

SOUVERAINETÉ NUMÉRIQUE
LE GRAND CHANTIER
EUROPÉEN ENFIN LANCÉ

PILULES AUX CHAMPIGNONS
"ADAPTOGÈNES"
LA TENDANCE SENT L'ARNAQUE

IMMUNITÉ

LES DÉCOUVERTES QUI CHANGENT TOUT

LES MACROPHAGES ONT FINALEMENT UNE MÉMOIRE

LE CERVEAU A BIEN SON MOT À DIRE

LA PEAU A EN RÉALITÉ SON PROPRE SYSTÈME...

ASTÉRIX LE GAULOIS
LU ET CORRIGÉ PAR
LES ARCHÉOLOGUES !

VIE SUR MARS
L'ÉCHANTILLON QUI
REMUE LA SCIENCE

FUSION NUCLÉAIRE
QUE VAUT LA PISTE
ÉLECTROCHIMIQUE ?

D : 8,80€ - BEL : 6,10€ - ESP : 6,10€ - GR : 6,20€ - DOM S : 6,20€
DOM A : 8,80€ - ITA : 6,20€ - LUX : 6,10€ - PORT CONT : 6,10€
CAN : 7,95\$CAN - MAR : 62DH - TOM S : 920CFP
TOM A : 1690CFP - CH : 9FS - TUN : 14DTU

L 19055 - 1298 - F: 5,10 € - RD





PEUGEOT

GAGNEZ SUR TOUS LES TERRAINS



ANTOINE DUPONT

ÉLU DEUX FOIS MEILLEUR JOUEUR DU MONDE DE RUGBY. ⁽³⁾



3008 HYBRIDE

DÈS **430€** /MOIS ⁽²⁾

SANS APPORT

LLD 49 MOIS

JUSQU'À
8
ANS

**PEUGEOT
CARE
GARANTIE**

⁽¹⁾

A 0g CO₂/km



(1) Peugeot Care: voir conditions sur [peugeot.fr](https://www.peugeot.fr) (2) Location Longue Durée 49 mois 40 000km 3008 Hybrid Allure neuf hors option. Offre non cumulable, sous condition de reprise et d'immat. jusqu'au 03/11/25, réservée particuliers dans réseau participant, si accord CREDIPAR RCS Versailles 317425981, n°ORIAS 07004921. Ex. présenté aux mêmes conditions : E-3008 GT exclusive avec options : 540€/mois sans apport. Conditions de reprise dans réseau participant. Condition [peugeot.fr](https://www.peugeot.fr) (3) Elu meilleur joueur de rugby à 7 par les world rugby awards en 2023 et 2024.

Au quotidien, prenez les transports en commun. #SeDéplacerMoinsPolluer

EXPLORER POUR COMPRENDRE ET CONTRIBUER À PRÉSERVER.

La Bourse de l'Exploration Paul-Émile Victor et ENGIE accompagnent celles et ceux qui souhaitent porter un nouveau regard sur le monde, à travers des projets porteurs de sens, tournés vers l'humain et la nature. Ces explorations nous rappellent que pour prendre soin de la nature, il faut d'abord la comprendre. En solo ou en équipe, explorer c'est aussi partager et transmettre, pour inspirer d'autres à agir, et faire de chaque expédition une aventure collective.

Pour favoriser un impact plus positif de chacun sur l'environnement, agissons ensemble.

**Impact
Together
for nature***

En selle - Le sabot montagnard
Grand prix du jury 2023



L'énergie est notre avenir, économisons-la !

*Développons ensemble un impact plus positif pour la nature.

Découvrez le programme Impact Together d'ENGIE sur engie.com/groupe/sponsoring-partenariats

En savoir plus sur les actions d'ENGIE en faveur de la protection de l'environnement :

<https://www.engie.com/groupe/responsabilite-societale/environnement-rse>

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



Lise Barnéoud
lbarnéoud@reworldmedia.com

Repenser l'immunité

Exit l'armée centralisée qui protège nos frontières et expulse le moindre élément étranger... Les récentes découvertes en immunologie remettent complètement en cause notre vision de notre système immunitaire. Après avoir mené l'enquête et échangé avec les spécialistes du domaine, nous vous racontons ici une autre immunité – ou plutôt d'autres immunités – tant chaque tissu suit ses propres règles. Bienvenue dans un nouveau monde fascinant.



Hugo Leroux
hleroux@reworldmedia.com

Le 51^e État numérique

Et si Donald Trump, ou le prochain président américain, menaçait l'Europe de couper l'accès aux clouds, logiciels et autres services numériques, pour nous faire céder lors de potentielles négociations ? Le Vieux Continent pourrait-il lui tenir tête ? Le scénario paraît fou ; pourtant, il devient de plus en plus crédible au regard de notre dépendance numérique aux États-Unis. Notre enquête sur une vulnérabilité qui inquiète, et sur le rêve, pas si fou, d'une Europe autonome.



