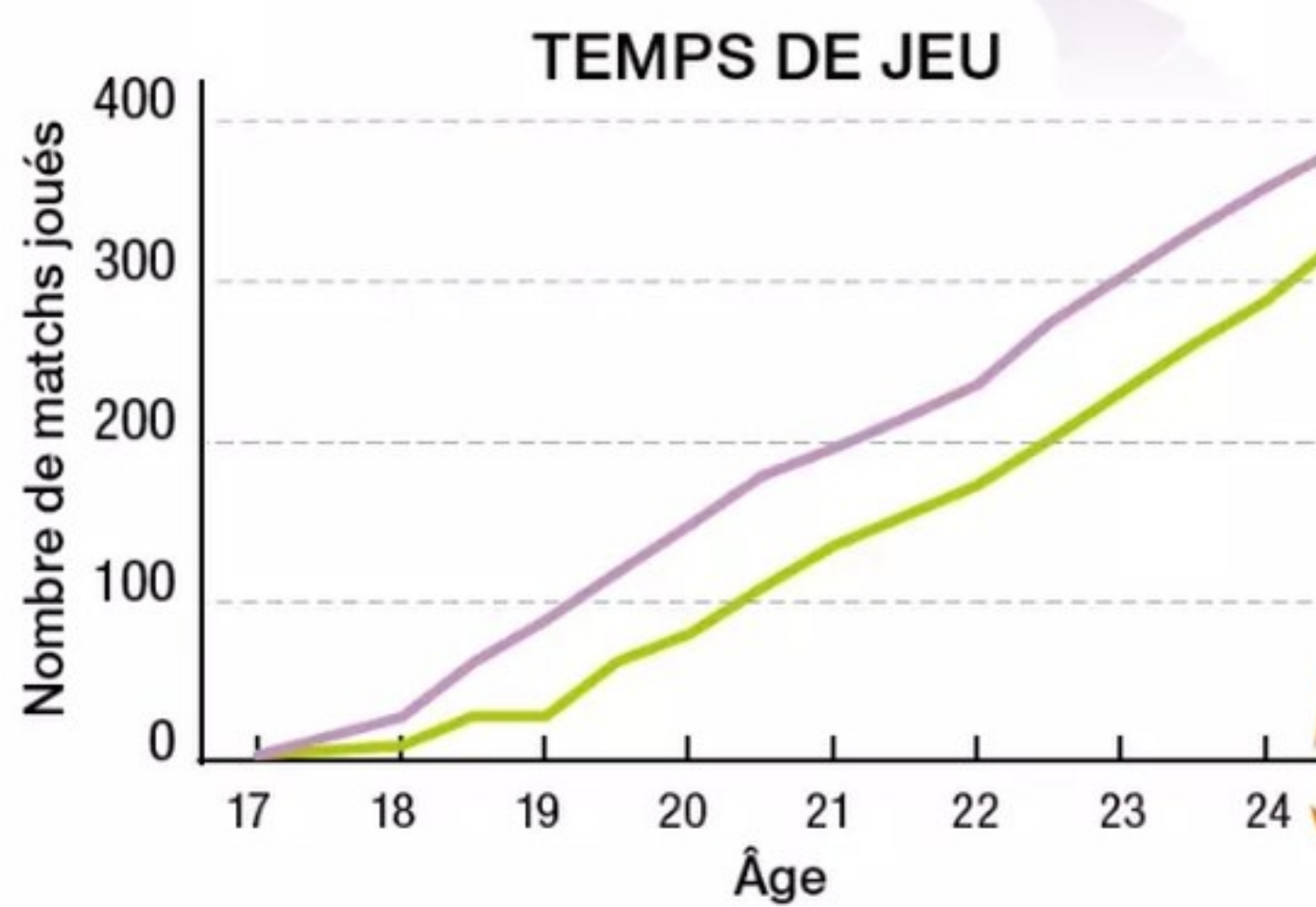
- ... en club ■ ... en équipe nationale
- ... à la nouvelle Coupe du monde des clubs
- ... au repos ● Nombre de matchs maximum



Des jeunes talents de plus en plus sollicités

Les nouveaux espoirs, qui représentent une importante valeur marchande pour les clubs, sont exposés de plus en plus tôt au haut niveau. Ainsi, à 24 ans, le joueur français Kylian Mbappé avait déjà passé 37 % de temps de plus sur les terrains professionnels que son aîné Thierry Henry au même âge.

- Kylian Mbappé ■ Thierry Henry



ensuite.” Si les joueurs sont mis sur la touche quelques jours, les symptômes s’estompent en effet assez vite. “Les sportifs se remettent généralement très bien. Quatre à cinq jours après, les signes de commotion ont quasi disparu”, souligne Patrice Péran.

COLLECTE DE DONNÉES

Quid de l’impact à long terme? “C’est pour l’instant difficile à dire, il faudrait approfondir

les études sur le sujet. Nous cherchons d’ailleurs des financements pour cela, confie Patrice Péran. Nous avons toutefois identifié des pathologies qui peuvent survenir plus tardivement, comme l’encéphalite chronique traumatique, certainement liées à l’accumulation de chocs à la tête.” Des informations supplémentaires devront être récoltées afin d’y voir plus clair, continue le chercheur: “Dans le

rugby, nous disposons de données sur les commotions, mais pas sur l’ensemble des coups reçus sur la boîte crânienne. L’utilisation des protège-dents connectés, que les joueurs commencent à porter, pourrait nous aider à suivre au plus près tous ces impacts.”

L’ovalie n’est cependant pas la seule concernée par les commotions répétées sur le crâne: “Il y en a aussi au hockey sur glace et au football, entre

autres”, indique Patrice Péran. Le monde du ballon rond réfléchit d’ailleurs à limiter le nombre de têtes par match chez les plus jeunes, afin d’éviter des complications à l’âge adulte (voir S&V n°1270, p.46).

Reste que la tête des sportifs de haut niveau n’est pas seulement soumise à des traumatismes physiques. “L’intensification de l’entraînement, la multiplication des compétitions, les conflits avec les entraîneurs ou les coéquipiers ainsi que les sollicitations annexes de la part des médias peuvent stresser les athlètes”, énumère Sandrine Isoard Gauthier, chercheuse à l’université Grenoble Alpes au sein du laboratoire Sport et environnement social. De quoi en mener certains jusqu’au burn-out. C’est le cas de la championne de tennis Naomi Osaka, qui avait quitté le tournoi de Roland-Garros en 2021 suite à un épisode d’épuisement mental.

BURN-OUT EN HAUSSE

Depuis, la parole s’est libérée, et les athlètes se confient plus facilement sur leur santé mentale. Parmi eux, le footballeur Adil Rami, le tennisman Lucas Pouille, le biathlète Martin Fourcade ou encore la gymnaste Simone Biles ont tous témoigné avoir vécu un burn-out au cours de leur carrière. “Ce →

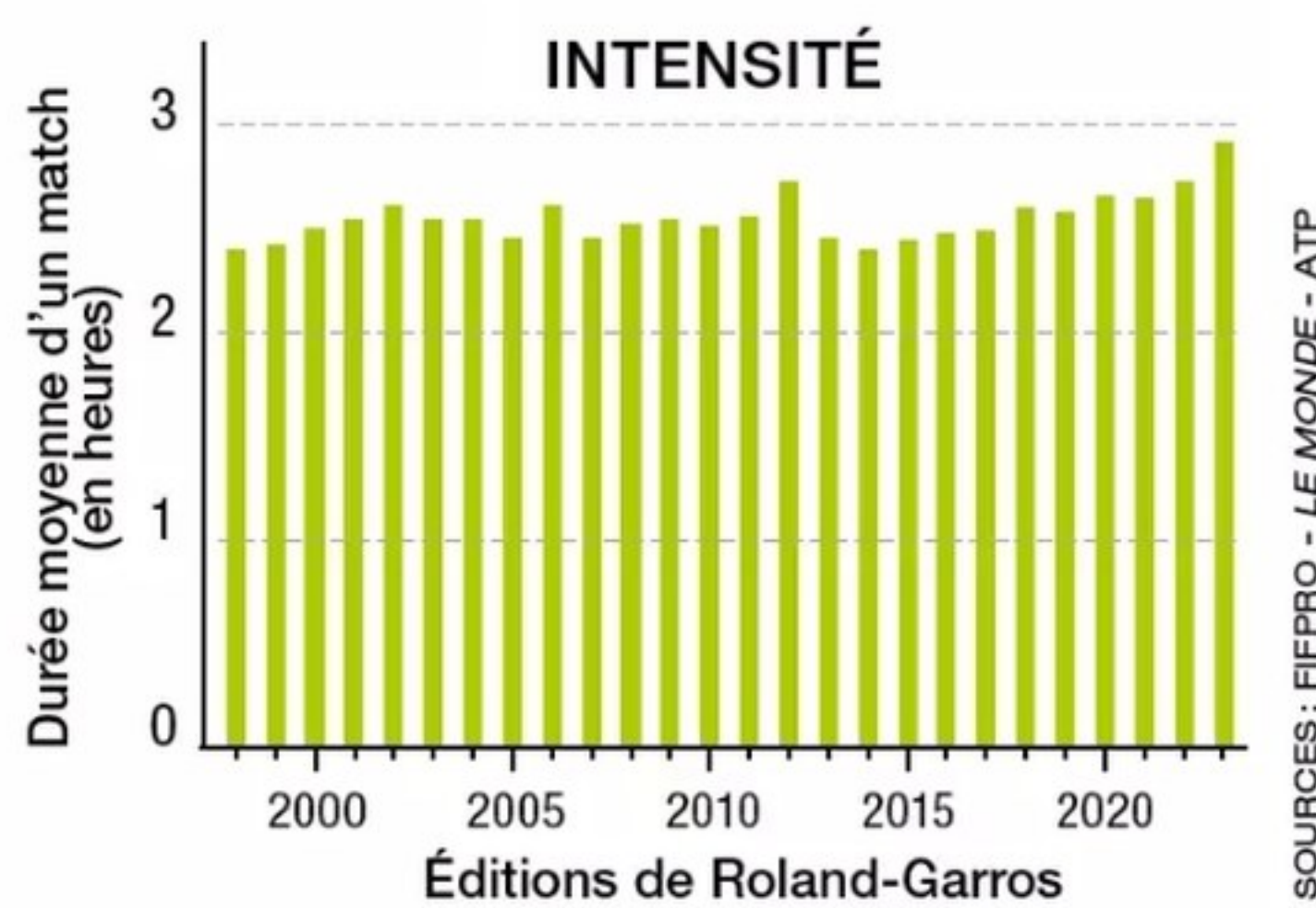


Des sportifs de plus en plus athlétiques

Les athlètes sont généralement bien plus grands et costauds que leurs prédécesseurs de la fin du XX^e siècle. En équipe de France de rugby, par exemple, les arrières pèsent environ 13 kg de plus que leurs aînés des années 1990, et les avants ont gagné près de 10 kg.

Des matchs de plus en plus longs

Selon les données de l’Association of Tennis Professionals (ATP), la durée moyenne d’un match de Grand Chelem masculin est passée de 2 heures 21 minutes en 1999 à 2 heures 54 minutes en 2023. Au football, le temps additionnel disputé au cours des grands tournois ne cesse de s’allonger, atteignant même une moyenne de 11,6 minutes lors du dernier Mondial au Qatar.



sujet devient de moins en moins tabou, il est donc forcément plus visible, observe Sandrine Isoard Gauthier. Mais des indicateurs laissent penser que le phénomène lui-même a réellement augmenté au cours des vingt dernières années dans le haut niveau. Avec des conséquences particulièrement délétères: *“Ces épisodes peuvent entraîner des dépressions, de l’anxiété, des compor-*

plus protecteur, en prenant de plus en plus en compte les souffrances dans leurs réflexions. À commencer par la santé psychique: “Si on voit qu’un joueur ou une joueuse est moins bien mentalement, on va lui recommander de prendre une journée de repos. Cela se faisait moins auparavant”, remarque Emmanuel Vallance. L’accompagnement individuel, lui aussi, s’est ren-

très bonne chose que les clubs prennent plus en considération le temps de récupération nécessaire au corps comme à l’esprit, même si cela implique d’avoir à disposition des effectifs plus étoffés.”

Pour ce qui est du physique, la chasse aux blessures s’effectue à présent en amont, en quantifiant avec précision la charge de travail subie par les joueurs. Grâce aux GPS qui équipent dorénavant



SANDRINE
ISOARD GAUTHIER

Chercheuse à l’université
Grenoble Alpes

On voit de plus en plus d’athlètes suivis par des psychologues et des préparateurs mentaux

La pression des réseaux sociaux en prime

Un penalty manqué, un plaquage raté et tout s’emballe. Sur les réseaux sociaux, *“les joueurs sont devenus beaucoup plus accessibles et il est donc plus facile de les toucher psychologiquement, simplement en laissant un commentaire sur Instagram ou sur X”,* regrette Emmanuel Vallance, de l’OL. Selon la Fifa, plus de la moitié des joueurs de la finale de l’Euro 2021 et de la Coupe d’Afrique 2022 ont reçu des insultes en ligne, surtout racistes ou homophobes et venant de leurs compatriotes. C’est aussi le cas d’une joueuse sur cinq de la Coupe du monde 2023. Face à ce fléau, la Fifa a mis en place un système de modération basé sur une IA qui masque les commentaires insultants.

tements addictifs ou de l’insomnie. Cela conduit parfois le sportif à interrompre sa pratique. Dans ce cas, un éventuel retour à la compétition est particulièrement difficile”, souligne la chercheuse.

Alors, que faire pour éviter cette fatigue physique et mentale, revers fâcheux de la réussite sportive? Les clubs et les structures d’encadrement du haut niveau tentent de limiter la pression qu’ils exercent sur les athlètes pour endosser un rôle

forcé: “On voit de plus en plus d’athlètes suivis par des psychologues et des préparateurs mentaux”, ajoute Sandrine Isoard Gauthier.

Les temps de repos sont également davantage respectés. *“Après la Coupe du monde de rugby, certains joueurs internationaux comme Antoine Dupont et Grégory Alldritt n’ont pas repris le championnat tout de suite, et ils ont pu s’accorder du temps pour eux, note Patrice Péran. C’est une*

les athlètes à l’entraînement et en match, “il est possible d’analyser la distance totale parcourue, ou encore le nombre d’accélération et de décélération”, détaille le responsable du développement athlétique de l’AS Monaco.

BAGUES CONNECTÉES

Le port de bagues connectées permet même de récupérer des données sur le sommeil et la fréquence cardiaque. Ces informations peuvent

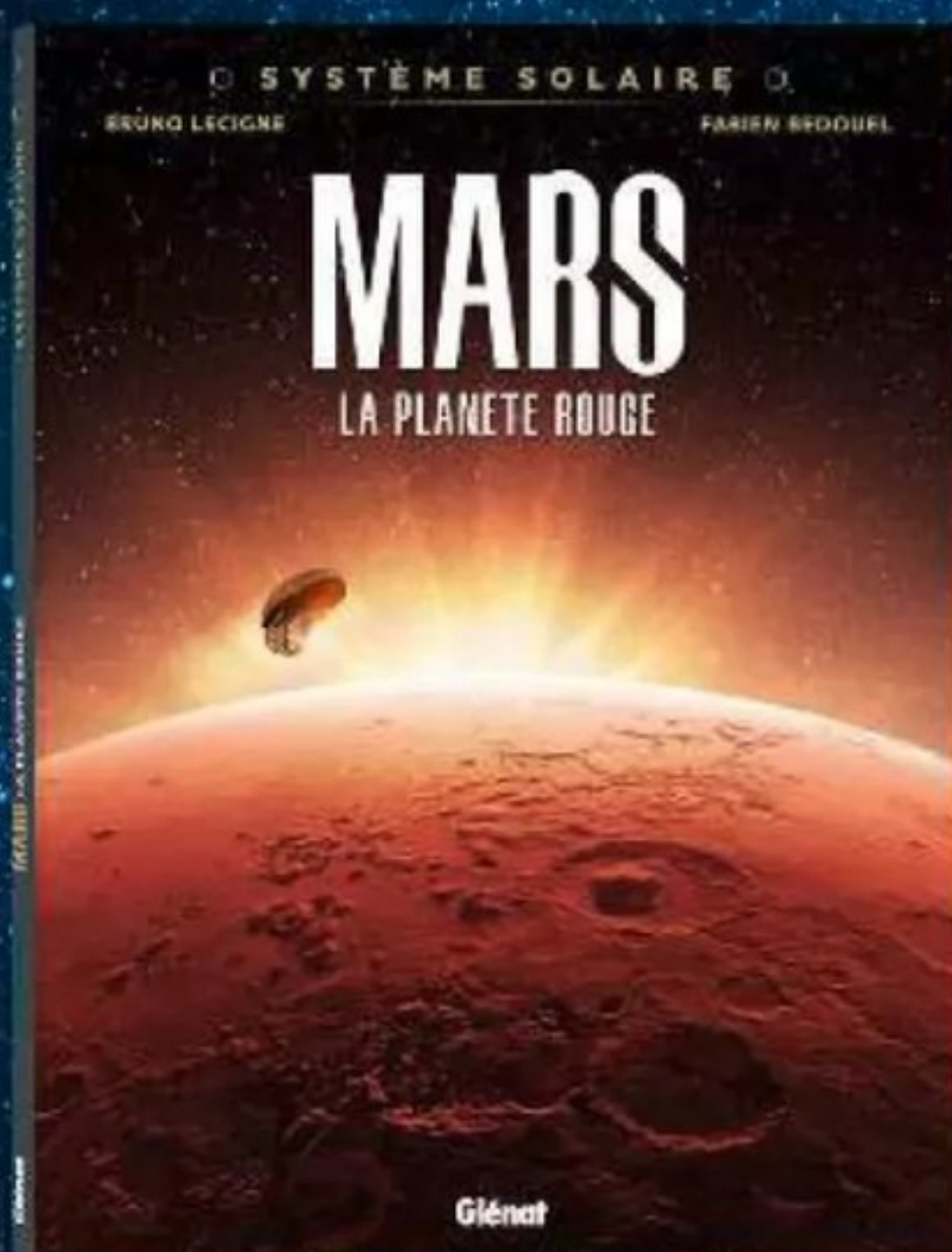
alors être utilisées pour ajuster la charge d’entraînement et éviter le surmenage musculaire des sportifs. Mais elles ne remplaceront pas l’humain, prévient Emmanuel Vallance: *“Le ressenti du joueur reste important: même en ayant accès à toutes ces données, il subsiste une part d’incertitude liée au contexte, l’humeur par exemple.”*

Toutes ces précautions pourront-elles endiguer l’épidémie de blessures que connaît actuellement le sport de haut niveau? Réponse dans quelques mois, lors d’un été où s’enchaîneront championnat d’Europe de football et Jeux olympiques. De quoi épuiser physiquement et mentalement les meilleurs athlètes de la planète –des humains quand même.

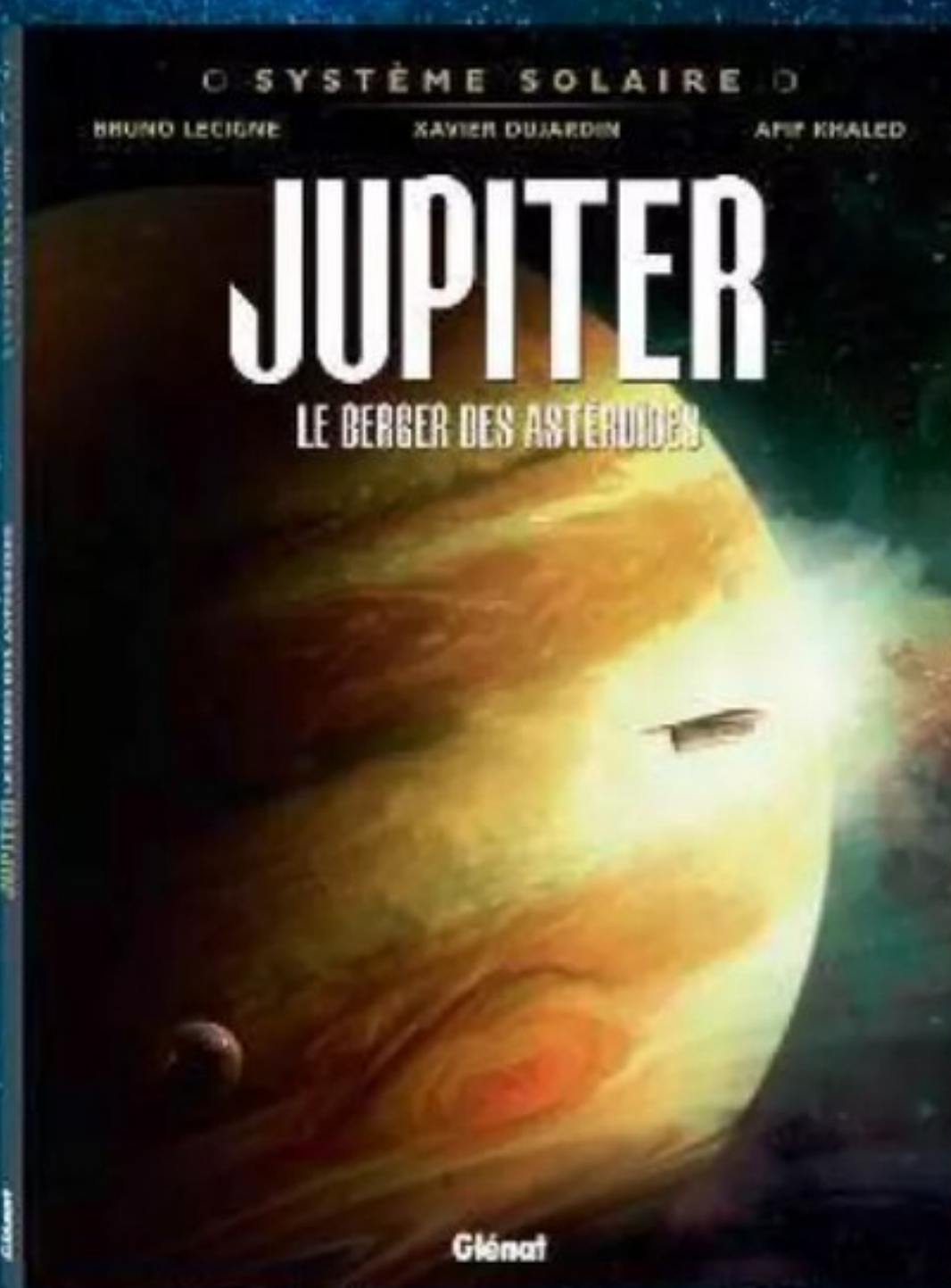
SYSTÈME SOLAIRE

LA PLUS GRANDE EXPLORATION SPATIALE COMMENCE MAINTENANT.

BRUNO LECIGNE
FABIEN BEDOUEL



BRUNO LECIGNE
XAVIER DUJARDIN
AFIF KHALED



LE 27 MARS
AU RAYON BD

Glénat



Observatoire
de Paris

PSL



Beaucoup de bateaux de pêche échappent à tout contrôle

France

Celle où les réglementations imposent un suivi

Parmi les bons élèves, on trouve la Zone économique exclusive (ZEE) européenne, où environ 61 % des bateaux de pêche sont enregistrés. La France, elle, est dans la moyenne avec 60 %. Il faut dire que les réglementations imposent le suivi de tous les navires de pêche de plus de 9 m de long afin d'endiguer la pêche illégale, notamment celle du thon rouge. Impossible de savoir, parmi les 40 % restants, la part qui s'y adonne.

États-Unis

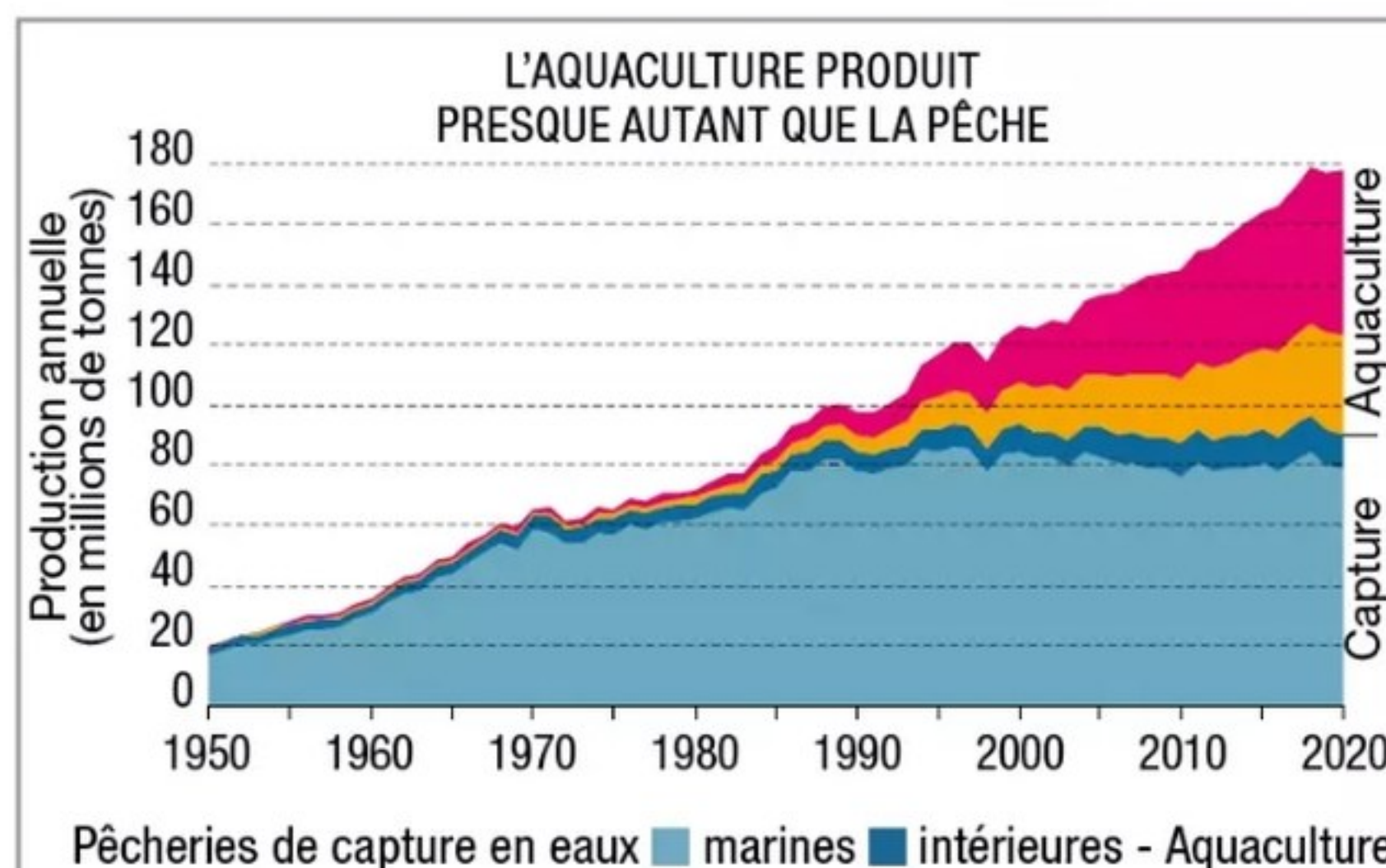
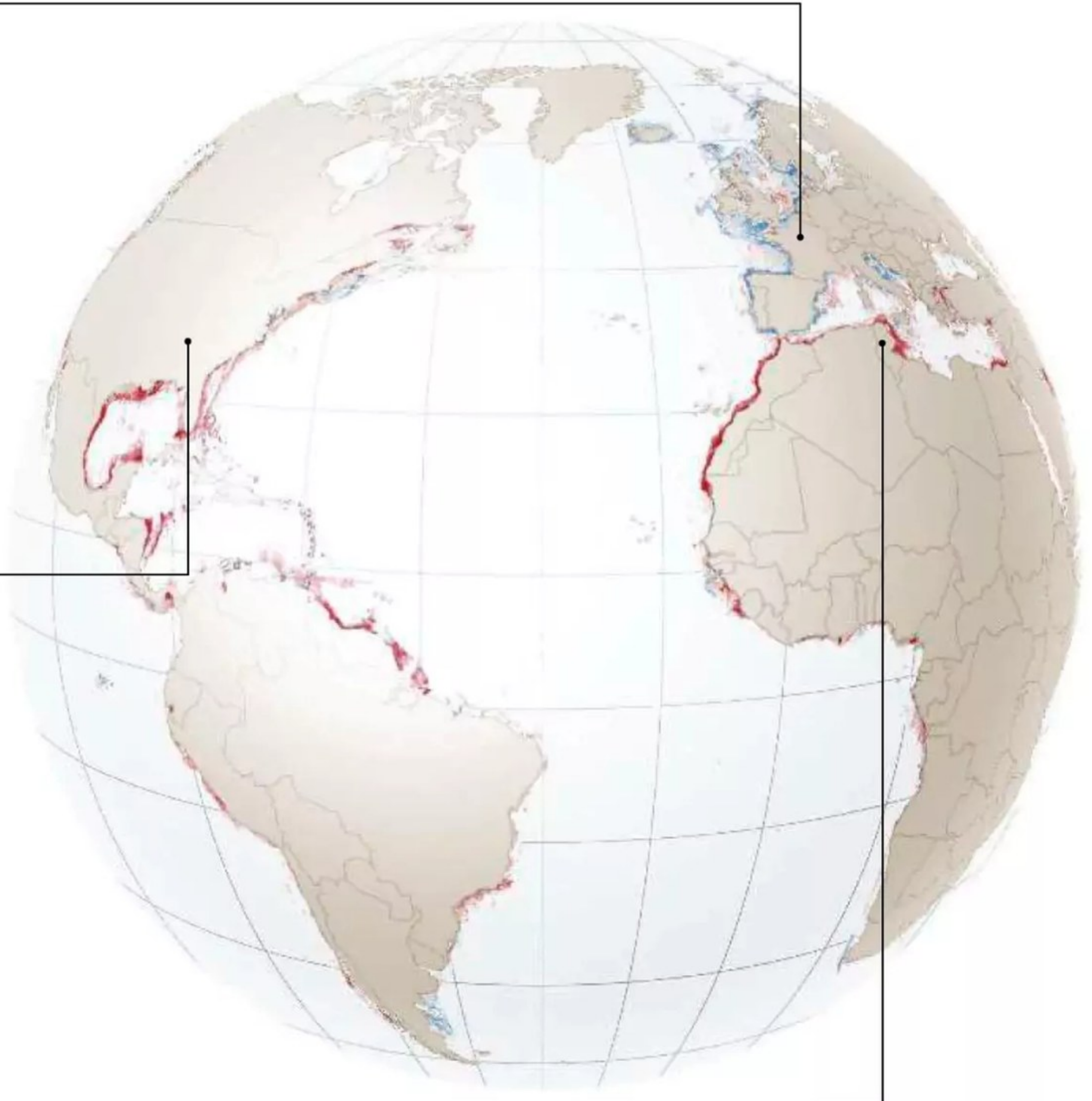
Ceux qui cachent le suivi des bateaux

Aux États-Unis, les réglementations n'imposent pas de diffuser les informations de suivi au public. Seule l'Agence américaine d'observation océanique et atmosphérique, un organisme gouvernemental, y a accès. Résultat, le continent nord-américain est celui dont l'activité de pêche est la moins connue au monde, avec 17 % des bateaux suivis. Mais, selon les ONG, la pêche illégale n'y serait pas plus importante qu'en Europe.

Tunisie

Celle qui pratique le chalutage de fond

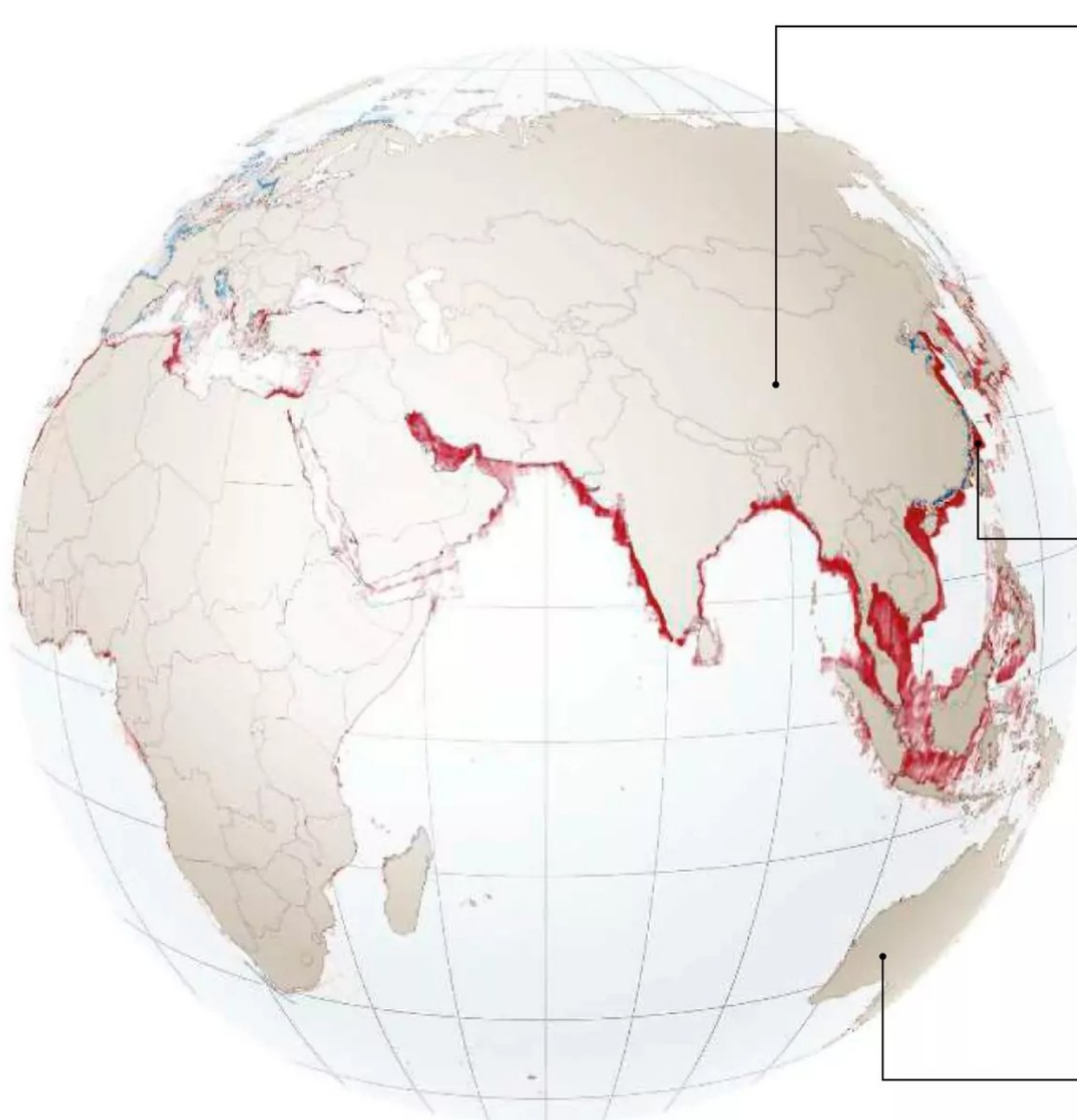
En Tunisie, de nombreux bateaux de pêche pratiquent le chalutage de fond, avec de lourds filets qui dégradent le plancher océanique. Et la plupart ne sont pas suivis. Les images satellite ont notamment découvert une très forte concentration de bateaux dans le golfe de Gabès, où le chalutage est pourtant interdit car il s'agit d'une véritable pouponnière d'espèces marines.



Les activités de pêche ont ralenti avec le temps

Si la consommation de produits de la mer n'a cessé de croître depuis 1950, la quantité pêchée s'est stabilisée vers 1990 à environ 90 millions de tonnes/an. En parallèle, l'aquaculture a explosé et représente aujourd'hui 49 % des produits issus des océans.

Grâce aux images satellite, des chercheurs américains ont suivi les activités des navires de pêche dans le monde entier entre 2017 et 2021. En comparant leurs observations avec les données accessibles au public, ils ont constaté que l'activité de 75 % d'entre eux n'était pas connue. Or une partie relève de la pêche illégale. Cette surveillance est donc essentielle pour mettre en place des politiques environnementales efficaces. PAR CHARLOTTE MAUGER



Chine

Celle qui est la championne de la pêche

Environ 30 % des activités de pêche dans le monde sont concentrées sur la ZEE chinoise, faisant du pays le 1^{er} consommateur et exportateur de poisson. Pourtant, seuls 22 % de ses navires sont tracés. L'Europe estime ainsi qu'environ la moitié des pêches illicites sont perpétrées par des bateaux chinois dans des eaux protégées par la législation internationale.

Corée du Nord

Celle qui concentre le plus de navires

Entre 2017 et 2019, les images satellite ont dévoilé une impressionnante concentration de navires non-tracés dans les eaux nord-coréennes : environ 40 par 1 000 km² ! La grande majorité d'entre eux proviennent de pays frontaliers et entrent illégalement sur le territoire à la recherche, notamment, de *Todarodes pacificus*, une espèce de calamar comestible locale.

Australie

Celle où les braconniers passent incognito

Selon l'étude, entre 5 et 20 bateaux de pêche sont détectés chaque semaine dans le parc marin de la Grande Barrière, une aire protégée à l'est du pays qui abrite le plus grand récif corallien du monde. Or leurs positions ne sont jamais partagées... Mais les chercheurs ne peuvent pas conclure à une infraction : le parc étant encerclé de zones de pêches légales, ils ne savent pas si ces navires ne font que passer... ou pas.

20%

C'est la part de poissons consommés dans le monde qui est issue de la pêche illégale, selon l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture.

63 300

C'est le nombre moyen de bateaux qui étaient présents en mer à chaque instant entre 2017 et 2021. Près de la moitié étaient des navires de pêche.

PROPORTION DE NAVIRES SUIVIS PAR KM²

- De 0 à 25 %
- De 25,1 % à 50 %
- De 50,1 % à 75 %
- De 75,1 % à 100 %

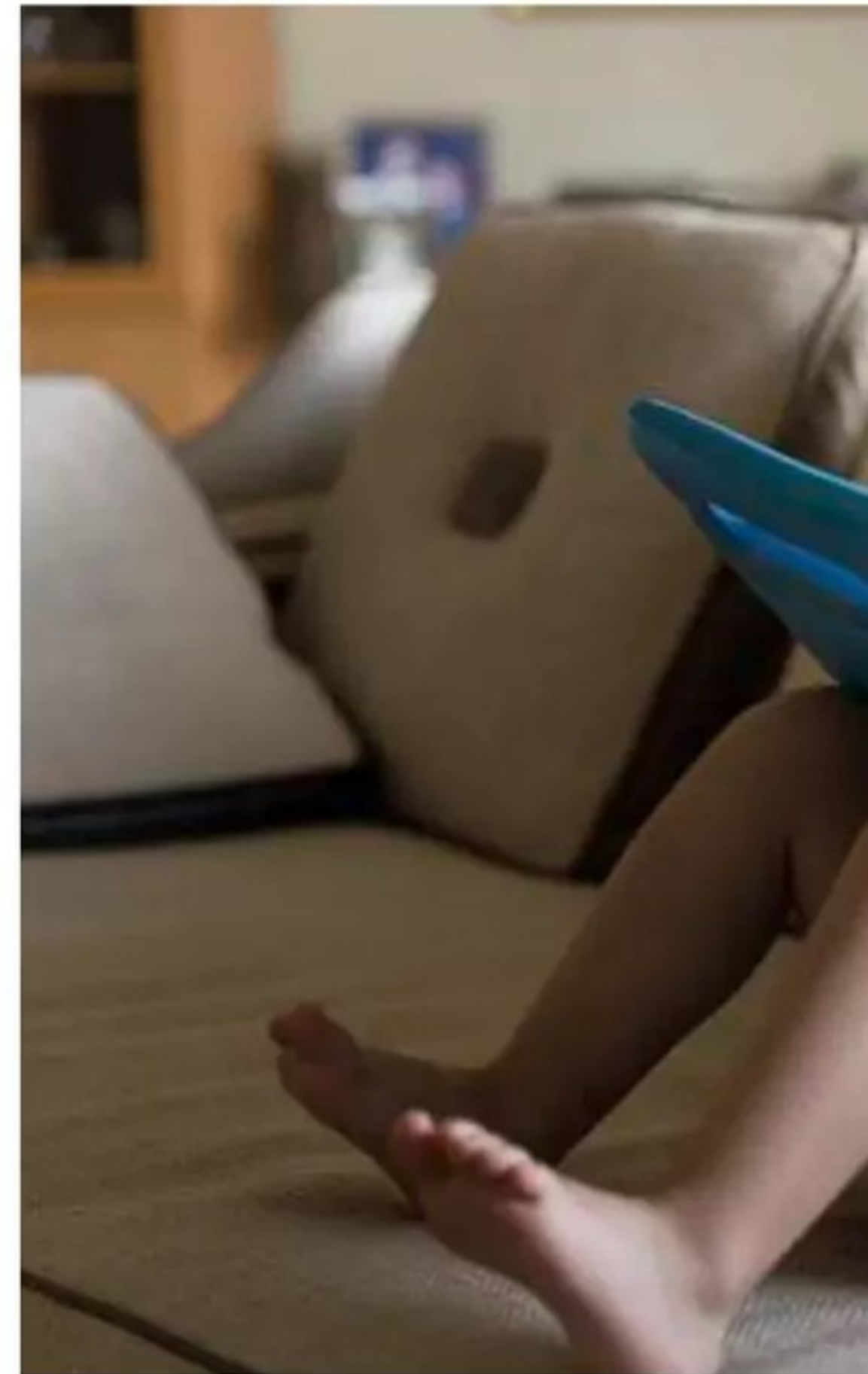
Les écrans sont-ils vraiment nocifs pour les enfants ?

C'est la plus vaste étude jamais réalisée concernant l'impact des écrans sur les jeunes Français : des chercheurs de l'Inserm/université de Lyon ont analysé les données recueillies auprès de 14 000 enfants suivis par la cohorte épidémiologique Elfe depuis leur naissance, en 2011. Leurs résultats, parus en juin 2023, indiquent que les effets des écrans sont négatifs sur les moins de 6 ans, tout en restant faibles une fois que le contexte familial ou le mode d'utilisation sont pris en compte. Deux spécialistes du sujet nous décryptent ces nouvelles conclusions.



SÉVERINE ERHEL

Enseignante chercheuse en psychologie cognitive à l'université Rennes 2, coautrice, avec Anne Cordier, du livre *Les Enfants et les écrans* (Retz, 2023)



Science&Vie: Que faut-il retenir de cette vaste étude sur la cohorte Elfe ?

Séverine Erhel: Que le fait de regarder la télé pendant les repas est associé à de plus mauvais scores de raisonnement verbal à 2 ans, et de développement cognitif à 3 ans et demi et 5 ans. Car la télé se substitue ici aux interactions sociales entre l'enfant et les parents. Mais lorsqu'on prend en compte le niveau socio-économique et le contexte familial, on voit que l'effet négatif des écrans s'atténue largement: le retard de développement n'est

donc pas une conséquence des écrans seuls mais de l'environnement socioculturel des enfants.

Serge Tisseron: Cela conforte les résultats d'une autre étude, menée au Canada, qui montrait que pour réduire les risques de problèmes comportementaux et socio-émotionnels chez les moins de 2 ans, le temps d'écran n'est pas le plus important. Il faut plutôt s'assurer que l'enfant inter-

agit avec ses parents et qu'il est engagé dans des groupes de jeu informels.

S&V: Y a-t-il malgré tout des effets délétères directement associés aux écrans ?