notre réd' chef

Thomas Cavaillé-Fol
tcavaille@
reworldmedia.com

L'ÉDITO

Mais pourquoi changer d'avis est-il si sous-coté ? Prenez nos personnalités publiques – politiques, célébrités... Cela fait une paye que nous n'avons pas entendu l'un ou l'une s'exclamer *"J'ai réfléchi, je me suis trompé(e), désolé(e)"* ! Non, l'on assistera à un festival de pirouettes, à la négation de toute évidence... Passer pour quelqu'un qui doute ? Au grand jamais ! Sauf en science. Regardez : il n'y a pas si longtemps, nous pensions constituer une entité intègre face à de vilains microbes, puis vint le microbiote, et soudain, nous voilà autant bactéries que cellules – nous l'avons accepté sans broncher. Le système immunitaire n'est pas l'armée que l'on croyait, ce qui révolutionne les fondements même de notre santé ? Génial ! Et si les traces sur ce bout de roche martien étaient la preuve d'une vie extraterrestre ? Qu'importe nos convictions, l'on se réjouirait. Oui, changer d'avis, en science, est indispensable – on reconnaît d'ailleurs un chercheur fini à ce qu'il s'accroche à ses idées quand tout montre qu'il faut les abandonner. C'est la marque des plus grands, la seule façon d'avancer. Mais pas en société, apparemment. Vraiment ?

Sommaire

Novembre 2025 **n°1298**

10 Forum

L'actu des sciences

20 En image

On a retrouvé l'ADN d'une bactérie de mammoth! Des plantes lumineuses qui se rechargent au soleil...

24 Grand angle

L'alimentation des singes en zoo est bien trop sucrée; en Amazonie, la déforestation favorise les sécheresses; on sait comment naît un éclair! Des microrobots évoluent en essaim dans l'eau...

28 3 découvertes sur...

la vision des couleurs

36 Et ça nous fait du bien!

Notre sélection d'actus qui font sourire



32

Alimentation
des singes

Science & société

40 ENQUÊTE

**Souveraineté numérique:
l'Europe peut-elle l'atteindre?**

48 Data

En 20 ans, 40% de personnes en plus exposées aux incendies

50 L'étrange affaire...

des orques encerclant des bébés dauphins

52 Retour sur image

Le jour où le traité de protection de la haute mer a été ratifié

54 Entretien croisé

Les COP servent-elles encore à quelque chose?

56 Tendance

Champignons "adaptogènes": panacée ou arnaque?

60 Carte blanche

Le professeur en droit public Philippe Billet

62 Futur

L'Europe aura son premier avion spatial; on exploitera l'énergie des courants océaniques...

68 Il y a pile...

100 ans, 50 ans, 25 ans dans *Science & Vie*



40

Souveraineté
numérique

M2A MULHOUSE ALSACE AGGLOMÉRATION - SAMEER AL-DOUMY/AFP - SPL - BERLINGUETTE GROUP, UBC - SHUTTERSTOCK. COUVERTURE: SCIENCE PHOTO LIBRARY

SCIENCE&VIE

ABONNEZ-VOUS DÈS MAINTENANT

Découvrez **toutes nos offres** et abonnez-vous sur **KiosqueMag.com**, la boutique officielle de *Science & Vie*, sur bit.ly/sv-som ou en **scannant le QR code!**