S.E.: Cette étude et d'autres quantifient l'effet intrinsèque des écrans par une baisse de QI de l'ordre de 0,5 à 0,7 point pour chaque heure d'écran par jour entre 2 et 5 ans... ce

qui est peu par rapport à la moyenne de référence de 100. Pour avoir une baisse inquiétante, il faudrait donc une exposition massive, de l'ordre de 6 heures par jour. S.T.: En fait, quel que soit le temps d'écran, c'est la capacité des parents à accompagner leurs enfants, leur proposer des activités variées et parler avec eux de ce qu'ils voient et font avec les écrans qui est déterminante. Si vous enfermez votre enfant dans un placard, vous observerez des retards de développement... mais quel est l'effet intrinsèque du placard ?

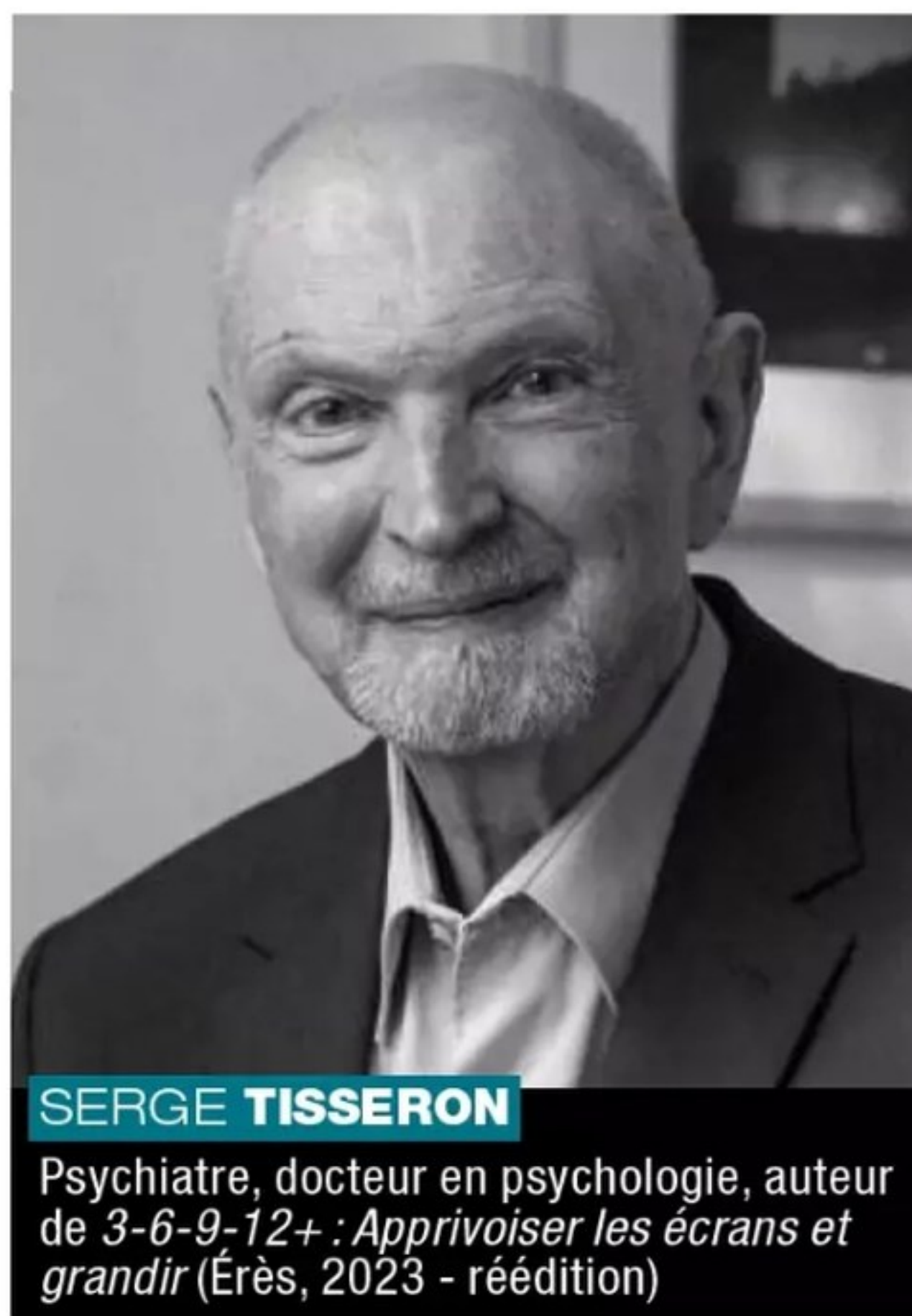
“Le seul domaine où l'on peut parler d'un effet causal des écrans, car on a des études robustes en la matière, est celui du sommeil”

SÉVERINE ERHEL

L'impact des écrans sur les tout-petits est négatif... mais de façon marginale, une fois pris en compte le rôle des parents et le contexte d'utilisation.

C'est ce que suggère une étude issue de la cohorte épidémiologique Elfe, qui surveille les facteurs pouvant avoir une influence sur le développement physique et psychologique de l'enfant. Précisions.

PAR HUGO LEROUX



SERGE TISSERON

Psychiatre, docteur en psychologie, auteur de *3-6-9-12+ : Apprivoiser les écrans et grandir* (Érès, 2023 - réédition)

S&V: Les écrans ne se substituent-ils pas à d'autres moments importants comme le sommeil, la sociabilité ou l'activité physique ?

S.T. : C'est ce qu'ont suggéré plusieurs études menées entre 1990 et 2010. Elles sont aujourd'hui remises en cause car leurs résultats sont des corrélations et non des causalités. Elles ne tenaient pas compte du mode de vie général des enfants. En effet, il y a des parents qui, pour diverses raisons, se désintéressent de ce que leurs enfants mangent, de leur vie

“En fait, quel que soit le temps d'écran, c'est la capacité des parents à interagir avec leurs enfants qui est déterminante”

SERGE TISSERON

sociale, de leur travail scolaire, du temps qu'ils passent devant les écrans. Ce désintérêt a des conséquences sur la capacité de l'enfant à se réguler dans tous ces domaines : alimentation, sommeil, sociabilité, temps d'écran...

S.E. : Le seul de ces domaines où l'on peut parler d'un effet causal des écrans, car on a des études robustes en la matière, est celui du sommeil. On peut vraiment dire

que plus on consomme de numérique tard dans la journée et plus cela repousse l'endormissement en raison d'un décalage des rythmes circadiens. Ce qui nuit *in fine* à la qualité du sommeil.

S&V: Quelles recommandations adresser aux parents, finalement ?

S.E. : Pour lutter contre la sédentarité et limiter les effets de substitution des interactions sociales,

il faut respecter les recommandations de l'OMS : 1 heure d'écran par jour jusqu'à 3 ans puis 2 heures maximum jusqu'à 5 ans. Ce temps doit, autant que possible, être éducatif et accompagné pour susciter l'échange. Il faut aussi éviter la “technoférence”, le fait que les parents soient sur leur téléphone ou que la télé tourne lorsque leur enfant est là. Surtout pendant les repas, car c'est un moment d'échange privilégié. S.T. : Bien sûr, de nombreux parents ont une vie stressante – célibataires et isolés, en situation de précarité, etc. Ils peuvent avoir besoin de laisser leur enfant devant la télé pour avoir un moment pour eux ou pour s'occuper des tâches domestiques. Il ne faut pas les culpabiliser. La plasticité du cerveau humain est grande, encourageons les parents à consacrer un temps après la télé à un jeu ou une activité partagée. Enfin, au niveau collectif, nous devons renforcer les alternatives aux écrans afin de soulager ces parents, que ce soit par les crèches, les aires de jeu ou l'ouverture des cours de récréation des écoles le week-end.

Le jour où un homme a été exécuté par inhalation d'azote

1 | Une nouvelle méthode de mise à mort...

Le 25 janvier dernier, l'État américain d'Alabama a mis à mort Kenneth Eugene Smith, condamné pour le meurtre d'une femme commis en 1988, selon une méthode inédite : les bourreaux ont placé sur son visage un masque pour lui faire inhaler de l'azote pur, privant son corps d'oxygène. Pendant plusieurs minutes, Kenneth Eugene Smith s'est débattu et a respiré bruyamment avant de perdre connaissance, puis mourir 29 minutes après le début de l'exécution.

2 | ... pourtant largement controversée...

Si c'est la première fois que cette méthode est utilisée sur un être humain, elle est bien connue des vétérinaires. Mais voilà : alors que le protocole employé sur les animaux préconise de les séder avant de leur faire inhaler le gaz, celui pratiqué en Alabama ne le prévoit pas. Le Haut-Commissariat des Nations unies aux droits de l'homme a ainsi estimé, dans un communiqué, que ce mode d'exécution pouvait être "assimilé à de la torture".

3 | ... afin de remplacer les injections létales, déjà très critiquées

L'Alabama a choisi cette nouvelle méthode d'exécution, en partie parce que les trois produits utilisés pour endormir, paralyser et stopper le cœur du condamné lors des injections létales se font de plus en plus rares. Puis, parce que cette méthode utilisée depuis les années 1980 est aussi controversée. "Au début du XXI^e s., on s'est rendu compte que les bourreaux ne savaient pas préparer et in-

jecter les produits correctement. Résultat, beaucoup de condamnés étaient mal endormis et mouraient dans d'atroces souffrances", pointe Simon Grivet, historien des États-Unis à l'université de Lille. Kenneth Eugene Smith a d'ailleurs lui-même réchappé à une première tentative d'exécution par injection létale, en novembre 2022, car le personnel de la prison ne parvenait pas à lui poser l'intraveineuse.

MICKEY WELSH/USA TODAY NETWORK/SIPA USA/SIPA - STEPHANE JUNGERS



Un nouveau protocole de mise à mort vient d'être appliqué aux États-Unis. Inspirée d'une technique pratiquée par les vétérinaires, l'inhalation d'azote est censée pallier les défauts de l'injection létale. L'une comme l'autre sont pourtant très controversées, dans un contexte national d'abolition de la peine capitale.

PAR LISE GOUGIS



4 | La peine capitale est moins pratiquée aux États-Unis...

Le coût élevé de la mise à mort et les erreurs judiciaires à répétition fragilisent la popularité de la peine capitale aux États-Unis : *“Elle s'affaiblit très fortement, souligne Simon Grivet. Non seulement le nombre d'exécutions, qui était de l'ordre d'une centaine en 1999, a été divisé par cinq, mais les condamnations sont elles aussi en forte baisse.”* La Virginie l'a même abolie en 2021 – une première pour un État du Sud. Et si, officiellement, 27 États sur 50 incluent toujours la peine de mort dans leur législation, seuls 10 l'ont réellement pratiquée ces dix dernières années.



5 | ... mais certains États du Sud comptent tout de même adopter ce nouveau protocole

Les autres États du Sud sont loin de suivre l'exemple de la Virginie. *“Les fondamentaux culturels y restent stables, il y a cette idée ‘œil pour œil, dent pour dent’ qui est très forte”,* affirme Simon Grivet. Chez eux, l'inhalation d'azote pourrait devenir la nouvelle norme. *“En comparaison de*

l'injection létale, l'inhalation d'azote apparaît comme un procédé relativement peu cher et facile à administrer”, conclut l'historien. Deux autres États, l'Oklahoma et le Mississippi, l'ont ainsi déjà approuvée. Reste à savoir si le protocole évoluera pour inclure la sédation.

L'étrange affaire... de cas regroupés de la maladie de Charcot



Rappel des faits

En une douzaine d'années, cinq personnes vivant dans la même rue d'un village de la Somme ont été atteintes de sclérose latérale amyotrophique – la maladie de Charcot.

Le village de Saint-Vaast-en-Chaussée, dans la Somme, a vécu un étrange phénomène. Parmi ses 489 habitants, cinq ont développé une sclérose latérale amyotrophique (SLA) en à peine douze ans, dont ils sont décédés. Et tous vivaient dans la même rue ! Il s'agit pourtant d'une maladie rare : l'équipe de Philippe Couratier, au CHU de Limoges, avait calculé en 2022 que l'incidence du SLA était de 2,46 cas par an pour 100 000 habitants. À Saint-Vaast-en-Chaussée, c'est donc près de 34 fois plus... "Trouver cinq cas dans un si petit village est assez intrigant", reconnaît le neurologue. Suffisamment, même, pour que l'ARS Hauts-de-France saisisse Santé

publique France afin de diligenter une enquête. Celle-ci devra déterminer s'il existe effectivement une anomalie statistique.

Si oui, quelles pourraient en être les causes ? "Dans 10 % des cas, la SLA s'explique par des mutations génétiques,



^ L'incidence de la maladie est très élevée pour un petit village.

indique Philippe Couratier. Il est arrivé que l'on trouve plusieurs malades dans un même village, puis que l'on se rende compte qu'ils étaient apparentés et portaient une même mutation. Il faudra

vérifier que ce n'est pas le cas ici." Dans les 90 % restants, en revanche, aucune mutation génétique connue n'est retrouvée. La cause peut alors être environnementale. "L'exposition aux pesticides pourrait expliquer pourquoi les agriculteurs sont

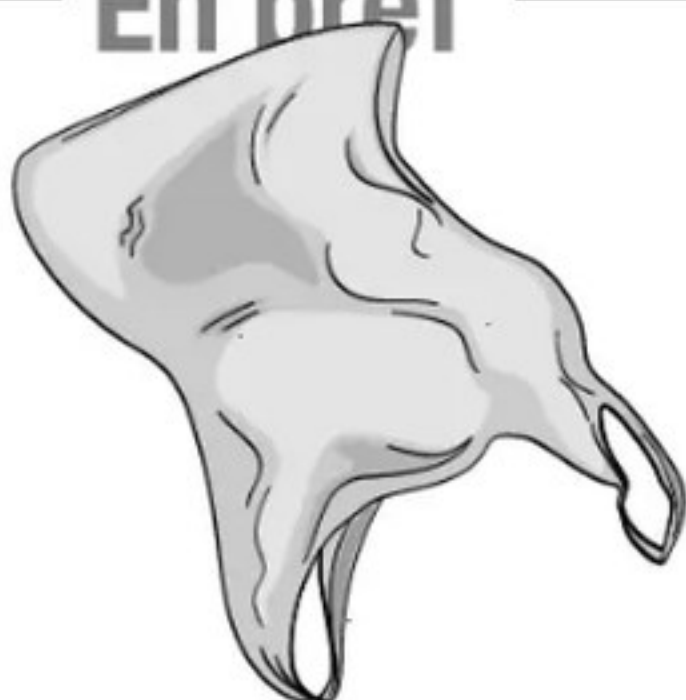
plus impactés par cette maladie", avance Emeline Lagrange, neurologue au CHU de Grenoble. Sauf qu'aucun des individus atteints à Saint-Vaast-en-Chaussée n'était agriculteur.

L'alimentation constitue une autre piste. "Dans les années 1950, l'incidence de la SLA sur l'île de Guam, dans le Pacifique, était 50 à 100 fois plus élevée qu'ailleurs, raconte Philippe Couratier. Il avait finalement été mis en évidence que la maladie était liée à une neurotoxine, la BMAA, contenue dans les noix de cycas."

CAUSE MULTIFACTORIELLE

Retrouvée dans des coquillages de l'étang de Thau, dans l'Hérault, la BMAA avait aussi été incriminée dans des cas survenus dans la région. Plus récemment, ce sont de fausses morilles contenant une autre neurotoxine, l'hydrazine, qui avaient

En bref



56

C'est la part de polyéthylène (le plastique le plus utilisé dans le monde) produit entre 2020 et 2024 qui provient uniquement de Chine – environ 25 millions de tonnes. Le plastique neuf est tellement en surabondance qu'il coûte moins cher que le plastique recyclé (943 \$ la tonne contre 1 631 \$ en 2023).

2903

C'est le nombre d'espèces menacées d'extinction en France, d'après le dernier bilan de l'Union internationale pour la conservation de la nature. Cela représente 16,7 % des espèces recensées sur le territoire. Tous les grands groupes du vivant sont concernés – plantes et animaux, sur terre comme sur mer.

été mises en cause en Savoie (voir S&V n°1251).

Mais il n'existe pas de parc à coquillages près de Saint-Vaast-en-Chaussée et le cycas ne pousse pas dans la Somme: peu probable que cinq personnes d'une même rue en aient été victimes. La fausse morille reste, elle, une suspecte crédible, vu qu'elle pousse un peu partout en France.

"La difficulté, c'est que toutes les études incriminant une exposition à des substances potentiellement toxiques sont controversées", pointe Philippe Couratier. *"Il se peut aussi que la cause soit multifactorielle ou qu'une prédisposition génétique à la maladie ne se révèle qu'à la suite d'une exposition environnementale",* ajoute Séverine Boillée, neurologue à l'Institut du cerveau. L'enquête s'annonce corsée. **Coralie Hancock**

#FAKENEWS

ILLUSTRATION TONWEN JONES/COLAGENE - FRED HASLIN/LE COURRIER PICARD/PHOTOPQR/MAXPPP - SHUTTERSTOCK



Non, les potagers urbains ne sont pas à l'origine du réchauffement climatique

C'est pourtant ce qu'ont annoncé, en février, des articles en ligne, à la suite d'une étude montrant que l'agriculture en ville émettait plus de CO₂ que son pendant conventionnel. Toujours selon ces médias, les potagers seraient même bientôt interdits! C'est évidemment faux. Si cette étude existe bel et bien, ses conclusions sont en réalité différentes. *"Nous avons comparé l'empreinte carbone de l'agriculture urbaine – des micro-fermes, des jardins partagés; pas celle des potagers de particuliers – à celle de l'agriculture conventionnelle,* explique Agnès Fargue-Lelièvre, chercheuse à AgroParisTech et coautrice de l'étude. *Et nous en avons conclu que la première est en effet six fois plus élevée que*

la seconde." Mais il faut rappeler le contexte: la surface qu'occupent les fermes en ville est minime par rapport aux exploitations agricoles classiques, leur bilan de CO₂ est donc dérisoire et affecte très peu le climat. *"De plus, cette empreinte carbone s'explique surtout par les investissements réalisés lors de leur installation: production des bacs en plastique, apport des substrats en camion, etc. Or ces structures disposent en général d'une convention d'occupation précaire et sont souvent remplacées après quelques années. L'investissement n'est pas rentabilisé."* Pour réduire le bilan carbone de l'agriculture urbaine, il suffirait donc de l'exploiter plus longtemps. Tout simplement. **C. Hancock**

623

C'est, en km/h, la vitesse atteinte par le prototype d'Hyperloop chinois, un train à sustentation magnétique qui file grâce à des électro-aimants. Un record établi sur une piste de 2 km: la société Casic, à l'origine du projet, estime qu'il pourrait dépasser les 1 000 km/h sur un circuit plus long.



100 000

C'est le nombre de personnes que le secteur du nucléaire français devrait recruter dans les dix prochaines années. Indispensable pour développer de nouveaux modèles de centrales, construire et entretenir les six nouveaux réacteurs prévus d'ici à 2035, et démanteler ceux en fin de vie.

Les clés pour comprendre les risques liés aux antibiotiques

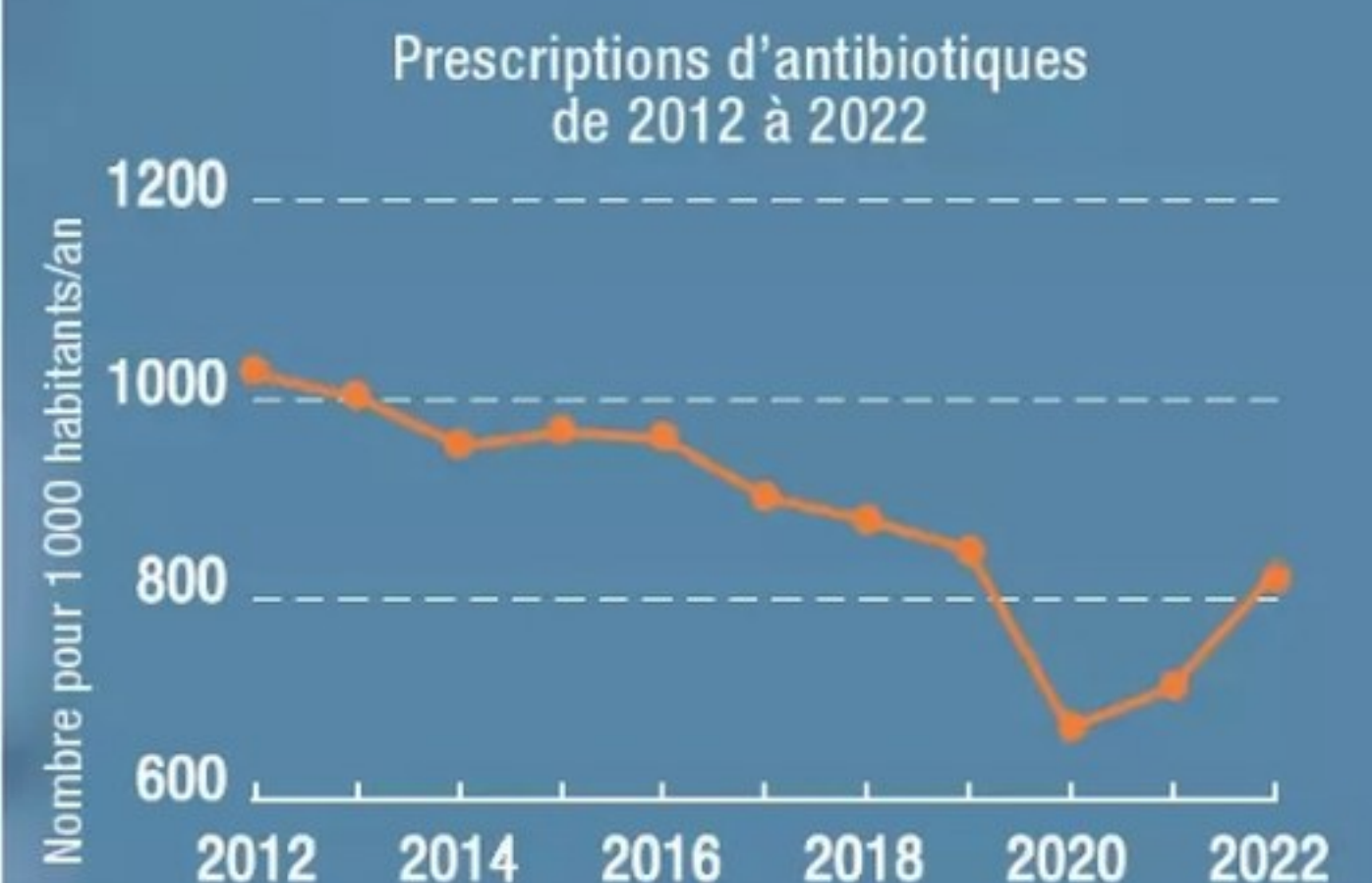
“Les antibiotiques, c’est pas automatique”, scandait la campagne gouvernementale. Avec un certain effet, qui aura duré vingt ans. Mais depuis 2021, la consommation de ces médicaments augmente de nouveau en France, favorisant une inquiétante antibiorésistance.

PAR **KHEIRA BETTAYEB**



1 Leur consommation repart à la hausse...

L'augmentation de la consommation se retrouve dans toutes les classes d'âge et la hausse de prescription concerne toutes les spécialités médicales du secteur de ville. En 2022, les antibiotiques représentaient ainsi 75,5% des ordonnances des généralistes et 12,3% de celles des dentistes.



3 Résultat : l'antibiorésistance va augmenter

Un rapport de l'OCDE estime que les infections dues à des bactéries résistantes aux antibiotiques pourraient causer plus de 230 000 décès en France d'ici à 2050, si la consommation ne baisse pas.

120 000

infections par an liées à des bactéries résistantes aux antibiotiques

5 500

décès par an liés à des bactéries résistantes aux antibiotiques

SHUTTERSTOCK - STÉPHANE JUNGERS

Après vingt ans de baisse, la consommation des antibiotiques est repartie à la hausse en France en 2021, poussée par le contexte post-Covid. Malgré les nombreuses campagnes d'information appelant

à réduire leur usage, rien n'y fait: ces médicaments, qui ciblent uniquement les infections bactériennes – angines, otites... –, continuent d'être trop souvent utilisés à tort pour combattre des infections virales respiratoires – certaines angines, la grippe, la bron-

chiolite... "Il est urgent que les professionnels de santé et les patients utilisent mieux les antibiotiques", exhorte Alban Dhanani, directeur médical adjoint à l'Agence nationale de sécurité du médicament. Car s'ils ont permis de sauver des millions de vies, leur bana-

lisation menace plus que jamais leur efficacité." En effet, l'usage massif de ce type de médicament favorise le développement de bactéries qui leur sont résistantes. Ces souches par définition insensibles aux traitements entraînent souvent des complications. Explications.

2 ... entraînée par le boom des maladies hivernales post-Covid

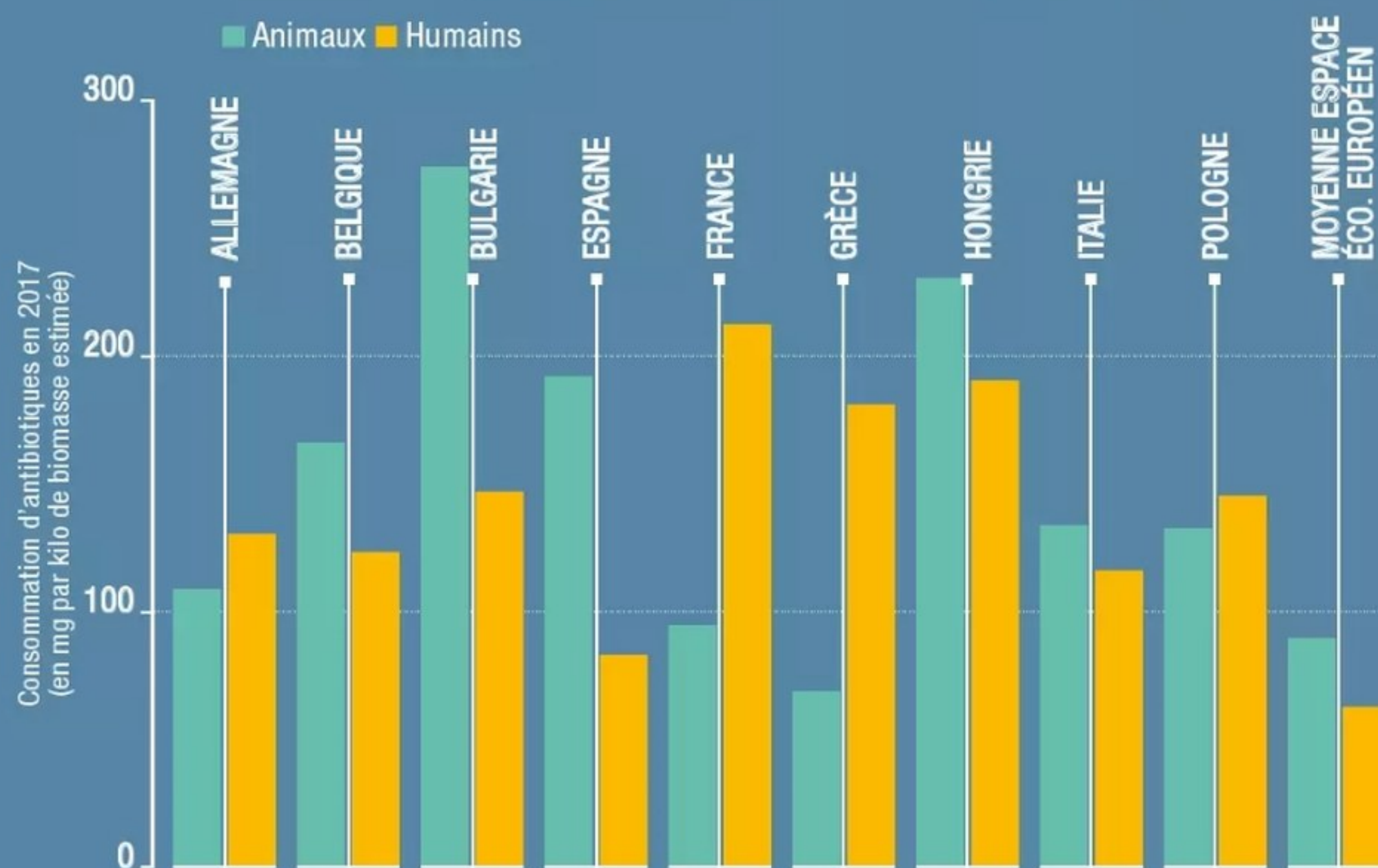
Sitôt que les mesures barrières liées au Covid-19 ont été levées, les infections hivernales sont revenues de façon plus intense qu'avant la pandémie. Ce qui a entraîné une hausse des recours aux antibiotiques, trop souvent non justifiés, pour lutter contre des infections virales comme la bronchiolite, certaines gastro-entérites ou la grippe.

Passages aux urgences entre 2020-2021 et 2022-2023



4 Il faut en réduire l'usage chez l'humain et l'animal...

Les animaux domestiques et d'élevage consomment également des quantités élevées d'antibiotiques. De quoi favoriser encore davantage le développement de bactéries résistantes, qui pourront par la suite impacter d'autres animaux... dont les humains.



5 ... et notamment prendre de bonnes habitudes

Se faire tester, comme avec le Trod, qui distingue une angine virale – 80 % des cas et ne nécessitant pas d'antibiotiques – d'une angine bactérienne.



Éviter l'automédication et rapporter à la pharmacie les boîtes entamées ou non utilisées.



Se laver les mains, entre autres gestes barrières, prévient les infections et leur transmission.

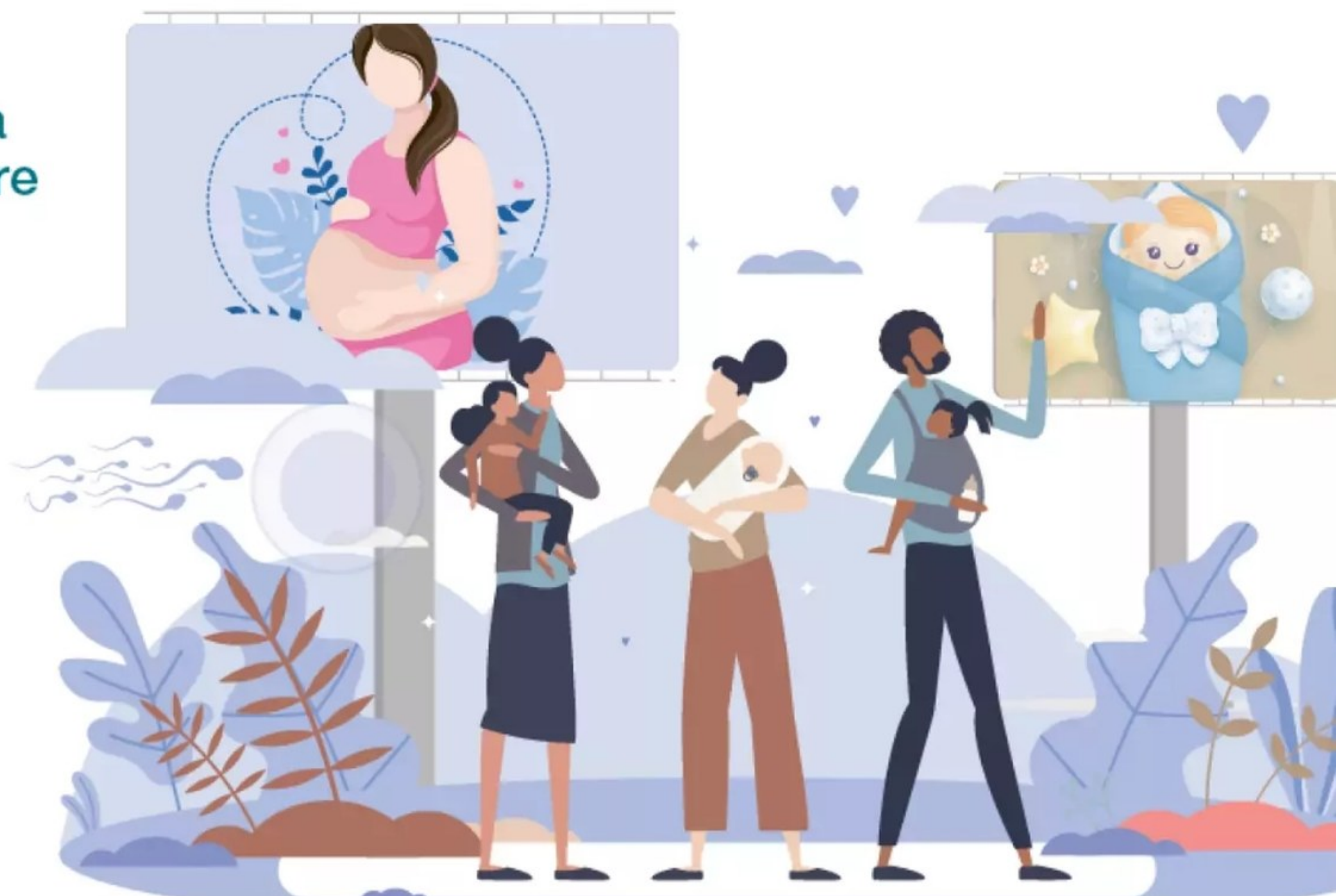
SOURCES: SANTÉ PUBLIQUE FRANCE - EFSA JOURNAL, 2021

Est-ce bien nécessaire de relancer la natalité en France ?



La population de la France ne s'effondre pas encore...

Elle a même augmenté : le pays a gagné quelque 230 000 habitants supplémentaires en 2023. Pourtant, la natalité française a fortement baissé entre 2022 et 2023, passant de 726 000 à 678 000 nouveau-nés sur l'année. "Avec un indice de fécondité de 1,68 enfant par femme en 2023, nous sommes sous le seuil de renouvellement de la population, qui est de 2,07 enfants par femme", indique Laurent Toulemon, directeur de recherches à l'Institut national d'études démographiques. Alors, pourquoi la population a-t-elle augmenté ? D'abord, la mortalité, en hausse pendant la pandémie, redescend enfin. Résultat : le pays a compté plus de naissances que de décès en 2023, une différence d'environ 47 000. "Nous sommes l'un des rares pays d'Europe à avoir encore un solde naturel positif", ajoute le démographe. Puis, avec 130 000 personnes supplémentaires venues de l'étranger, l'immigration a gonflé la population française. Mais attention, si la chute de la natalité continue et que l'immigration n'arrive plus à la compenser, comme c'est le cas en Italie, la population française pourrait commencer à décroître d'ici quelques années.



... et son économie résiste

Une large population est un atout économique : "Les grandes puissances sont en général des pays fortement peuplés, car avoir plus de travailleurs signifie plus de production et d'innovation", avance l'économiste Didier Blanchet. Encore faut-il que la population soit en capacité de travailler. Voyez plutôt : malgré ses 1,41 milliard d'habitants, la Chine a vu sa croissance économique ralentir fortement ces dernières années. "Cela s'explique en partie par sa faible natalité : à cause de sa politique de l'enfant unique,

la population a sérieusement vieilli et compte donc moins de travailleurs, explique Hippolyte d'Albis, professeur à l'École d'économie de Paris. Or les capitaux vont vers les économies dynamiques. Toutefois, on remarque que la plupart des pays à travers le monde vieillissent, donc ce qui compte c'est de vieillir moins vite que les autres." C'est notamment le cas de la France, portée par un indice de fécondité parmi les plus hauts d'Europe. De quoi maintenir, pendant encore quelque temps, une économie stable.

Le 16 janvier dernier, le président Emmanuel Macron évoquait la nécessité d'un "réarmement démographique" pour la France. L'idée qu'une grande puissance est forcément très peuplée se heurte toutefois aux questions d'emploi, de retraite, mais aussi d'environnement. Des spécialistes font le point.

PAR CORALIE HANCOK

EN CHIFFRES

678 000

C'est le nombre de bébés nés en France en 2023, d'après l'Insee. Cela représente une baisse de 6,6 % par rapport à 2022 et c'est aussi le chiffre le plus bas jamais enregistré depuis 1946.

1,68

C'est, selon l'Insee, l'indice de fécondité en France en 2023. Soit le nombre moyen d'enfants que mettrait au monde une femme si elle connaissait, durant toute sa vie, les conditions de fécondité observées en 2023. Il s'élevait à 2,03 enfants/femme en 2010.



Faire des enfants ne suffira pas à garantir le régime des retraites

Le système de retraite français, par répartition, fonctionne seulement si la population se renouvelle continuellement. Puisque ce n'est plus le cas, un déséquilibre entre le nombre de travailleurs actifs et le nombre de retraités se forme en France. "Le vieillissement de la population constitue un vrai problème pour les finances publiques: il y a bien sûr les retraites

qu'il faut payer, mais aussi les dépenses de santé qui augmentent avec l'âge, explique Didier Blanchet, par ailleurs président du Comité de suivi des retraites. Cependant, ce problème ne se résoudra pas en augmentant les naissances, car il faut attendre vingt ans pour que des bébés deviennent des actifs cotisants. Et en attendant, ces derniers

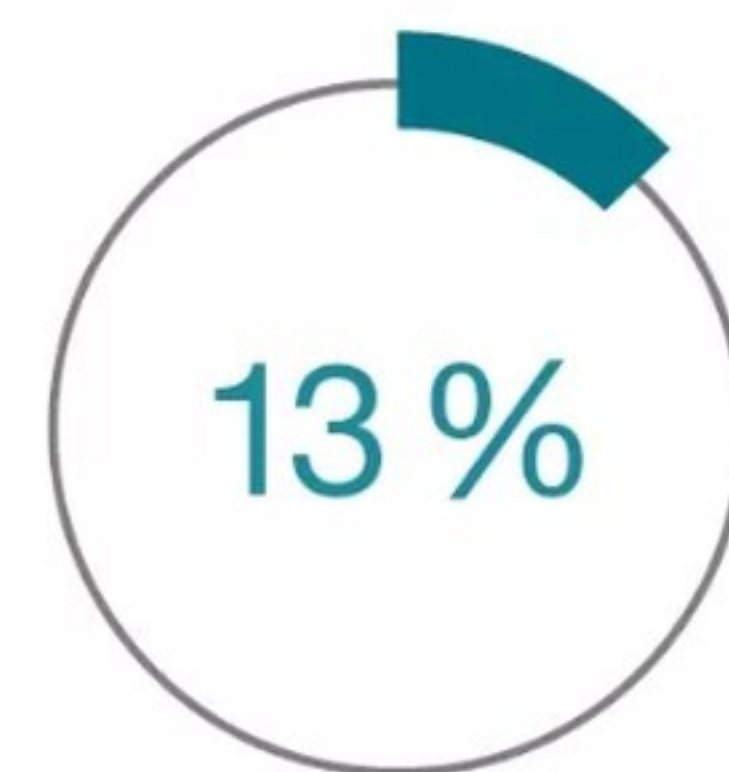
engendreront des dépenses publiques supplémentaires." Faire des enfants maintenant ne compenserait cet écart que dans plusieurs décennies. Entre-temps, il faudra donc trouver d'autres solutions, "comme soutenir l'emploi des seniors et des femmes, ou faire appel à l'immigration pour augmenter le nombre de travailleurs actifs", avance Hippolyte d'Albis.



Et ne pas en faire ne sauvera probablement pas l'environnement

Quid de l'écologie? Le réchauffement climatique, la pollution ou l'épuisement des ressources naturelles sont des arguments régulièrement avancés par les écologistes pour ne pas faire d'enfant. "La population ne peut pas croître indéfiniment dans un monde où les ressources ne sont pas infinies, concède Laurent Toulemon. Néanmoins, le niveau des émissions de gaz à effet de serre dépend beaucoup plus de nos modes de consommation que du nombre d'habitants." Autrement dit, plutôt que la

structure de nos familles, ce serait davantage notre façon de vivre qu'il faudrait changer. Selon le démographe, l'argument écologique ne semble pas encore avoir d'effet flagrant sur le taux de natalité: "Les études menées à l'étranger montrent que les craintes écologiques, bien que légitimes, ne pèsent pas, ou peu, sur la décision finale et donc sur la fécondité. Les futurs parents s'interrogent surtout sur la stabilité de leur relation, sur leurs ressources financières ou sur la taille de leur logement", avance le chercheur.



C'est la part de Françaises âgées de 15 ans et plus qui déclarent ne pas vouloir d'enfant, selon un sondage Ifop réalisé en 2022.

SHUTTERSTOCK

PAROLE AUX CHERCHEURS

IL EST URGENT DE GÉRER PLUS DURABLEMENT LES FORÊTS TROPICALES !

La plupart des forestiers défendent l'idée qu'il est possible, et souhaitable, d'exploiter durablement les forêts tropicales. Ceci pour, d'une part, assurer leur conservation et, d'autre part, générer des revenus contribuant au développement économique des populations locales. Hélas, force est de constater que la réalité contredit tristement ce séduisant concept. Voyez plutôt : au cours des trente dernières années, la planète a perdu plus de 400 millions d'hectares de forêts tropicales, pour la plupart convertis en terres agricoles ou en plantations industrielles. Dans le même temps, 106 millions d'hectares de forêts tropicales humides ont été dégradés.

Enfin, de récentes études ont montré que notre gestion durable pour le bois d'œuvre provenant des forêts tropicales... n'a en réalité rien de durable. Il faudrait, pour cela, revoir sérieusement à la baisse nos régimes d'exploitation. Or, appliquer ces nouvelles règles entraînerait une diminution tellement drastique de la production de bois que cette

dernière ne pourrait plus répondre à la demande générale. Devant tant de difficultés, certains se demandent alors s'il ne vaudrait pas mieux abandonner l'idée d'exploiter les ressources forestières tropicales de manière durable. Évidemment que non ! La demande ne cessant de croître, on risquerait d'aggraver la situation et de perdre les forêts encore existantes.

On se doit, au contraire, de relever le défi. Il faut diversifier les systèmes de production, en restaurant notamment les millions d'hectares de forêts dégradés ainsi que les recrûs forestiers [*la végétation qui pousse après l'éradication de la couverture végétale d'un terrain, ndlr*] et promouvoir, quand c'est

nécessaire, la plantation d'espèces locales. Bien sûr, il faut également faire en sorte que les marchés offrent des prix justes selon la provenance et l'usage des bois. Les forêts tropicales ont un rôle majeur à jouer pour lutter contre le changement climatique et les crises environnementales, il est donc urgent de se mobiliser pour les préserver.



PLINIO SIST
Écologue forestier et directeur de l'unité Forêts et sociétés au Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement

ABONNEZ-VOUS À SCIENCE & VIE

Retrouvez chaque mois le meilleur de l'actualité scientifique !

4,90€

seulement par mois



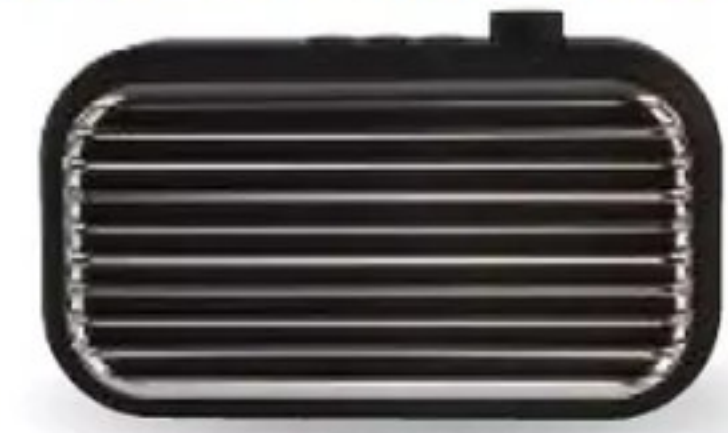
Scannez-moi



L'OFFRE SANS ENGAGEMENT

- ✓ 1 numéro par mois
- ✓ Version numérique incluse dans votre abonnement, à consulter sur **KiosqueMag**
- ✓ Accès illimité au site
- ✓ **SCIENCE&VIE TV** le replay et le streaming
- ✓ Podcast de nos journalistes
- ✓ Accès à La Science en direct, visioconférence animée par la rédaction

+ EN CADEAU



votre enceinte Bluetooth au look vintage

- Haut-parleur compatible Bluetooth® tous Smartphones
- Autonomie 2h en écoute

© Shutterstock.com. Photo non contractuelle.