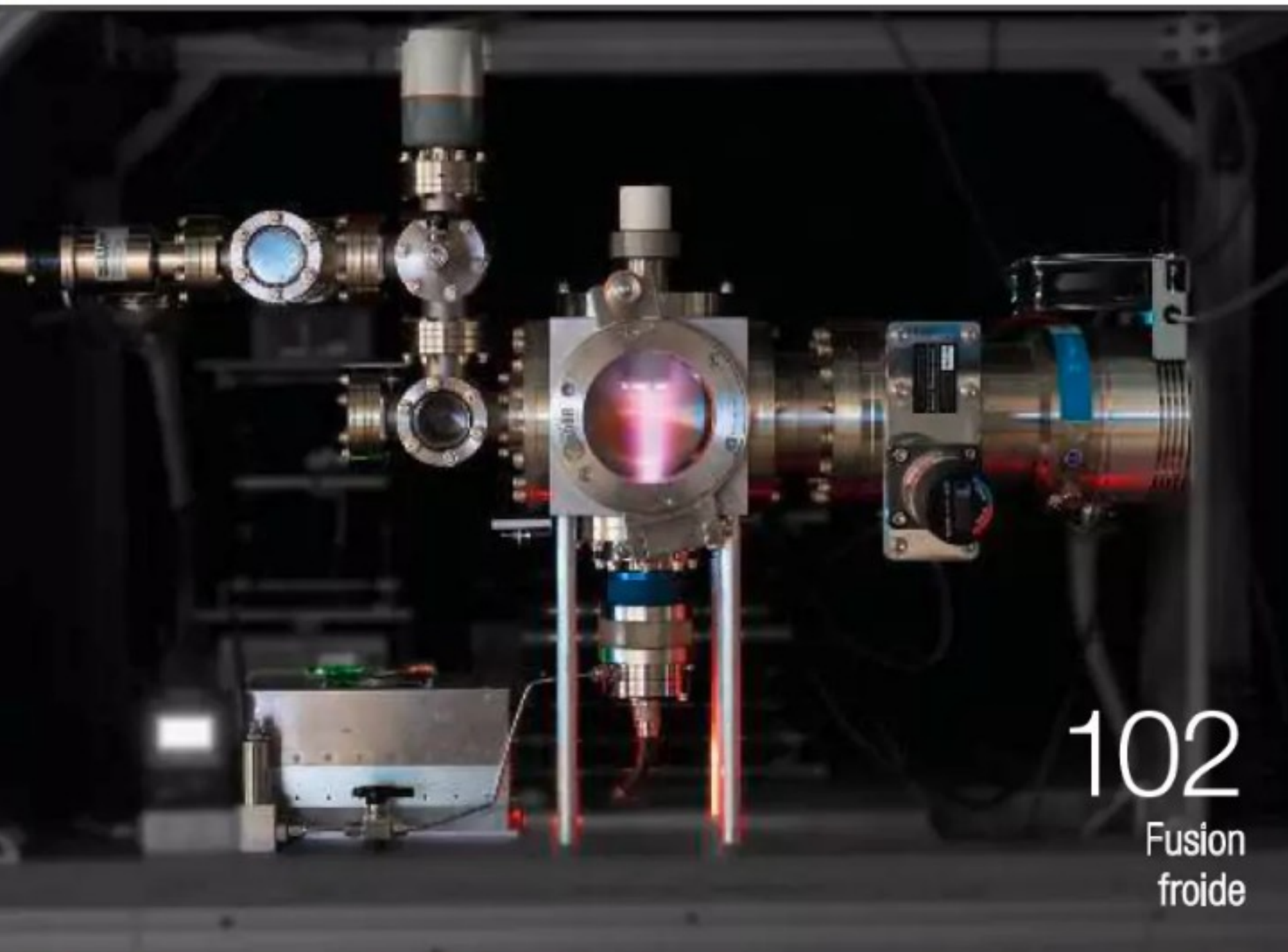


À la une

72

Immunité : les découvertes qui changent tout

De récentes études sur le rôle de la peau, du microbiote, du cerveau suggèrent un changement de paradigmes...



102

Fusion
froide

Les dossiers

- 90 **Exobiologie**
Vie sur Mars : l'échantillon qui secoue la science
- 96 **SCIENCE & FICTION**
Astérix
- 102 **Physique atomique**
Fusion froide : le grand retour controversé
- 108 **Anthropologie**
Et l'humain dit son tout premier mot !



122

Architecture
ancestrale

C'est dans nos vies

- 113 **Technofolies**
- 116 **En pratique**
- 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. 119 et 127. Pour commander d'anciens numéros, rendez-vous sur www.kiosquemag.com. Vous pouvez aussi vous abonner par téléphone au 01 46 48 48 96, ou par internet sur www.kiosquemag.com.

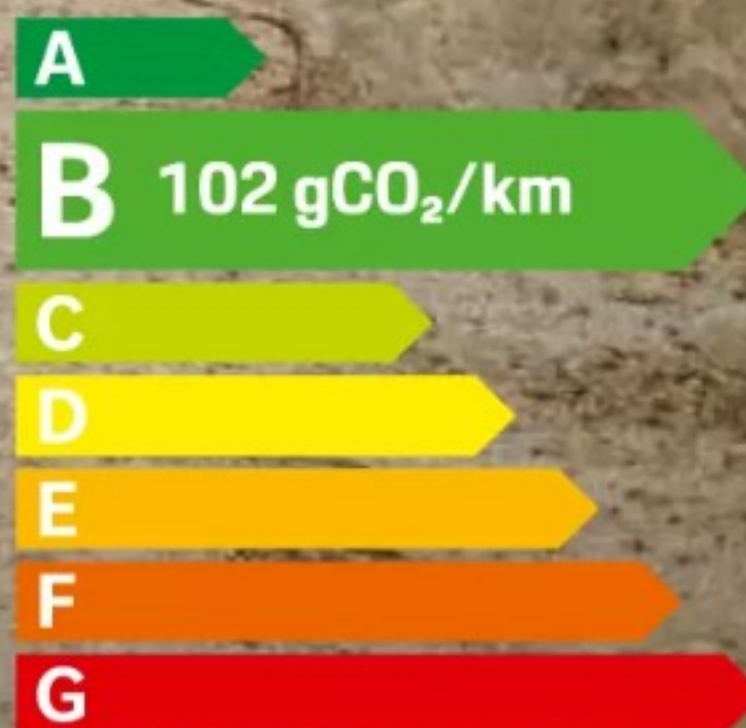
Ce numéro comporte, sur tout ou partie de sa diffusion : un encart Reworld Media Mékong/Glacier posé sur la C4 ; un tout-en-un Abonnement Jeunesse Rentrée posé sur la C4.

Pour le quotidien. Et pour s'en échapper.

GAMME CAYENNE E-HYBRID.

Le Cayenne E-Hybrid est le partenaire idéal pour vos envies d'évasion, tout en vous offrant jusqu'à 90 km d'autonomie en tout électrique pour vos trajets du quotidien.

PORSCHE



Cayenne E-Hybrid (24/09/2025) - Valeurs WLTP : Conso. combinée : de 3,9 à 4,5 l/100km. Plus d'informations sur le site www.porsche.fr. Porsche France S.A.S. RCS Nanterre B348 567 504.

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

POUSSIÈRE SOUS LE TAPIS ?

Dans votre dossier "Transformer la pollution en énergie" (n°1297, p. 76), vous évoquez la technique d'enfouissement du CO₂. En quoi cela consiste exactement ? Est-ce vraiment une solution sur le long terme ?