BULLETIN D'ABONNEMENT Complétez le formulaire et le retourner sous enveloppe affranchie à : Science et Vie Abonnements - 59898 Lille cedex 9

1 Je choisis mon offre d'abonnement et mon mode de paiement :

M030 # D1510924

L'OFFRE BASIQUE

1 numéro tous les mois⁽¹⁾
4,90€/mois + l'accès au site Science & Vie (dont TV)
+ l'enceinte Bluetooth en cadeau au lieu de 8,90€*

-44%

Je remplis le mandat ci-dessous accompagné de mon RIB.
Après la première année, je serai prélevé de 5,90€.

1 | 1

L'OFFRE ANNUELLE

12 numéros par an⁽²⁾ **65,90€**
+ l'accès au site Science & Vie (dont TV)
+ l'enceinte Bluetooth en cadeau au lieu de 106,80€*

-38%

Renouvellement simplifié : mon abonnement se renouvellera automatiquement à date anniversaire sauf résiliation de ma part. Je remplis le mandat ci-dessous accompagné de mon RIB ou je joins un chèque (sans scotch ni agrafe) à l'ordre de Science & Vie. | 2 |

Je complète l'IBAN ci-dessous à l'aide de mon Relevé d'identité Bancaire (R.I.B)

IBAN :

Vous autorisez Reworld Media Magazines à envoyer des instructions à votre banque pour débiter votre compte, conformément aux instructions de Reworld Media Magazines. Créancier : Reworld Media Magazines, 40 Avenue Aristide Briand, 92220 Bagneux France.

Identifiant du créancier : FR 05 ZZZ 489479.

Date :

Signature obligatoire :

Plus rapide, simple et 100% sécurisé !

>> Version numérique incluse dans votre abonnement
scannez le QR code ou rendez-vous sur bit.ly/abosv-1279



Disponible sur kiosquemag.com



2 J'indique les coordonnées du bénéficiaire de l'abonnement : (** à remplir obligatoirement)

Nom** : Prénom** :

Adresse** :

CP** : Ville** :

Tél. (portable de préférence) : (Envoi d'un SMS en cas de problème de livraison)

Email :

(Utile pour accéder à votre magazine en numérique et à votre espace client sur [Kiosquemag.com](https://kiosquemag.com), et gérer votre abonnement)

Date de naissance : (pour fêter votre anniversaire)

Je ne souhaite pas recevoir les offres Privilège Science&Vie et Kiosquemag sur des produits et services similaires à ma commande. Dommage!

Je ne souhaite pas que mes coordonnées postales et mon téléphone soient communiqués à des partenaires pour recevoir leurs bons plans. Dommage!

*Le prix de référence à l'année se compose du prix kiosque (58,80€), des frais de port (6,60€), du site internet (41,40€). (1) Offre sans engagement : je peux résilier à tout moment sur simple appel ou par courrier au service client. Après 1 an, je serai prélevé de 5,90€ par mois. (2) Offre avec engagement : abonnement annuel automatiquement reconduit à date d'anniversaire. Le règlement s'effectue en une seule fois. Vous serez informé par écrit dans un délai de 3 mois avant le renouvellement de votre abonnement. Vous aurez la possibilité de l'annuler 30 jours avant la date de reconduction auprès du service client. A défaut l'abonnement sera reconduit pour une durée identique à votre abonnement initial. Pour toute autre information, vous pouvez consulter nos CGV sur kiosquemag.com et contacter le service client par mail sur serviceaboma@kiosquemag.com ou encore par courrier à Reworld Media Magazines - Service Client - 40 avenue Aristide Briand - 92227 Bagneux. Offre réservée aux nouveaux abonnés en France Métropolitaine valable jusqu'au 30/06/2024. DOM-TOM et autres pays nous consulter. Vous disposez, conformément à l'article L 221-18 du code de la consommation, d'un droit de rétractation de 14 jours à compter de la réception du magazine en notifiant clairement votre décision à notre service abonnement. Les informations demandées sont destinées à la société REWORLD MEDIA MAGAZINES (KiosqueMag) à des fins de traitement et de gestion de votre commande, de la relation client, des réclamations, de réalisation d'études et de statistiques et, sous réserve de vos choix, de communication marketing par KiosqueMag et/ou ses partenaires par courrier, téléphone et courrier électronique. Vous bénéficiez d'un droit d'accès, de rectification, d'effacement de vos données ainsi que d'un droit d'opposition en écrivant à RMM-DPD, c/o service juridique, 40 avenue Aristide Briand - 92220 Bagneux, ou par mail à dpd@reworldmedia.com. Vous pouvez introduire une réclamation auprès de la CNIL - www.cnil.fr. Pour en savoir plus sur la gestion de vos données personnelles, vos droits et nos partenaires, consultez notre politique de Confidentialité sur www.kiosquemag.com.



SAINT-NAZAIRE



Cet imposant voilier sillonnera les mers

Long de 190 m et large de 25 m, le *Silenseas* deviendra le plus grand voilier du monde, une fois sa construction terminée, en mars 2026, sur le chantier naval de Saint-Nazaire. À bord, 150 chambres, deux restaurants et deux piscines seront aménagés pour accueillir 300 passagers, plus l'équipage. Car ce *Silenseas*, conçu pour la compagnie Orient Express, filiale du groupe Accor, sera bien un navire de croisière. Il arborera

trois grandes voiles rigides en matériaux composites d'une surface de 1 500 m² chacune. Celles-ci se hisseront sur un gréement à balestron orientable à 360°, avec trois mâts inclinables culminant à plus de 100 m. De quoi propulser le navire à une vitesse de 17 nœuds, soit environ 31,5 km/h. En cas de pétrole, un moteur pourrait prendre le relais : dans un premier temps, il tournera au gaz naturel liquéfié, puis "à l'hydrogène vert, une fois les technologies admises pour un navire océanique à passagers", explique Orient Express. E.T.-A.

MAXIME D'ANGEAC & MARTIN DARZACQ FOR ORIENT EXPRESS, ACCOR

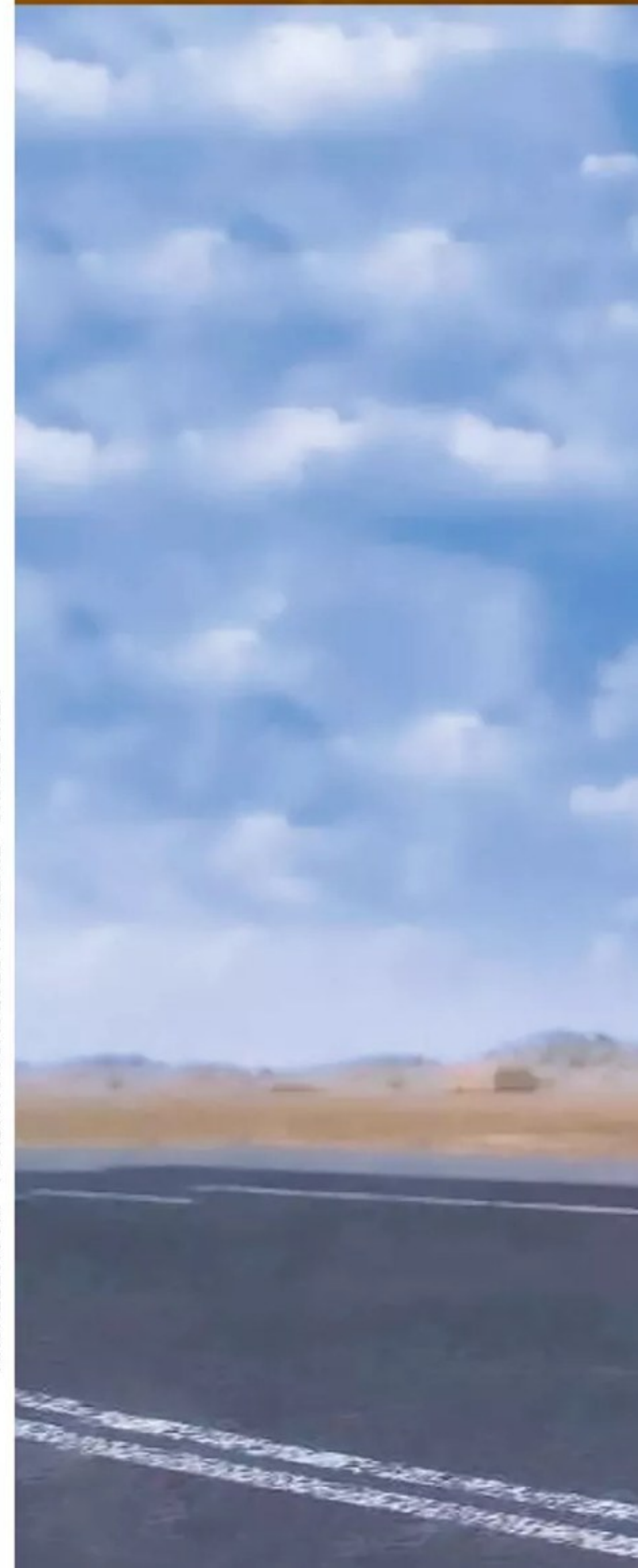
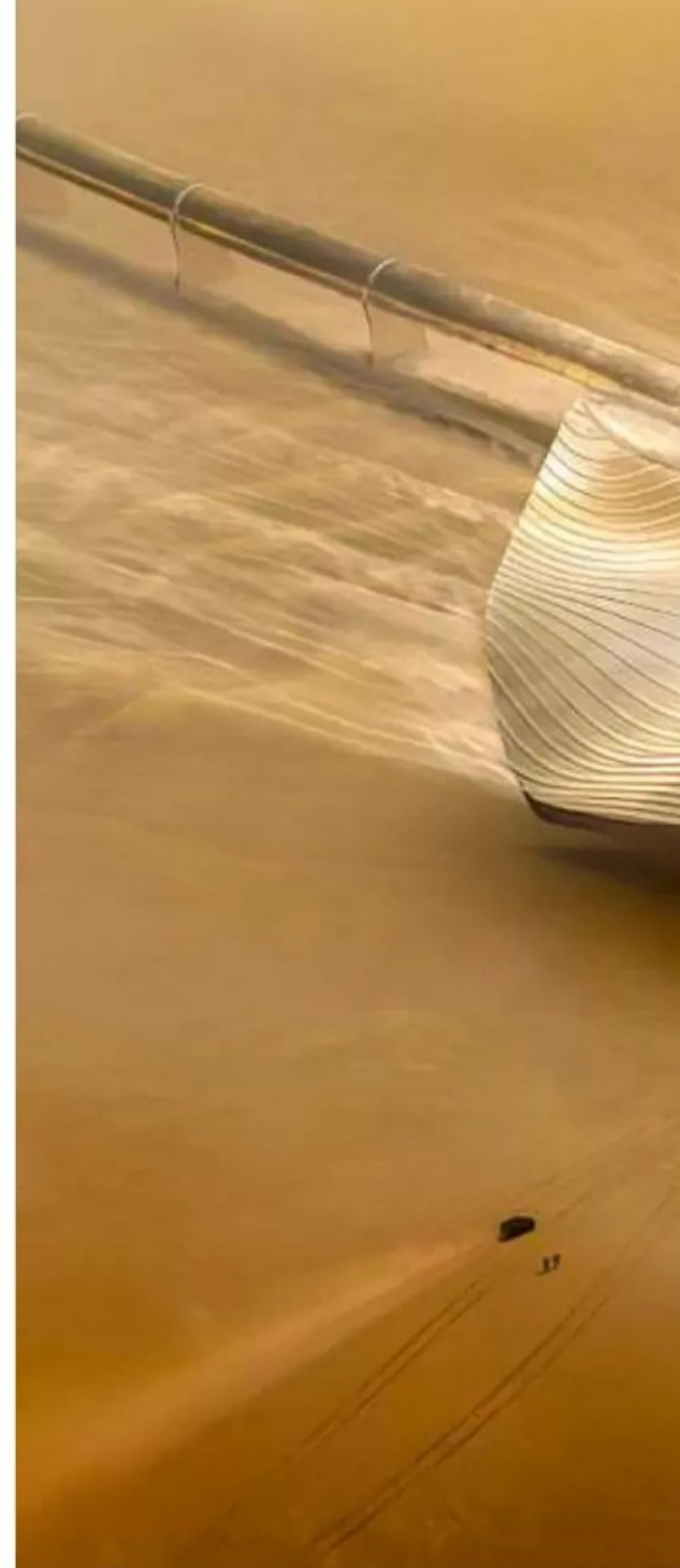


SÉOUL



Cette tour abritera un jardin suspendu

Pour ramener un peu de nature dans la capitale sud-coréenne, le studio new-yorkais ODA a imaginé le Terrarium Cheong-Dam : un gratte-ciel de 200 m transpercé en son centre par un jardin suspendu. Ce dernier sera réservé aux résidents et travailleurs de la tour, tandis qu'un parc au rez-de-chaussée sera accessible au public. La date de construction n'a pas été dévoilée. **L.B.**

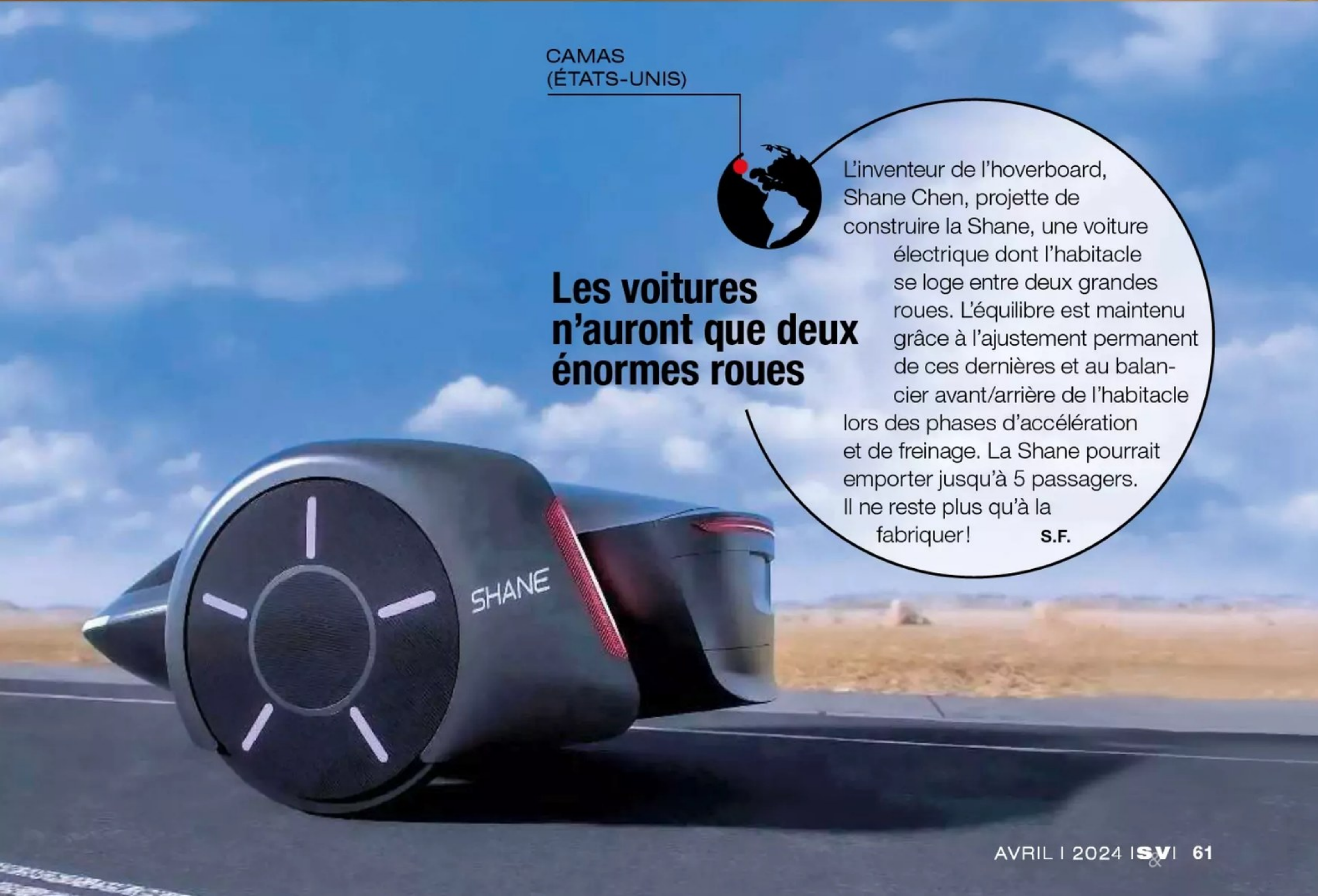




TOKYO

L'habitat martien s'inspirera des raies

L'architecte et designer japonais Shotaro Hasegawa entend s'inspirer de la morphologie des raies pour dompter les conditions extrêmes de Mars. Il imagine ainsi un réseau d'habitats, reliés entre eux par des tunnels, capables non seulement de résister aux vents violents par leur forme, mais aussi de convertir chaque bourrasque en énergie. Pour le moment, l'architecte n'a pas donné davantage de détails sur la taille des structures ni sur les technologies envisagées. **E.T.-A.**



CAMAS
(ÉTATS-UNIS)

Les voitures n'auront que deux énormes roues

L'inventeur de l'hoverboard, Shane Chen, projette de construire la Shane, une voiture électrique dont l'habitacle se loge entre deux grandes roues. L'équilibre est maintenu grâce à l'ajustement permanent de ces dernières et au balancier avant/arrière de l'habitacle lors des phases d'accélération et de freinage. La Shane pourrait emporter jusqu'à 5 passagers. Il ne reste plus qu'à la fabriquer! **S.F.**

OCÉAN PACIFIQUE



Les îles s'élèveront naturellement

Un étudiant japonais en architecture propose de lutter contre la montée des eaux en favorisant l'extension des îles ! Pour cela, il souhaite construire des structures habitées qui, par leur géométrie, réduisent la force des vagues et entraînent l'accumulation de sable tout autour. Le tout mènerait alors à une élévation naturelle de l'île. Ce projet a reçu le Grand Prix 2023 "Architecture et innovation liées au climat et à la montée des eaux" de la Fondation Jacques Rougerie, du nom de l'architecte océanographe. **L.B.**



JÉRÉMY LUCAS
Fondateur de
Paradoxal Surfboards

QUIMPER
(FINISTÈRE)



Nos planches offrent en outre de nouvelles sensations, comme si on surfait sur un coussin d'air

Des planches de surf à base d'algues

La société bretonne Paradoxal Surfboards propose une alternative écologique aux matériaux pétrochimiques pour la conception de ses surfs imprimés en 3D.

PAR LISE GOUGIS

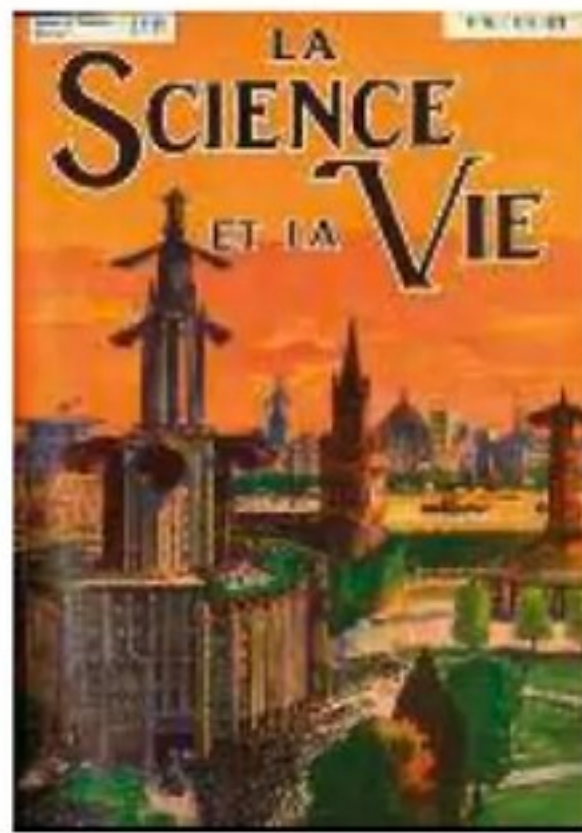
En pleine phase d'intoxication après avoir surfé sur une plage envahie d'algues vertes, Jérémy Lucas a une révélation : *"On peut utiliser ces algues toxiques pour remplacer le polystyrène et le polyuréthane, les deux matériaux issus du pétrole qui composent la quasi-totalité des planches de surf dans le monde."* Il fonde alors la start-up Paradoxal Surfboards, basée à Quimper, en Bretagne, et s'associe à des acteurs locaux qui se chargent de ramasser ces algues pour les nettoyer et les revaloriser sous forme de poudre.

Les équipes de Jérémy Lucas mélangent celle-ci à du cordage en plastique recyclé pour en faire des bobines à impression 3D. Car c'est ainsi que sont conçues

les planches : imprimées en 3D puis stratifiées à la main. Une technologie qui permet de renforcer les planches aux endroits les plus exposés à la pression.

En découle également un design original, avec une structure interne alvéolaire : *"Lorsqu'on est debout sur la planche, les sphères se dilatent et se maintiennent les unes aux autres par compression, donc on a une tenue mécanique intéressante. Cela offre aussi de nouvelles sensations, comme si on surfait sur un coussin d'air"*, décrit Jérémy Lucas, qui espère lancer les pré-commandes de ses planches au printemps. Et il a déjà de nouvelles idées pour la suite : revaloriser des filets de pêche usagés pour fabriquer des paddles.





100 ans

On débordait d'inventivité

En feuilletant les archives de *Science & Vie*, il nous arrive de tomber sur d'étonnantes inventions. Comme dans ce numéro d'avril 1924 qui faisait la part belle à l'osophone. L'appareil promettait aux personnes malentendantes d'écouter la radio... avec leurs dents. Comment ? *«Les variations d'intensité du courant téléphonique, qui interprètent les sons préférés [...], mettent en vibration une armature munie de deux mâchoires en caoutchouc durci que l'intéressé serre doucement avec ses dents, décryptait votre magazine. Les vibrations de l'armature sont ainsi transmises, par les dents et les os de la mâchoire et du crâne, au nerf auditif.»* Bien sûr, l'appareil n'était d'aucune utilité pour les personnes sourdes de naissance. Quelques pages plus loin, une autre excentricité créative était présentée : la lampe de bouche pour cycliste. Un appareil pour s'éclairer dans la nuit, à une époque où les solutions manquaient – les piles étaient de courte durée et les dynamos manuelles impossibles à utiliser. Puis, après tout, *«quand on possède un souffle puissant, on peut faire tourner une turbine et produire du courant électrique avec une dynamo»*, argumentait *La Science et la Vie*. Alors pourquoi ne pas en profiter ? Grâce à la lampe de bouche, plus de problème : on plaçait le dispositif entre ses dents, on l'allumait d'un *«puissant coup de souffle»*, puis il suffisait *«de continuer à*

LES SOURDS ENTENDRONT-ILS AVEC LEURS DENTS ?

Nous avons déjà, dans cette revue (n° 74, août 1923, pages 153 et suivantes), parlé de méthodes et appareils susceptibles de permettre aux sourds, sinon d'entendre les sons, du moins de percevoir des sensations capables, après une période de rééducation, d'adaptation, de comprendre la parole et de goûter la musique.

M. H. Gernsbach, rédacteur en chef de notre confrère américain *Science and Invention*, s'est, lui aussi, attelé à cet intéressant problème, et vient de nous adresser sur l'appareil qu'il a mis au point les illustrations que nous reproduisons ici et les renseignements ci-dessous.

Cet appareil, baptisé « Osophone » (de os et de phônè, voix), ne semble être, d'ailleurs, qu'une variante de l'« Ossiphone », décrit dans le numéro de notre revue mentionné

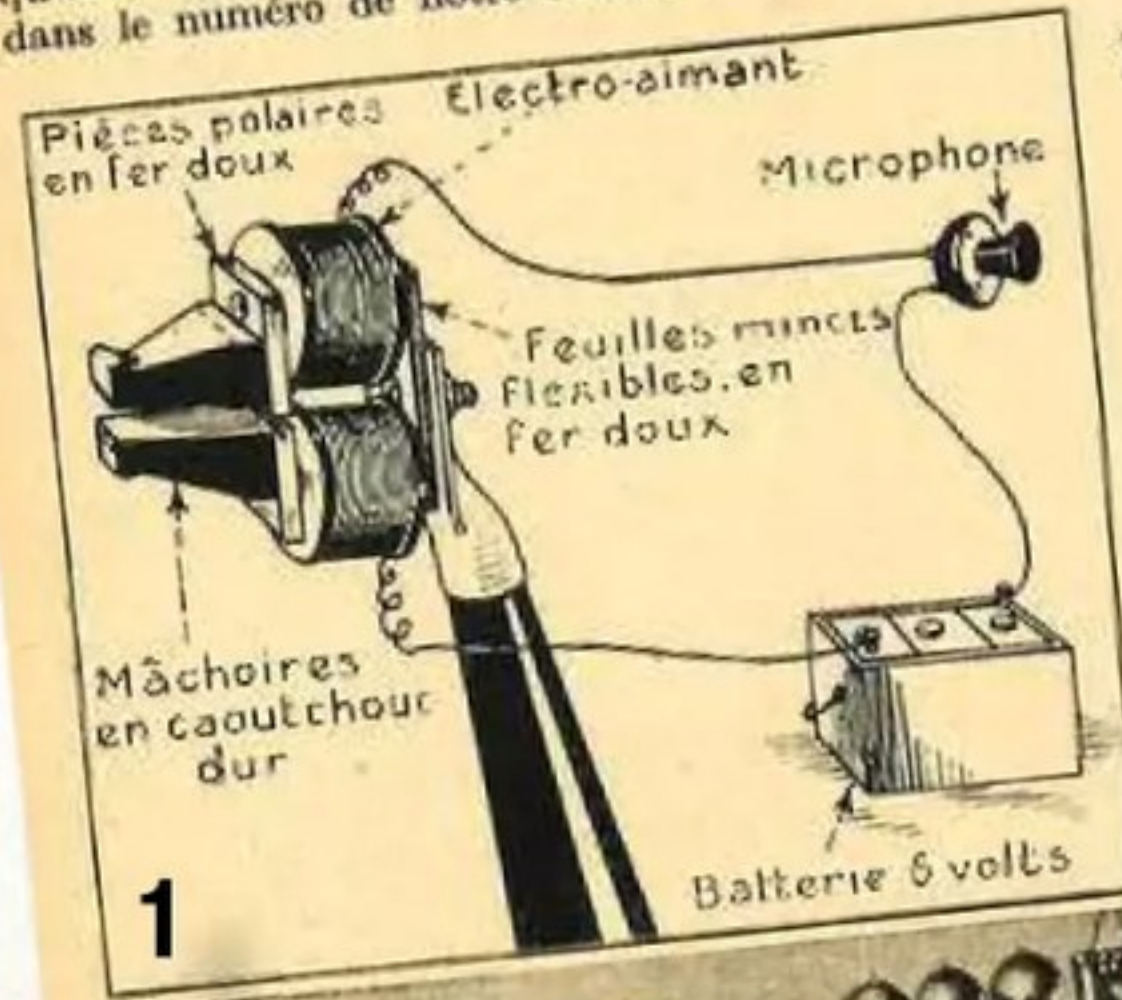
plus haut. Il est constitué par un électro-aimant que l'on relie électriquement à un microphone. La culasse de cet électro est constituée par des lames minces, flexibles, en fer doux. Les variations d'intensité du courant téléphonique, qui interprètent les sons préférés devant le microphone ou recueillis par lui, mettent en vibration une armature munie de deux mâchoires en caoutchouc durci que l'intéressé serre doucement avec ses dents ; les vibrations de l'armature sont ainsi transmises, par les dents et les os de la mâchoire et du crâne, au nerf auditif.

Il est bien évident que l'appareil ne sera d'aucune utilité aux personnes dont la surdité a pour cause une paralysie complète ou une

lésion grave du nerf auditif ; mais, si ce nerf fonctionne, il n'y a pas de raison pour que les vibrations qui lui sont transmises ne parviennent, par son intermédiaire, au cerveau.



L'« OSOPHONE » DE M. H. GERNSBACH



A gauche, détail de l'appareil ; à droite, l'inventeur utilisant l'Osophone pour écouter un concert radiotéléphonique.



1. L'osophone, appareil qui reposait sur la conduction osseuse, promettait d'écouter la radio *«avec ses dents»*.
2. Ingénieuse, la lampe de bouche, qui fonctionnait à partir du souffle, nécessitait d'avoir du coffre !

souffler sans grand effort et à intervalle régulier» pour garder la lumière allumée. Pas peu fier, l'inventeur américain annonçait d'ailleurs travailler sur un second modèle, optimisé cette fois pour les automobilistes. Ingénieux, certes, mais comme l'osophone, cette technologie est depuis tombée dans l'oubli.

50 ans

On partait à la conquête de l'espace



“La toute jeune Agence spatiale européenne va donner un nouveau style à l’aéronautique”, s’enthousiasmait Science & Vie en avril 1974. Sur le point de voir le jour, l’ESA ne manquait pas d’ambition : concurrencer la Nasa et mettre fin à “l’époque héroïque” américaine. Pour cela,

les Européens voulaient créer un “programme de satellites scientifiques”, un “lanceur lourd Ariane”, mais surtout, “deux laboratoires spatiaux, les Spacelabs” qu’ils voulaient envoyer à 300 km d’altitude grâce aux navettes spatiales. Ces petites stations orbitales (15 t chacune) devaient permettre à trois astronautes de rester en orbite entre “7 et 30 jours”. Le but ? “Révolutionner la recherche” grâce à des expériences en microgravité, dont certaines en contact direct avec le vide spatial ! De 1981 à 1998, ces Spacelabs ont effectué une vingtaine de missions avant de laisser la place à un laboratoire encore plus gros : la Station spatiale internationale.

25 ans

On prédisait l’avenir du jeu vidéo



En avril 1999, une pratique de niche s’invitait dans votre magazine : le jeu vidéo en ligne. “Depuis leurs ordinateurs, des milliers de personnes dans le monde se ‘réunissent’ par la magie de l’internet dans un lieu virtuel et se divertissent ensemble. Plus besoin de se réunir physiquement !” Science & Vie sentait venir le boom :

“Ces jeux semblent être l’une des expressions les plus abouties du désir de jouer et de communiquer de l’homme.” Et si les grands classiques (échecs, poker...) existaient déjà en ligne, c’est un genre particulier qui a attiré l’œil de notre prédécesseur : “Les univers permanents.” “Ces jeux ne s’arrêtent jamais. Le joueur qui quitte la partie remet son destin entre les mains de ses alliés.” Bref, une révolution vidéoludique s’annonçait. D’abord sur PC, puis sur les téléphones portables, qui “deviendront bientôt des terminaux internet... et des consoles de jeux”, prédisait Science & Vie. Bien vu.

#LACHRONIQUE



La chronique de
Gautier Depambour
Doctorant en histoire des sciences
au laboratoire Sphere

Einstein vs Lorentz : la lumière est-elle constituée de quanta ?

Depuis le XIX^e siècle et les travaux d’Augustin Fresnel et James Maxwell, entre autres, l’idée que la lumière est une onde électromagnétique est solidement ancrée dans l’esprit des physiciens. Pourtant, en 1905, Albert Einstein fait une supposition audacieuse : et si la lumière possédait en fait une structure corpusculaire ? Grâce à cette hypothèse des “quanta lumineux”, il parvient à expliquer un phénomène jusqu’alors incompris, l’effet photoélectrique, qui désigne la possibilité d’arracher des électrons à un métal lorsqu’on l’éclaire avec un rayonnement de fréquence élevée.

Lors d’une conférence en 1909, Einstein va encore plus loin : il postule que la lumière pourrait être à la fois de nature ondulatoire et corpusculaire ! La même année, il entame une correspondance avec un éminent physicien, Hendrik Lorentz, à qui il voue une grande admiration.

Célèbre pour avoir reformulé l’électromagnétisme de Maxwell afin d’y intégrer les électrons, Lorentz prend les arguments d’Einstein très au sérieux. Mais il rejette les quanta lumineux qui, selon lui, ne permettent pas d’expliquer les phénomènes d’interférences et sont incompatibles avec le processus physiologique de la vision. Comme lui, la grande majorité des physiciens les refuse et Einstein lui-même, perturbé, va jusqu’à les abandonner temporairement au début des années 1910.

Il faudra attendre la décennie 1920 et les expériences sur les rayons X d’Arthur Compton et de Maurice de Broglie pour que la communauté des physiciens accepte les quanta lumineux, aujourd’hui connus sous le nom de photons.

Retrouvez les podcasts
“La science dans
tous ses débats”.

science-et-vie.com



À la une

LE MONDE

VU PAR LES ANIMAUX

HYPÉRVISION, VIBRORÉCEPTION...

11 SENS AU CRIBLE DES CHERCHEURS

PAR YVES SCIAMA



IDE UX

68

11 sens au crible de la recherche: toucher, ouïe, odorat, électroréception, vue, thermoréception, écholocation, proprioception, goût, magnétoréception, vibroréception

78

Et si on se glissait dans la peau des animaux?

82

L'ampleur sous-estimée de la pollution sensorielle

Ils voient autrement, entendent des bruits qui nous sont inaccessibles, touchent le passage d'une proie, et peuvent même ressentir un obstacle en lançant des décharges électriques ! Qu'ils soient mammifères, insectes, poissons ou oiseaux, les animaux perçoivent le monde d'une manière qui leur est propre, en fonction de la subtilité de leurs sens – qui ne sont pas cinq, mais onze. À quoi ressemble-t-il, ce monde ? À grand renfort d'études éthologiques – et d'un peu d'imagination – les chercheurs commencent à le décrire. Un tableau qui gagne à être exploré... mais aussi préservé.

TOUCHER LES MICROTURBULENCES

Voilà un sens sous-estimé. Pourtant, toute une batterie de mécanorécepteurs – des cellules nerveuses sensibles aux déformations, pressions, étirements et autres vibrations – régit le toucher. Leurs signaux se combinent ensuite pour informer l’animal de la texture de ce qui l’entoure. Chez nous, c’est dans les doigts que ces capteurs sont les plus nombreux et donc que ce sens est le plus acéré. Notre toucher est aussi dopé par le mouvement : il nous permet, en glissant les doigts sur un évier, de sentir s’il est propre ou sale via la

détection d’aspérités. Mais dans le règne animal, certains touchers sont incomparables au nôtre... Déjà, la majorité des espèces sont dépourvues de mains et touchent avec d’autres organes.

Les becs de certains oiseaux sont ainsi bourrés de mécanorécepteurs, notamment ceux qui fouissent dans la vase comme le bécasseau maubèche. Et sa sensibilité nous est inconcevable : cette espèce détecte des coquillages par les seuls changements de pression de l’eau déplacée par son bec ! Beaucoup de mammifères sont aussi dotés

de vibrisses – les “moustaches” du chat –, des poils associés à des mécanorécepteurs. Elles leur permettent de détecter des mouvements ténus de l’air et de l’eau, et se révèlent souvent plus performantes que les yeux pour explorer.

Les champions du toucher

Les phoques (*Phocidae*)

La centaine de vibrisses ultrasensibles qui entourent la face du phoque lui permettent de déceler les micro-turbulences laissées dans l’eau par les poissons, ses proies. De quoi capter durablement leur sillage, invisible à l’œil nu, et le suivre : un phoque “ressent” ainsi le passage d’un hareng éloigné de 180 m ! Ces vibrisses lui indiquent même les obstacles, lui permettant de se déplacer dans l’obscurité.

ENTENDRE À DES KILOMÈTRES

Contrairement à la vue, au goût et à l'odorat, très répandus parmi les espèces, l'ouïe n'est pas un sens universel : une majorité d'invertébrés en sont dépourvus ! Mais elle peut atteindre une grande sophistication, notamment chez les vertébrés, où des organes (pavillons, conduits auditifs et chaînes d'osselets) sont apparus pour canaliser et amplifier les vibrations de l'air ou de l'eau. Les humains ont l'ouïe plutôt

fine mais, comme c'est le cas avec le spectre lumineux, seule une partie du spectre sonore leur est accessible. Beaucoup d'animaux, des chiens aux insectes, perçoivent ainsi les ultrasons.

Or, dans ces fréquences trop élevées pour que nous puissions les percevoir, le monde n'est pas silencieux : des scientifiques ont par exemple récemment découvert l'existence de véritables chants d'amour ultrasoniques chez les souris !

L'autre extrémité du spectre est tout aussi bruyante : les éléphants captent et émettent des infrasons, des "notes" graves qui se propagent loin, leur permettant de communiquer avec des congénères à distance. Quant aux oiseaux ils perçoivent des variations dans la vitesse, le rythme et la tonalité des notes constituant les chants que nous sommes incapables de différencier, une capacité qui implique aussi le cerveau. →



La championne de l'ouïe

La chouette effraie (*Tyto alba*)

Ces rapaces nocturnes sont capables de chasser dans l'obscurité grâce à leurs capacités auditives. Ils frappent leurs proies avec une précision centimétrique, alors qu'ils les ratent de 30 cm lorsqu'on leur bouche les oreilles. L'un des secrets des chouettes effraies réside dans leurs grands disques faciaux : ces structures situées à côté de l'œil canalisent et conduisent les ondes sonores vers le trou de l'oreille.

T.KOTOUC/SHUTTERSTOCK - O.PROSICKY/SHUTTERSTOCK



Le champion de l'odorat

Le chien

(Canis lupus familiaris)

Environ 100 000 fois plus sensibles aux odeurs que nous, les chiens, initialement utilisés pour la chasse, se sont avérés précieux dans mille autres domaines – détecter des maladies, trouver des explosifs, de la drogue, des égarés... *“D'autres animaux ont des performances olfactives analogues, note Barbara Ferry, mais on leur préfère les chiens, très réceptifs à la récompense.”*

SENTIR LES ÉLÉMENTS D'UN PAYSAGE

C'est sans doute le sens le plus ancien du vivant: l'odorat, c'est-à-dire la détection de signaux chimiques, se retrouve chez les microbes les plus élémentaires. Mais il s'est extraordinairement sophistiqué au cours de l'évolution. Barbara Ferry, chercheuse en neurosciences au CNRS, rappelle que *“les récepteurs de l'odorat sont des protéines membranaires des cellules olfactives. Chaque récepteur réagit à plusieurs composés,*

tandis que la plupart de ces composés font réagir plusieurs types de protéines. Au bout du compte, par la magie de la combinatoire, avec environ 800 types de récepteurs, un chien est capable de distinguer 500 000 odeurs différentes!”

Pour beaucoup d'animaux, mammifères inclus (mais pas les primates), l'odorat est le sens dominant, celui par lequel ils s'orientent. *“Chaque élément d'un paysage a une odeur, note Francesco Bona-*

donna, chercheur CNRS au CEFÉ de Montpellier, et des oiseaux comme les pigeons se basent sur celle d'une forêt, d'une rivière, voire d'une usine ou d'un village pour dresser des cartes mentales de leur environnement jusqu'à 80 km.” Chez les insectes, la vue est souvent utilisée à très courte portée, de l'ordre de quelques centimètres, tandis que l'odorat de certains papillons leur permet de localiser une femelle à plus de 8 km.

DÉTECTER LES OBSTACLES PAR SON CHAMP ÉLECTRIQUE

Ce sens méconnu, qui fait intervenir un champ électrique, a été découvert chez les poissons – rien d'étonnant puisque l'eau est conductrice alors que l'air est isolant. Des centaines d'espèces de poissons électriques existent, dont quelques-unes sont capables d'envoyer des décharges douloureuses. Mais la grande majorité utilise cette capacité pour explorer l'environnement et pour communi-

quer, en déployant des courants faibles qui forment des sortes de bulles autour d'eux. Ces courants sont générés périodiquement par des cellules, les électrocytes, qui peuvent être regroupées en organes électriques pour plus d'efficacité. Des électrorécepteurs répartis sur le corps captent ensuite les perturbations induites par les obstacles (rochers, algues... à la conductivité différente de celle de l'eau), les congénères ou les

autres espèces, ce qui renseigne le poisson sur son milieu.

Moins sophistiqués, d'autres organismes tels les requins et les raies sont dits électrosensibles : ils n'émettent pas d'électricité mais détectent l'activité électrique, nerveuse par exemple, de leurs proies. Et depuis peu, l'électroréception est sortie de l'eau : des expériences ont révélé que certains insectes pollinisateurs décelaient le halo d'électricité statique entourant les fleurs. →



Le champion de l'électroréception

Le poisson-couteau (*Gymnotus carapo*)

Ce poisson amazonien est indifférent à la nuit ou à la turbidité de son milieu : son champ électrique lui permet de percevoir son environnement à 360°, en toute condition, et il se déplace avec aisance en marche arrière ou avant, détectant ses proies à quelques centimètres de distance. Les signaux électriques émis par ses congénères lui permettent même de les identifier et de savoir s'ils sont amicaux ou hostiles !



VOIR DES COULEURS INIMAGINABLES

Voici le sens principal des primates, et celui où les humains excellent –relativement au reste du monde animal. Pourtant, une énorme quantité de l'information lumineuse nous échappe alors que certaines espèces y accèdent. C'est le cas de la partie basse du spectre lumineux, l'infrarouge, que les animaux thermosensibles détectent, comme de sa section haute, l'ultraviolet, visible pour nombre d'insectes et d'oiseaux. Ces

derniers sont même capables de savoir si la lumière est polarisée, une information qui nous est inaccessible, y compris dans la partie du spectre que nous discernons.

Notre appréhension des couleurs est par contre plus riche que celle de beaucoup d'animaux, puisque les humains sont trichromates : ils possèdent trois types de pigments visuels. Les chiens et les chats, bichromates, distinguent bien moins de nuances que nous, tan-

dis que les espèces monochromates voient, elles, en "noir et blanc". Mais de nombreux oiseaux possèdent des pigments supplémentaires qui nous sont inconnus, et perçoivent donc des couleurs que nous ne pouvons pas même imaginer. La vision nocturne de différents animaux est meilleure que la nôtre et c'est aussi le cas pour la perception du mouvement : l'abeille voit 300 images par seconde, environ 15 fois plus que l'humain.

Les champions de la vue

Les aigles (*Aquila*)

Il semble avoir l'œil le plus perçant du règne animal : l'aigle peut voir un rat à 1 400 m de distance, ce qui est bien supérieur à l'acuité visuelle humaine (pourtant déjà remarquable) et son champ de vision de 240° dépasse de loin les 180° de l'humain. Il possède aussi plusieurs zones de netteté alors que nous n'en avons qu'une, la fovea.

LOCALISER LES SOURCES DE CHALEUR À DISTANCE

Si les animaux ressentent la température, c'est avant tout grâce à des protéines, les canaux TRP. Ces derniers sont répartis dans les membranes des neurones sensoriels, qui sont disséminés un peu partout dans le corps. Lorsque la température monte au-dessus d'un certain seuil, les canaux s'ouvrent, déclenchant un signal électrique qui est conduit jusqu'au cerveau. Les animaux ont ainsi suffisamment conscience de la température pour rester hors de danger. Reste que cette capacité peut

aller beaucoup plus loin : certaines espèces ont développé des organes spécifiquement sensibles à la chaleur.

C'est le cas des fossettes thermosensibles que l'on trouve chez plusieurs serpents. Ces petites fentes faciales sont structurées un peu comme des yeux, avec une pupille et une membrane concentrant des milliers de canaux TRP qui font office de rétine, capable de déceler un changement de 0,001°C. Cette structure peut même localiser la source du rayonnement avec une certaine précision. La ther-

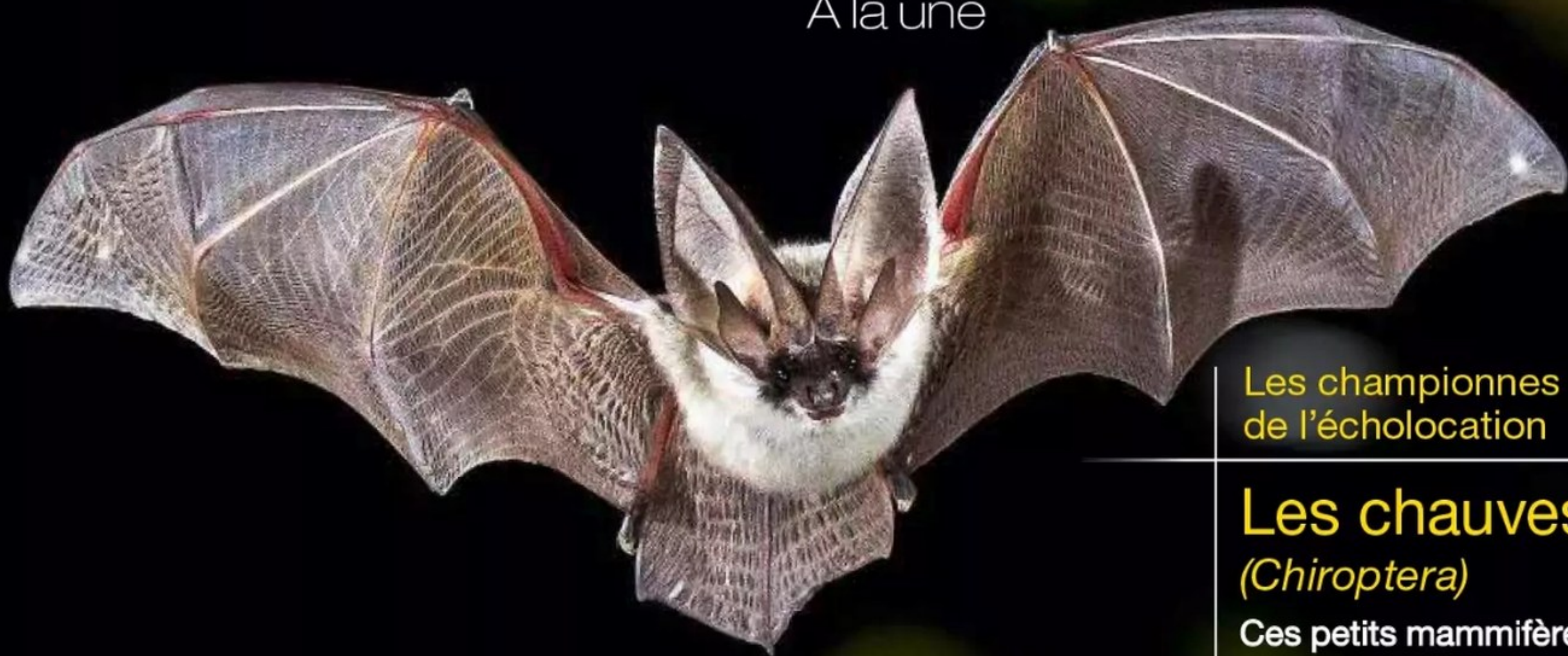
moréception n'est pas une variation de la vue, qui est basée sur des photorécepteurs chimiques de nature différente. Pourtant, son signal est traité dans le tectum optique, la zone du cerveau qui gère aussi les signaux visuels. Comme si le serpent pouvait "voir" la chaleur... →

Les champions de la thermoréception

Les crotales (*Crotalus*)

Ce serpent venimeux se nourrit principalement de rongeurs. En détectant leur chaleur, il est capable de les frapper avec précision, visant la tête, même s'il est aveugle de naissance ou qu'il a les yeux bandés. Cette capacité lui permet aussi de chasser la nuit, quand les rongeurs sont plus actifs. Et pour améliorer encore ses performances, il pratique l'affût dans des zones à fort contraste thermique, comme les lisières.

À la une



Les championnes
de l'écholocation

Les chauves-souris (Chiroptera)

Ces petits mammifères peuvent se mouvoir avec précision même avec les yeux bandés. Mais si on leur enlève leur capacité d'écholocation, leur désorientation est totale! Au XVIII^e siècle, le premier savant à les avoir étudiées, Lazzaro Spallanzani, disait que les chauves-souris "*voient le monde avec leurs oreilles*". Elles chassent avec une précision millimétrique et peuvent percevoir des intervalles de temps d'un millionième de seconde entre deux échos.

SONDER L'ENVIRONNEMENT AVEC LA VOIX

L'écholocation est apparue à deux reprises dans l'évolution, dans l'air et dans l'eau, respectivement chez les chauves-souris et chez les cétacés – c'est dire sa praticité! Il s'agit d'un sens actif: l'animal envoie un signal, ici sonore, et l'utilise pour se renseigner sur son milieu, en l'occurrence grâce aux caractéristiques du rebond de l'onde sur les surfaces qui l'entourent (l'écho). La technologie du sonar utilise le même principe. L'air conduisant mal le son, les chauves-souris ne perçoivent

plus rien par écholocation au-delà de 10 ou 12 m; les dauphins, eux, détectent avec précision à 100 m et plus. Durant la chasse, tous ces animaux font varier la longueur d'onde des signaux émis, un compromis existant entre portée et précision: les sons graves servent à chercher les proies, les aigus à les localiser exactement.

Autre point commun, les sons produits sont très puissants: malgré leur petite taille, les chauves-souris peuvent émettre à 140 dB, un volume énorme que, par chance, nous n'entendons pas

car leurs cris sont ultrasoniques! Enfin, les dauphins utilisent aussi ce sens pour communiquer: sa puissance leur permet de coordonner leurs chasses, même s'ils sont situés à des dizaines de mètres les uns des autres.

GOÛTER AVEC TOUT LE CORPS

De même que l'odorat, le goût relève de la chimioréception, et il n'est pas toujours facile de distinguer ces deux sens. Le goût semble être inné et à l'origine de réactions binaires – avaler/cracher, par exemple –, quand l'odorat résulte d'un apprentissage et se prête à des comportements plus subtils. Chez l'humain et la plupart des animaux, le goût ne sait distinguer qu'un petit nombre de signaux: sucré, salé, amer, acide et umami.

Mais il est possible que certains organismes identifient quelques saveurs supplémentaires...

Un goût peut également se perdre: la capacité à déceler le sucré a disparu chez beaucoup de carnivores, qui n'en ont pas besoin, et l'umami, chez certains herbivores stricts. Les récepteurs du goût, chez les vertébrés, sont souvent sur la langue, mais certains animaux, en particulier les mouches et d'autres insectes, goûtent avec leurs pattes.



Les champions
de la proprioception

Les sportifs de haut niveau (*Homo sapiens athletus*)

Les signaux de la proprioception sont gérés en deux temps. L'apprentissage joue ici un rôle clé : les mouvements complexes (figure de danse, geste sportif...), d'abord exécutés consciemment, via le cortex somesthésique primaire, sont peu à peu pris en charge inconsciemment par le cervelet. Ce qui en permet une exécution beaucoup plus rapide.

MAÎTRISER SA POSITION EN TOUT INSTANT

Un animal a aussi besoin de renseignements sur lui-même, son état et sa position. C'est le sens de la proprioception, qui émane de l'action des propriocepteurs – l'humain en possède 30 millions. Présentes dans les muscles, les tendons, les articulations, la peau... ces cel-

lules sont capables de détecter si ces structures sont relâchées, contractées ou sous pression. Ensemble, elles permettent à l'animal de gérer sa posture, coordonner ses mouvements et maîtriser sa position dans l'espace.

Ce qui suppose généralement le recours à un autre sens, l'équi-

libre, autrement dit la position de l'organisme par rapport à la verticale définie par la gravité. Chez les vertébrés, l'équilibre repose principalement sur le système vestibulaire, situé dans l'oreille interne, composé d'un liquide qui se déplace dans des canaux et excite des cellules ciliées. →



Les champions du goût

Les poissons-chats (Siluriformes)

C'est le numéro un toutes catégories du goût. Son corps entier, jusqu'à l'extrémité de la queue, est recouvert de papilles gustatives, ce qui fait de cet animal "une sorte de langue géante", note l'auteur Ed Yong. Carnivore, le poisson-chat perçoit particulièrement bien le goût de la viande : une goutte de jus déposée derrière lui provoque ainsi sa volte-face immédiate.

R.ZWERVER/ALAMY/HEMIS - D.KIROJAC/CSM/
SHUTTERSTOCK EDITORIAL - A.VAL/SHUTTERSTOCK

SE REPÉRER AVEC LE CHAMP MAGNÉTIQUE

C'est le plus mystérieux des sens à ce jour, "le seul pour lequel on n'a pas identifié l'organe ou les cellules responsables", précise Hervé Cadiou, pro-

fesseur à l'université de Strasbourg. C'est logique : la magnétoréception est l'aptitude à détecter le champ magnétique terrestre. Or, celui-ci traversant la matière, les récepteurs pourraient être n'importe où dans le corps. Certains imaginent des mécanismes basés sur des cristaux de magnétite – présents chez l'humain, notamment dans le cerveau –, d'autres proposent que des protéines, les cryptochromes, seraient impliquées...

Toujours est-il que le champ magnétique apporte plusieurs informations quant à la position dans l'espace : la déclinaison

(direction nord/sud), l'inclinaison (l'angle par rapport à la verticale), ou l'intensité, plus forte aux pôles qu'à l'équateur... La capacité de le ressentir serait "présente chez de nombreux animaux, mammifères –vaches et chiens–, oiseaux, reptiles, poissons ou insectes", continue l'expert. Bien sûr, les animaux magnétorécepteurs ne captent pas nécessairement toutes les composantes du champ, ni n'en font le même usage : certains s'en servent pour de longues migrations, d'autres se contentent d'orienter leur corps selon le champ, sans que l'on comprenne pourquoi.

Les championnes de la magnétoréception

Les tortues marines

(*Chelonioidea*)

Les tortues de cette famille effectuent de longs trajets entre leurs zones de nourrissage (comme le gyre nord-atlantique) et les plages où elles naissent puis reviennent pondre. Non seulement elles utilisent le magnétisme terrestre pour ces trajets de plusieurs milliers de kilomètres, mais elles semblent aussi y recourir pour localiser précisément la plage cherchée. Leur taux d'erreur est en effet corrélé aux variations naturelles de l'intensité du champ magnétique!





Les champions
de la vibroréception

COMMUNIQUER AVEC LES VIBRATIONS

Essayez d'imaginer un sens entre l'ouïe et le toucher, donnant à percevoir les vibrations d'un support solide tel que le sol ou une plante, comme si l'on posait les doigts sur un tuyau pour tenter d'en ressentir l'écoulement intérieur. Chez l'humain, cette sensibilité est grossière, sans nuances... Pourtant, les vibrations sont des signaux complexes formés de nombreuses composantes : la fréquence (analogue à la note du son), l'intensité (analogue à son volume), les phases (rythmes)... Et toutes peuvent contenir des informations précieuses sur l'en-

vironnement et les organismes présents. Ainsi, divers animaux sont capables de vibroréception.

Les éléphants, par exemple, perçoivent les vibrations du sol avec leurs pieds, ce qui leur permet de détecter des congénères situés à plusieurs kilomètres, de les identifier et même de connaître leur état émotionnel (peur, colère...).

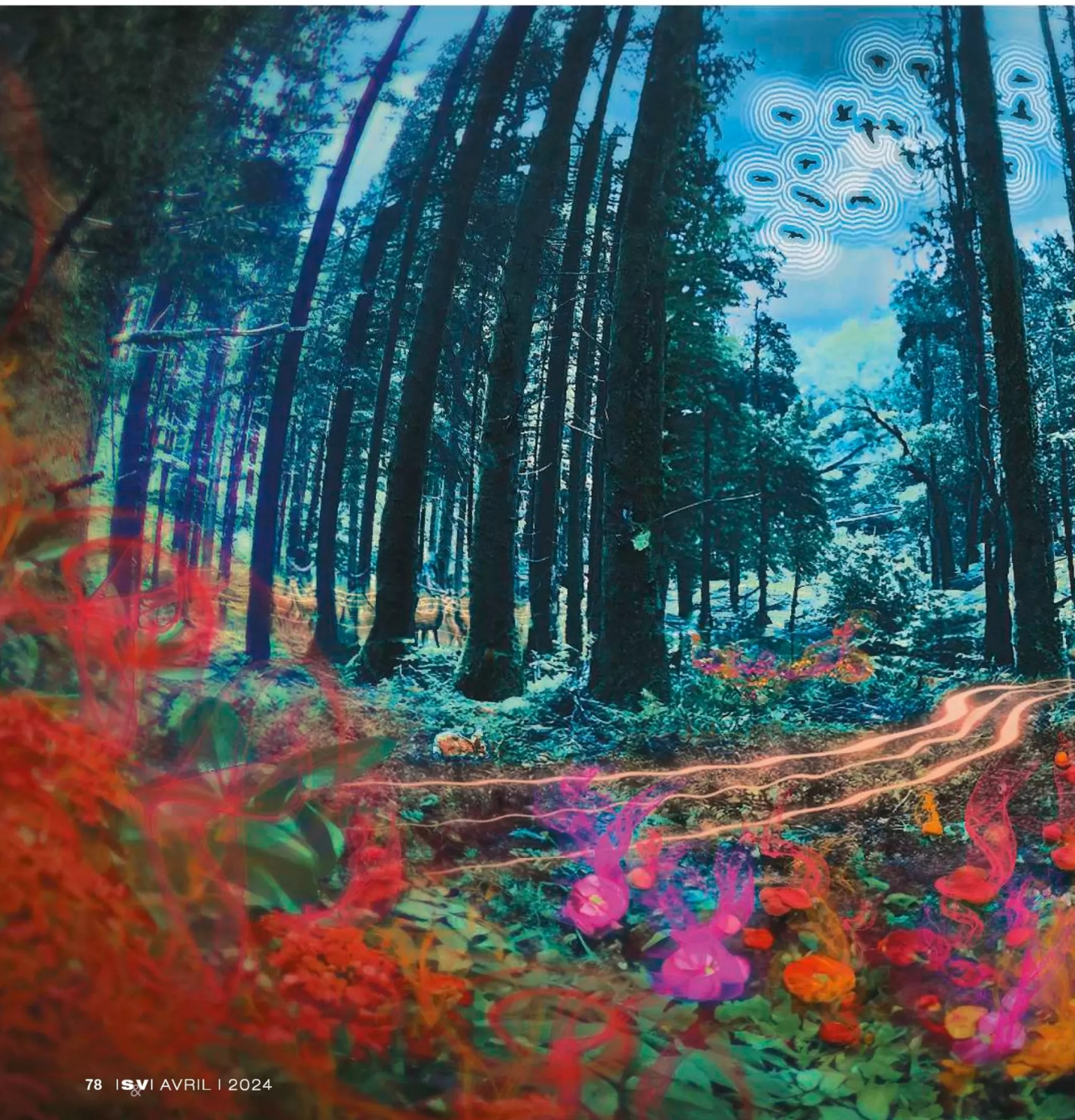
Mais ceux qui excellent dans ce sens sont les arthropodes. Plus de 150 000 espèces de cette famille l'utilisent couramment, leurs capteurs étant généralement situés sur leurs pattes, parfois sur leurs antennes. Ils

Les membracides (*Membracidae*)

Comme de nombreux groupes d'insectes, les membracides communiquent en utilisant la vibroréception : par des séries de contractions abdominales, ils envoient des signaux complexes qui se propagent le long de la feuille sur laquelle ils séjournent. À l'aide d'un vibromètre laser, un appareil de mesure de vibration, ces messages peuvent être captés et même traduits en sons : ce sont de véritables chants.

peuvent alors localiser leurs proies ou leurs prédateurs, trouver leurs partenaires sexuels ou organiser des groupes, simplement via les vibrations qu'ils génèrent ou qu'ils captent...

ET SI ON SE GLISSAIT DANS LA PEAU DES ANIMAUX ?



Difficile d'imaginer une perception des odeurs, comme celle du chien, 100 000 fois plus sensible que la nôtre ! Ou les multiples sensations de la pieuvre. Osons pourtant l'exercice de pensée...



GRÉGOIRE CIRADE

Mais qu'est-ce que ça fait, exactement, de percevoir les sources de chaleur, de ressentir les ondes magnétiques, ou encore de sentir un obstacle grâce à un champ électrique ? Cet exercice de pensée – se plonger dans la peau d'un animal – est aussi tentant qu'épineux... Déjà, il y a 50 ans, le philosophe américain Thomas Nagel soutenait que se mettre à la place d'une chauve-souris était tout bonnement hors de portée de l'investigation scientifique. En cause, l'importance des différences anatomiques, cérébrales et sensorielles, rendant son univers irrémédiablement inaccessible. Et, depuis, personne – biologiste, éthologue ou philosophe – n'a vraiment osé contester ce point de vue.

Mais les temps changent ! Au fur et à mesure des avancées et innovations en neurosciences et en éthologie, les chercheurs osent de plus en plus s'y frotter, en tentant de décrire par exemple l'expérience ressentie par notre chien. *“Rien n'interdit d'imaginer ce qui se passe, en raisonnant sur les comportements qu'on observe, à condition d'être conscient de notre tendance à anthropomorphiser”*, avance Francesco Bonadonna, chercheur au CNRS.

SOCIABILITÉ ET ORIENTATION

Alors, à quoi peut-il bien ressembler, le monde du chien ? Commençons par son regard, si proche du nôtre qu'il nous incite à penser que l'univers visuel canin est semblable à celui des humains. Erreur ! Si notre espèce a pour sens dominant →

la vue, chez le chien c'est l'odorat. Son acuité visuelle et sa perception des couleurs pèchent... Autant voir les choses en face: il n'éprouvera qu'indifférence devant un coucher de soleil chatoyant.

En revanche, un modeste carré d'herbe où sont passés quelques animaux constitue pour lui un paysage fascinant qui mérite d'être longuement exploré. *"Son odorat lui indique s'il s'agissait de congénères ou pas, le renseigne sur leur identité, leur état de santé, l'œstrus pour les femelles, et même sur leur humeur, puisque stress, colère ou peur génèrent des cocktails d'hormones odorantes"*, explique Barbara Ferry, du CNRS.

Mais le rôle de l'odorat va bien plus loin que la seule sociabilité. Le chien s'oriente principalement grâce à ce sens, à l'instar de beaucoup d'animaux comme les oiseaux, car *"tout élément d'un paysage a une odeur unique"*, rappelle Francesco Bonadonna. *Une forêt, grâce à sa communauté d'arbres particulière, un champ, une rivière, un village.* Or un monde dominé par l'odorat est régi par des règles totalement différentes de celles de notre monde visuel. Par exemple, même après son passage, une créature y laisse des traces qui

persistent longtemps avant de s'évanouir. Plus encore, l'odeur s'affranchit des obstacles opaques: une proie peut échapper à un humain en se cachant derrière un mur, mais pas à un chien... Quand la nuit tombe, ce dernier n'en est guère affecté, mais qu'une tempête se lève et voilà que le monde entier s'obscurcit pour lui!

EXPÉRIENCE MULTISENSORIELLE

Si l'univers du chien est déroutant, que dire alors des animaux plus éloignés de nous d'un point de vue phylogénétique? Prenez la pieuvre; pour se glisser dans ses tentacules, *"il faut totalement abandonner notre référentiel humain"*, avance Laure Bonnaud-Ponticelli, professeure spécialiste des céphalopodes au Muséum national d'histoire naturelle. Cet animal est pourtant, comme nous, très visuel: ses yeux camérolaires –ils comportent un globe, un cristallin et une rétine– guident tous ses comportements. *"Mais la pieuvre ne voit pas de couleurs"*, précise la chercheuse, *tandis que sa perception des contrastes et des variations d'intensité est phénoménale; elle doit voir d'extraordinaires subtilités de textures et de teintes là où nous ne voyons que du gris.* Sa peau est en outre constellée de structures pho-

tosensibles par lesquelles elle ajuste son camouflage, mais leur relation avec le cerveau reste inconnue.

Bien sûr, la pieuvre est dotée d'autres sens. Ses ventouses, par exemple, sont des organes au toucher extrêmement fin, bourrés de mécanorécepteurs; elles sont aussi parsemées de récepteurs olfactifs, capables d'identifier les molécules chimiques. *"Il faut imaginer le corps de la pieuvre comme couvert de centaines de petites langues, avec lesquelles elle goûte et tâte constamment son environnement"*, propose Laure Bonnaud-Ponticelli. Vertige. La chercheuse juge par ailleurs plausible l'existence, chez les pieuvres, d'autres formes de perception encore inconnues de nous. *"Je ne sais pas comment elles font, mais même depuis un bac opaque, elles savent si c'est leur soigneur ou quelqu'un d'autre qui ouvre la porte de la salle"*, s'émerveille-t-elle.

La nature a aussi développé des sens extraordinairement exotiques. Prenons l'écholocation: une chauve-souris "voit" avec les échos de ses sons. *"Chaque cri qu'elle pousse est pour nous analogue à un coup de projecteur très court, qui illumine la nuit dans une direction donnée, puis s'éteint avant le cri suivant"*, écrit le journaliste américain Ed Yong dans *Un Monde immense* (Les Liens qui libèrent, 2023). L'auteur rappelle que les dauphins, par écholocation, "voient" les organes à l'intérieur d'un corps. Le squelette d'un humain, par exemple, leur apparaît nettement détaché de sa silhouette, en raison des différences de conductivité du son entre les os et les muscles.

La magnétoréception des oiseaux, elle, aurait, selon certains chercheurs, son siège dans les yeux. *"Il se peut donc que les oiseaux 'voient' le champ magnétique"*, risque Francesco Bonadonna, *peut-être sous la*

Il se peut que les oiseaux "voient" le champ magnétique, peut-être sous la forme d'un halo superposé au paysage, ou sous une autre forme, qui sait ?



FRANCESCO **BONADONNA**

Chercheur CNRS
au CEFÉ de Montpellier



“

Les animaux ne sont pas équipés pour ce qu'ils sont en train de subir

VINCIANE DESPRET

Philosophe des sciences à l'université de Liège. Auteure d'*Habiter en oiseau* (Actes Sud, 2019), et *Que diraient les animaux si... on leur posait les bonnes questions ?* (La Découverte, 2012)

”



3 QUESTIONS À... Vinciane Despret

Science & Vie: Chercher à comprendre les perceptions des animaux, est-ce vraiment un projet scientifique ?

Vinciane Despret: Oui, absolument, mais à condition de ne pas chercher à appliquer strictement le modèle de sciences telles que la physique ou la chimie! Comprendre les perceptions d'un animal, c'est certes mettre en œuvre des technologies et des expérimentations: mesurer le champ électrique d'une crevette avec des instruments est utile, cela permet de mettre en évidence l'émission d'informations qui peuvent être captées par d'autres êtres. Mais il faut aussi accepter que l'on ne se situe pas vraiment dans des sciences exactes, que l'on ne pourra qu'approximer. Ce travail se fait par tâtonnements,

par imagination, par controverse, et en faisant preuve d'audace, par exemple en faisant de la place aux savoirs provenant d'autres experts des animaux: dresseurs, chasseurs, éleveurs, etc.

S&V: Qu'apprend-on des découvertes récentes sur la perception et les sens des animaux ?

V.D.: Entre autres choses, elles battent en brèche l'idée selon laquelle l'évolution formerait un arbre dont nous serions le sommet. Lorsque l'on voit la multiplicité et la diversité de ce que l'on peut appeler les puissances animales, leurs sens, leur cognition, il apparaît clairement que les branches du vivant antérieures à la nôtre ne sont pas moins évoluées, qu'elles ont leur sophistication propre. L'évolution est un bricolage de pièces déta-

chées qui a poussé son inventivité jusqu'à l'excellence chez d'autres espèces que l'humain.

S&V: Partagez-vous les inquiétudes souvent exprimées aujourd'hui sur l'avenir des animaux, de la biodiversité ?

V.D.: Bien sûr. Dès la fin des années 1980, j'ai entendu les spécialistes des animaux s'alarmer des crises traversées par leurs sujets d'études. Comment ne pas admirer cette immense toile chamarrée, bariolée d'inventivité, qu'est le vivant? Et comment ne pas souffrir non seulement des extinctions des espèces, mais également de l'effilochage actuel de leur monde, qui s'appauvrit et se hérissé de barrières? Les animaux ne sont pas équipés pour ce qu'ils sont en train de subir. **Propos recueillis par Y.S.**

forme d'un halo superposé au paysage, ou sous une autre forme, qui sait?" Autre bizarrerie: chez les mouches, les capteurs du goût sont situés sous les pattes; elles sentent donc immédiatement le goût de leur site d'atterrissage.

Comment, en tant qu'humain, se représenter tous ces exemples de perception? Plus encore, se les représenter tous en même temps –le goût

d'une mouche lorsqu'elle se pose, sa vue, son odorat, sa proprioception... Car les informations sensorielles arrivent par paquets, et l'expérience sensorielle que nous ressentons émerge de leur somme et interactions. *"Dans notre main, une boule de billard a un poids, une texture, une température et une apparence et nous ne savons pas bien comment ces informations sont combinées",*

décrit Sönke Johnsen, de l'université Duke, dans un article paru en 2017.

Se mettre à la place d'un animal: mission impossible, donc... Il ne faut pourtant pas renoncer pour autant. *"Il y a une beauté à essayer",* note Ed Yong. Après tout, l'humain se distingue justement des autres animaux par sa capacité à tenter d'imaginer leur monde. Il se cache peut-être là, notre super-sens. →

L'AMPLEUR SOUS-ESTIMÉE DE LA POLLUTION SENSORIELLE

Si l'impact de la pollution lumineuse sur les animaux est bien connu, l'activité humaine affecte aussi leur odorat et leur ouïe. Mais pas seulement.

Maintenant que nous avons goûté avec nos pattes, humé la présence d'un prédateur tapi dans l'ombre et rejoint notre horde en suivant les vibrations du sol – bref, que nous avons tenté de nous mettre à la place des animaux et de ressentir leur monde –, imaginez un instant que s'installent à côté de nous des voisins bien encombrants. Ils braquent

des projecteurs sur nos fenêtres, font tourner d'énormes moteurs et brûlent d'immenses poubelles malodorantes vingt-quatre heures sur vingt-quatre – un vrai cauchemar ! Ou plutôt, une réalité : c'est ce que l'humanité inflige aux espèces sauvages. Toutes les recherches montrent en effet que l'activité humaine impacte lourdement leurs sens, à travers une pollution qui peut être issue d'émiss-

sions lumineuses, sonores ou encore chimiques. Et si elle n'est pas nocive pour les animaux – du moins directement –, elle bouleverse leur comportement.

L'exemple le plus connu est celui de la pollution lumineuse. Pour une civilisation extraterrestre qui l'observerait au télescope, la Terre s'est brusquement illuminée durant le XIX^e siècle, après 4 milliards d'années d'obscurité. Depuis,

SHUTTERSTOCK



elle ne cesse de briller de plus en plus fort : notre civilisation éclaire une part toujours plus importante de la planète (+2 % par an), avec une intensité croissante (+2 % par an également), répondant à l'insatiable soif de lumière des humains, espèce principalement visuelle.

L'OLFACTION AUSSI EST IMPACTÉE

Cette débauche de lumière diffusée par nos lampadaires, fenêtres, voitures, monuments... perturbe les migrations nocturnes, orientées depuis des millions d'années par la faible lueur des astres. Elle met en fuite d'innombrables animaux et enferme dans le piège des lampes des milliards d'insectes, et ce jusqu'à la mort. Avec des dommages notables en cascade : une expérience a montré que la pollinisation nocturne était réduite de 63 % dans une prairie éclairée, comparé à une qui ne l'est pas.

Idem pour le bruit généré par notre civilisation. *"C'est un déchet invisible, rappelle Jérôme Sueur, enseignant-chercheur au Muséum national d'histoire naturelle, auteur de Histoire naturelle du silence (éd. Actes Sud, 2023). Si nous voyions de grands panaches sonores s'échapper de nos appareils et de nos véhicules, peut-être prendrions-nous des mesures. Mais nous sommes indifférents au bruit !"*

Parmi bien d'autres publications, l'expérience de "l'autoroute fantôme", durant laquelle des chercheurs ont diffusé le bruit enregistré d'une autoroute fictive dans une forêt, a pourtant documenté l'impact des décibels sur la faune sauvage. Dès la mise en place du dispositif, les alentours de cette bande de bitume imaginaire accueillait 30 % d'oiseaux en moins. Surtout, ceux qui s'y sont tout de même installés ont élevé des nichées

fragilisées, notamment par un poids moindre. Des chiffres spectaculaires, alors que seul l'impact sonore était pris en considération. Or une autoroute en compte bien d'autres, comme des vibrations et des émissions de gaz...

Puis il y a la pollution olfactive, moins connue que les deux autres. Pourtant, les animaux utilisent leur odorat pour s'orienter, pour repérer leurs proies et leurs prédateurs, ou encore échanger des messages avec leurs congénères, parfois à but reproductif. Souvent dotés d'une mauvaise vue, les insectes, par exemple, vivent dans des "paysages odorants" faits de dizaines de milliers de composés différents émis par les plantes. Sauf que les activités agricoles et industrielles envoient dans l'atmosphère nombre de molécules chimiques qui interagissent avec les substances naturellement produites par la →

✓ Des migrations perturbées par la lumière artificielle

La lumière artificielle invisibilise la lueur des astres, or celle-ci est primordiale pour certains animaux qui migrent la nuit. Leur orientation se fait alors plus incertaine et les erreurs, coûteuses énergétiquement, sont plus fréquentes.

À la une



Le bruit est un déchet invisible. Si nous voyions des panaches sonores s'échapper de nos véhicules, peut-être prendrions-nous des mesures

JÉRÔME SUEUR

Enseignant-chercheur au Muséum national d'histoire naturelle, à Paris



^ Un équilibre proie/prédateur chamboulé par le fond sonore

Capitale pour entendre les prédateurs arriver, l'ouïe est perturbée par le bruit humain ambiant. Cela peut favoriser les prédateurs, tandis que les proies, contraintes d'accroître leur vigilance et leurs précautions, entrent dans un état de stress chronique.



faune et la flore... Les scientifiques commencent seulement à mesurer la portée de cette pollution : quatre mécanismes de nuisance à la communication chimique des animaux ont notamment été identifiés dans une étude publiée en 2021 par trois chercheurs de l'Inrae.

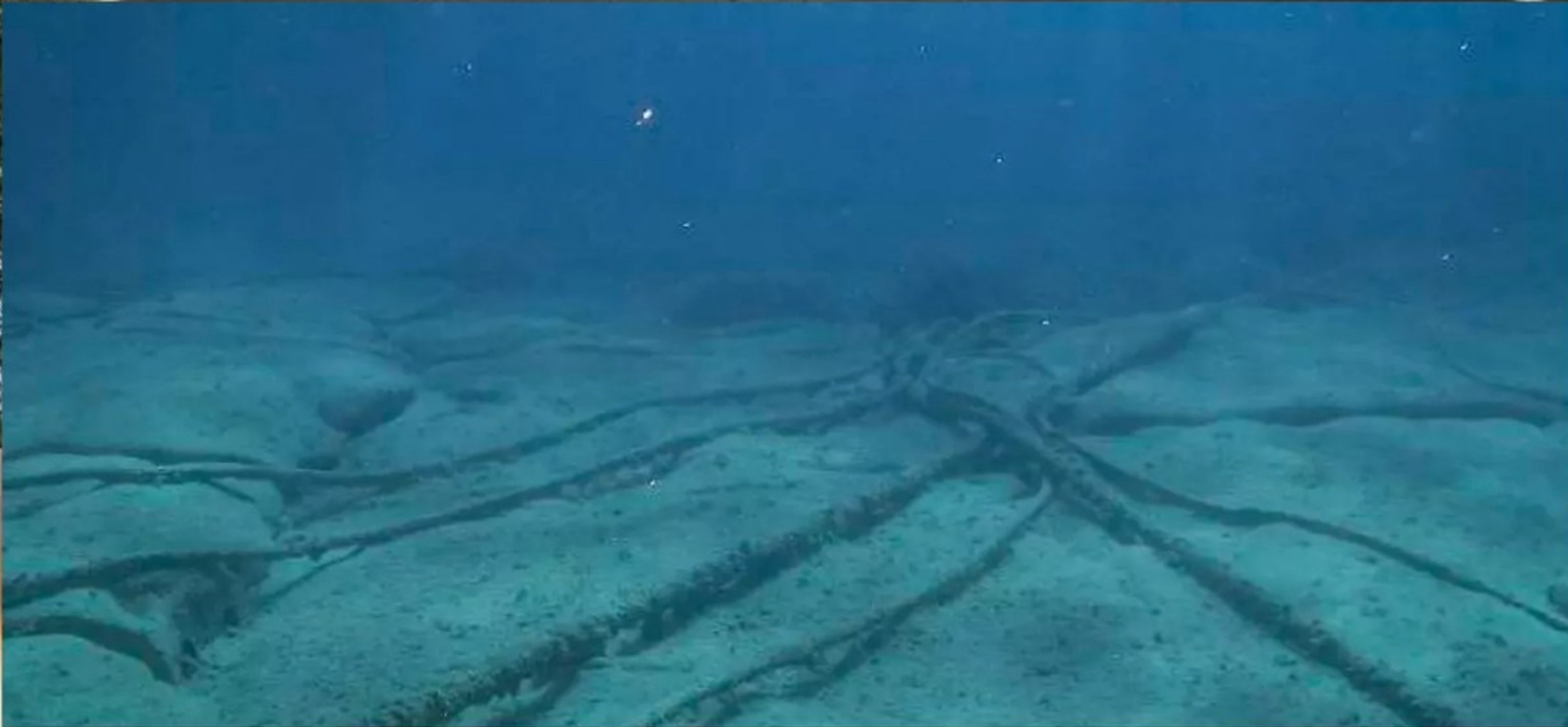
UN LARGE ÉVENTAIL DE NUISANCES

Primo, la pollution peut perturber le développement même du système olfactif de l'animal, très sensible à l'environnement : des études

montrent par exemple que les abeilles exposées à une odeur de fuel au début de leur vie butinent moins efficacement. Deuzio, le contexte olfactif masque les signaux naturels. Exemple ? L'acide humique, un composé abondant dans les eaux usées domestiques et agricoles, empêche, au-delà de 200 mg/l, les femelles de certains poissons de trouver leurs mâles, qui émettent précisément cette substance pour les attirer ! Tertio, cette pollution peut aller jusqu'à semer la confusion, égarant

les insectes qui croient lire un signal écologiquement pertinent. Enfin, quatero, ces émissions olfactives humaines peuvent jouer sur le stress ou l'humeur. Pensant être face à un signal de danger, certains animaux ont des réponses physiologiques coûteuses, par exemple en consommant davantage leurs ressources.

Mais le vivant ne peut se résumer à trois sens... Le large éventail des perturbations visuelles, auditives et olfactives n'est sûrement que la partie émergée de l'iceberg :



< Et bien d'autres comportements gênés par des nuisances inconnues

D'autres sens peuvent être troublés par les activités humaines. Ainsi, les routes pourraient priver les animaux de l'usage de la vibroréception pour communiquer dans les alentours, par exemple. Quant à l'impact des champs électromagnétiques qui entourent les câbles sous-marins sur les invertébrés et les poissons du fond de l'océan, il fait l'objet de recherches.

< Des accouplements freinés par les effluves chimiques

Cruciale pour trouver des partenaires, l'olfaction animale est notamment gênée par les rejets chimiques des industries. Quand ceux-ci ressemblent aux composés organiques volatils recherchés par les animaux, ils saturent leurs récepteurs, rendant la recherche difficile ou les menant sur des fausses pistes.

des nuisances vibratoires, électriques et, pourquoi pas, gustatives, existent. Problème, l'on manque encore cruellement de publications sur lesquelles s'appuyer pour en définir l'impact. Voyez les réseaux électriques : qu'ils soient aériens, enterrés ou immergés, ils génèrent des champs électromagnétiques parasites. Bien qu'ils soient de courte portée, ceux-ci nuisent aux animaux, suggèrent de nombreux témoignages d'éleveurs – repris dans des rapports parlementaires.

Les routes, les voies ferrées, les installations industrielles, etc. provoquent également des vibrations des sols, dont l'impact n'a pas été étudié. Preuve de leur potentiel de nuisance sur les espèces sauvages : la vibroréception est d'ores et déjà utilisée par l'Institut de recherche agronomique méditerranéen de Bari, en Italie, comme outil de lutte contre les insectes ravageurs ! Alors que l'on ne sait rien des effets de la pollution qui lui est associée...

QUELLES SOLUTIONS ?

Enfin, l'on se doit de se demander : pourrait-il exister des sens encore inconnus dans le règne animal, que nous perturberions sans même nous en apercevoir ? Les chercheurs sont divisés sur ce point, certains plaidant que les grands types de perception sont déjà connus, d'autres n'excluant rien, au vu de la diversité du vivant et de l'étendue de notre ignorance.

Quoi qu'il en soit, identifier l'importance de la pollution sensorielle est assurément le premier pas vers sa réduction. Le second sera d'agir en conséquence.

Comment ? Grâce à l'instauration, notamment, de trames, dites "bleues" ou "vertes" selon qu'elles sont aquatiques ou terrestres : ces points de passage entre espaces naturels empêchent telle forêt ou tel lac d'être cloisonné par l'habitat humain, via par exemple des corridors boisés ou des passes à poissons. Dans plusieurs articles récents, Michel Renou, directeur de recherche à l'Institut d'écologie et des sciences de l'environnement de Paris, soutient que ces passages doivent être soigneusement protégés des lumières, des bruits et des odeurs de l'humanité. Bref, qu'il faut garantir aux animaux des sanctuaires préservés de toute pollution sensorielle. Cela paraît-il trop demander ?

Planète MARS

Sous le désert, la glace ?

^ La Formation de Medusae Fossae s'étend sur environ 5 000 km, soit le quart de la circonférence martienne.



À l'équateur de la Planète rouge, une étendue gigantesque, d'aspect sédimentaire, se distingue du reste de la surface martienne. Un faisceau d'indices suggère qu'elle couvrirait un océan de glace, formé à la suite d'un incroyable basculement. En voici le scénario.

Admirez cette vaste étendue de sable martien... Il s'agit d'un immense désert montagneux baptisé Formation de Medusae Fossae, qui s'étend sur plus de 5 000 km à l'équateur de Mars, soit la largeur de l'Europe. Cette région, cela fait vingt ans qu'elle donne du fil à retordre aux planétologues. Les signaux radar envoyés depuis la Terre passent au travers de ce massif comme s'il n'existait pas, à tel point que la Formation Medusae a été surnommée la "zone furtive". *"Depuis que nous l'étudions, ce désert est un mystère, confirme Thomas Watters, planétologue à la Smithsonian Institution, aux États-Unis. On voit bien qu'il s'agit d'un dépôt de sédiments, ou de cendres volcaniques, mais il ne ressemble en rien aux autres zones sédimentaires de la planète."*

ESA/DLR/FU BERLIN - M. TUMELAIRE

Depuis 2007, son équipe compile patiemment les données disponibles concernant cette zone et, selon le spécialiste, elles convergent aujourd'hui vers une fantastique possibilité : sous cette formation désertique se cacherait en réalité un gigantesque réservoir de glace, une calotte souterraine dont l'épaisseur atteindrait par endroits 3,7 km ! Elle est si colossale – environ le volume de la mer Rouge – qu'en fondant elle recouvrirait la planète d'un océan global d'environ 2 m →

de profondeur. *“Selon moi, il leur manque encore une preuve déterminante, mais leur proposition est très convaincante, estime le spécialiste François Forget, astrophysicien au Laboratoire de météorologie dynamique.*

On sait depuis plusieurs décennies que les pôles de la Planète rouge abritent de la glace, les deux calottes gigantesques étant visibles depuis l'espace. Mais à l'équateur? Même s'il y fait beaucoup plus froid que sur son pendant terrestre – la température y grimpe à 20°C grand maximum sous les tropiques en été, et en plein après-midi –, la pression est également bien inférieure: la glace y est donc hautement instable et se sublime instantanément. *“Cela dit, à quelques mètres sous la surface, elle se dégrade tellement lentement*

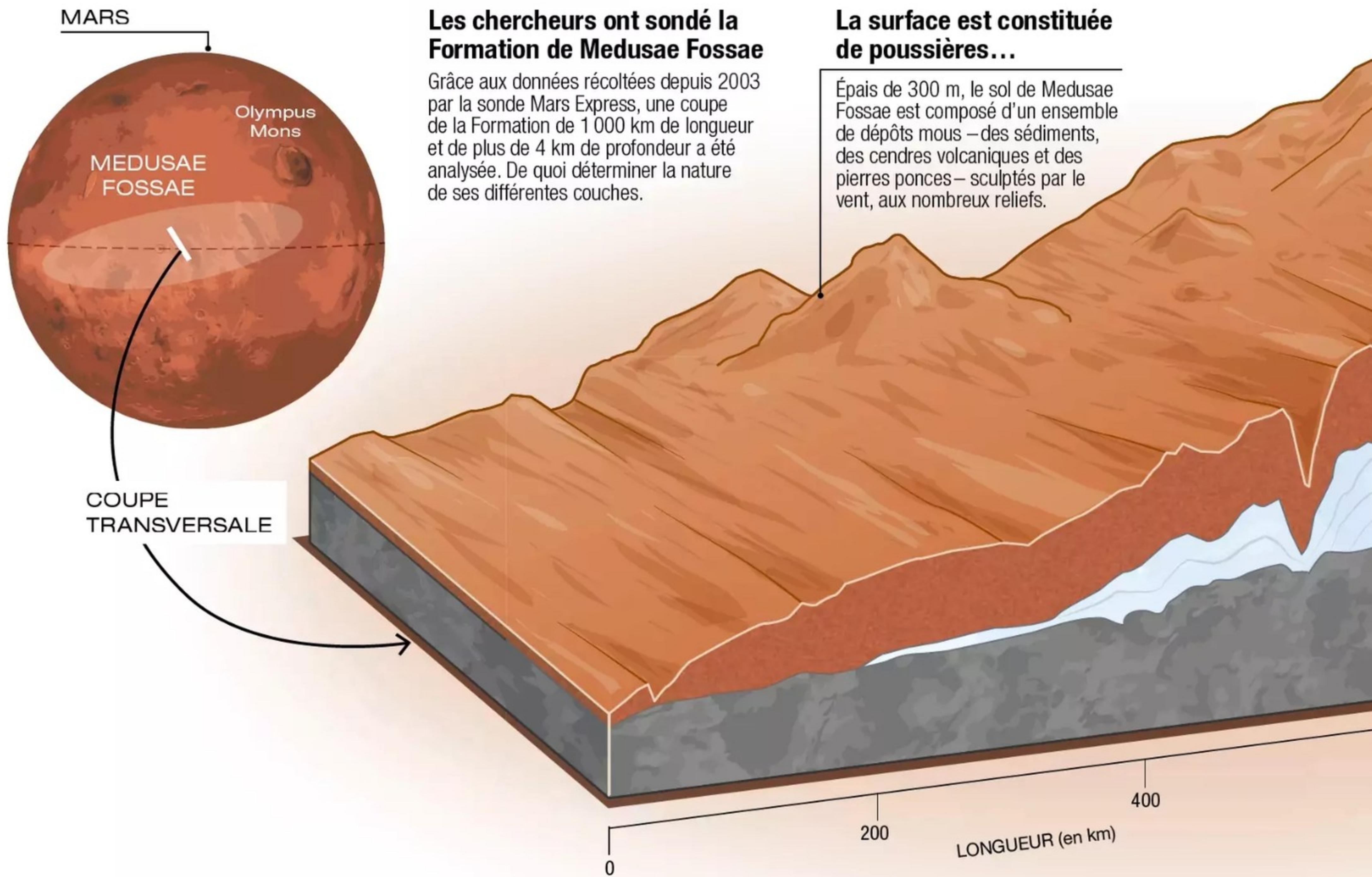
qu'elle peut subsister des millions d'années”, assure François Forget. De fait, des traces de glace ont été détectées, ces dernières années, sur les flancs ombragés de certains volcans, à quelques mètres de profondeur seulement. *“Un gigantesque réservoir a pu être isolé de l'extérieur par une couche de sédiments de 300 m d'épaisseur qui recouvrirait la Formation Medusae Fossae, cela me paraît tout à fait plausible”*, estime le spécialiste.