Victoria Vallée (internet)

S&V Enfouir le CO₂ consiste à capter le gaz présent dans l'atmosphère ou directement à la sortie des usines, puis à le comprimer afin de le

piéger sous forme dense au sein d'anciens gisements d'hydrocarbures ou de roches poreuses. "On y parvient à l'aide de mécanismes chimiques et biologiques, précise Florence Delprat-Jannaud (IFP Énergies nouvelles). Le CO₂ est dissous dans de la saumure, immobilisé dans les pores des roches puis minéralisé." La technique est aujourd'hui maîtrisée – les exploitants pétroliers injectent déjà du CO₂ dans les gisements pour optimi-

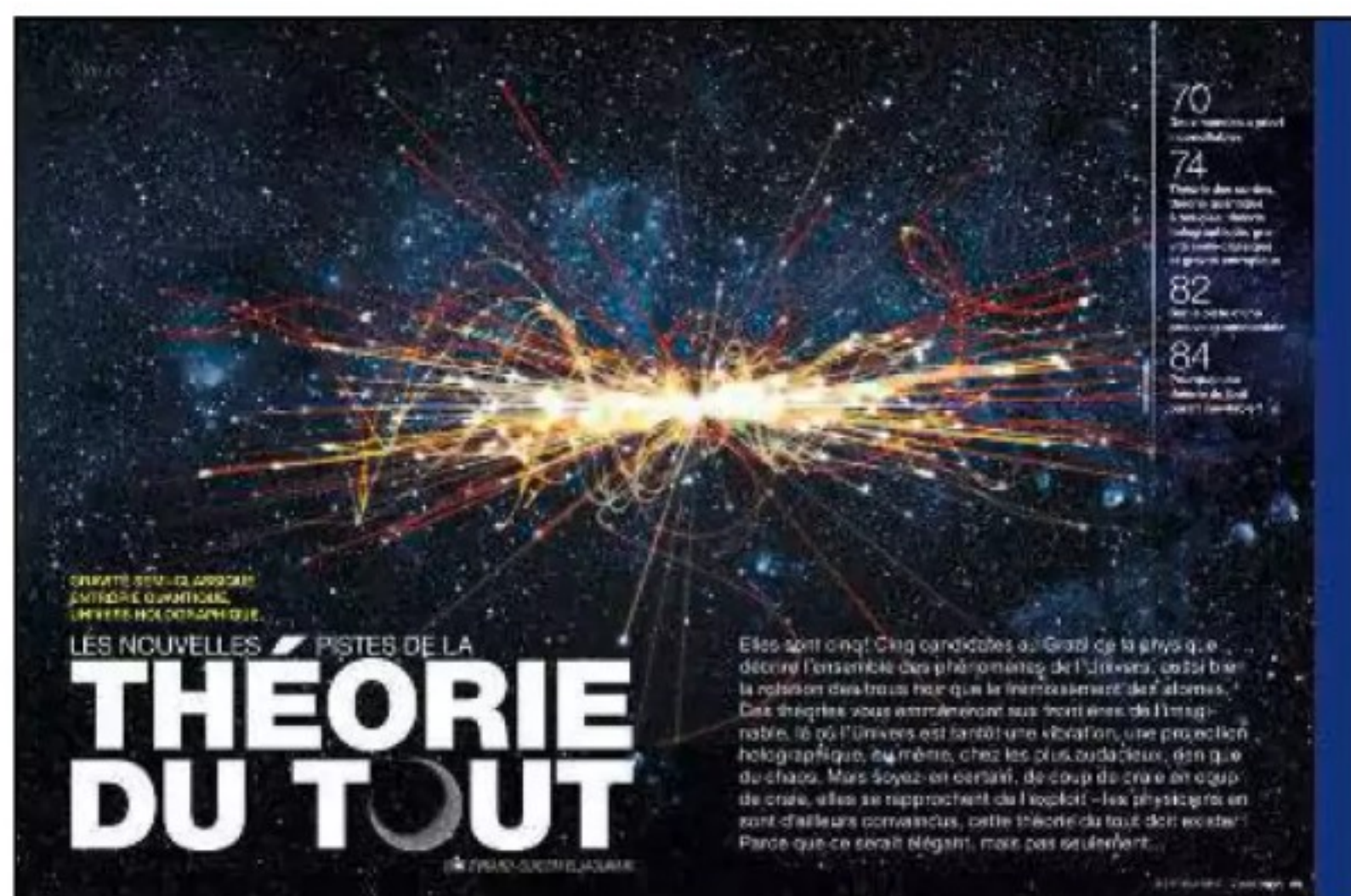
ser l'extraction de pétrole et des dizaines de sites l'expérimentent à petite échelle. Et pour atteindre la neutralité carbone d'ici à 2050, il semble qu'on ne pourra pas s'en passer : le Giec la considère comme un "levier nécessaire". Reste qu'enfouir du CO₂ coûte cher, et que certains risques ne sont pas encore sous contrôle : à l'occasion d'un séisme, ou via de petites failles souterraines, le gaz pourrait s'échapper et contaminer les sols, l'eau



ou l'atmosphère, entraînant l'asphyxie d'espèces vivant dans l'écosystème environnant. C'est ce danger qui est aujourd'hui évalué dans les exploitations pilotes à travers le monde.

Dans mon S&V, que je lis toujours avec plaisir, je suis surpris de trouver de nouvelles unités de mesure telles que le "terrain de foot" ou la "piscine olympique" (volume variable selon la profondeur) !

J. Wojewoda, internet



INTRICATION NATURELLE

Après lecture de votre passionnant dossier sur la théorie du tout, il me vient une question sur l'expérimentation avec les microdiamants (n°1296, p. 82). Comment pourraient-ils s'intriquer "tout seuls", juste par gravité ? Si c'était possible, toutes les particules existant sur Terre seraient

alors intriquées aussi du fait de cette force, non ?

Pascal Padeloup (internet)

S&V Tout part d'une hypothèse : la gravité est quantique. Si c'est le cas, alors cette force serait suffisante à l'intrication de deux particules. Les chercheurs tentent

Impression de couverture

Dans votre dossier sur les premières impressions (n°1295, p. 66), vous annoncez qu’*“il ne faut pas juger un livre à sa couverture”*. Or, pour côtoyer le milieu de l’édition depuis un certain temps, c’est exactement l’inverse: un livre doit être jugé à sa une et rien n’y est laissé au hasard! Il y a des codes rapidement assimilés par les lecteurs. La une et la quatrième de couverture doivent correspondre au contenu et l’éditeur s’efforce d’y parvenir. Et même si la couverture ne comporte que du texte, c’est un choix éclairé. Concernant l’humain, c’est certes différent: son évolution n’a-t-elle pas intégré depuis longtemps certains comportements comme le mensonge, le jeu d’acteur... qui compliquent l’interprétation de la première impression?

Thierry Dufrenne, Reims (51)

donc de provoquer ce phénomène, en plongeant deux microdiamants dans un état particulier appelé superposition de positions, et en les coupant de toute interférence externe, sauf la gravité. Ainsi, s’ils s’intriquaient, *“ce serait la première preuve expérimentale que la gravité possède une nature quantique”*, espère Hendrik Ulbricht, à

l’université de Southampton (Royaume-Uni). Le problème, c’est que l’état d’intrication est particulièrement fragile, prévient le professeur: *“La moindre interaction avec l’air, la chaleur ou les vibrations détruit la superposition en un éclair.”* Bref, aucune chance de l’observer dans la nature, que la gravité soit quantique ou pas.

M.TUMELAIRE



On en reparle



XÉNOGREFFES : LA COURSE S’ACCÉLÈRE

En avril 2022 (n°1255, p.82), nous vous faisons part des premières greffes de reins et de cœurs de porcs génétiquement modifiés réalisées aux États-Unis. Si, jusqu’à présent, ces opérations avaient eu lieu sur des patients en état de mort cérébrale puis sur des patients vivants mais très malades dans le cadre de protocoles compassionnels, la Food and Drug Administration a autorisé, en février dernier, le lancement d’un premier essai clinique. Six patients, et éventuellement jusqu’à 50, pourraient ainsi recevoir prochainement un rein porcin! Ce n’est pas tout: la Chine se lance aussi sur la piste. En mars, puis en août, deux équipes chinoises ont annoncé avoir respectivement greffé, sur des patients en état de mort cérébrale, un foie et même un poumon! Alors, certes, ce dernier n’a fonctionné que pendant 216 heures: *“En dépit des modifications génétiques effectuées sur les cochons pour rendre leurs organes moins immunogènes, les médecins chinois ont dû injecter de grandes quantités de médicaments immunosuppresseurs, commente Olaf Mercier, chirurgien à l’hôpital Marie-Lannelongue, au Plessis-Robinson. Or c’est particulièrement problématique pour les poumons, qui sont en contact avec l’air extérieur et donc avec de nombreux agents pathogènes.”* Mais le chercheur l’assure: *“Même si le chemin est encore long, cette première opération constitue une étape encourageante.”* Coralie Hancock



"DON'T LOOK UP"

Vous expliquez que la comète 3i/Atlas, découverte le 1^{er} juillet 2025, passera au plus près de nous six mois après cette date (n°1296, p. 30)... Et je me pose une question : si l'on se rendait compte qu'une comète fonçait droit sur nous, pourrions-nous réagir en un si court laps de temps ?

Bruno Luna Kisic (internet)

S&V Terrifiante question... Depuis 2022, un cadre de surveillance des comètes a été mis en place : les quatre télescopes du système d'alerte Atlas balaient le ciel à la recherche de corps célestes qui passeraient à proximité. Si une menace est suspectée, les données sont analysées par les équipes du Réseau international d'alerte aux astéroïdes (IAWN). Et si ces dernières estiment qu'il y a un risque d'impact avec la Terre, les agences spatiales membres du Groupe consultatif sur la planification des missions spatiales (SMPAG) seront chargées d'établir un plan.

Elles pourraient notamment commencer une mission sur le modèle de Dart –cet impacteur expérimental qui, en 2022, a montré que l'on pouvait modifier la trajectoire d'un astéroïde. Sauf qu'une telle mission exige des années de préparation. Autre option, plus rapide : l'envoi d'un engin doté d'une charge nucléaire pour faire exploser l'astéroïde. Mais les détails techniques, financiers et humains d'un tel projet ne sont pas définis aujourd'hui –sans compter que ce scénario n'ayant jamais été testé, nous n'avons pas la certitude de son efficacité.