UN SIGNAL SIMILAIRE À CELUI DES GLACIERS

Plausible, mais encore fallait-il obtenir des indices solides de son existence. Thomas Watters affirme en posséder suffisamment. Par exemple, l'altitude de la Formation, de plusieurs kilomètres par rapport aux régions

BRUNO BOURGEOIS

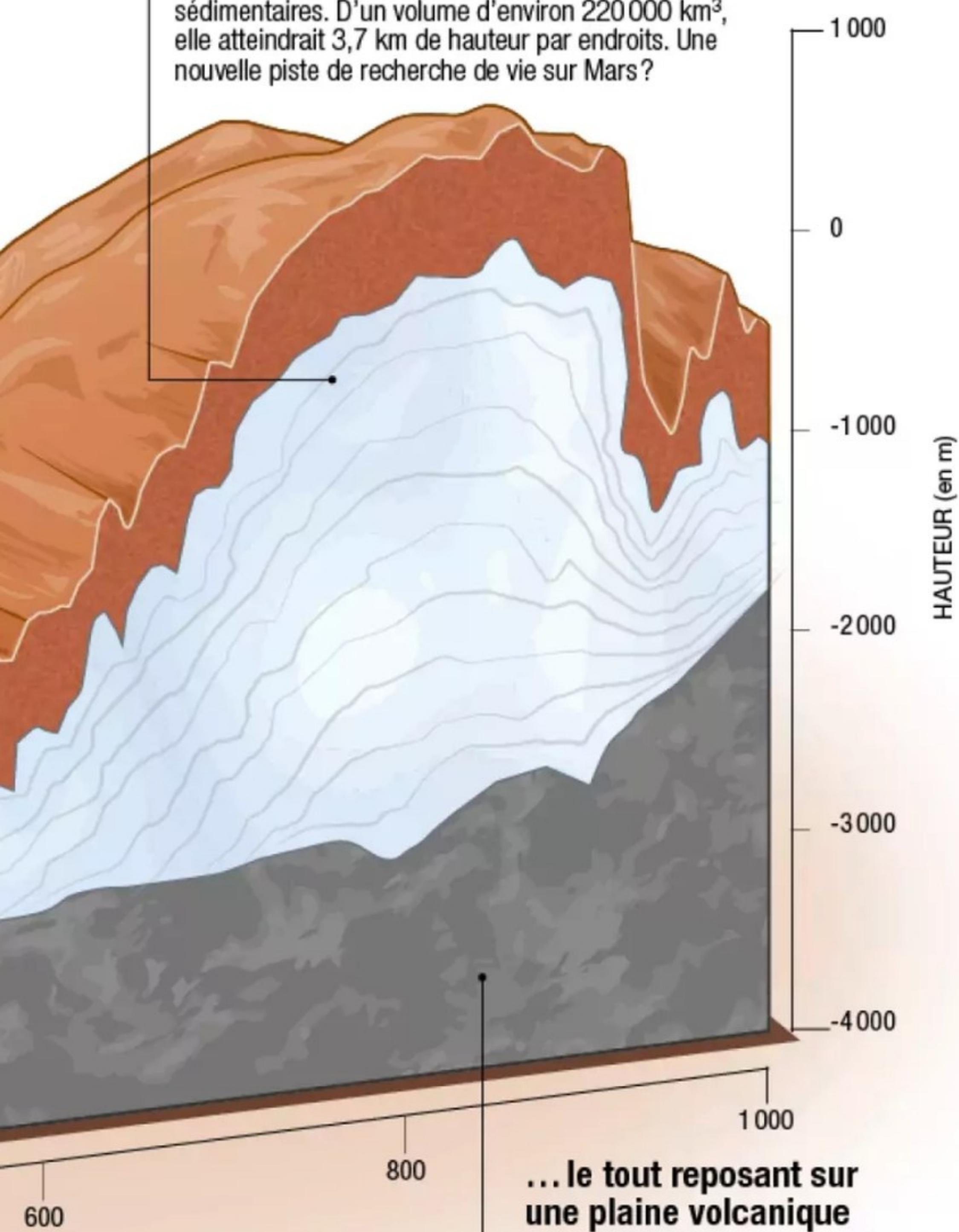
Le glacier reposerait sous 300 m de poussières



alentour, en est un. On sait que Medusae est une des plus grandes sources de poussières de la planète, sa couche superficielle est donc très peu dense. *“Justement, nos modèles de compaction montrent que si elle n’était qu’un gigantesque renflement de 4 000 m de haut de poussières, de sédiments, de cendres volcaniques ou même de pierre ponce, comme cela a été proposé, la région tout entière aurait dû s’affaisser sous son propre poids”*, explique le chercheur. Quelque chose de plus dense, dans le sous-sol, semble donc l’empêcher de se compacter.

... qui recouvriraient un immense gisement d’eau glacée...

Vu ses propriétés, cette couche serait constituée d’une alternance de strates de glace et de roches sédimentaires. D’un volume d’environ 220 000 km³, elle atteindrait 3,7 km de hauteur par endroits. Une nouvelle piste de recherche de vie sur Mars ?



... le tout reposant sur une plaine volcanique

Cette croûte, épaisse de 30 km en moyenne, est composée de roches basaltiques riches en silicium, en oxygène et en oxydes de fer III (Fe₂O₃).

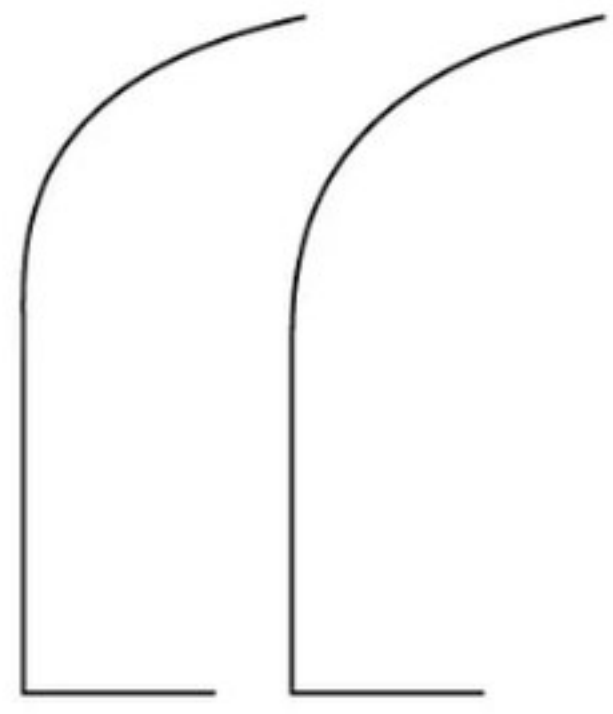
Ensuite, bien que les sondages effectués depuis la Terre n’aient rien donné, ceux des sondes évoluant autour de la Planète rouge ont obtenu des résultats intéressants. Notamment la sonde européenne Mars Express, placée en orbite le 25 décembre 2003 et qui est toujours en service aujourd’hui. Grâce à son radar Marsis et ses deux gigantesques antennes de 20 m chacune, le satellite a pu scanner le sous-sol de la Formation Medusae à plusieurs reprises. Il a ainsi révélé une alternance de strates aux propriétés diélectriques différentes ; un mille-feuille étrange que les chercheurs peinaient à expliquer. Du moins jusqu’à ce que Thomas Watters comprenne que ce signal ressemble fort à celui, beaucoup plus net, renvoyé par les glaciers du pôle Sud.

LES CONSÉQUENCES D’UN BASCULEMENT

La ressemblance est particulièrement frappante avec la Formation Dorsa Argentea, au pôle Sud. Cette calotte souterraine de la taille de la France est enterrée depuis des milliards d’années sous quelques dizaines de mètres de sédiments seulement. Elle est composée de couches superposées de glace et de roches sèches et, selon Thomas Watters, ce serait également le cas pour Medusae. Mais pour cette dernière, la preuve définitive sera compliquée à obtenir : comme elle est enfouie bien plus profondément, les données observationnelles ne sont pas d’aussi bonne qualité que pour Argentea. Il y a bien une autre sonde actuellement en orbite, Mars Reconnaissance Orbiter, de la Nasa, dont le radar Sharad est capable de distinguer la séparation entre différentes couches du sous-sol martien avec une bien meilleure résolution. Malheureusement, celui-ci ne peut sonder à plus de quelques centaines de mètres de profondeur.

Reste un mystère : comment toute cette eau a-t-elle bien pu se retrouver à l’équateur ? Thomas Watters, qui décidément porte bien son nom, a esquissé un scénario : Mars aurait drastiquement basculé sur son axe de rotation par le passé. La glace des calottes polaires, brusquement exposée aux feux du Soleil, aurait été sublimée par la chaleur. La vapeur d’eau aurait alors voyagé sur des milliers de kilomètres vers l’équateur, où les rayons solaires étaient alors plus →

rasants, pour s'y recristalliser. Puis, lorsque l'axe est revenu à la normale, quelques millions d'années plus tard, toute cette glace aurait à nouveau disparu, sauf au niveau de Medusae, entre-temps recouverte par une couche de cendres volcaniques. Et il est vrai que de nombreux volcans ont été observés dans la région voisine de Tharsis. À commencer par Olympus Mons, la plus grande montagne, toutes planètes confondues : le point culminant du Système solaire. *“On a tendance à considérer Mars comme un astre géologiquement mort, mais des éruptions volcaniques ont eu lieu il y a encore quelques millions d'années seulement, explique François Forget. On soupçonne même qu'Olympus Mons pourrait redevenir actif dans un temps géologiquement proche.”*



Si la région n'était qu'un gigantesque renflement, elle aurait dû s'affaisser sous son propre poids

SOUS L'INFLUENCE DE JUPITER

Quant à son basculement passé sur son axe de rotation, il est parfaitement réaliste : la Planète rouge est sous l'influence gravitationnelle de Jupiter, qui a pu la perturber. Les simulations réalisées par plusieurs équipes ont montré que l'obliquité de Mars a pu monter jusqu'à 60° ! La Terre, elle, est inclinée de 23° par rapport au plan du Système solaire. *“L'axe de la Terre est relativement constant dans le temps grâce à la présence de la Lune, explique Thomas Watters. C'est ce qui a rendu son climat assez stable depuis sa naissance.”* Pourtant, Mars possède non pas un satellite, mais deux : Phobos et Déimos. Mais ils sont minuscules, d'un diamètre d'environ 20 et 12 km respectivement, contre 3 500 km pour notre Lune. Ainsi, l'obliquité de Mars a pu subir d'énormes variations sous l'influence de Jupiter.

“Pour moi, c'est justement tout l'intérêt de l'hypothèse de la découverte du glacier de Medusae”, explique François Forget. Le spécialiste dirige un nouveau groupe de recherche financé par l'Union européenne et dont l'objectif est de reconstituer le climat passé de la Planète rouge. Mais les simulations numériques ne permettent pas d'estimer son obliquité à plus de 10 ou 15 mil-

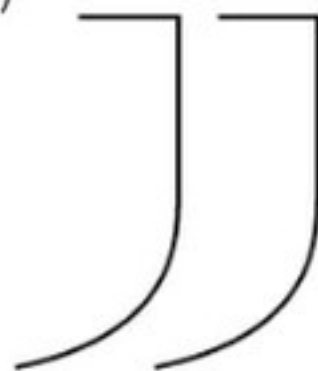
Le gisement de Medusae Fossae pourrait-il être exploité ?

Si une mission habitée se concrétise un jour, la base des astronautes devra être implantée dans une zone proche d'une source d'eau potable. La latitude équatoriale de Medusae Fossae est a priori idéale. Las, la profondeur de sa calotte la rend difficile d'accès. “On visera donc plutôt une latitude de 25 à 30°, imagine François Forget. On pense qu'il y a de la glace enfouie à seulement quelques centimètres sous le sable, donc beaucoup plus facile à exploiter, et l'ensoleillement est y encore suffisant pour les panneaux solaires.” Une sonde de la Nasa, International-Mars Ice Mapper, devait d'ailleurs partir en éclaireur dès 2026, mais elle a été reportée à une date indéfinie, pour des questions budgétaires.

lions d'années. Les chercheurs doivent donc se baser sur les formations géologiques telles que Medusae, comme autant de pièces d'un puzzle disséminées à la surface de la planète. *“En analysant la répartition et l'âge des glaciers, on pourrait estimer l'obliquité de la planète au cours des époques, ce serait un rêve pour nous autres, les paléoclimatologues martiens”,* continue le chercheur. Selon lui, on s'est beaucoup intéressé à la prime jeunesse de la planète, jusqu'à il y a 3,5 milliards d'années, car la présence d'eau liquide y a laissé des traces évidentes de lacs, de rivières et de deltas. *“Il est temps de s'intéresser aux milliards d'années qui ont suivi, avance le planétologue. On sait que le visage de Mars a énormément changé au cours des âges, mais c'est moins évident à reconstituer car les preuves sont plus indirectes.”* L'exploration continue, donc. Et qui sait combien de trésors encore enfouis sous les sables de la Planète rouge nous découvrirons ?



THOMAS WATTERS
Planétologue à la Smithsonian Institution (États-Unis)



SCIENCE & VIE

CROISIÈRES

Les merveilles du Danube

SPÉCIAL FAMILLE

GRATUIT POUR LES ENFANTS*

TARIF SPÉCIAL LECTEURS

A partir de

999€

par personne

VIENNE, BUDAPEST, BRATISLAVA

Du 28 octobre au 1er novembre 2024

EN PARTENARIAT AVEC



* Croisière offerte pour les enfants de moins de 16 ans ; seul le transport et les excursions restent à charge (430€/enfant).

Les points forts de votre croisière :

- **5 jours** à la découverte des grandes capitales danubiennes : **Vienne, Budapest, Bratislava**
- **Un programme de 5 visites incluses**
- **Une date réservée** pour nos lecteurs à la Toussaint 2024
- **Un navire 5 ancres**, francophone et à taille humaine, le MS Vivaldi (88 cabines seulement)
- **Un tarif spécialement négocié** pour nos lecteurs à partir de **999 €/pers.** AU DÉPART DE PARIS (vols A/R, pension complète avec boissons et excursions incluses !)



Téléchargez les brochures complètes sur www.voyages-lecteurs.fr/sv

INFOS & RÉSERVATIONS - Du lundi au vendredi de 9h à 18h et le samedi de 9h à 12h
01 41 33 56 56 en précisant **Science & Vie**

ou Demandez votre brochure sans engagement en retournant ce coupon à : Science & Vie - Croisière Les Merveilles du Danube - 59 898 Lille Cedex 9

M086 # L1598556

Nom* : Prénom* : Code article : 702191

Adresse* :

CP* : | | | | | Ville* : Tél. : | | | | | | | | | | | | | | | |

Email : Date de naissance : | | | | | | | | | | | | | | | |

Utile pour recevoir nos bons plans Croisières et Voyages

(pour fêter votre anniversaire)

Avez-vous déjà effectué une croisière ou un voyage OUI NON

Je ne souhaite pas recevoir les offres Privilège Science & Vie et Voyages Lecteurs sur des produits et services similaires à ma commande par la Poste, e-mail et téléphone. Dommage !

Je ne souhaite pas que mes coordonnées postales et mon téléphone soient communiqués à des partenaires pour recevoir leurs bons plans.

*A renseigner obligatoirement pour traiter votre demande.

Les informations recueillies à partir de ce formulaire font l'objet d'un traitement informatique fondé sur votre consentement et destiné à Reworld Media France SAS en sa qualité de responsable de traitement. Les finalités poursuivies sont l'envoi de la brochure et les offres relatives aux voyages avec nos partenaires si vous y consentez. L'inscription au voyage implique l'acceptation des conditions générales et particulières de vente de CroisiEurope au dos du bulletin de réservation joint à la brochure. Les informations demandées sont destinées à la société REWORLD MEDIA MAGAZINES (Voyages Lecteurs) à des fins de traitement et de gestion de votre commande, de la relation client, des réclamations, de réalisation d'études et de statistiques et, sous réserve de vos choix, de communication marketing par Voyages Lecteurs et/ou ses partenaires par courrier, téléphone et courrier électronique. Vous bénéficiez d'un droit d'accès, de rectification, d'effacement de vos données ainsi que d'un droit d'opposition en écrivant à RMM-DPD, c/o service juridique, 40 avenue Aristide Briand - 92220 Bagneux, ou par mail à dpd@reworldmedia.com. Vous pouvez introduire une réclamation auprès de la CNIL - www.cnil.fr. Pour en savoir plus sur la gestion de vos données personnelles, vos droits et nos partenaires, consultez notre politique de confidentialité sur www.voyages-lecteurs.fr. Crédits photos : © Shutterstock et CroisiEurope.



SCIENCE & VIE





Grossesse

Tout le corps participe !

Des chercheurs ont réussi à décrypter comment les organes interagissent pendant la grossesse. Ces résultats pourraient aider à diagnostiquer plus tôt une maladie propre à la femme enceinte.

Tout le monde en conviendra : la grossesse est un phénomène biologique prodigieux, qui bouleverse le corps de la femme afin qu'il puisse abriter la vie et assurer son bon développement. Eh bien, cette transformation va très au-delà de ce que l'on croyait jusqu'à présent. Une étude publiée en février dernier par une équipe chinoise vient de le révéler : attendre un heureux événement n'est pas l'affaire de quelques organes, c'est le corps tout entier, du cœur à la peau, en passant par les muscles, qui se reprogramme pour assurer son succès. Et dans des proportions absolument inattendues !

Un bouleversement biochimique, donc, mais aussi de nos connaissances : jusqu'alors, l'essentiel des variations métaboliques liées à la grossesse échappait aux scientifiques. *"Ces travaux impressionnants pourraient servir à mieux comprendre son déroule-*

ment, les maladies qui lui sont liées et leurs conséquences", applaudit Daniel Vaiman, directeur de recherche à l'Institut Cochin (Inserm/CNRS). À peine l'étude publiée, des pistes thérapeutiques naissent dans l'esprit des chercheurs. Mais d'abord, rebobinons.

UN PLACENTA SIMILAIRE À CELUI DES FEMMES

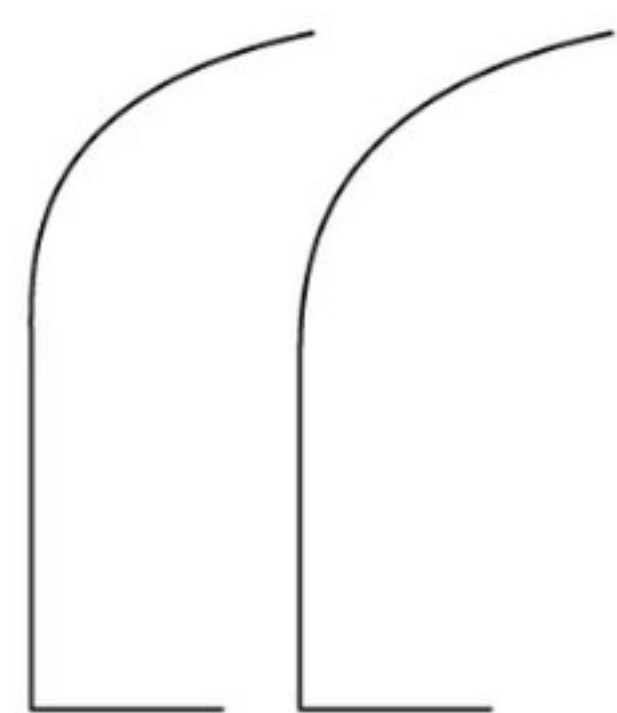
Pour évaluer l'ampleur du chamboulement induit par la grossesse, Shyh-Chang Ng, biologiste à l'Institut de zoologie de l'Académie chinoise des sciences, et ses collègues ont mené leurs travaux sur le macaque crabier (*Macaca fascicularis*). Celui-ci possède une biologie de la grossesse proche de celle de l'humain avec, notamment, un placenta similaire. Les chercheurs chinois ont ainsi réalisé des prélèvements chez douze femelles : trois non gestantes, trois en début de grossesse, trois en milieu et trois en fin. Chez chacune, ils ont récolté des échantillons de 23 parties du corps : utérus, cœur, foie, quadriceps (le muscle de la cuisse), rein, sang, moelle épinière, peau, etc. Au total, ce sont 273 échantillons qui ont été prélevés.

Puis, l'équipe a étudié le métabolome de chacun de ces échantillons, c'est-à-dire l'ensemble des molécules appelées métabolites qui régulent les processus biochimiques dans les tissus : acides aminés, acides gras, sucres, etc. Un travail fastidieux ! *"Cela nous a pris pas moins de cinq ans"*, confie →

^ Les récents travaux permettent de mieux comprendre les variations métaboliques liées à la grossesse. Une avancée majeure.

SHUTTERSTOCK

Shyh-Chang Ng. Pour relever ce défi, son équipe et lui ont exploité une technique en plein essor : la métabolomique non ciblée par CL-SM. Celle-ci allie les performances de deux méthodes d'analyse de pointe : la chromatographie en phase liquide (CL), qui permet la séparation fine des molécules d'un échantillon ; et la spectrométrie de masse non ciblée (SM), qui peut détecter et quantifier des milliers de molécules d'intérêt – ici, des métabolites – grâce à leur masse. *“Sans cette approche, il aurait été difficile d'arriver à des résultats d'une telle envergure”*, observe Patrick Giraudeau, spécialiste en métabolomique à Nantes Université. En fin de compte, reprend Shyh-Chang Ng, *“nous avons obtenu une sorte d'atlas qui référence les milliers de métabolites identifiés dans chacun des 23 tissus étudiés, ainsi que leurs variations lors des différents stades de la grossesse.”* (Voir infographie ci-contre.)



Des milliers de métabolites et leurs variations aux différents stades de la grossesse ont été référencés

REPROGRAMMATIONS MÉTABOLIQUES

Que révèle cette mine d'informations ? Tout d'abord, il apparaît qu'au cours de la grossesse, des voies métaboliques tout entières sont modifiées : les niveaux de vitamine C ou d'acide aminé L-cystéine, par exemple, chutent drastiquement, tandis que ceux de progestérone et de corticostérone augmentent fortement. En résulte notamment une reprogrammation *“du processus de synthèse des hormones stéroïdiennes, du métabolisme des acides gras et de celui de l'acide arachidonique, un constituant majeur des membranes”*, liste Shyh-Chang Ng. Autant de processus qui favorisent la bonne croissance du fœtus.

Et ces reprogrammations s'étendent bien au-delà des seuls organes connus pour être impactés par la grossesse. Nous savions déjà que le cœur grossit pour pomper le sang dans le placenta, que le pancréas gonfle pour produire plus d'insuline et que le thymus rétrécit pour éviter le rejet du fœtus. Mais ces répercussions ne s'arrêtent pas à trois organes : tous participent à l'effort. Non pas que les muscles ou la peau gonflent,

Plus de la moitié des molécules produites par les organes sont chamboulées !

De l'utérus et du placenta...

Directement impliqués, ces deux organes voient respectivement 73 % et 68 % de leurs métabolites varier au cours de la grossesse. Ainsi, le taux de progestérone y augmente tout au long de la gestation.

... au cœur et au thymus...

Dans ces organes distants du placenta mais déjà connus pour changer de taille, respectivement 59 % et 76 % des métabolites sont affectés : le taux de corticostérone, molécule du stress chez les rongeurs, croît ; celui de prostaglandine F2a, impliquée généralement dans le processus d'inflammation, chute.



SHYH-CHANG NG

Biologiste à l'Institut de zoologie de l'Académie chinoise des sciences



bien sûr, mais eux aussi sont concernés par cette reprogrammation métabolique. Avec, en plus, une coordination bluffante : les chercheurs ont remarqué que lorsque certains métabolites étaient surproduits dans le placenta, ils l'étaient également dans les autres organes, et dans les mêmes proportions. La grossesse n'a donc pas seulement un impact sur ces derniers, elle orchestre aussi une formidable communication chimique entre eux.

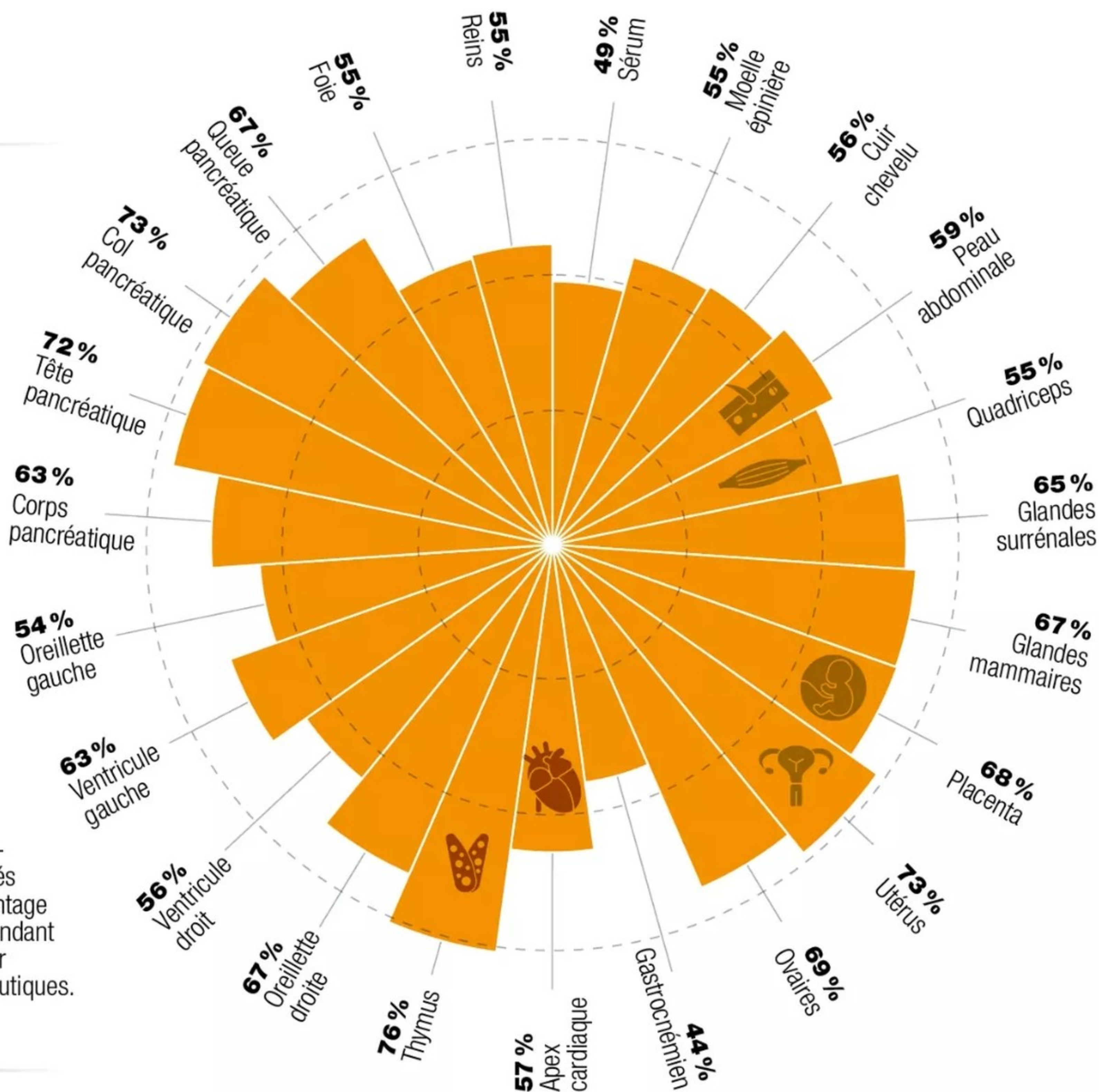
Forts de ces premiers résultats, les chercheurs se sont focalisés sur un métabolite en particulier : la corticostérone, dont ils ont observé une augmentation des niveaux tout au long de la grossesse. *“Jusqu'à présent, cette molécule était principalement connue en tant qu'hormone du stress chez les rongeurs”*, précise Shyh-Chang Ng. Forcément, cela a piqué la curiosité de l'équipe, qui a alors examiné les effets de cette molécule sur plusieurs

... jusqu'à la peau et aux muscles !

Pas connus pour être impactés, la peau du ventre et les quadriceps voient 59 % et 55 % de leurs métabolites fluctuer ! Fait étonnant, dans la première, le taux de leucotriène C4, molécule impliquée dans l'immunité, diminue au cours des neuf mois, tandis qu'il augmente dans les seconds.

Des données précieuses pour la recherche

L'analyse de l'évolution de la concentration des milliers de métabolites identifiés permettra d'en savoir davantage sur leurs différents rôles pendant la grossesse et de découvrir de nouvelles pistes thérapeutiques.



■ Part des métabolites qui évoluent au cours d'une grossesse

SOURCE : CELL, 2024

types de cellules placentaires humaines. Résultat : l'augmentation de sa concentration favorise la différenciation des cellules souches trophoblastiques humaines, à l'origine du placenta, en trophoblastes extravilloux et en syncytiotrophoblastes. En d'autres termes, il apparaît qu'une hormone du stress du monde animal est aussi une molécule clé tout au long de la grossesse, qui favorise le développement, la croissance et le bon fonctionnement du placenta !

REPÉRER PRÉCOCEMENT LA PRÉ-ÉCLAMPSIE

DR - STÉPHANE JUNGERS
Ce n'est pas tout : les chercheurs ont eu l'idée de mesurer la concentration de cette substance dans des échantillons de sang de femmes enceintes atteintes de pré-éclampsie, une maladie potentiellement mortelle, caractérisée par une hypertension artérielle et l'apparition de protéines dans les urines. Bingo :

ces patientes présentaient des taux de corticostérone inférieurs à ceux des femmes enceintes non concernées par cette maladie... "Ce résultat indique qu'identifier un déficit en corticostérone maternelle pourrait être utile pour le diagnostic de la pré-éclampsie", estime Shyh-Chang Ng.

Un pas de géant : en effet, à ce jour, les scientifiques n'avaient découvert aucun marqueur biologique susceptible d'aider à repérer précocement cette maladie. L'étude d'un seul des métabolites identifiés a peut-être déjà permis une avancée décisive. Des milliers restent à explorer, et ils le seront.

NOTRE SÉRIE

Les défis scientifiques les plus fous

Forer à des kilomètres sous terre, rallier les pôles, poser un pied sur la Lune... L'histoire de l'humanité est jalonnée de tels défis prodigieux. *Science & Vie* poursuit sa série sur les plus incroyables missions scientifiques à venir. Ce mois-ci, l'enjeu est culturel : sauvegarder des monuments et des œuvres d'exception exposés à différents dangers.

MISSION

Préserver les trésors de l'humanité

Hordes de touristes foulant des sites classés, mais aussi urbanisation, dégâts dus aux aléas climatiques... En divers points du monde, le patrimoine culturel est mis à mal, voire menacé. Des chercheurs se démènent pour recenser ces merveilles, prévenir leur dégradation, et pilotent des actions de sensibilisation.

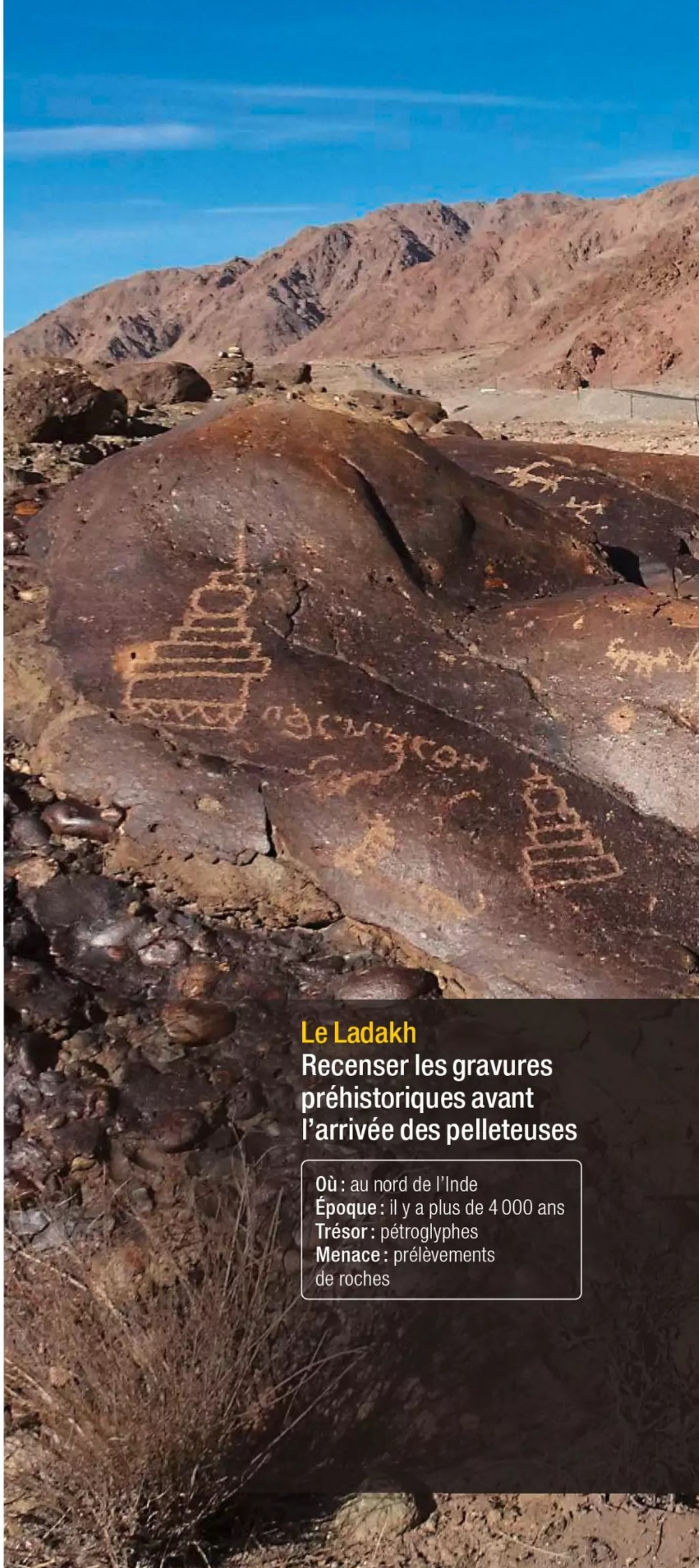


^ En Libye, le site de Cyrène, fondé en 631 av. J.-C. et classé au patrimoine mondial de l'Unesco, est la proie de pillages.

Aux pillages, incendies et guerres des temps plus ou moins anciens, voilà que s'ajoutent désormais le réchauffement climatique, l'agriculture intensive et le tourisme de masse. Partout dans le monde, et à chaque seconde, des vestiges jamais déterrés sont recouverts par l'urbanisation, des parois ornées d'art ancestral sont fracassées, et des édifices qui ont résisté à des millénaires tombent sous les coups de la météo.

Mais l'humanité n'a pas dit son dernier mot : ici et là, d'irréductibles chercheurs, archéologues et géographes luttent sans relâche pour préserver nos trésors archéologiques du passé. Ils en ont bien conscience : c'est une mission impossible, tous ne pourront pas être sauvés. *“Notre devoir d'archéologue est alors de documenter de notre mieux et dans les plus brefs délais le plus grand nombre de sites possible, avant qu'ils ne disparaissent, s'émeut Quentin Devers, chercheur au sein du Centre de recherche sur les civilisations de l'Asie orientale du CNRS. Car un site détruit avant d'être documenté est condamné à demeurer inconnu à jamais.”* *“Il faut faire connaître ces trésors au plus grand nombre et que les gens s'intéressent à leur patrimoine”,* renchérit Julie Gazzola, docteure à l'Institut national d'anthropologie et d'histoire (Inah) de Mexico. Voici six témoignages de notre histoire que l'on s'efforce de préserver.

QUENTIN DEVERS/CREATIVE COMMONS



Le Ladakh

Recenser les gravures préhistoriques avant l'arrivée des pelleteuses

Où : au nord de l'Inde
Époque : il y a plus de 4 000 ans
Trésor : pétroglyphes
Menace : prélèvements de roches



C'est une merveilleuse galerie d'art rupestre, perchée à 5216 m d'altitude dans le désert du Ladakh, en Inde. Découverte en 2020 sur les bords du lac glaciaire de Tso Kirkir, elle recèle des représentations d'animaux, de créatures fantastiques telles que des aigles aux cornes de yack, des scènes de chasse, de danse et de bataille, et même des inscriptions dans des langues anciennes. *“Ces pétroglyphes [dessins gravés dans la pierre, ndlr] datent de l'âge du bronze, ils ont donc plus de 4000 ans”*, révèle Quentin Devers, chargé de recherche au CNRS. Et ils

ne sont certainement pas seuls : les 59 000 km² du désert sont truffés de vestiges qui restent à découvrir. Enfin, si on en a le temps... Car c'est au Ladakh que les entreprises de construction locales s'approvisionnent en pierre pour bâtir les routes et les bâtiments de la région.

Depuis quinze ans, le rythme des prélèvements rocheux n'a fait que s'accélérer – et tant pis si des trésors archéologiques en font les frais. Quentin Devers et ses collègues ont bien tenté de faire du Ladakh une région protégée, mais les négociations ont échoué. Ils se sont alors rabattus sur le plan B :

intensifier leurs explorations afin de documenter le plus de sites possible avant leur destruction – bref, sauver leur mémoire, au moins. *“Pour accéder aux rives de l'Indus, il nous faut sortir même en plein hiver, par -30°C. Pour parcourir les vallées désertes, nous devons marcher sur des chemins sur près de 1 000 km par an”*, décrit l'archéologue. Des efforts couronnés de succès : plus de 750 sites de pétroglyphes ont été recensés en une décennie, et un nouveau est découvert en moyenne chaque semaine. Combien ont déjà disparu ? Nul ne le saura jamais. →

Teotihuacán

Acheter les terrains riches en vestiges pour contrer l'urbanisation

Où : au centre du Mexique
Époque : I^{er} siècle
Trésor : cité antique, pyramides, temples
Menace : urbanisation, corruption



Angkor

Préserver la forêt pour qu'elle protège la cité à son tour

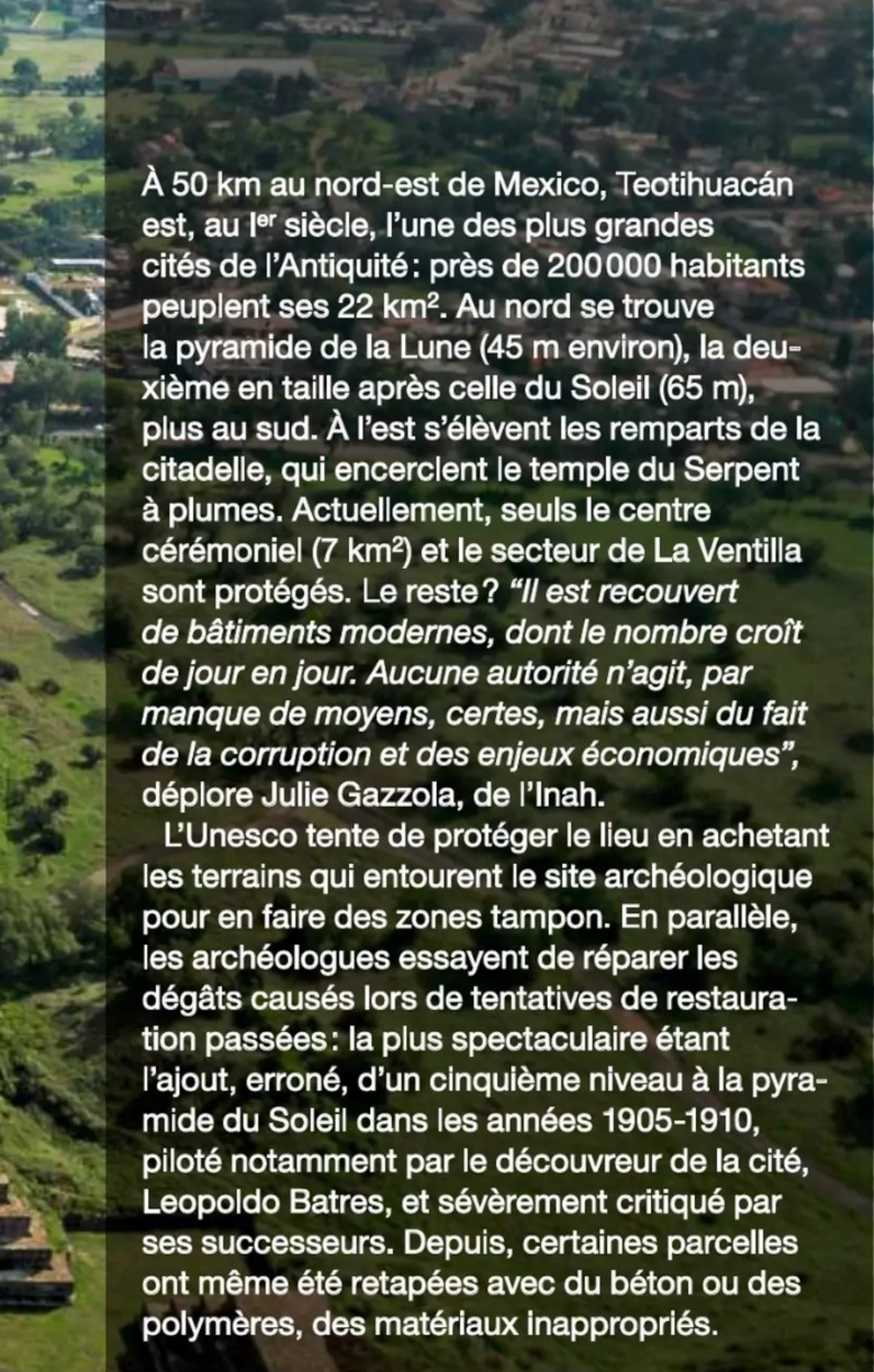
Où : au nord-ouest du Cambodge
Époque : IX^e siècle
Trésor : nombreux temples
Menace : tourisme de masse, déforestation, mousson

Dans la jungle cambodgienne se cache une merveille : sur près de 1 000 km² se côtoient 200 monuments reliés par un immense réseau de chaussées, de canaux et de bassins. C'est la cité d'Angkor, l'ancienne capitale de l'Empire khmer, qui s'est étendu du Myanmar au Vietnam entre le IX^e et le XV^e siècles. *“La cité connaît son apogée au XII^e siècle avec la construction du temple d'Angkor Vat, de l'enceinte d'Angkor Thom et des ‘tours à visages’ du temple du Bayon. Elle est abandonnée après son pillage par les Thaïs en 1431 et s'enfouit peu à peu sous la forêt”,* précise Marie-Françoise André, géographe à l'université Clermont Auvergne, qui a participé à la publication de l'*Atlas des sites archéologiques menacés* (CNRS). Depuis, le site a gagné une notoriété mon-

diale. Au point que *“la pression touristique et la déforestation mettent son avenir en danger”*, alerte-t-elle. Les 5 millions de visiteurs annuels attirent les projets immobiliers qui font reculer la nature. Or, en 2014, l'équipe de Marie-Françoise André a montré que la forêt protégeait les monuments des rayons solaires et des pluies de mousson. Sans cet écran protecteur, la pierre des temples finit par éclater sous l'assaut des intempéries.

La chercheuse note toutefois des progrès dans la gestion du site : *“Des passerelles en bois et de nouveaux circuits répartissent le flux des touristes, et on assiste à la reforestation d'une partie du parc archéologique. De plus, des quotas journaliers pourraient être mis en place sur les monuments les plus visités, comme Angkor Vat.”*





À 50 km au nord-est de Mexico, Teotihuacán est, au I^{er} siècle, l'une des plus grandes cités de l'Antiquité : près de 200 000 habitants peuplent ses 22 km². Au nord se trouve la pyramide de la Lune (45 m environ), la deuxième en taille après celle du Soleil (65 m), plus au sud. À l'est s'élèvent les remparts de la citadelle, qui encerclent le temple du Serpent à plumes. Actuellement, seuls le centre cérémoniel (7 km²) et le secteur de La Ventilla sont protégés. Le reste ? *"Il est recouvert de bâtiments modernes, dont le nombre croît de jour en jour. Aucune autorité n'agit, par manque de moyens, certes, mais aussi du fait de la corruption et des enjeux économiques"*, déplore Julie Gazzola, de l'Inah.