Alors, rassurons-nous, la probabilité qu'un corps de la taille de 3i/Atlas (10 km) tombe sur Terre n'est que de 1 sur 100 000 000 par an. Mais si l'alerte était donnée demain pour un impact dans six mois, nous ne serions pas prêts : le plus sûr serait d'évacuer les populations vers une zone protégée de la planète –s'il en reste une. Terrifiante réponse...

Erratum

Nolan Russier, sur internet, nous fait remarquer que la photo censée illustrer des roseaux (S&V n°1294, p. 101) a été prise après la récolte, ou alors ces végétaux y sont vraiment très bien cachés ! Il a l'œil : l'image publiée est la tourbière sauvage écossaise –sans roseaux, donc–, aussi utilisée en ouverture du dossier (pp. 96-97). Toutes nos excuses pour ce doublon tourbé. Hélas, le coupable de cette gaffe informatique court toujours, nous ne l'avons pas identifié. Mais on l'aura, soyez rassuré...

M. TUMELAIRE



LES GLACIERS DE L'HIMALAYA GONFLENT LES FLEUVES

Les glaciers rétrécissent un peu partout dans le monde, y compris dans l'Himalaya, soulignait-on dans le numéro de septembre (n°1296, p. 100). En analysant des images satellite, une équipe américaine vient de révéler un des impacts de cette fonte : entre 2004 et 2019, plus de 10 % des fleuves provenant des hautes montagnes d'Asie, notamment le Yangtsé, le fleuve Jaune ou encore l'Indus, ont connu une hausse importante de débit ! Avec des conséquences extrêmement diverses, expliquent les chercheurs : 8 % des tronçons dotés de centrales hydroélectriques ou de barrages ont par exemple vu leur puissance augmenter de 2,9 % par an. Les eaux charrient aussi davantage de sédiments, ce qui augmente le risque de colmatage des canalisations, et la probabilité d'inondation est à la hausse. Bien sûr, cette évolution est provisoire : dès que les glaciers auront perdu une partie substantielle de leur masse, les débits diminueront sensiblement. *“Les glaciers de l'Himalaya sont très affectés par le changement climatique, certains fondent très rapidement”*, confirme Kristen Cook, de l'Institut des sciences de la Terre (Grenoble). Ils devraient en tout cas perdre entre 29 % et 67 % de leur masse d'ici à 2100, au profit des fleuves... **Anne Le Duigou**



CEUX QUI COMPTENT POUR VOUS

peuvent
aussi compter
sur nous

Au Crédit Commercial de France, nos conseillers ont à cœur de mettre leur expertise au service de nos clients mais aussi de leur famille **afin d'accompagner chaque membre dans leurs projets personnels.**

Rendez-vous dès maintenant **en agence** ou sur [ccf.fr](https://www.ccf.fr)

CCF | BANQUE PATRIMONIALE DEPUIS 1917

CCF - S.A. au capital de 147 000 001 euros, agréée en qualité d'établissement de crédit et de prestataire de services d'investissement, immatriculée au RCS de Paris sous le numéro 315 769 257 - Siège social: 103 rue de Grenelle - 75007 Paris. Intermédiaire en assurance immatriculé à l'ORIAS sous le numéro 07 030 182 (www.orias.fr).



PARTICIPEZ À NOTRE CONCOURS DE PHOTOS DE SCIENCE !

Les rédactions des magazines *Réponses Photo*, *Science & Vie* et *Science & Vie Junior* se sont associées pour lancer un concours de photos de science. Et chacun peut y participer, quel que soit son âge ! Il y aura 12 gagnants, soit 3 par catégorie : photos de labo ou de recherche ; de biodiversité ; du ciel nocturne ou "coup de cœur SVJ". Le photographe naturaliste Greg Lecœur a accepté d'être le parrain de ce concours, lancé en octobre dernier au musée des Arts et Métiers, à Paris, à l'occasion de la Fête de la science. Pour choisir les meilleures photos, notre jury sera composé de Greg Lecœur, mais aussi des responsables iconographes de chaque magazine et des représentants de nos partenaires (Canon, CNRS, ministère chargé de l'Enseignement supérieur et de la recherche). Les noms des grands gagnants seront annoncés lors de l'édition 2026 de la Fête de la science, au cours de laquelle leurs photos seront exposées à la vue de toutes et de tous !

Plus d'infos : www.reponsesphoto.fr
À vos appareils !

CONCOURS SCIENCE EN VUES

Concours de photos de science avec *Science & Vie* et *Réponses Photo*.

PARTICIPEZ ! À GAGNER

POUR LE GRAND GAGNANT DE CHAQUE CATÉGORIE

- Du matériel Canon
 - Biodiversité : un appareil photo Canon EOS R7 et son zoom transtandart*
 - Ciel nocturne : un appareil photo plein format Canon EOS R8 et un objectif grand angle*
 - Labo / recherche : un appareil photo plein format Canon EOS R8 et un objectif macro*
 - Catégorie -18 ans : une imprimante photo portable Canon SELPHY QX20*
- La publication de sa photo sur différents supports : magazines, exposition, édition livre ou calendrier...
- Une rencontre avec Greg Lecœur

POUR LES 2^e ET 3^e GAGNANTS DE CHAQUE CATÉGORIE

- La publication de leur photo et un abonnement de 1 an au magazine de leur choix.

NOTRE PARRAIN
Greg Lecœur
Photographe animalier et naturaliste

3 CATÉGORIES Biodiversité, ciel nocturne, labo / recherche + coup de cœur *Science & Vie Junior*
LES CRITÈRES DE SÉLECTION Esthétisme, narration, contexte et informations scientifiques

POUR PARTICIPER Envoyez votre photo et ses informations avec vos coordonnées à photoscience@reworldmedia.com avant le 10 mai 2026

Réglement et informations via ce QR code

*Ou équivalent.

SCIENCE & VIE JUNIOR PHOTOS Canon muam fête de la science CNRS

ReponseMedia Magazine organise du 01/10/2025 au 31/12/2025 le concours « Science en Vues » gratuit sans obligation d'achat. Ce concours est ouvert à toute personne majeure, résidente en France métropolitaine. Les gagnants seront déterminés après leur participation selon les modalités prévues au Règlement du concours disponible gratuitement sur www.reponsesphoto.fr. La valeur des prix est estimée à titre indicatif et peut varier. Conformément à la réglementation applicable en matière de protection des données personnelles (RGPD), les informations recueillies, sont traitées et diffusées uniquement à des fins de participation au concours. Vous disposez notamment des droits d'accès, de modification, de suppression, de portabilité et de la limitation de la durée de conservation de vos données. Pour exercer ces droits, contactez le service client de ReponseMedia Magazine. Vous pouvez également vous inscrire à notre newsletter. Les données sont collectées par le biais de votre adresse e-mail. Vous pouvez vous désinscrire à tout moment en cliquant sur le lien « Me désabonner » situé en bas de chaque newsletter. Les données sont collectées par le biais de votre adresse e-mail. Vous pouvez vous désinscrire à tout moment en cliquant sur le lien « Me désabonner » situé en bas de chaque newsletter.

LE CONCOURS CGÉNIAL REDÉMARRE !

Réalisé en partenariat avec *Science & Vie Junior* (SVJ), le concours CGénial propose aux collégiens et lycéens de toute la France de présenter, avec l'aide de leurs enseignants, un projet didactique et innovant sur un thème choisi dans diverses disciplines, telles que la physique, la chimie, les SVT, les mathématiques, etc. À la clé, de nombreux prix sont à gagner,

comme des visites VIP de sites industriels et de laboratoires de recherche, une participation à des concours internationaux... sans oublier le coup de cœur de la rédaction de SVJ, qui sera attribué à l'une des équipes finalistes. Les inscriptions sont ouvertes !

Plus d'infos : sciencesalecole.org/concours-c-genial-presentation-et-cgenial.org

CONCOURS 2026
Collège Lycée
CGÉNIAL



Nouveau Citroën ë-C5 Aircross



à partir de **459 € / mois**⁽¹⁾

LLD 48 mois / 40 000 km 1^{er} loyer de 0€

Prime CEE de 4 242€ déduite avec 4 ans d'entretien et d'assistance*

A 0g CO₂/km



JUSQU'À

8
ANS

CITROËN
WE CARE
GARANTIE

Modèle présenté : Nouveau ë-C5 Aircross Électrique 210ch, autonomie confort, MAX avec options 601€ aux mêmes conditions. (1) Exemple pour la Location Longue Durée du Nouveau ë-C5 Aircross Électrique 210ch, autonomie confort YOU après déduction de la Prime CertiNergy de 4242€. Vous êtes éligibles à ce montant de prime si votre revenu fiscal de référence est inférieur à 26200€ par part fiscale, voir conditions d'éligibilité sur citroen.fr. Offre non cumulable valable jusqu'au 31/10/25 réservée aux personnes physiques

éligibles pour un usage privé, dans le réseau Citroën participant, et sous réserve d'acceptation par CREDIPAR, dénomination commerciale Stellantis Finance & Services, SA au capital de 138 517 008 € - 317 425 981 RCS Versailles - 43 rue Jean Pierre Timbaud 78300 POISSY - N° ORIAS : 07004921 (www.oriass.fr). *Prime CertiNergy pour la valorisation des opérations au titre du dispositif des Certificats d'économies d'énergie : 4242€ non soumis à la TVA. (n° SIREN CertiNergy : 798 641 999). Montants exprimés TTC et hors prestations facultatives * Prestation facultative, contrat Entretien Plus comprenant l'entretien et l'assistance selon conditions contractuelles sur 48 mois / 40 000 km (20€ / mois) (au 1^{er} des 2 termes atteint). Les conditions générales de l'offre sont disponibles dans le réseau Citroën.



CITROËN

Au quotidien, prenez les transports en commun. #SeDéplacerMoinsPolluer



TOUJOURS PLUS LOIN

Qu'est-ce qu'explorer, sans instruments pour repousser la frontière du connu ? L'astrolabe oriente sur la mer, la corde et la lampe permettent de sonder les profondeurs de la Terre, la fusée de traverser l'atmosphère, le scaphandre et le bathyscaphe de plonger dans les abysses... Chaque outil ouvre des mondes rêvés et insoupçonnés.