L'Unesco tente de protéger le lieu en achetant les terrains qui entourent le site archéologique pour en faire des zones tampon. En parallèle, les archéologues essaient de réparer les dégâts causés lors de tentatives de restauration passées : la plus spectaculaire étant l'ajout, erroné, d'un cinquième niveau à la pyramide du Soleil dans les années 1905-1910, piloté notamment par le découvreur de la cité, Leopoldo Batres, et sévèrement critiqué par ses successeurs. Depuis, certaines parcelles ont même été retapées avec du béton ou des polymères, des matériaux inappropriés.



GIANFRANCO VIVI/SHUTTERSTOCK - SHUTTERSTOCK - GERVAIS LARA-SCARLETT/SIPA

Samarra

Sonder les ruines enfouies avant que l'agriculture ne les recouvre

Où : au nord de l'Irak
Époque : VIII^e siècle
Trésor : cité médiévale, palais, mosquées...
Menace : érosion, guerre, accaparement des terres

tout de suite vu une manne archéologique exceptionnelle."

Mais à l'époque, la région est menacée par la guerre entre l'Irak et l'Iran (1980-1988). Le professeur a alors l'idée de cartographier le site au plus vite : il déniche notamment des photographies aériennes, à partir desquelles il élabore des cartes et inventorie les vestiges. De quoi déplorer les blessures que les affrontements ont infligées à Samarra, notamment lors de l'arrivée des forces internationales au début des années 2000...

Ce n'est pas tout : les populations locales l'ont peu à peu investie pour récupérer des terrains à cultiver. Ainsi, en 2005, plus de 23 km² sur les 58 de la cité médiévale avaient été transformés en zones de culture. En 2022, 30 % de vestiges supplémentaires avaient disparu. *"Des fouilles sont à envisager dès que possible. On estime que 80 % de Samarra reste ensevelie à ce jour"*, alerte Alastair Northedge. →

La cité médiévale de Samarra (VIII^e-IX^e siècles), à 125 km au nord de Bagdad, en Irak, abrite les plus grands palais du monde islamique, dont les mosquées d'Al-Malwiya et d'Abu Dulaf, ainsi que deux étonnants minarets en spirale. *"C'est d'autant plus beau que tout est construit en terre crue et cuite, expose Alastair Northedge, professeur émérite d'archéologie, monde islamique, histoire de l'art, à l'université Paris 1 Panthéon-Sorbonne. Malheureusement, c'est aussi ce qui rend ces monuments si vulnérables. Je suis allé à Samarra en 1981 et j'y ai*



Cyrène Lutter contre le trafic archéolo- gique pour décou- rager les pillages

Où : côte nord
de l'actuelle Libye
Époque : VI^e siècle
av. J.-C.

Trésor : nécropole,
statues

Menace : pillages et trafic
de biens archéologiques

Cyrène est nichée à 600 m d'altitude en Libye actuelle, face à la mer. Fondée en 631 av. J.-C., elle fut la principale colonie grecque de la Méditerranée et comptait près de 100 000 habitants au IV^e siècle avant notre ère. Sa nécropole ceinture la cité sur environ 30 km et abrite des milliers de tombes. *“On trouve de rares bustes funéraires représentant Perséphone, la femme d'Hadès, datant de la période grecque. Puis la colonie a été romanisée, c'est pourquoi la nécropole abrite également des portraits sculptés des défunts eux-mêmes, souvent en marbre”*, présente Vincent Michel, professeur d'archéologie classique à l'université de Poitiers, rattaché au laboratoire Herma (Hellénisation et romanisation dans le monde antique).

Mais voilà : située en périphérie, la nécropole est difficile à surveiller, donc

vulnérable aux saccages. *“Les objets prisés des collectionneurs se retrouvent, une fois blanchis par les trafiquants, sur le marché de l'art. Le pillage s'est accru avec l'instabilité politique issue du Printemps arabe, en 2011, quand les populations locales ont aussi pris conscience de la valeur de ce qui se trouvait sous leurs pieds”*, ajoute le professeur, qui s'efforce de former des policiers, douaniers, magistrats et étudiants à lutter contre ce trafic. En 2021-2022, cette action locale a profité d'une visibilité internationale : au Louvre s'est tenue la première exposition visant à sensibiliser le public à la lutte contre le trafic de biens archéologiques. *“Nous avons notamment pu présenter quatre bustes saisis en 2012, note Vincent Michel. Pour marquer les esprits, ils étaient présentés sous cloche, avec les doubles scellés de la police et de la douane encore apposés.”*

Chan Chan

Renforcer les murs de la cité rongés par la pluie

Où : côte nord du Pérou
Époque : IX^e siècle
Trésor : cité en brique de terre cuite
Menace : érosion

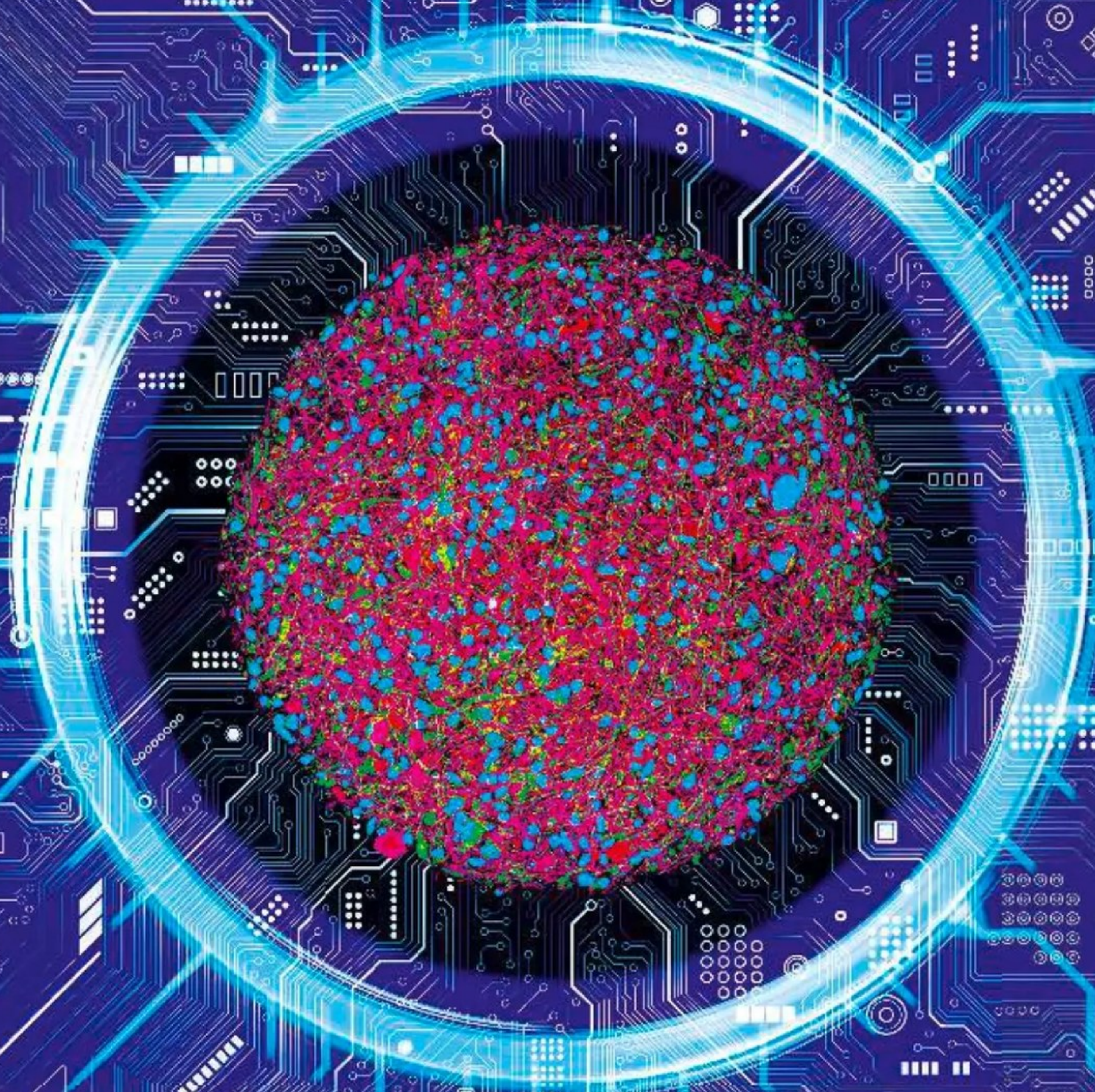
Sur la côte au nord du Pérou se dessine Chan Chan : la plus grande cité d'Amérique du Sud entièrement construite en adobe, des briques de terre cuite séchées au soleil. Bâtie par les Chimús, ancien peuple péruvien, au IX^e siècle, la ville couvre une surface de 20 km² et renferme un cœur monumental qui abritait des temples, des habitations, des réservoirs... et même des plateformes funéraires. Bien sûr, depuis son déclin à la fin du XV^e siècle, Chan Chan a été soumise au temps et aux pillages. Mais aujourd'hui, c'est un autre mal qui la menace : l'adobe qui la compose s'érode sous les pluies diluviennes provoquées par El Niño, un phénomène météo dont les effets s'accroissent avec le changement climatique. Pour combattre cette

dégradation, le gouvernement péruvien a mis en place un programme de restauration : des centaines de travailleurs produisent aujourd'hui de l'adobe sur place afin de renforcer les murs des vestiges. Un travail intense et incessant, car le climat, lui, ne s'arrêtera pas...

En parallèle, la cité est peu à peu "grignotée". *"Une route sépare désormais le site en deux, et ses abords, où se trouvaient des faubourgs de l'ancienne capitale, se recouvrent petit à petit de champs de canne à sucre, d'habitations et d'industries agroalimentaires, avertit Nicolas Goepfert, chargé de recherche au laboratoire Archéologie des Amériques du CNRS. Des actions de sensibilisation ont vu le jour dans les écoles, mais la zone archéologique continue de se réduire."*

MAHIR ALAWAMI/SHUTTERSTOCK - DOUGLAS JUAREZ/REUTERS





L'organoïde utilisé dans l'ordinateur Brainware (ici, une illustration) comporte moins de 100 000 cellules et mesure environ 500 µm.



Et les ordinateurs devinrent organiques

En termes d'efficacité énergétique, le cerveau humain continue de supplanter les supercalculateurs. Un constat qui a incité une équipe américaine à intégrer des amas cellulaires à un ordinateur. Et ça marche !

Un enchevêtrement de câbles, de circuits imprimés, de transistors... et d'amas cellulaires grouillants ! Tels pourraient être les ordinateurs du futur : des machines où l'information transite par le réseau neuronal d'une structure composée de cellules bien vivantes. Les premiers prototypes de cet ordinateur 2.0 sont déjà là, notamment Brainware, développé par les chercheurs de l'université de l'Indiana, à Bloomington (États-Unis), l'un des premiers du genre. Et selon les résultats publiés fin 2023 par l'équipe, non seulement cette machine organique fonctionne, mais, plus encore, elle se révèle performante.

Pourquoi chercher à mélanger l'informatique et le biologique ? D'abord, parce que cela paraît possible : leurs fonctionnements sont comparables. *“On peut considérer que la cellule a une capacité computationnelle : c'est un objet fermé qui stocke de l'information et peut réagir aux signaux qu'il reçoit de son environnement”*, décrit Guillaume

Gines, chercheur CNRS à l'École supérieure de physique et de chimie industrielles de Paris. Un objet avec une mémoire et qui réagit à des signaux... L'analogie avec l'ordinateur fonctionne. Les calculs binaires des machines, successions de 1 et de 0, prennent simplement dans le vivant la forme de réactions chimiques entre cellules.

Ce n'est cependant pas la seule raison qui motive cette quête de l'ordinateur organique : le matériel informatique “classique” impose certaines limites, surtout en ce qui concerne les travaux en intelligence artificielle. *“Sur un ordinateur, les calculs s'effectuent de*

manière séquentielle, c'est-à-dire les uns après les autres. Le fonctionnement du cerveau, lui, est extrêmement parallélisé”, détaille Guillaume Gines.

Résultat, lorsque l'on compare l'efficacité d'un cer-

Repère

Organe miniature (rein, cerveau...) créé en laboratoire à partir de cellules souches, un organoïde est un précieux atout pour la recherche fondamentale et médicale. Et bientôt informatique ?

veau humain à celui d'un superordinateur, les écarts sont abyssaux. Un supercalculateur nécessiterait une puissance de 10 MW (mégawatts) pour atteindre une perfor-

mance comparable à celle de notre organe roi, qui ne demande que 20 W pour fonctionner. Or cette gourmandise énergétique de l'informatique a un coût : quand une équipe développe un nouveau modèle de langue – comme GPT-4 sur lequel repose ChatGPT –, elle doit trouver des millions d'euros.

UNE MACHINE HYBRIDE

Dans ces conditions, mimer l'efficacité du cerveau humain fait forcément de l'œil aux scientifiques et aux industriels... D'où cette idée à l'origine de Brainoware : remplacer les traditionnelles puces en silicium par un organoïde cérébral, une structure cellulaire cultivée en laboratoire à partir de cellules souches, et organisée pour imiter quelques fonctions du cerveau.

Bien sûr, les chercheurs n'ont pas pu s'affranchir complètement de nos bons vieux ordinateurs : Brainoware est une machine hybride, à la frontière entre classique et biologique. Car avant de faire transiter une information à travers un organoïde, en espérant qu'il l'intègre et l'analyse, encore faut-il trouver comment la lui communiquer – un défi ! Les scientifiques ont alors décidé de

transformer des données informatiques – un enregistrement sonore, par exemple – en une série d'impulsions électriques, qu'ils ont ensuite délivrées à l'organoïde par des électrodes (voir schéma).

Et après ? *"Le stimulus se propage entre certaines cellules selon son intensité. Ainsi, le signal envoyé va être transformé"*, décrit Sarah Berkeimer, chercheuse au Laboratoire d'informatique de l'École polytechnique (LIX). Bref, l'amas de cellules accueille l'information et la traite.

Comment, de quelle manière, dans quel but... Nul ne peut le dire pour l'instant : l'organoïde se comporte comme une véritable boîte noire. Toujours est-il qu'en son sein, le signal transite et il est modifié. La réponse n'attend plus qu'à être captée, puis décodée.

Pour recueillir ce signal de sortie – ou *"output"* –, les chercheurs ont là encore utilisé

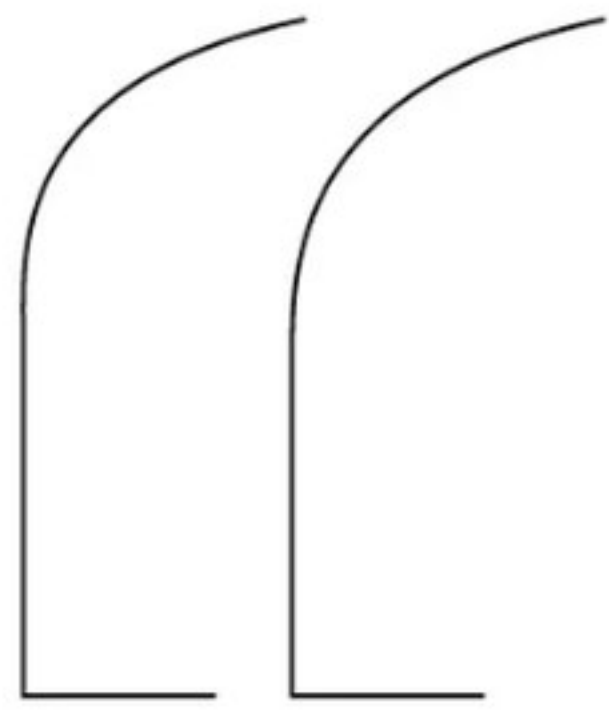
des électrodes afin de traduire, cette fois, les impulsions électriques en données informatiques. Puis ils ont fourni ces dernières à un logiciel d'apprentissage automatique chargé de les décrypter.

Bon, l'information est transmise, traitée, recaptée... Le dispositif est fin prêt. Mais à quoi ? Il pourrait en fait servir à de nombreuses tâches : les chercheurs l'ont, par exemple, mis à l'épreuve dans un exercice de distinction de voix humaines. Des enregistrements de voyelles prononcées par huit locuteurs japonais ont d'abord été présentés à l'organoïde, qui a réagi différemment selon la personne qui parlait. Puis des phrases complètes lui ont été soumises. En comparant les signaux reçus de l'amas cellulaire, les chercheurs ont alors cherché à déterminer à qui appartenait la voix. Conclusion ? L'ordinateur organique tombait juste dans 78 % des cas – un résultat certes en deçà des performances des algorithmes actuels, mais encourageant, d'autant plus que la machine semble s'être améliorée au fil des exercices.

C'est peut-être là l'aspect le plus intéressant de Brainoware : il a physiquement évolué pendant la réalisation de la tâche dont il avait la charge ! *"Ses concepteurs ont montré que ce mini-cerveau réagissait aux signaux en entrée, qu'il en était acteur. Mais ils ont également noté quelques caractéristiques de plasticité, révèle Thomas Hartung, professeur à l'université Johns Hopkins, aux États-Unis, et spécialiste des organoïdes. C'est la première fois qu'un organoïde cérébral reproduit autant de fonctions et d'éléments d'architecture du cerveau. Il possède toute la machinerie nécessaire à l'apprentissage à long terme."*

DES CELLULES QU'IL FAUT NOURRIR

Dans les faits, certaines connexions entre les cellules de l'amas semblent s'être renforcées, d'autres se sont affaiblies, et de nouvelles se seraient créées – exactement comme dans un cerveau en plein apprentissage. Brainoware pourrait ainsi s'améliorer encore avec le temps, et peut-être même apprendre de nouvelles tâches grâce à sa capacité de réorganisation, quand les modèles informatiques



La cellule a une capacité computationnelle : elle stocke de l'information et réagit aux signaux



DR - BRUNO BOURGEOIS

GUILLAUME GINES
Chercheur CNRS à l'École supérieure de physique et de chimie industrielles de Paris



Dans le cœur vivant de l'ordinateur organique

① Une commande informatique est transmise à un réseau d'électrodes qui les traduit en impulsions électriques.

② L'organoïde capte ces impulsions et les traite, sans que l'on sache encore comment. Il se modifie même sous leur influence.

③ Puis il renvoie les données modifiées au réseau d'électrodes, qui les transmet à l'ordinateur.

①

②

③

L'organoïde doit être nourri...

Pour être maintenu en vie, l'organoïde doit être alimenté en oxygène, nutriments et autres facteurs de croissance par une perfusion.

... logé...

Il baigne dans un milieu de culture composé d'hydrogel maintenu à température optimale.

... et "blanchi"

Deux perfusions permettent de purger les déchets de l'organoïde, qui peuvent lui être toxiques.

SOURCE: FRONTIERS, 2023

actuels, ultra-spécialisés, en sont bien souvent incapables.

Faut-il alors s'attendre à l'avènement d'un ordinateur organique plus puissant que n'importe quel ordinateur informatique, et plus pratique à construire et à utiliser que les quantiques ? Il reste du chemin à parcourir... Diverses contraintes techniques, notamment, demeurent. À la différence d'une puce en silicium, les cellules de l'organoïde sont vivantes : elles ont besoin d'être nourries en permanence en oxygène et en nutriments. Or cet approvisionnement croît avec la taille de l'organoïde, ce qui empêche pour l'instant les plus gros d'entre eux – et sûrement les plus puissants dans ce contexte – de dépasser le millimètre... La captation du signal en

sortie constitue aussi une gageure : de l'information se perd. *"Ces défis d'ingénierie ne sont cependant pas insurmontables, tout cela suit son cours"*, assure Thomas Hartung.

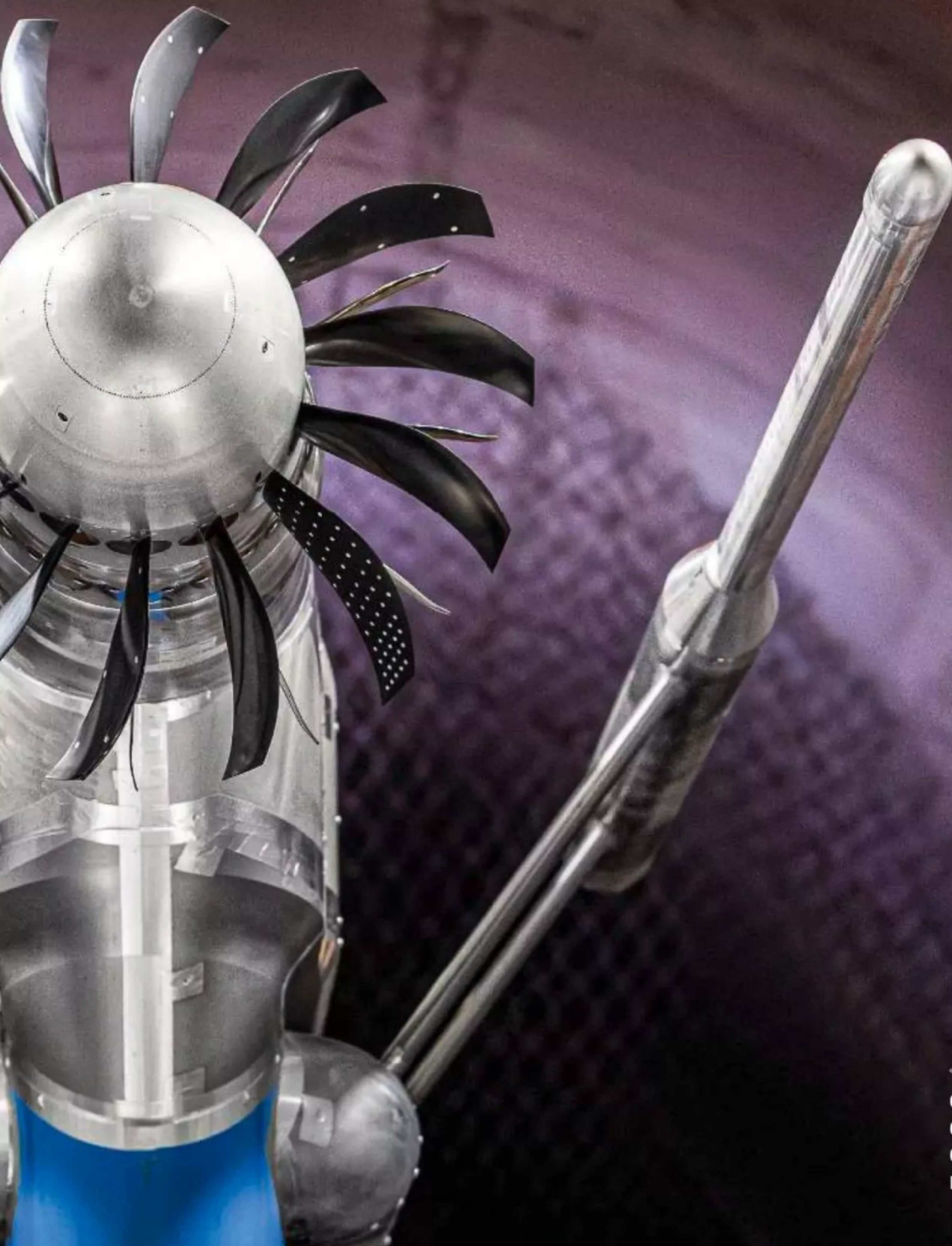
Reste une inconnue : d'un point de vue éthique, que penser de ces projets ? Un tel agrégat cellulaire pourrait-il ressentir de la douleur face aux impulsions électriques des électrodes, de l'ennui à réaliser une même tâche répétitive, et pourquoi pas, même, être en proie à des sursauts de conscience ? *"Il faudra que les États se penchent sur le sujet pour mettre en place des lois, avance Sarah Berkemer. Mais cela prendra du temps."* Qui sait, un ordinateur organique saura peut-être un jour répondre à ces interrogations – ce serait un comble.



Moteur Rise

Enfin les premiers tests !

Réduire d'au moins 20 % l'impact environnemental de moteurs d'avions commerciaux, telle est l'ambition de Rise. Les premiers essais en soufflerie ont eu lieu début 2024 : ils sont très prometteurs.



< Le turboréacteur Rise, dépourvu de carénage, sera doté d'une hélice de 4 m de diamètre – le double des moteurs actuels.

R. ALARY/SAFRAN - M. TUMELAIRE

Au cœur de l'imposante soufflerie aéronautique S1MA de l'Office national d'études et de recherches aérospatiales (Onera), nichée au fond de la vallée de la Maurienne, à Modane-Avrieux (Savoie), un moteur d'un tout nouveau genre réalisait ses premiers essais en jan-

vier dernier. Son nom de code? Rise, pour Revolutionary Innovation for Sustainable Engines (Innovation révolutionnaire pour des moteurs durables). Développé par CFM International, la coentreprise entre Safran Aircraft Engines et GE Aerospace, ce turboréac- ➔

teur se destine à équiper la prochaine génération d'avions commerciaux de type Airbus A320 et Boeing 737. Avec un objectif: atteindre la même puissance que leur moteur actuel –le Leap 1– tout en réduisant l'empreinte environnementale d'au moins 20%. Et selon les ingénieurs, ses premiers résultats aux tests seraient plus que satisfaisants.

UNE CONSTRUCTION ENTIÈREMENT REPENSÉE

C'est un soulagement, car le projet était ambitieux. L'architecture de Rise étant en totale rupture avec ce qui se faisait jusqu'à présent, il a fallu repenser entièrement sa construction (voir infographie ci-contre). "Nous avons opté pour un concept de moteur 'open fan', c'est-à-dire qu'aucun carénage ne viendra entourer la soufflante (l'hélice), explique Éric Dalbiès, directeur de la recherche, de la technologie et de l'innovation chez Safran. Cela permettra de l'agrandir et de gagner ainsi en puissance, sans alourdir le moteur."

L'hélice de Rise mesurera environ 4 m de diamètre, soit deux fois plus que les moteurs qu'il viendra remplacer. "En accroissant la taille des pales, on obtient un meilleur taux de dilution –le rendement entre la masse d'air qui entre dans le moteur et celle qui sera réellement utilisée dans la combustion du carburant–, et donc une meilleure performance du réacteur, ajoute Pierre Cottenceau, directeur technique de Safran Aircraft Engines. Nous visons une efficacité cinq fois plus importante avec un réacteur Rise qu'avec celui d'un Leap. C'est un véritable bond technologique!"

Bien sûr, cet agrandissement de l'hélice a apporté son lot de défis.

La vitesse subie par les extrémités des pales, notamment, est augmentée. Or ces dernières ne doivent pas tourner plus rapidement que le son (environ 340 m/s), sinon le rendement diminue. Seule solution: plus la soufflante est grande, plus sa vitesse de rotation doit être réduite. Sauf qu'une hélice tourne parce qu'elle est habituellement solidaire d'un

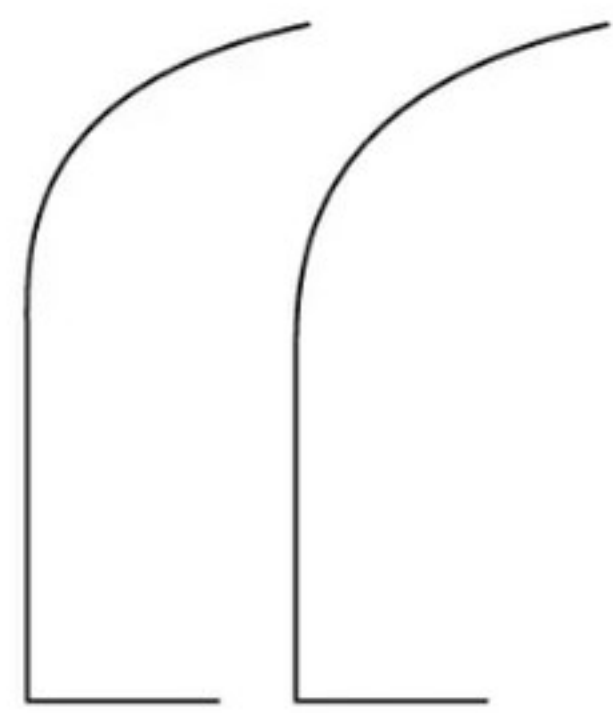
autre élément rotatif: la turbine, un dispositif qui convertit l'énergie issue de la combustion en énergie mécanique. Et celle-ci doit aller le plus vite possible! "Pour pallier ce problème, nous avons dû ajouter un réducteur entre ces deux éléments. C'est un objet qui permet d'ajuster leur vitesse de rotation indépendamment et donc de faire en sorte qu'ils tournent chacun le plus efficacement possible", indique Pierre Cottenceau.

Ce n'est pas tout: la composition même des pièces du moteur a été repensée. Les immenses pales seront conçues en un matériau composite intégrant une nouvelle génération de fibres de carbone, imprimé en 3D. Et des composants constitués de céramique, plus fragiles que les alliages métalliques, mais deux fois plus légers et supportant mieux les très hautes températures, formeront les parties du moteur particulièrement soumises à la chaleur. De quoi maximiser encore plus ses performances.

UNE FORCE MONUMENTALE

Bon. La physique générale de Rise a été validée et le moteur, assemblé. Ne restait plus qu'à le tester, notamment pour s'assurer de ses propriétés aérodynamiques et sonores. C'est ce à quoi s'est employée l'équipe d'ingénieurs et de scientifiques au sein de l'immense soufflerie savoyarde. Le moteur, réduit à l'échelle 1/5, a été disposé au centre d'une impressionnante veine de 8 m de diamètre et de 14 m de longueur. À l'une des extrémités, deux énormes ventilateurs de 15 m de diamètre, pour une puissance de 90 MW, se sont mis à souffler avec une force monumentale. "Ils permettent un débit de 10 tonnes d'air/seconde dans la section d'essai, expose Pascal Crozier, directeur des souffleries Onera de Modane-Avrieux. Le moteur a ainsi subi des écoulements d'air similaires à ceux d'un environnement de vol, soit des vitesses allant jusqu'à Mach 0,8 (988 km/h)! Aucune autre soufflerie au monde ne peut le faire dans de telles dimensions."

Grâce à des micros placés tout autour de l'hélice du réacteur, les ingénieurs ont également mesuré et analysé avec une



Le volume sonore de Rise semble équivalent voire plus faible que celui des moteurs actuels

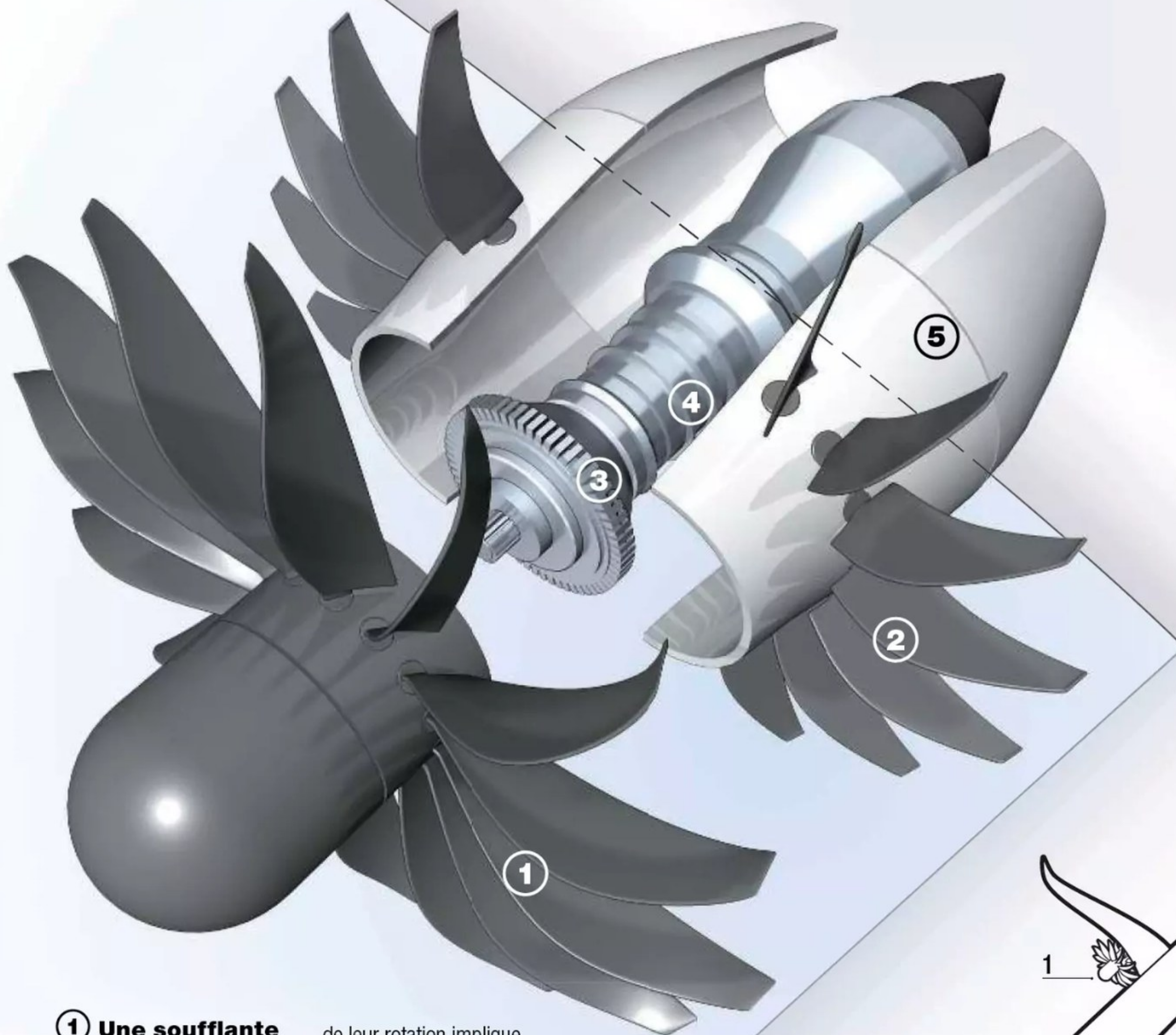


ÉRIC DALBIÈS

Directeur recherche, technologie et innovation chez Safran



Rise signe une rupture architecturale des moteurs...



① Une soufflante doublée

En se passant de carénage, les ingénieurs ont pu agrandir l'hélice : celle-ci mesurera 4 m de diamètre, ce qui augmentera la performance du moteur.

② Des ailettes supplémentaires

Des pales non rotatives mais à calage variable ont été fixées juste derrière l'hélice. Elles se déplaceront automatiquement autour de leurs axes afin d'optimiser l'écoulement de l'air.

③ Un réducteur désolidarisant

L'hélice et la turbine, normalement solidaires, doivent ici tourner à des vitesses différentes pour maximiser le rendement. L'ajustement

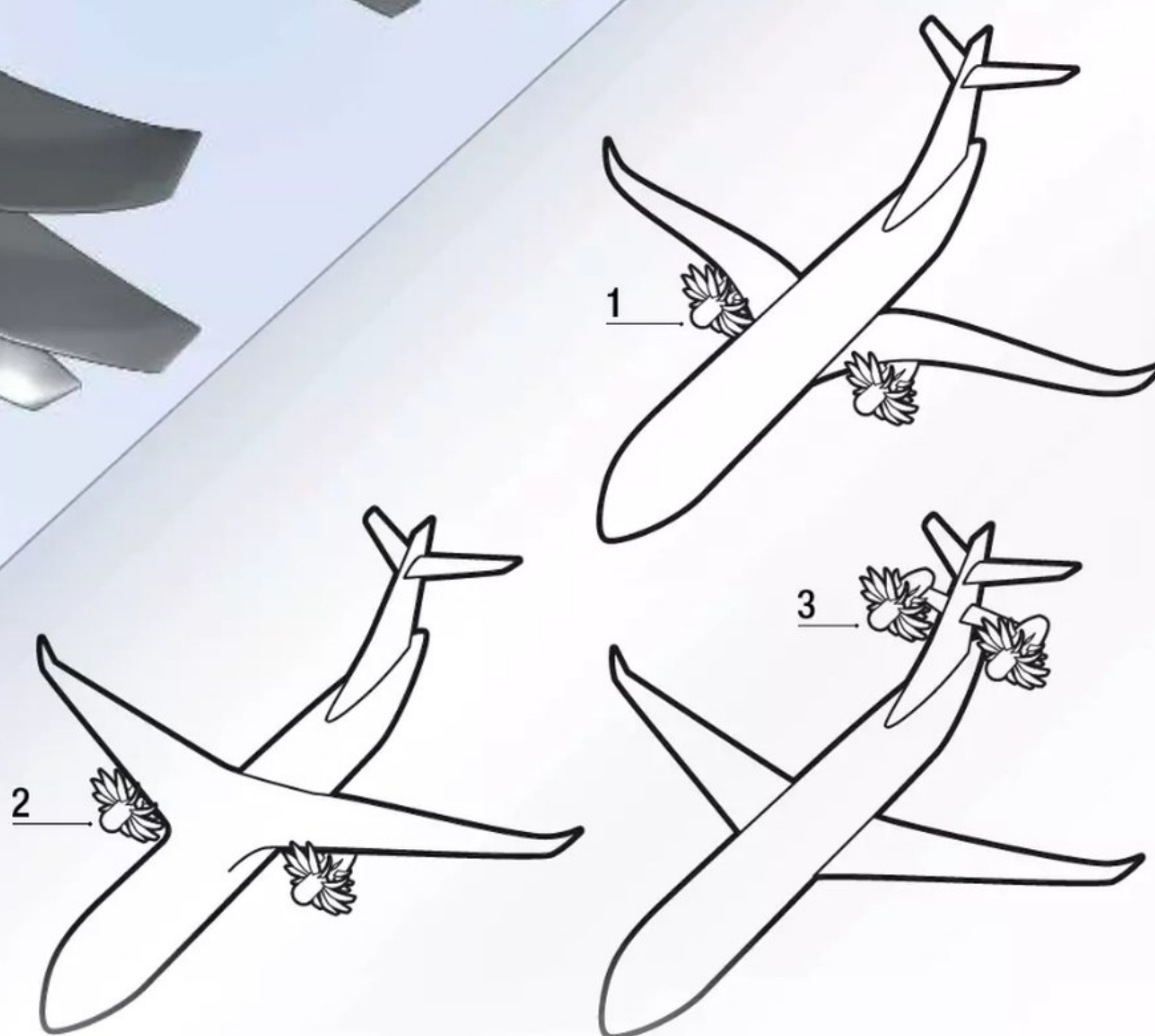
de leur rotation implique donc l'ajout d'une nouvelle pièce située entre les deux : un réducteur.

④ Un moteur adaptatif

Rise sera compatible aussi bien avec le kérosène qu'avec des biocarburants et des carburants de synthèse. Une version fonctionnant avec du dihydrogène (H_2) est également prévue.

⑤ Des matériaux nouveaux

Les pales seront constituées d'un matériau composite de nouvelle génération, en fibre de carbone et imprimé en 3D. Les parties chaudes seront fabriquées en matériaux incluant de la céramique, pour la légèreté et la résistance à la chaleur.



... et du design des avions eux-mêmes !

Le moteur Rise est si gros qu'il ne pourra pas être placé sous les ailes des Airbus A320 ou des Boeing 737 actuels. Safran propose trois configurations possibles des avions du futur : modifier l'angle des ailes (1), remonter ces dernières sur le fuselage (2) ou placer les moteurs au niveau de la queue (3).

SOURCE : SAFRAN

extrême précision le bruit généré afin d'en caractériser la pollution sonore. *“Malgré l'absence de carénage, grâce notamment au design des pales, le niveau des décibels semble équivalent voire plus faible que celui d'un Leap”*, s'enthousiasme Éric Dalbiès.

Quid des résultats quant à l'aérodynamisme même de Rise? À l'heure où nous écrivons ces lignes, ils n'ont pas encore été publiés. Mais selon nos sources, le défi semble remporté – les experts présagent bien

Les SAF, l'autre challenge de l'aviation propre

Le secteur aérien mise aussi sur les carburants aéronautiques durables (SAF), synthétisés à partir d'eau et de CO₂ (e-fuel) ou de déchets végétaux (biocarburants), qui absorbent du CO₂ en poussant. Résultat: l'empreinte carbone de ces SAF est 75 à 90 % moindre que celle des combustibles fossiles. Dès 2025, l'UE imposera aux fournisseurs d'incorporer au kérosène une part progressive de SAF, pour atteindre 63 % en 2050. À cette date, l'aéronautique américaine devra, elle, ne tourner qu'avec eux. Au total, 450 milliards de litres de SAF seront ainsi nécessaires chaque année. Mais les techniques pour les produire doivent encore être améliorées.

une diminution de 20 % de la consommation de kérosène et des émissions de CO₂... au minimum ! Car l'empreinte carbone de ce moteur pourrait en réalité être réduite de 80 % avec, en parallèle, une baisse des émissions d'oxydes d'azote, hautement toxiques, si l'on y incorporait des carburants d'aviation durables (SAF) issus de matières premières durables – comme des huiles végétales usagées – ou synthétisés à partir de CO₂ – à l'instar de l'e-kérosène –, ce que promettent les ingénieurs.

300 ESSAIS SONT PROGRAMMÉS

Il est même prévu de rendre compatible le moteur avec le dihydrogène (H₂) ! Pour ce dernier cas, l'architecture n'aurait pas à être modifiée mais il sera malgré tout nécessaire

de changer certains composants pour garantir leur parfaite étanchéité, la molécule H₂ ayant tendance à fuir à travers les moindres défauts. Enfin, Safran mène en parallèle des travaux visant à développer un générateur électrique à très haute densité de puissance, destiné à hybrider les ensembles propulsifs du futur. Ce dernier, couplé avec Rise, pourrait réduire encore davantage la consommation de carburant durant certaines phases de vol.

Mais pour l'heure, les 2 000 ingénieurs de la coalition CFM International analysent sans relâche les résultats de la campagne d'essais en soufflerie afin de peaufiner leur moteur. La ligne d'arrivée reste loin : encore 300 essais sont prévus avant d'atteindre un niveau de maturité suffisant en vue du développement à grande échelle ! *“Nous concevons notamment les pièces du premier démonstrateur réel, celui qui fera 4 m de diamètre et qui prendra place sur un banc d'essai moteur de Safran en 2025-2026, informe Éric Dalbiès. Puis suivront les tests en vol, prévus en 2027-2028, avec des open fans placés sous les ailes d'un Airbus A380 d'essai.”*

REPENSER L'AVION DU FUTUR

Ce qui implique la réalisation d'une autre mission en parallèle : repenser la géométrie de l'avion du futur afin de l'adapter à de plus gros moteurs (voir infographie p. 111) – Safran et Airbus y travaillent actuellement. Plus encore, des dispositions et des précautions particulières devront sans doute être prises par les compagnies aériennes, en particulier au niveau des opérations aéroportuaires, puisque les hélices ne seront plus protégées par un carénage. Des zones d'exclusion plus larges autour des avions verront donc sûrement le jour prochainement dans les aéroports, afin d'éviter tout choc avec les véhicules terrestres.

Compte tenu du calendrier envisagé par les avionneurs, il reste une dizaine d'années aux aéroports et aux compagnies pour se préparer. L'arrivée de Rise sur la future flotte de moyen-courriers d'Airbus et Boeing est prévue vers 2035. Il les propulsera alors pour quelques décennies, au moins.

C'est dans nos vies

Sommaire

- 113 **En pratique**
- 116 **Technofolies**
- 120 **À voir, à lire**
- 122 **Questions Réponses**
- 128 **Mots-croisés**
- 130 **Bulle de science**



En pratique

Vous voulez perdre du poids ? Dansez !

Rock, salsa, jazz... La danse est de plus en plus recommandée aux personnes souffrant d'embonpoint. Et pour cause : elle serait plus efficace que bon nombre d'autres sports pour perdre du poids, assure une méta-analyse chinoise portant sur 654 études. Selon les chercheurs, comme la danse se pratique en société et qu'elle divertit, on s'y adonne avec plus de plaisir, plus longtemps et plus régulièrement que la natation, le vélo ou la course à pied, par exemple. "Plos One", jan. 2024

SHUTTERSTOCK

La perception du temps joue sur la guérison

Comme le dit l'adage, le temps guérit toutes les blessures. Et selon des psychologues de l'université Harvard, aux États-Unis, elles guériraient même plus rapidement si on a l'impression que le temps file. Pour le montrer, les chercheurs ont provoqué une ecchymose chez des volontaires en aspirant le sang sous leur peau à l'aide de ventouses, puis ont examiné l'évolution de la blessure exactement 28 minutes plus tard. Sauf que dans l'intervalle, la perception du temps des participants avait été manipulée grâce à des horloges qui avançaient plus ou moins vite: ainsi, un premier groupe pensait qu'il ne s'était passé que 14 minutes (l'horloge avait été ralentie), tandis qu'un deuxième était persuadé d'avoir attendu 56 minutes (l'horloge avait été accélérée). Enfin, un groupe

contrôle voyait s'afficher le temps réel.

Résultat: ceux qui pensaient que plus de temps était passé ont guéri plus vite que les autres. Au contraire, ceux qui avaient l'impression que moins de temps s'était écoulé ont guéri moins vite. *"Cela montre à quel point nos croyances sur la façon dont notre organisme fonctionne, comme le fait que la guérison dépende du temps, nous influencent inconsciemment et se reflètent jusque dans notre corps"*, souligne Peter Aungle, coauteur de l'étude.

Reste à mieux comprendre les mécanismes biologiques en jeu. *"Pour cela, nous allons tester les effets de la perception du temps sur la guérison de blessures après une chirurgie"*, avance le chercheur. **L.G.**
"Scientific Reports", déc. 2023



Les enfants uniques auraient une meilleure santé mentale

Des chercheurs ont interrogé 19000 adolescents américains et chinois sur leur santé mentale puis comparé leurs réponses à la taille de leur fratrie. Résultat: ceux qui se disaient en meilleure forme n'avaient aucun frère ni sœur. Plus il y a d'enfants et plus les parents doivent partager leurs ressources et leur attention, ce qui pourrait affecter l'état d'esprit des bambins. *"Journ. Fam. Issues", déc. 2023*

À l'hôpital, se brosser les dents est plus que jamais essentiel!

Pour prévenir le risque de pneumonie chez les patients sous respirateur artificiel –des appareils qui peuvent être contaminés–, il y a plus efficace que les antiseptiques habituels. Une méta-analyse portant sur 2786 patients a montré que le simple fait de se brosser les dents deux fois par jour permettait de réduire drastiquement les infections. *"JAMA Intern. Med.", déc. 2023*

Comment bien choisir son volant de badminton ?

Tout dépend de votre style de jeu, estiment des chercheurs de l'Institut indien de technologie de Kanpur. Si vous avez un jeu défensif, optez pour un volant en plume de canard : facilement freiné par l'air, il permet des trajectoires plus précises et en "parachute". Si vous préférez attaquer, en revanche, le volant en nylon conviendra mieux : à grande vitesse, sa jupe se resserre, ce qui diminue la friction avec l'air ; il va donc plus vite que le volant en plumes, mais sa trajectoire est plus aléatoire... *"Physics of fluids", jan. 2024*



Jeux vidéo : attention de ne pas trop monter le son !

Selon une méta-analyse portant sur plus de 50 000 personnes dans 9 pays, les joueurs courent un risque accru de subir des acouphènes, voire de perdre complètement l'audition. En cause, une tendance à écouter le son à des niveaux trop élevés – surtout dans les jeux de tir –, qui dépassent les limites d'exposition recommandées par l'OMS : 98 dB pendant 38 minutes par semaine pour l'adulte et 12 minutes pour l'enfant. *"BMJ Public Health", oct. 2023*

Les PDG ne sont pas plus efficaces avec des bonus

C'est le verdict d'une équipe internationale qui a passé en revue 20 études sur les résultats obtenus par des milliers d'entreprises cotées en bourse entre 1980 et 2023. Les primes accordées aux grands patrons avaient un impact minime sur les résultats des compagnies, tandis que les options d'achat d'actions n'avaient aucun effet. *"Campbell Syst. Rev.", déc. 2023*

La taille des chiens influe sur les maladies qui les touchent

Les propriétaires de chien le savent bien : l'espérance de vie de leur animal de compagnie dépend de sa taille, les petits vivant en moyenne plus longtemps. En cause ? Selon une étude américaine menée sur plus de 25 000 chiens de 238 races, les plus gros seraient plus susceptibles de contracter des maladies mortelles. Ils sont en effet davantage touchés par les cancers, les maladies osseuses et infectieuses, mais aussi par les problèmes gastro-intestinaux, ORL, neurologiques et endocriniens. Les toutous de petite taille, quant à eux, sont plus sujets aux affections oculaires, respiratoires, cardiaques et pancréatiques. En revanche, les infections rénales et urinaires ne semblent pas liées à la taille. *"Plos One", jan. 2024*



SHUTTERSTOCK



Thomas Delozier
tdeozier@reworldmedia.com

Le téléphone dopé à l'IA générative



Prix : env. 1 500 €
Rens. : www.samsung.com/

Ça y est : les premiers produits grand public intégrant de l'intelligence artificielle générative arrivent sur le marché. Parmi eux, le Galaxy S24 Ultra, le nouveau smartphone haut de gamme du fabricant coréen Samsung. L'objectif affiché ? Simplifier la vie de l'utilisateur. Ce Galaxy S24 Ultra se révèle ainsi capable de résumer une page web en quelques lignes, reconnaître un monument sur une photo, réécrire vos textos dans un style soutenu, retranscrire un enregistrement et même – tenez-vous bien – de traduire en direct une discussion téléphonique. Pour accomplir ces prouesses, le constructeur se vante d'ailleurs d'avoir développé son propre modèle de langue, afin de ne pas dépendre de celui d'une autre entreprise comme GPT, conçu par les Américains d'OpenAI.

Le résultat s'avère globalement réussi et les textes générés par IA plutôt pertinents. Malheureusement, la fonctionnalité la plus attendue, à savoir la traduction en direct des conversations, déçoit :

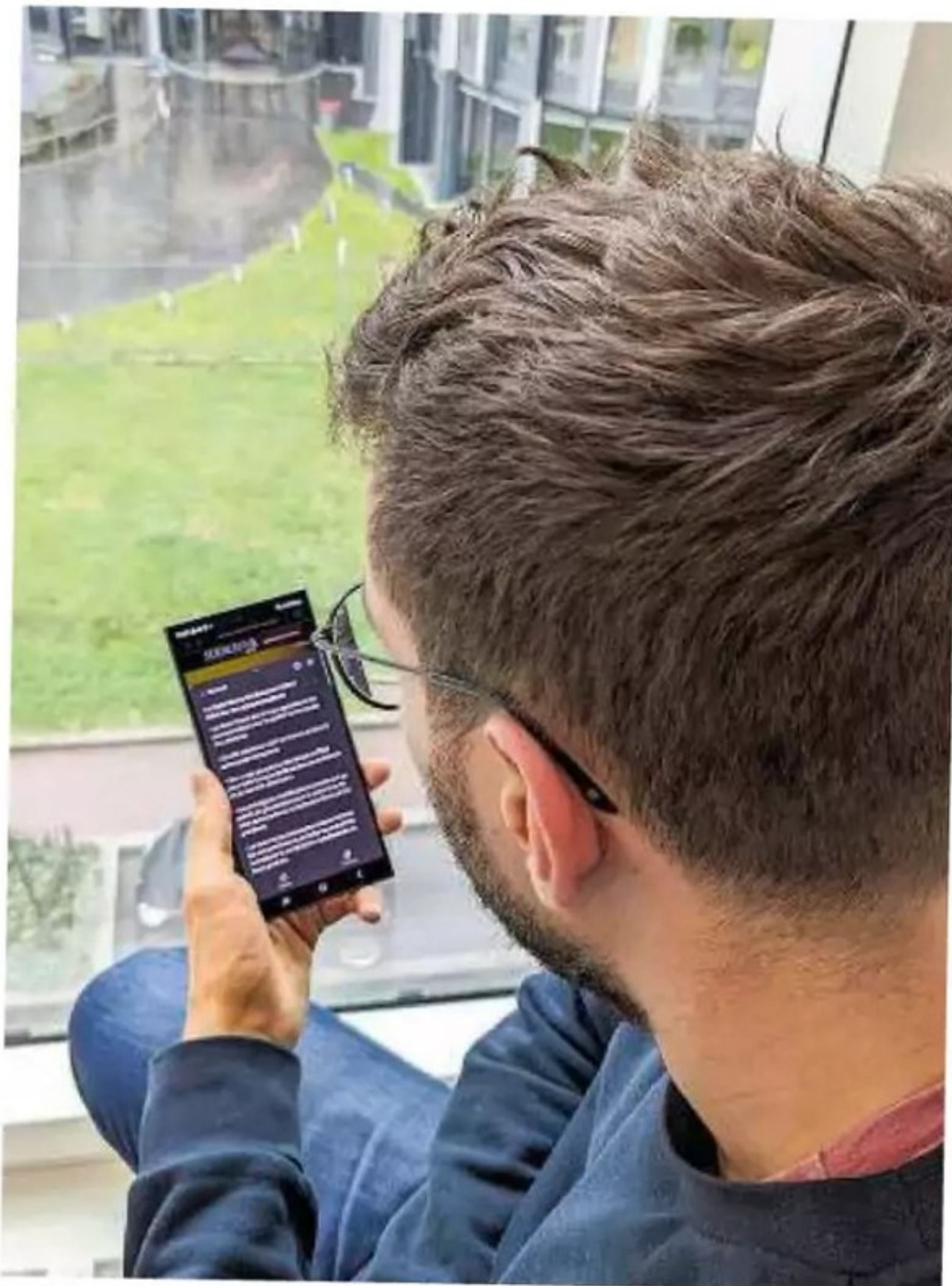
les interprétations sont parfois à côté de la plaque et la voix robotique par-dessus celle des interlocuteurs ne fait qu'apporter de la confusion à l'échange.

Mais voilà, si tout n'est pas encore parfaitement abouti, la réussite de Samsung tient tout de même dans la facilité d'utilisation de ces outils : deux clics suffisent pour en profiter. Avec le Galaxy S24 Ultra, la démocratisation de ces IA passe ainsi un nouveau cap, en attendant leur arrivée prochaine sur des modèles plus accessibles financièrement. Reste à voir si ces nouveaux usages ne resteront qu'une mode vite oubliée, ou s'ils s'implanteront durablement dans les habitudes des utilisateurs.

T.D.

En dehors de l'IA, le Galaxy S24 Ultra dispose d'un grand écran Oled 120 Hz, et de quatre capteurs photo.





Dans un souci de confidentialité, toutes les traductions et résumés s'effectuent en interne sur le téléphone, sans passer par des serveurs externes.

La douche qui recycle l'eau

Prix : env. 3 000 €
Rens. : www.ilva-tech.fr

Économiser jusqu'à 70 % d'eau par douche, c'est la promesse de cette installation, équipée d'un système de récupération et de réutilisation de l'eau. Développée par la jeune entreprise toulousaine Ilya, elle pompe, filtre, désinfecte, réchauffe et renvoie dans le pommeau 5 litres d'eau en cycle fermé "autant de fois que nécessaire sans utiliser une goutte supplémentaire", explique Simon Buoro, l'un des deux cofondateurs de l'entreprise. À noter qu'il est aussi possible, si besoin, de faire fonctionner la douche comme n'importe quelle autre. Commercialisation espérée au plus tôt d'ici à l'été.

E.T.-A.



Des gants de réalité virtuelle haptiques

Prix : env. 440 €

Rens. : store.diver-x.jp/en-us/collections/contactglove

À la place des manettes classiques utilisées pour les jeux de réalité virtuelle, l'entreprise japonaise Diver-X propose les ContactGlove. Une fois enfilée, cette paire de gants détecte le moindre mouvement de phalange à travers une série de capteurs, et le reproduit dans le monde virtuel. Même la sensation de toucher est traduite, via des micro-bobines qui entourent les doigts et réagissent au passage d'un courant électrique. La sensibilité est d'ailleurs ajustable en fonction des préférences de l'utilisateur. En effectuant des gestes spécifiques, il est possible d'appuyer sur des boutons virtuels ou d'utiliser, si besoin, des manettes tout aussi virtuelles. Compatibles avec l'ensemble des jeux disponibles sur la plate-forme américaine SteamVR, les ContactGlove sont disponibles en trois tailles et offrent, selon leurs créateurs, une autonomie de 12 heures. **S.F.**

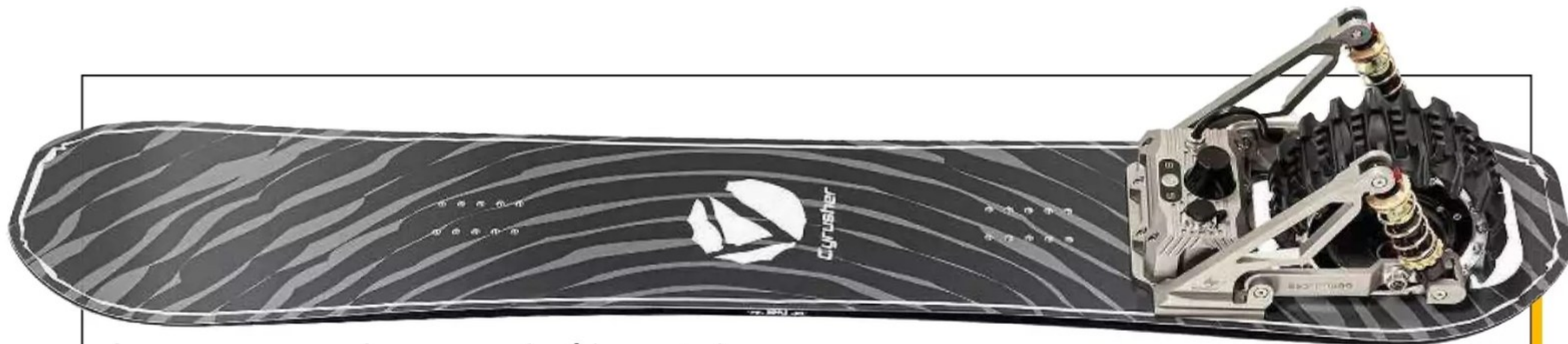
L'écran pour les dyslexiques

Prix : env. 600 €

Rens. : www.liliforlife.com

Développé par l'entreprise française Lili for Life, cet écran de PC est le premier élaboré spécialement à l'intention des personnes dyslexiques. Afin de rendre leur lecture plus fluide et moins fatigante, le moniteur de 27 pouces, pour une résolution de 1080p, gomme l'effet d'image "miroir" propre à ce trouble grâce à une lumière pulsée. Celle-ci crée un léger décalage temporel de perception entre chaque œil, et permet au cerveau de ne plus traiter les images simultanément. À noter que l'utilisateur dyslexique peut ajuster la fréquence d'émission lumineuse à sa vision grâce à une application sur smartphone dédiée. Disponible en précommande, l'écran devrait être livré à partir de juin 2024. **E.T.-A.**





Le snowboard électrique

Prix : env. 2 300 €. Rens. : www.cyrusher.com/products/ripple

Voici le Ripple, un snowboard électrique! Conçu par l'entreprise américaine Cyrusher, il permet d'avancer sur du plat – à 50 km/h sur une distance de 20 km – et même de grimper des pentes jusqu'à 20%. Pour y parvenir, la planche, longue de 1,56 m pour 15 kg, est équipée, à l'arrière, d'une roue actionnée par un moteur électrique relié à une télécommande.

Son pneu griffe la neige en tournant, tandis qu'une double suspension s'occupe d'adoucir les sensations. La roue peut être rehaussée ou abaissée en fonction du poids et des besoins de l'utilisateur, mais également selon l'épaisseur de la neige. Afin d'être protégée de l'humidité, la batterie se loge dans un sac à dos connecté à la planche par un câble. **S.F.**

Le sèche-cheveux rapide et économe

Prix : n.c.
Rens. : www.loreal.com/fr

Le sèche-cheveux AirLight Pro de L'Oréal troque les résistances électriques des modèles classiques pour un moteur entraînant 17 pales à grande vitesse et des ampoules à infra-rouge. Ce dispositif permet, selon ses concepteurs, de sécher plus vite et sans excès de chaleur, pour préserver l'hydratation des cheveux. **L.B.**



Le lave-linge portable

Prix : n.c.
Rens. : <https://go.geteeva.com>

Ce "panier" Eeva cache en fait un lave-linge compact et portable: il mesure 90 cm de hauteur pour 60 cm de largeur et pèse seulement 22 kg! Il suffit de le brancher sur une prise classique et de remplir son réservoir d'eau (7 litres) pour laver et sécher 7 à 8 kg de vêtements en 1 h30. Idéal pour les petits espaces ou les voyages en camping-car. **L.B.**



Un mixeur intelligent

Prix : env. 730 €
Rens. : www.geappliances.com/

Le mixeur intelligent Profile, de l'américain General Electric, détecte les changements de viscosité du contenu du bol en mesurant la contrainte s'exerçant sur le moteur. Il est ainsi capable de s'arrêter automatiquement en fonction du résultat voulu. Cerise sur le gâteau, il peut se commander à la voix! **S.F.**

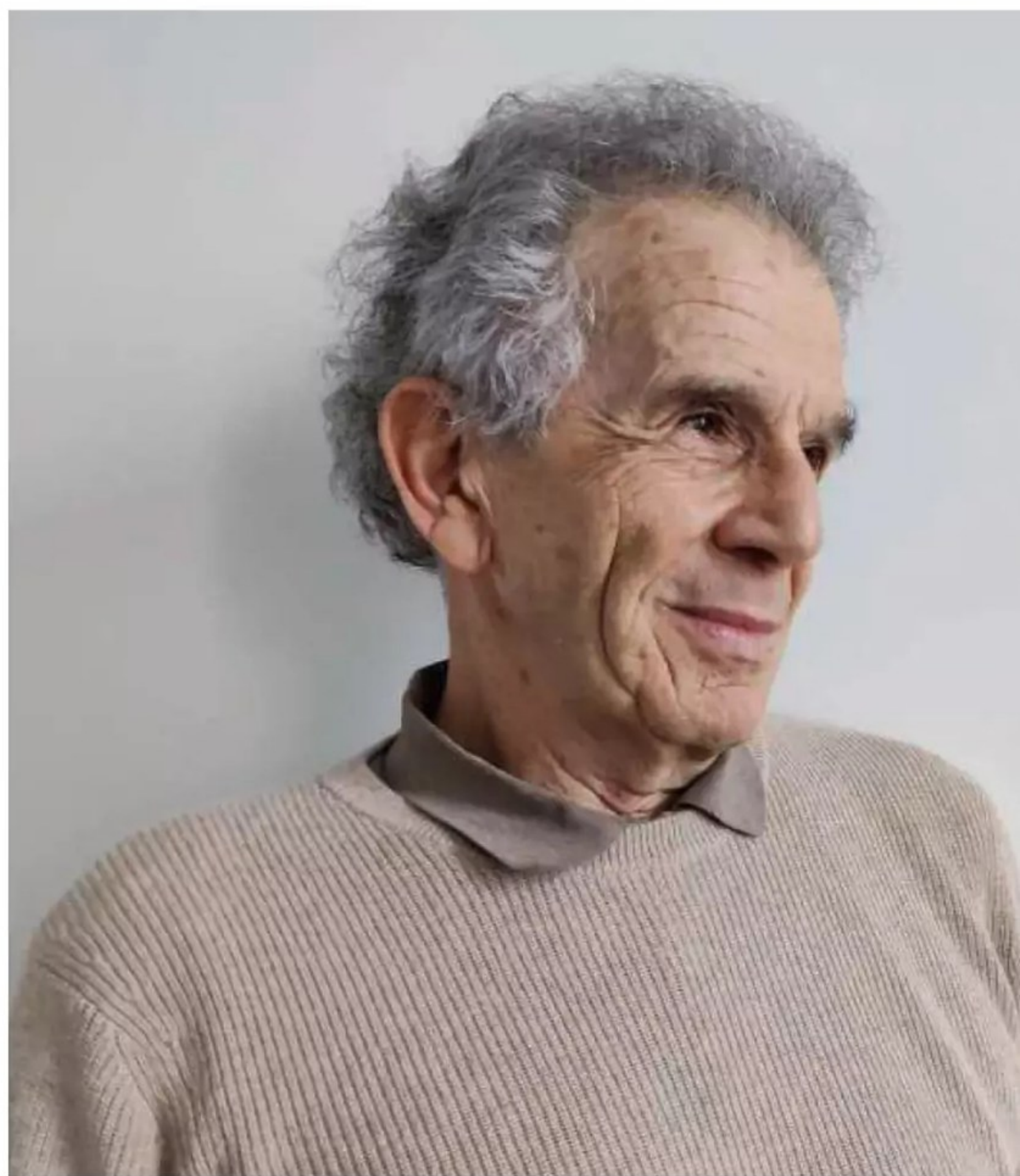


LIVRE

Place à l'imagination !

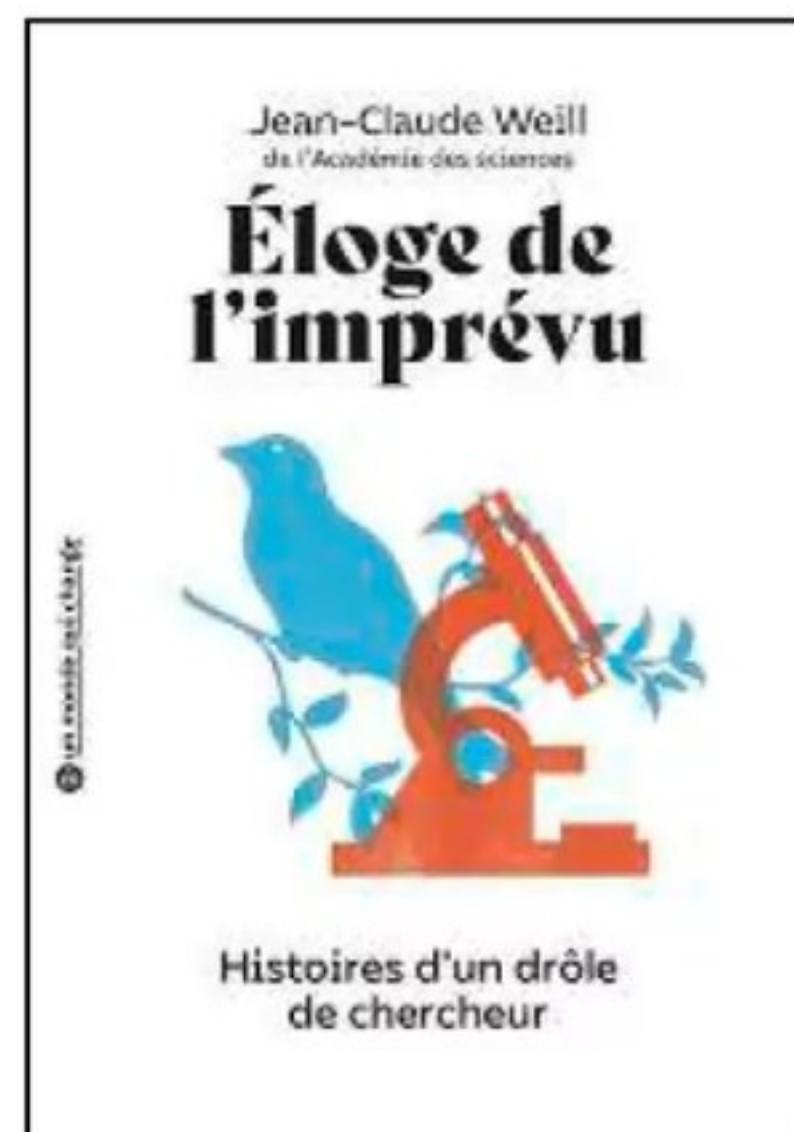
Professeur émérite d'immunologie à la faculté de médecine Necker-Enfants malades, Jean-Claude Weill livre un récit inhabituel sur la vie de chercheur. Au détour d'anecdotes surprenantes, et tout en racontant les dernières découvertes sur le fonctionnement de notre système immunitaire, l'on apprend comment le hasard, les rencontres et l'intuition jouent un rôle clé dans la recherche scientifique.

PROPOS RECUEILLIS PAR LISE BARNÉOUD



Science & Vie: En découvrant votre parcours et celui d'autres chercheurs, on a l'impression que la plupart des avancées majeures sont le fait de hasards, de rencontres improbables, d'intuitions bien souvent à contre-courant des idées dominantes. Comment l'expliquez-vous?

Jean-Claude Weill: Il faut reconnaître qu'il y a beaucoup de parcours très atypiques parmi les grands scientifiques. Niels Jerne, par exemple, ne s'intéressera à l'immunologie qu'assez tard, après avoir traîné dans les cafés de Copenhague avec des artistes. François Jacob



LIVRE

Éloge de l'imprévu

- De Jean-Claude Weill
- Éd. Belin, coll. Un monde qui change
- 240 pp., 19,90 €

a harcelé André Lwoff pour être accepté dans son laboratoire au retour de la guerre de 1939-1945. Eric Kandel a été contraint de fuir l'Autriche nazie enfant et il a décidé de devenir neurobiologiste après 40 ans en tant que psychiatre... Ce sont des personnes qui osent laisser fonctionner leur intuition et leur imagination, leurs idées dépassent parfois la rationalité. Dans 99 % des cas, cela ne marche pas. Mais dans 1 % des cas, on peut tomber sur une pépite qui renversera le paradigme dominant. D'où l'importance de prendre des risques – ce qui n'est hélas guère encouragé

aujourd'hui dans la recherche française.

S&V: Pour vous, quel a été ce déclencheur, ce "cadeau du hasard" ?

J.-C.W.: Le cloaque des poulets! Je suis arrivé tardivement dans le milieu de la recherche, après avoir été dentiste. La commission de l'Inserm qui m'avait recruté était plutôt inquiète, ils avaient le sentiment que j'étais un peu allumé. Rien ne marchait dans mes manip. Puis je me suis intéressé aux poulets. Les oiseaux possèdent un organe, la bourse de Fabricius, à l'extrémité du tube digestif, où se forme une diversité infinie d'anticorps.

“

À l'Inserm, ils ont d'abord cru que j'étais un peu allumé!

JEAN-CLAUDE WEILL

Professeur émérite d'immunologie à la faculté de médecine Necker-Enfants malades

”

J'ai pensé que ce serait un modèle unique pour étudier leur fabrication. Coup de chance: elle ne dépend que d'un seul gène, contre plusieurs centaines chez l'humain ou la souris! Avec mon associée Claude-Agnès Reynaud, nous avons alors découvert l'existence d'un mécanisme qui permet de générer une importante diversité de protéines à partir d'un seul gène. Nous avons publié ces résultats dans la prestigieuse revue *Cell* et, quelques années plus tard, ce mécanisme était dans tous les livres de biologie. J'étais soudain passé du statut de paumé à celui de génial!

S&V: Vous parlez souvent de beauté. Selon vous, où est la beauté dans cette découverte?

J.-C.W.: La beauté, ici, c'est l'ingéniosité de l'évolution. Grâce au poulet, on découvrait que, pour produire une multitude d'anticorps différents, l'évolution avait trouvé une autre voie que celle décrite chez la souris et chez l'humain. Et puis, il faut le dire, être les premières personnes au monde à découvrir un nouveau mécanisme était particulièrement motivant...

S&V: Dans votre livre, vous plaidez pour une "collectivisation" du prix Nobel. Pourquoi?

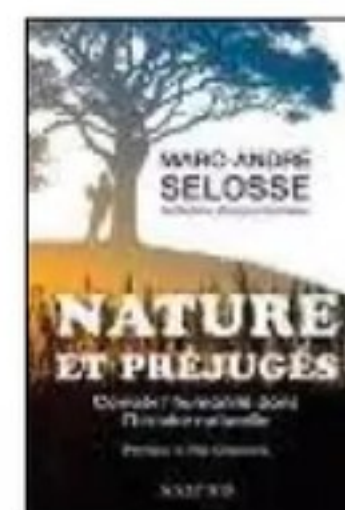
J.-C.W.: Ce prix rend les chercheurs "fous" et les pousse parfois à agir de manière peu élégante. Nous-mêmes en avons fait les frais: un postdoctorant américain nous a demandé nos outils moléculaires en prétendant qu'il travaillait sur autre chose pour finalement publier en même temps que nous nos découvertes sur le poulet! Il faudrait donner ce prix non pas à un, deux ou trois chercheurs, mais à une découverte, où tous les scientifiques qui y ont participé seraient nommés, qu'ils soient vivants ou morts. Cela serait plus juste car les découvertes reposent bien souvent sur plusieurs observations, donc sur un collectif.

Le choix de la rédac'

LIVRE

Nature et préjugés

- de Marc-André Selosse
- Éd. Actes Sud
- 448 pp., 25 €

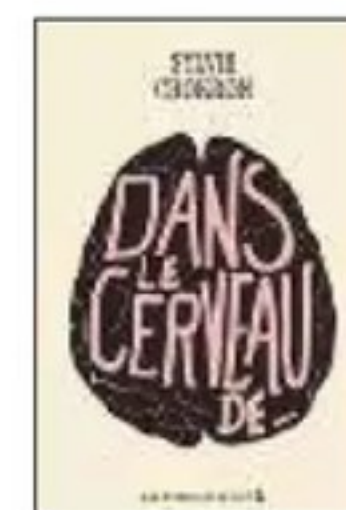


Non, tous les déchets ne sont pas néfastes, la concurrence et la compétition ne sont pas forcément vertueuses et l'évolution n'est pas toujours un vecteur de progrès! Dans cet ouvrage, le professeur Marc-André Selosse déconstruit avec beaucoup d'humour nos idées reçues sur la nature et nous invite à l'observer autrement. Au fil des pages, c'est alors un lien nouveau qui se crée entre nous et le vivant.

LIVRE

Dans le cerveau de...

- de Sylvie Chokron
- Éd. Presses de la Cité
- 288 pp., 19,90 €



Que se passe-t-il dans la tête d'un optimiste, dans celle d'une hypersensible, d'un bilingue parfait ou encore d'un champion de ski? En menant une vingtaine d'entretiens auprès de personnalités dotées d'un caractère étonnant ou d'une compétence particulière, la neuropsychologue Sylvie Chokron a exploré ces psychés. Elle en décortique ici les processus cognitifs et les pensées... et c'est captivant.

LIVRE

Et la pomme ne tomba pas sur la tête de Newton

- d'Antoine Houlou-Garcia
- Éd. Albin Michel
- 272 pp., 17,90 €



L'histoire des sciences regorge d'anecdotes: Newton découvrant la gravité grâce à la chute d'une pomme, Archimède, la poussée qui porte son nom, dans son bain... Pourtant, la plupart sont fausses! En tordant le cou à ces versions officielles, l'auteur nous invite à poser un regard neuf sur la méthode scientifique et sur ce que l'histoire choisit d'en retenir. **C.H.**

EXPOSITION

Dans la Seine

- Crypte archéologique de l'île de la Cité, Paris
- Jusqu'au 31 décembre 2024
- Tarif plein: 9€; réduit: 7€



Des outils en silex témoignant des premières présences humaines, des vases en céramique issus d'ateliers lutéciens, des armes de soldats médiévaux et même des statues du XX^e s... À travers 150 objets archéologiques recueillis dans le lit de la Seine, l'exposition retrace l'histoire du fleuve qui a façonné Paris. Un passionnant voyage au fil du temps qui s'écoule.

Comment les animaux dorment-ils debout ?

Question d'Idriss Zogbi, Draguignan (83)

Les techniques varient ! Les manchots, chouettes et autres oiseaux, grâce aux trois longs os formant un Z qu'ils possèdent dans chaque jambe, exploitent un astucieux mécanisme : la tenségrité. Il s'agit de la capacité d'un corps à tenir sur lui-même via un subtil équilibre entre les forces qui lui sont appliquées. La forme particulière des os, tendons et muscles dans les pattes des oiseaux leur permet de répartir équitablement leur poids et de tenir debout pendant des heures sans le moindre effort musculaire.

Le flamant rose, lui, est même capable de rêver sur une seule patte ! En repliant la deuxième vers

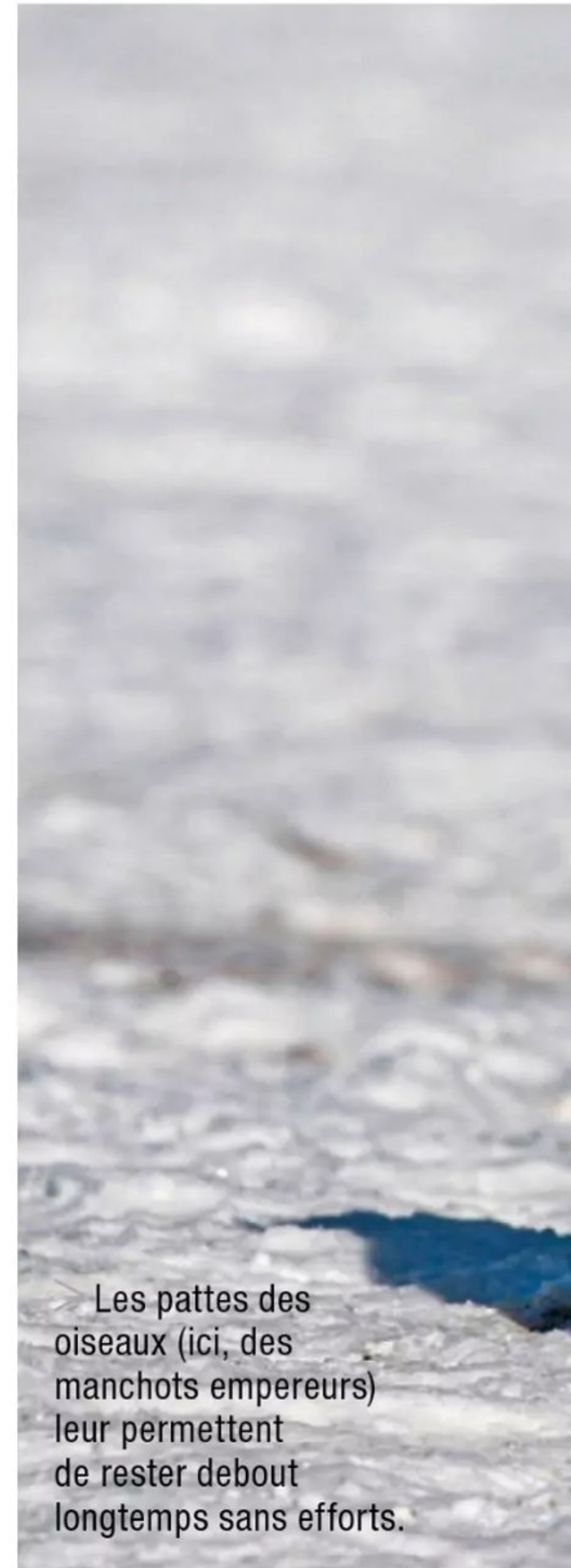
son plumage pour économiser de l'énergie thermique, son centre de gravité se décale vers l'avant, ce qui déplace légèrement les os du genou de la jambe restée dans l'eau. Ce faisant, ses articulations se verrouillent, la patte se rigidifie et le tour est joué.

Articulations bloquées

Plus rarement, les équidés et les pachydermes peuvent être surpris en train de faire la sieste debout. Les chevaux possèdent un système musculaire particulier qui leur permet de coincer leurs rotules dans une cavité de leurs fémurs, bloquant les articulations. *"Malgré leur poids, ils*

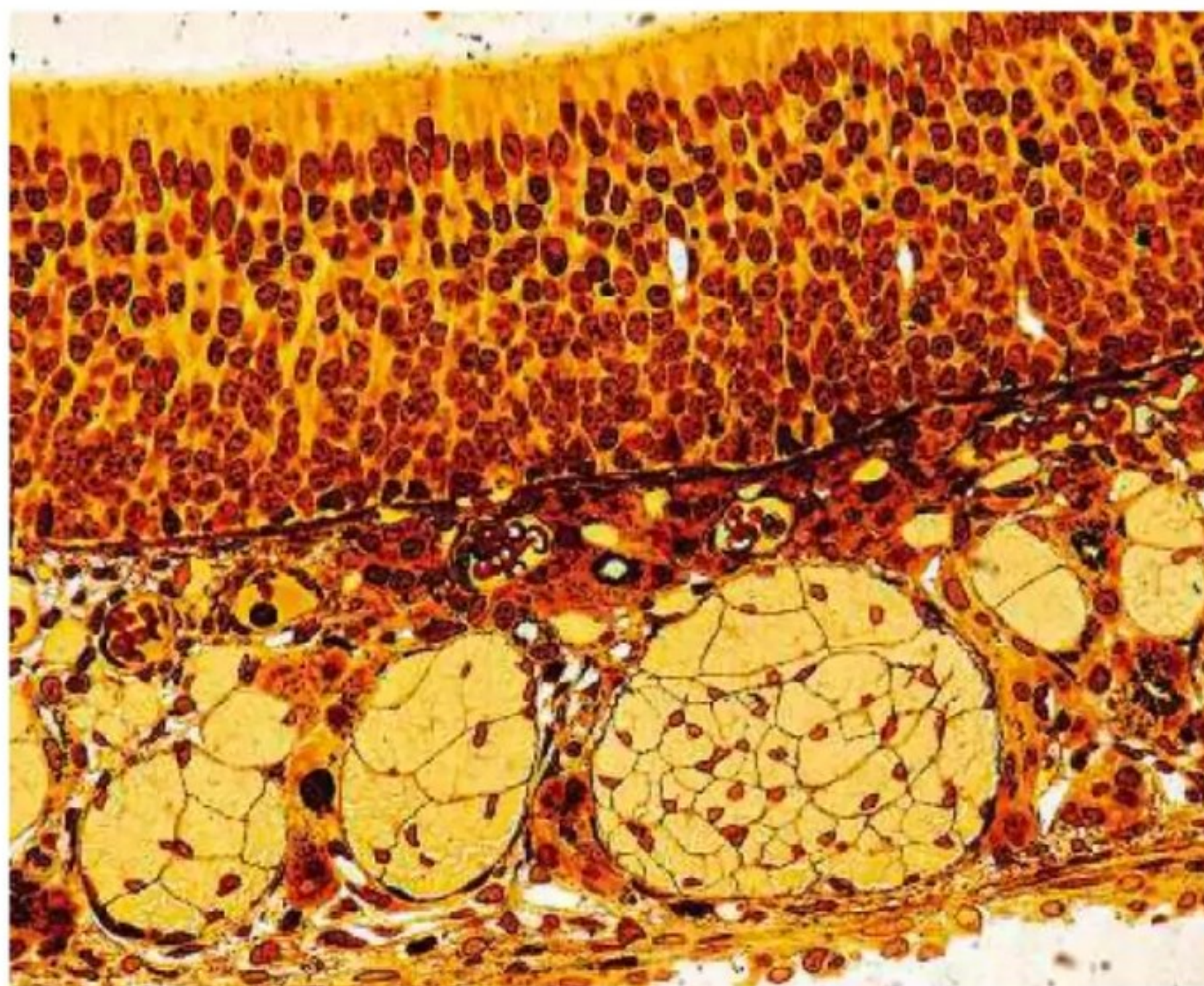
n'ont ainsi besoin que d'un faible tonus musculaire au niveau de leurs quadriceps pour tenir debout", précise Laureline Lecoq, chercheuse à l'université de Liège, en Belgique. Ils peuvent donc ne s'appuyer que sur une patte pour économiser de l'énergie. *"C'est d'ailleurs pour cela qu'on les voit changer de pieds d'appui quand ils se reposent debout",* ajoute la spécialiste.

Les éléphants, en revanche, ne possèdent aucun tonus musculaire ; ils sont donc obligés de s'appuyer sur un tronc ou un rocher pour faire une sieste debout. C'est une technique comme une autre. **F.C.**



➤ Les pattes des oiseaux (ici, des manchots empereurs) leur permettent de rester debout longtemps sans efforts.

Questions Réponses



Pourquoi a-t-on moins de

Question de Léa Deletrez, Woippy (57)

À cause du mucus qui obstrue le nez. Car, oui, le goût repose autant sur la gustation que sur l'olfaction. *"Lorsqu'on met un aliment en bouche, certaines*

➤ La muqueuse de la cavité nasale, aussi, réagit aux aliments en bouche.

de ses molécules stimulent les bourgeons du goût situés dans les papilles de la langue, ce qui permet de percevoir les saveurs des aliments : le sucré, le salé, l'acide, l'amer et l'umami, commence Loïc Briand, directeur du Centre des sciences du



goût lorsqu'on a le nez bouché ?

goût et de l'alimentation, à Dijon. En parallèle, l'aliment en bouche libère un autre type de substances : des molécules odorantes volatiles. Celles-ci remontent vers la cavité nasale et stimulent les récepteurs olfactifs de la muqueuse. Ce faisant, elles permettent de percevoir l'arôme de l'aliment. Intégrés simultanément

par notre cerveau, saveur et arôme forment ainsi conjointement la flaveur de la nourriture."

Or, lorsque le nez est bouché, en cas de rhume ou autre infection respiratoire, la muqueuse nasale augmente sa production de mucus pour éliminer les virus responsables. "Cette substance en abondance recouvre alors

la muqueuse et bloque l'accès des molécules odorantes aux récepteurs olfactifs, indique Loïc Briand. Résultat, ces substances ne peuvent plus stimuler notre flair, ce qui supprime une des composantes essentielles de la flaveur." Nous avons alors la sensation que les aliments ont moins de goût. **K.B.**

Peut-on rattraper un retard de sommeil par une grasse matinée ?

Question de Maxime Ragot, Paris (75)

Oui, si la dette de sommeil n'est pas trop importante. Des nuits trop courtes – moins de 7 h – favorisent le développement de certaines maladies : obésité, diabète, hypertension, etc. Or les grasses matinées du week-end réduiraient ce surrisque seulement si elles durent 1 h de plus et si, en semaine, les nuits durent au moins 6 h. "La nuit, les phases de sommeil lent profond – très réparateur – sont plus nombreuses que le matin. Donc, se lever plus tard le week-end n'offre qu'une restauration partielle, affirme Marc Rey, président de l'Institut du sommeil et de la vigilance. Et attention, les grasses matinées à rallonge peuvent amener à dormir plus tard le soir suivant et ainsi désynchroniser l'horloge biologique." Ce qui augmenterait aussi le risque de mortalité. **K.B.**



SHUTTERSTOCK - ALAMY STOCK PHOTO/HEMIS - B. BOURGEOIS

À quelle distance voit-on l'expansion de l'Univers ?

Question de Joséphine Texier, Cognac (16)

Impossible de donner un chiffre précis. Pour l'instant, les galaxies les plus proches de nous et que l'on voit s'éloigner se trouvent à quelques dizaines de millions d'années-lumière. Pourquoi aussi loin ? Parce que, malgré l'expansion indéniable du cosmos – le fait que le vide entre les astres s'étend à une vitesse d'environ 70 km/s/Mpc –, tous les corps ne s'éloignent

pas de la Terre. En réalité, pour observer ce phénomène, il faut suivre un astre en dehors de notre influence gravitationnelle. Sinon, celle-ci compense l'expansion et retient l'objet céleste. *“Au sein de systèmes planétaires, par exemple, les corps subissent les forces d'attraction d'un objet central massif, comme la Terre avec le Soleil”*, explique Yannick Mellier, physicien

à l'Institut d'astrophysique de Paris. C'est pour cela que les distances qui nous séparent d'objets relativement proches – le Soleil, la Lune ou les autres planètes du Système solaire – ne semblent pas être impactées.

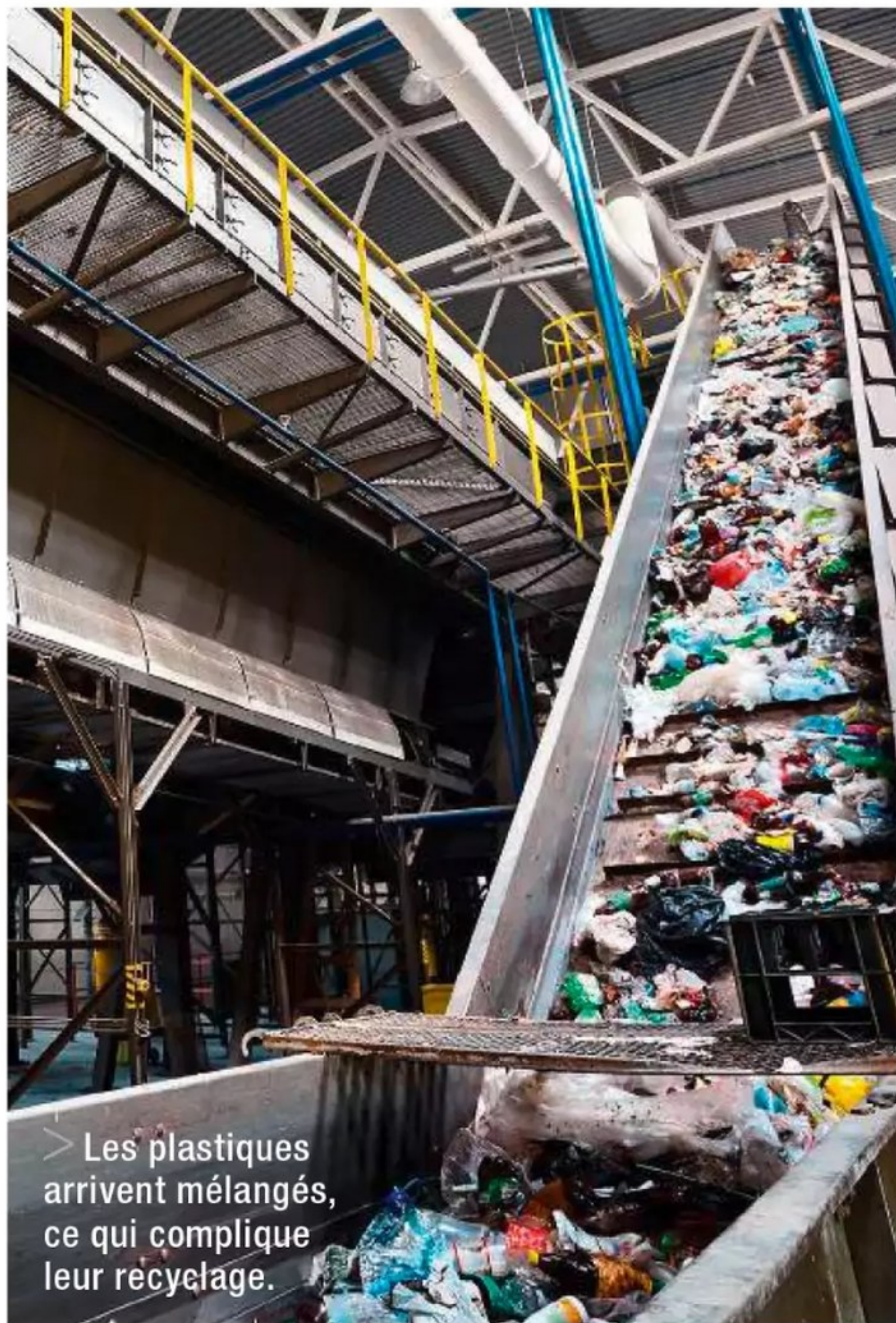
À plus large échelle, c'est tous les systèmes gravitants qui ne sont pas influencés par l'expansion de l'Univers : *“Les amas globulaires, les galaxies, les amas de galaxies, etc. : aucun ne grandit. Chacun est comme un point sur un*

espace-temps qui, lui, s'étend”, confirme le chercheur. Concernant la Terre, elle fait partie de la Voie lactée, elle-même située à la périphérie d'un superamas bien plus vaste, grand d'environ 200 millions d'années-lumière, celui de la Vierge. Comme nous ne connaissons pas l'influence gravitationnelle de ce dernier, il est impossible de déterminer mathématiquement la distance minimale à laquelle l'expansion de l'Univers est observable depuis notre planète. **E.-O.E.**

Questions Réponses



^ Les céphéides de la galaxie NGC 5584 ont récemment permis de préciser la vitesse de l'expansion de l'Univers.



> Les plastiques arrivent mélangés, ce qui complique leur recyclage.

Tous les plastiques sont-ils recyclés ?

Question de Curtis Franchet, Saint-Laurent-du-Var (06)

Non, seulement un tiers des déchets de plastiques sont aujourd'hui recyclés en Europe. Le reste est soit incinéré, soit enfoui en décharge. Pourquoi ? D'abord, parce que nous ne savons pas tous les traiter. Le polyéthylène et le polypropylène, par exemple, qui représentent 60 % des plastiques utilisés dans le monde, retiennent les substances toxiques avec lesquelles ils ont été en contact. Ils ne peuvent donc pas servir à fabriquer un nouvel emballage alimentaire à moins d'être purifiés, un processus compliqué. À cela s'ajoute un deuxième problème : *"Les différents types de plastique arrivent souvent mélangés dans les usines de recyclage,* prévient Magdalena Klotz, chercheuse à l'Institut fédéral suisse de technologie (ETH). *Théoriquement, on pourrait recombinaer différents types entre eux mais cela modifierait leurs propriétés initiales et limiterait leur réutilisation."* Tout l'enjeu est d'arriver à séparer les matières en amont pour, d'une part, dissocier ce qui est recyclable de ce qui ne l'est pas et, d'autre part, créer des "gisements" les plus purs possible. Malheureusement, même si certaines usines sont équipées de machines de haute technologie capables de reconnaître et séparer les différents plastiques, les pertes restent importantes. **L.G.**

Les mammifères marins font-ils des paliers de décompression ?

Question de Victoire Villet, Carpentras (84)

Non, mais s'ils remontent trop vite, ils s'exposent eux aussi à des accidents de décompression. Lorsqu'on plonge avec une bouteille d'air comprimé, l'azote qu'elle contient entre dans nos poumons et se solubilise dans nos tissus. Si on remonte trop brutalement, la pression diminue rapidement et l'azote forme des bulles qui endommagent les tissus. Comme il y a de

l'azote dans l'air atmosphérique qu'on respire, ces accidents peuvent aussi se produire chez les apnéistes qui enchaînent de longues plongées. *"Les mammifères marins, en apnée, ont des caractéristiques et des comportements qui évitent en général ces problèmes"*, indique Sascha Hooker, de l'université écossaise de St Andrews. Quand ils plongent, leur rythme car-

diacque ralentit et leurs vaisseaux sanguins se contractent, ce qui limite le passage d'azote dans les tissus. Mais ils ne sont pas invulnérables pour autant : dans les années 2000, des dauphins et des cachalots échoués sur les plages à la suite d'exercices militaires utilisant des sonars présentaient des lésions. *"Ces sonars ont probablement désorienté les animaux qui, paniqués, sont remontés trop vite à la surface"*, estime la chercheuse. **A.D.**

CETTE RUBRIQUE EST LA VÔTRE, ÉCRIVEZ-NOUS !

SCIENCE&VIE

Pour faire vivre ces pages, nous avons besoin de votre intelligence et de votre curiosité. Vous avez une drôle de question en tête ? Nous sommes prêts à interroger les meilleurs experts scientifiques pour vous apporter ici la réponse !

Écrivez-nous à : sev.qr@reworldmedia.com

ou bien par courrier à :
Science & Vie
Questions/réponses
 40, avenue Aristide-Briand
 CS 10024
 92227 Bagneux Cedex

Pourquoi, parfois, les ordinateurs buggent-ils ?

Question de Serge Gasparovic, Laval (53)

Parce qu'ils sont abîmés ou que l'un des programmes utilisés a mal été codé. "Un bug peut être de deux sortes : matériel ou logiciel", confirme Hicham Lakhlef, chercheur en informatique à l'Université de technologie de Compiègne. Les problèmes matériels concernent l'architecture physique de l'ordinateur : un composant est devenu

défectueux, l'alimentation s'est détériorée, de la poussière s'est accumulée dans le ventilateur, entraînant une surchauffe, etc. Et voilà que l'ordinateur ralentit, voire s'arrête, pour éviter tout dommage ! "Mais ce sont les problèmes logiciels qui sont les plus courants, assure le spécialiste. En effet, les systèmes d'exploitation ainsi que certains pro-

grammes, comme Zoom ou Microsoft Word, ne sont pas parfaitement conçus, l'objectif étant de fournir des dispositifs plutôt performants mais qui ne coûtent pas très cher, et donc très simples à développer. Il arrive, par exemple, qu'un logiciel demande d'accéder à des emplacements interdits ou inexistant de votre ordinateur." Finalement, la page internet sur laquelle vous étiez se fige pendant plusieurs dizaines

de secondes, le jeu auquel vous jouiez se ferme tout seul ou encore le programme de traitement de texte que vous préférez ne se lance pas.

Que l'on se rassure : pour ce qui est des ordinateurs destinés à des tâches critiques – piloter un avion, par exemple –, les entreprises ne font pas d'économies : elles préfèrent disposer d'ordinateurs certes très onéreux mais fiables et sans plantage... **C.M.**

Questions Réponses

Y aura-t-il plus de séismes avec le changement climatique ?

Question d'Orlane Béland, Fréjus (83)

Difficile à dire, il n'y a pas de consensus sur la question. "Les tremblements de terre sont liés aux plaques tectoniques qui accumulent des contraintes sur certaines lignes de la lithosphère : les failles. Et celles-ci emmagasinent de l'énergie jusqu'à atteindre la rupture, explique Anne Replumaz, géologue à l'université Grenoble Alpes. Les données récentes ne montrent absolument aucune corrélation entre la montée des températures et le nombre de ces séismes." Mais il pourrait exister un lien indirect. En effet, des chercheurs internationaux estiment, dans une étude parue en 2020, que les ruptures des failles pourraient être plus fréquentes en raison de la fonte des glaces, elle-même liée au réchauffement. Selon eux, le Groenland a connu, par exemple, un épisode de fonte de son imposante calotte glaciaire, il y a environ 12 000 ans, qui a engendré un relâchement de pression de la croûte terrestre au niveau d'une faille. Le sol se serait alors très lentement soulevé, provoquant une rupture et des tremblements de terre de forte magnitude au large de l'île. **R.F.**



SHUTTERSTOCK

ABONNEZ-VOUS À **SCIENCE&VIE**

Restez connecté à **l'actualité scientifique...**



Un accès exclusif et illimité au site et à l'appli

- ✓ Plus de 15 ans d'archives
- ✓ Des newsletters
- ✓ Des contenus du magazine et ses **hors-séries thématiques** en avant-première
- ✓ Une navigation sans publicité
- ✓ Des podcasts de nos journalistes
- ✓ **SCIENCE&VIE TV** le replay et le streaming

Profitez d'un accès à nos évènements !



Des visioconférences « **La Science en direct** » pour échanger avec le rédacteur en chef et des journalistes spécialisés



Découvrez les éditions **La Science en direct en replay** sur le lien bit.ly/svie-en-direct



Des comités scientifiques et des conférences organisés dans des lieux emblématiques et prestigieux

Découvrez l'offre d'abonnement proposée.

Pour en savoir plus, scannez le QR Code ci-contre ➔ ou rendez-vous sur : bit.ly/privileges-abonne



À vous de jouer !

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
I												
II							■					
III									■			
IV		■									■	
V						■						
VI					■				■			
VII							■					
VIII				■								■
IX										■		
X		■				■						
XI								■				
XII							■					

HORizontalement

I. Celui des maths permet de parler de racines, sans la moindre notion de racisme. **II.** Se comporte comme l'avait senti Darwin. Le prix à la pompe, en décembre. **III.** Judas nanas. Col roulé de cyclistes. **IV.** Forcer la valeur nulle. **V.** Préposition omise pour l'ère commune. Qui s'y frotte s'y pique, à Madagascar. **VI.** La science la considéra longtemps comme de la simple colle à neurones. C'est du chinois, pour nous. Un service qu'on n'a pas pu rendre. **VII.** Être tantôt kinésithérapeute, tantôt ostéopathe. Il ne serait rien sans la mortaise. **VIII.** Fonction de Dirichlet. Dont l'accès est réservé à ceux disposant de livres. **IX.** Donnant un bon coup de balai. Avec lui, ça fonce, mais danger! **X.** Porteur se déplaçant en courant. Il ne cause que de la déception. **XI.** Détendue au niveau ligamentaire. Mention au baccalauréat. **XII.** Munis d'une relation d'ordre. Hugues, le tout premier d'une dynastie royale.

SOLUTION DE LA GRILLE S&V 1278

de David Cornélien

A	R	I	T	H	M	E	T	I	Q	U	E	
N	A	N	O	T	U	B	E	■	A	L	T	
T	O	U	T	■	C	U	L	O	T	T	E	
I	N	S	O	N	O	R	E	S	■	I	T	
C	I	A	■	A	R	N	■	T	I	M	E	
Y	■	B	O	T	■	E	C	O	L	E	■	
C	A	L	C	U	L	E	R	■	I	S	O	
L	I	E	R	R	E	■	E	T	A	■	I	
O	R	■	E	I	D	E	T	I	Q	U	E	
N	U	E	R	S	■	T	A	L	U	S	■	
A	R	C	■	T	R	A	C	T	E	U	R	
L	E	U	C	E	M	I	E	S	■	S	I	

VERTICALEMENT

1. Réorganiser le PC. **2.** Plante des jachères. Aucun de vous ne croit que la Terre le soit. Note de téléphone. **3.** La loi EnR accélère celle des toits non végétalisés. **4.** Reproduites à partir de cellules. Pompe à eau. **5.** Caractères qui gardent leurs mystères. Animal au squelette poreux. **6.** Ses lentilles font grossir. Une dose de radiation absorbée. Vis. **7.** Glissa son œil. L'université où étudia Samuel Morse. **8.** De durée infiniment petite. **9.** Tintin en Amérique. Tendance. Dupa, sans besoin d'éprouvette. **10.** Un point c'est tout, en analyse de données. Ce n'est qu'un au revoir. **11.** L'auteur du parfum. Ressentant du dégoût. **12.** La ville de l'école Tachfinya, en Algérie. Moteur d'éolienne.

Le mois prochain dans **SCIENCE&VIE**

En kiosque le 19 avril

À LA UNE

Théorie du **libre arbitre**

Nos choix sont-ils
une illusion ?

DOSSIER

MISSION

Construire une
centrale solaire
dans l'espace



SHUTTERSTOCK

SCIENCE&VIE

RÉDACTION

40, avenue Aristide Briand,
CS 10024 - 92227 Bagneux Cedex
Tél. : 01 46 48 47 11
Questions à la rédaction :
svmens@reworldmedia.com

RÉDACTEUR EN CHEF

Thomas Cavallé-Fol

RÉDACTEURS EN CHEF ADJOINTS

Dylan Beiner-Molière,
Thomas Delozier

SECRÉTAIRE GÉNÉRALE DE RÉDACTION

Florence Roucolle

DIRECTION ARTISTIQUE

Monatelier Clandestin

PREMIÈRE MAQUETTISTE

Sophie Leclerc

SERVICE PHOTO-INFOGRAPHIE

Virginia Power (chef de service
photo), Isabelle Henneron,
Valentin Faivre (infographies)

ASSISTANTE DE LA RÉDACTION

Christelle Borelli

ONT COLLABORÉ À CE NUMÉRO

T. Allard, L. Barnéoud, K. Bettayeb,
L. Blancard, B. Bourgeois, F. Cadu,
G. Cirade, D. Cornélien, A. Debrouse,
G. Depambour, O. Donnars,
E.-O. Eljaouhari, S. Fay,
R. Fouchard, L. Gougis, C. Hancok,
T. Jones, S. Jungers, H. Leroux,
E. LoMeo, C. Mauger, J. Méreau,

A. Périnet, M. Rebeaud, B. Rey,
Y. Sciama, E. Thierry-Aymé,
M. Tumelaire

DIRECTION-ÉDITION

ÉDITEUR

Germain Périnet

ÉDITRICE ADJOINTE

Charlotte Mignerey

DIRECTRICE DES RÉDACTIONS

Karine Zagaroli

DIRECTEUR ADJOINT DES RÉDACTIONS

Philippe Bourbeillon

PÔLE DIGITAL

RESPONSABLE : Fatou Diallo

PUBLICITÉ

DIRECTRICE EXÉCUTIVE RÉGIE

Élodie Bretaudeau-Fontailles

CONTACTS PUBLICITÉ

Directrice de pôle commercial :

Catherine Mireux (19 02)

Directeur de la publicité :

Fabrice Guillemain (06 16 55 55 42)

PLANNING

Angélique Consoli (53 52)

Stéphanie Guillard (53 50)

RESPONSABLE TRAFIC

Catherine Leblanc (43 86)

OPÉRATIONS SPÉCIALES

Marie-Océane Vaur (43 84)

Grande-Bretagne : Publieurope LTD
(infolodon@publieurope.com –
44 (0)20 7927 9800);

Allemagne : Publieurope Munich
(infomunich@publieurope.com
0049 89 2908150);
Suisse : Publieurope Lausanne
(infolausanne@publieurope.com
0041 21 323 3110);
Espagne : Publimedia Madrid
(infomadrid@publim-gestion.es
0034 91 212 83 00)

MARKETING/ INTERNATIONAL

RESPONSABLE : Giliane Douls

ABONNEMENTS ET DIFFUSION

DIRECTRICE MARKETING DIRECT
Catherine Grimaud

CHEF DE PRODUIT MARKETING DIRECT
Laure Letellier

RESPONSABLE VENTES MARCHÉ
Siham Daassa

RESPONSABLE DIFFUSION
Isabelle Fargier

SERVICE ABONNEMENTS SCIENCE & VIE

59898 Lille Cedex 9

01 46 48 48 96

(de 9 h à 19 h, du lundi au vendredi,
de 9 h à 18 h le samedi, prix d'un
appel local)

Pour toute réclamation/
modification concernant votre
abonnement :

www.serviceabomaq.fr

Retrouvez toutes nos offres sur :

[www.kiosquemag.com/titres/
science-vie/offres](http://www.kiosquemag.com/titres/science-vie/offres)

Prix de vente : 4,90 €

Prix de l'abonnement :

1 an, 12 numéros pour 58,80 €

États-Unis et Canada : Express Mag,

Tél. : 1 800 363-1310 (français)

et 1 877 363-1310 (anglais).

Suisse : Edigroup, 022 860 84 50

reworld@edigroup.ch.

Belgique : Edigroup Belgique, 070

233 304 reworld@edigroup.be

Autres pays : nous consulter

FABRICATION

DIRECTION DES OPÉRATIONS

INDUSTRIELLES

Bruno Matillat

CHEFS DE FABRICATION

CréaToPrint

PRÉPRESSE

Responsable de service :

Sylvain Boularand

IMPRIMEUR

Quad Graphic

ÉDITEUR

REWorld MEDIA MAGAZINES SAS

40, avenue Aristide Briand,
CS 10024 - 92227 Bagneux Cedex

DIRECTEUR DE LA PUBLICATION

Gautier Normand

ACTIONNAIRE

Reworld Media France

(RCS Nanterre 477 494 371)

Tél. accueil : 01 41 33 50 00

AFFICHAGE ENVIRONNEMENTAL

Origine du papier : Allemagne

Taux de fibres recyclées : 0 %

Certification : PEFC

Impact sur l'eau :

Ptot 0,014 kg/tonne

Dépôt légal : avril 2024

Date de parution : 22/03/24

N° ISSN : 0036-8 369

N° CPPAP : 1025 K 79977



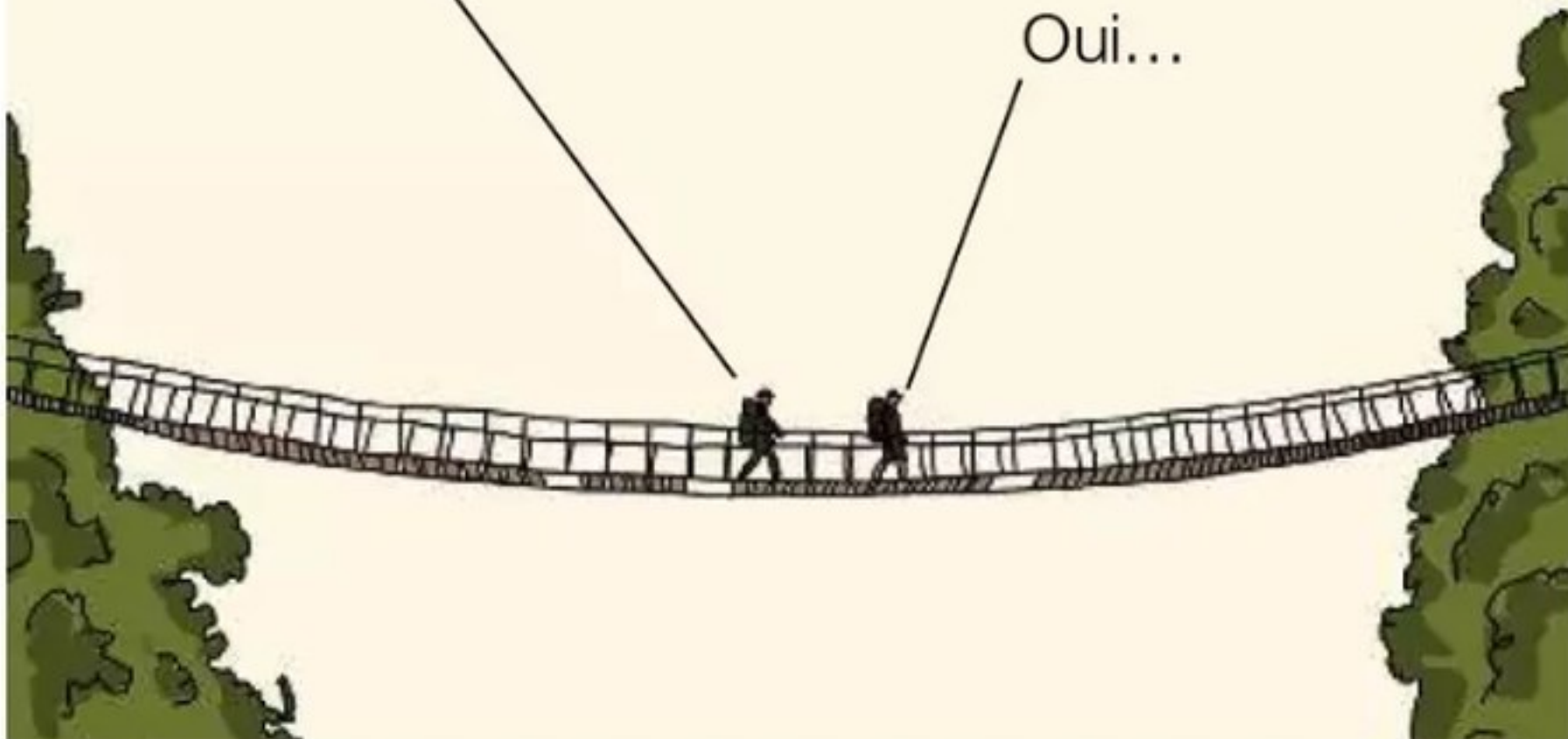
LE TRI
+ FACILE



D'après une question d'Éliane Saumet, Évian-les-Bains (74)

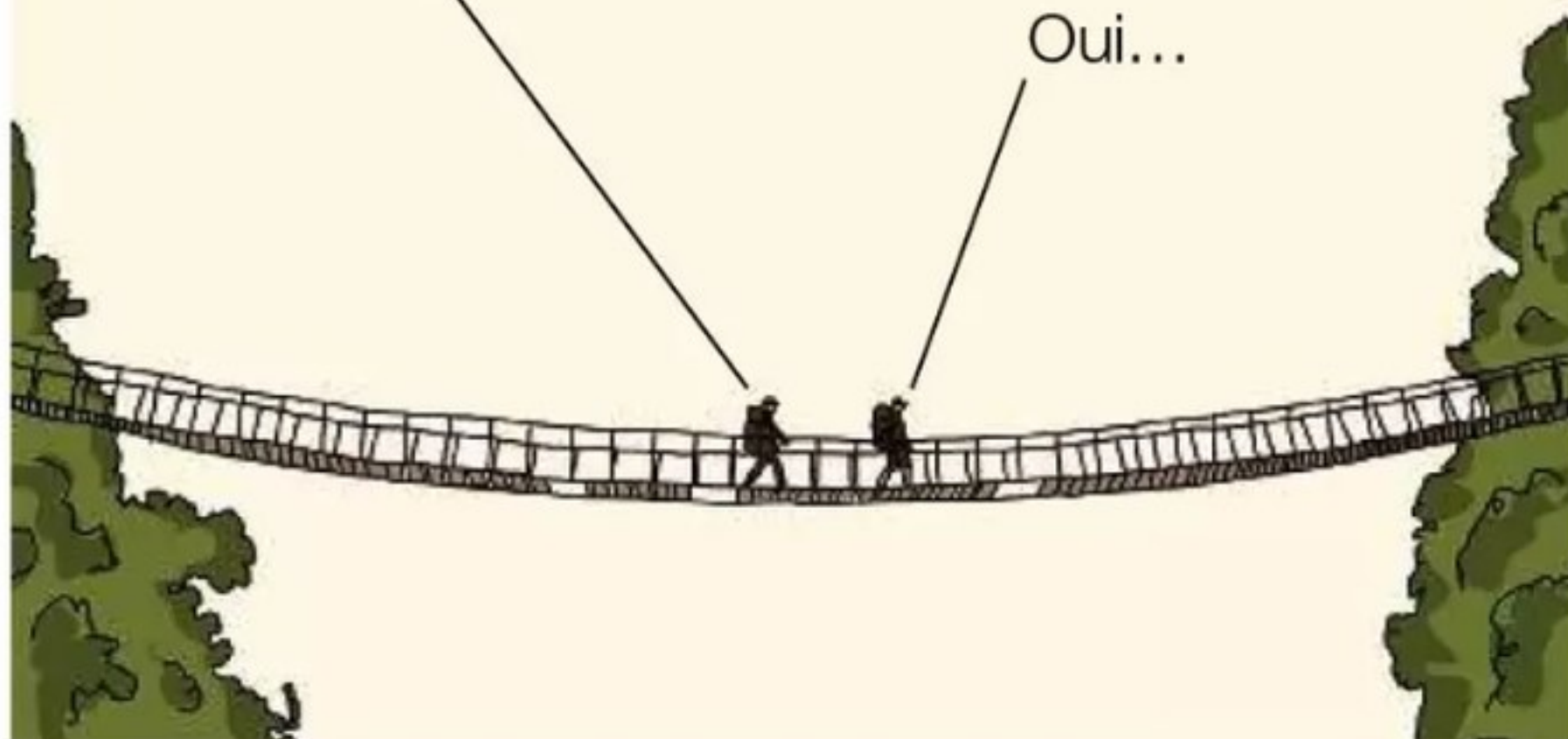
C'est quand même impressionnant, le somnambulisme. Tu sais comment ça marche ?

Oui...



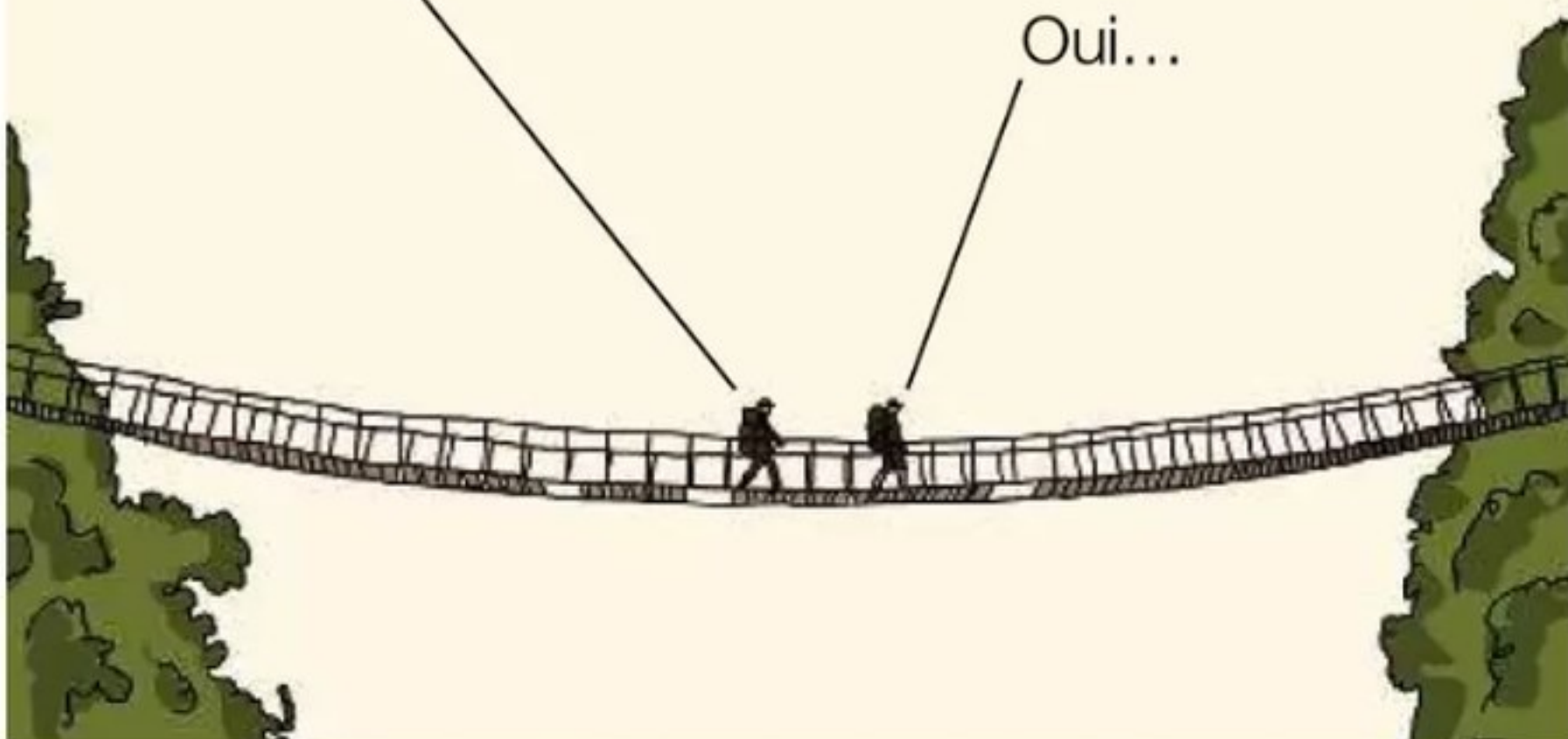
Les somnambules ont un sommeil plus profond que les autres, mais fragmenté: ils font des micro-réveils, ce qui peut déclencher l'épisode.

Oui...



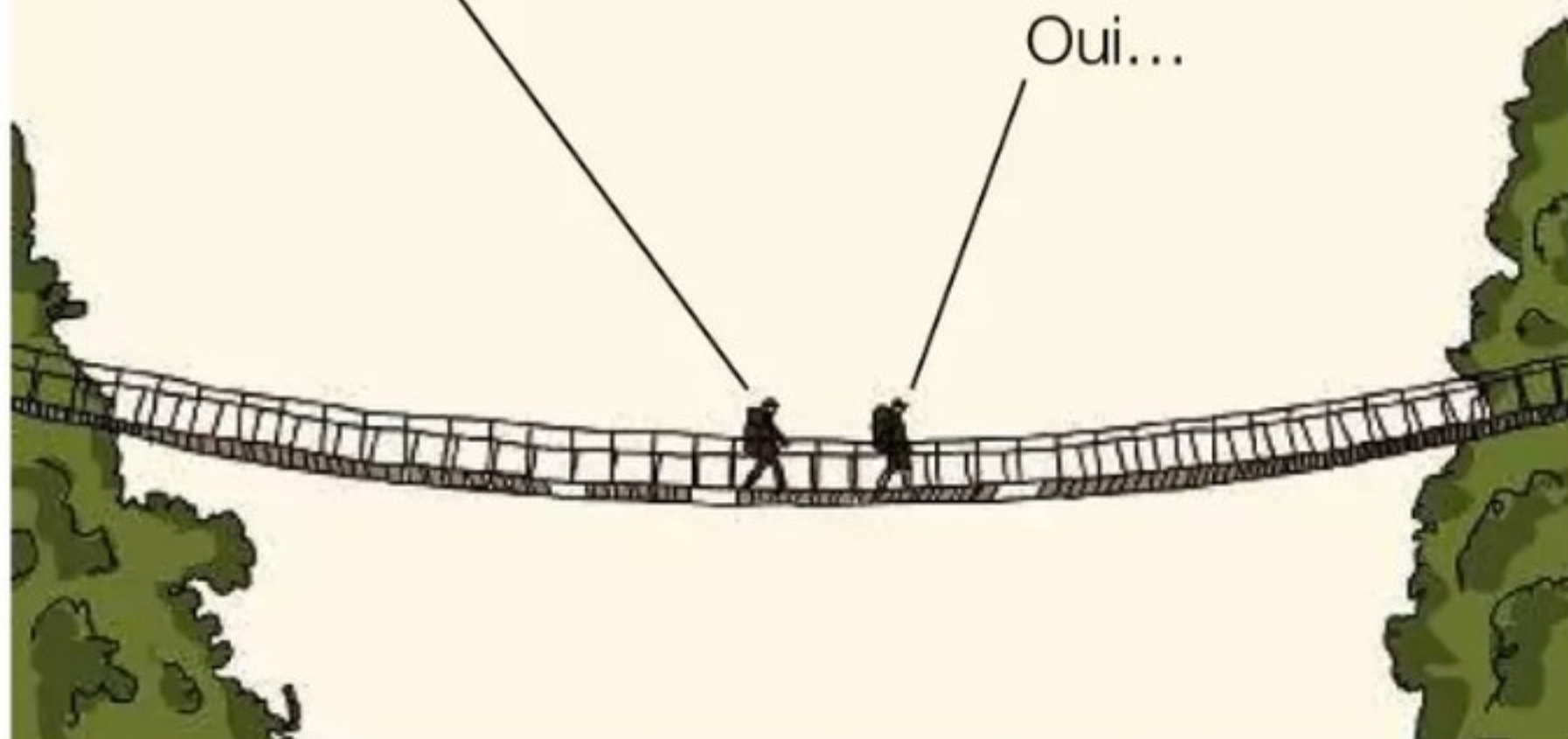
Ils sont alors en pleine dissociation, certaines régions du cerveau sont endormies et d'autres réveillées.

Oui...



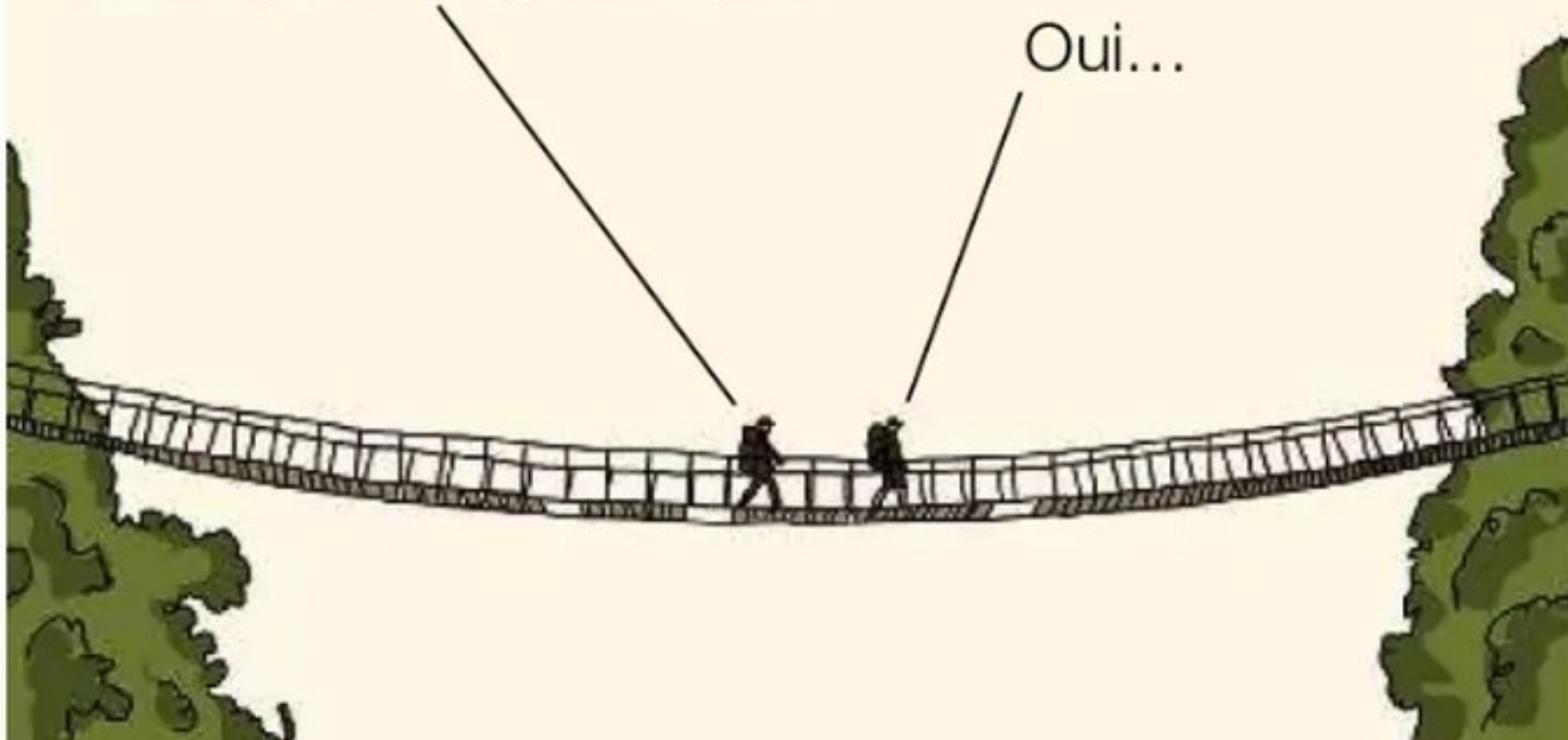
Tout leur système moteur fonctionne; c'est pour ça qu'ils peuvent se lever et déambuler tout en dormant.

Oui...



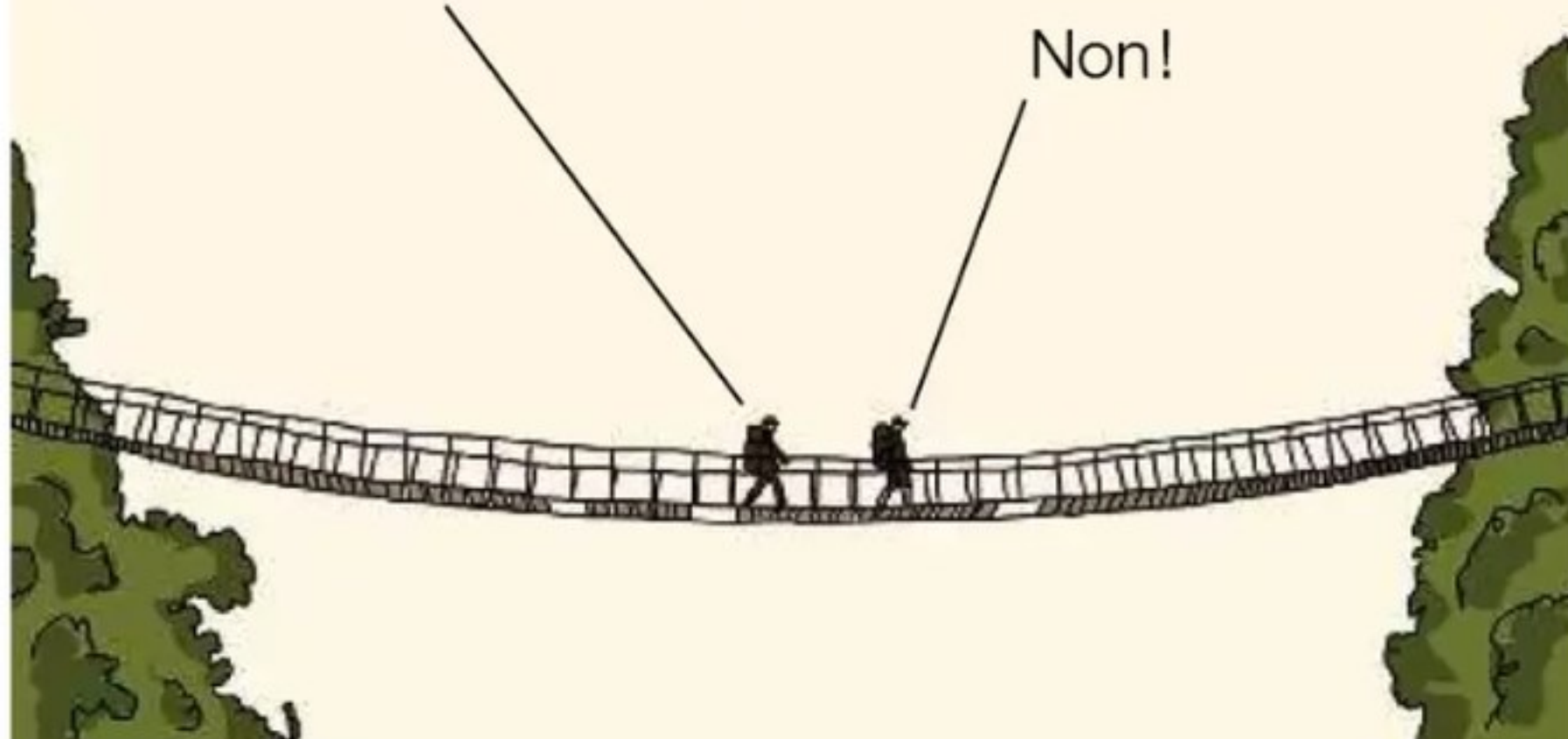
Bien sûr, certains facteurs, comme la privation de sommeil, pourraient favoriser le somnambulisme. Mais on suspecte aussi une prédisposition génétique.

Oui...



Et ça dure une dizaine de minutes. Enfin, normalement: là ça fait des heures qu'on marche! Ça ne te dirait pas de rentrer et de te réveiller ?

Non!



PAR CHARLOTTE MAUGER. MERCI À YVES DAUVILLIERS, PROFESSEUR DE NEUROLOGIE ET DE PHYSIOLOGIE À L'UNIVERSITÉ DE MONTPELLIER - ILLUSTRATION ALBAN PÉRINET/DÉCAPAGE

Cet encart d'information est mis à disposition gratuitement au titre de l'article L. 541-10-18 du code de l'environnement. Cet encart est élaboré par CITEO.

***Petit à petit,
tout le monde
fait son tri.***



**ON NE
LÂCHE
RIEN!**

TRIONS SYSTÉMATIQUEMENT

TOUS LES EMBALLAGES ET PAPIERS SE TRIENT

nouveau

CRÉATION ÉPHÉMÈRE N°5

*Un trésor gustatif rare issu de grains
Arabica Bourbon du Rwanda*

JACOBS DOUWE EGBERTS FR SAS | 30 BIS, RUE DE PARADIS, 75010 PARIS, FRANCE, 810 029 413 RCS PARIS | SAS AU CAPITAL DE 16 594 157,70 EU ROS.



SANS DOUTE LE MEILLEUR CAFÉ DU MONDE