Les Cahiers de S&V n°225, 7,90€



SEUL CONTRE TOUS

Quand, en 1700, le roi d'Espagne meurt sans enfants, Louis XIV réclame le trône au nom de son petit-fils Philippe. Londres et Vienne suscitent alors une grande coalition européenne pour éviter l'émergence d'une superpuissance sous l'égide des Bourbons. C'est le début d'une série de désastres qui poussent la France au bord du gouffre...

Guerres & Histoire n°87, 7,60€



QUI EST LE PLUS GROS DORMEUR ?

Ce mois-ci, *Mon Petit Science & Vie* t'invite à découvrir qui dort comme une marmotte. On te dit tout sur les animaux qui hibernent ! Pourquoi dorment-ils pendant les mois d'hiver ? Où se cachent-ils pour rester bien au chaud ? Est-ce qu'ils se réveillent un peu ou pas du tout ?

Mon Petit S&V n°51, 5,95€



DU FLOP AU TOP

Science & Vie Découvertes dévoile comment des expériences ratées ont abouti à des inventions de génie. Les Post-it, la pâte à modeler, le stéthoscope ou les rayons X sont tous nés grâce à la chance. Découvre les histoires extraordinaires de ces flops devenus des tops !

S&V Découvertes n°323, 5,95€



LES JEUX VIDÉO RAMÈNENT LEUR SCIENCE

Les jeux vidéo sont bien plus que de simples divertissements : ils sont une compilation de toutes les sciences, concepts et lois que tu manies avec aisance sans même t'en rendre compte. Et dans certains jeux, c'est même toi qui aides les scientifiques ! Ce mois-ci, zoom sur la science cachée dans le *game*.

S&V Junior n°434, 5,30€



VIVE LES FORMES !

Plonge dans le monde des formes ! Nano t'apprend à les reconnaître, à les tracer et à les utiliser dans tes dessins et tes constructions grâce à des histoires, des jeux et des activités, pour faire le plein d'infos en t'amusant. Et Hector le dinosaure te dira tout des formes qui ont inspiré les grands bâtisseurs.

Mon Petit S&V Hors-Série n°3, 5,95€



RÊVER À NOUVEAU C'EST TOUT UN APPRENTISSAGE

Apprentis d'Auteuil aide chaque année plus de 40 000 jeunes⁽¹⁾ en difficulté à bâtir leur avenir.

Soutenez-nous sur www.apprentis-auteuil.org



La confiance peut sauver l'avenir

LA NOUVELLE ÈRE DE LA CONQUÊTE LUNAIRE

Cette série en trois parties explore le nouveau programme de la Nasa : ramener l'homme sur la Lune. Plus de cinquante ans après Apollo, une nouvelle génération d'astronautes et de scientifiques se prépare à une mission historique – la génération Artemis. Le premier épisode, "Le Voyage", revient sur Artemis I, mission non habitée déjà accomplie avec

succès, mais aussi sur les préparatifs de la prochaine expédition, Artemis II, première mission habitée du programme. Celle-ci, initialement prévue pour avril 2026, pourrait finalement survoler la Lune dès février ! Le documentaire, alimenté d'interviews menés avec des figures majeures de l'exploration spatiale – telles que Thomas Pesquet ou Christina Koch –, lève

le voile sur la composition de l'équipage et les entraînements, équipements et combinaisons de ses astronautes, tout en présentant *Orion*, leur vaisseau, dans ses moindres détails. Plongez dans les coulisses de l'un des plus grands projets spatiaux de l'Histoire !



**GÉNÉRATION ARTEMIS,
ÉPISODE 1: LE VOYAGE**
mardi 25 novembre à 20h45

**FACT SHEET: ARTEMIS I**

OBJECTIF Vol test, mission non habitée

DÉCOLLAGE 16 novembre 2022

AMERRISSAGE 11 décembre 2022

DURÉE 25 jours, 10 heures et 53 minutes

DISTANCE PARCOURUE 2,25 millions de kilomètres

FUN FACT Le vaisseau *Orion* transportait 3 mannequins cobayes : Campos, Helga et Zohar. Le but ? Recueillir des données sur les effets du voyage sur le corps humain afin d'assurer la sécurité des futurs astronautes à bord d'*Orion*.



THOMAS **PESQUET**
Astronaute

D'ici à 2028, on devrait voir des astronautes européens aller vers la Lune, autour de la Lune, sur la Lune. C'est une aventure exceptionnelle !

Scannez ce QR code pour en savoir plus :



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

Plus d'informations sur @scienceetvietv   

SHUTTERSTOCK

Une chaîne **Mediawan**

Disponible sur



CANAL
130



CANAL
182



CANAL
207



CANAL
127



CANAL
38



Premier de la classe!



Fortuneo encore classée
banque la moins chère.*



J'aime ma banque

*Source Moneyvox, novembre 2023 et 2024, 1^{er} ex-æquo pour les profils "Jeune", "Classique" et "Premium" sur la base des tarifs applicables au 01/01/2024 et au 16/01/2025, susceptibles d'évolution. Détails du classement : fortuneo.fr/palmares/banque. Fortuneo est une marque commerciale d'Arkéa Direct Bank. Arkéa Direct Bank, Société Anonyme à Directoire et Conseil de Surveillance au capital de 89 198 952 euros. RCS Nanterre 384 288 890. Siège social : Tour Trinity - 1 bis place de la Défense 92400 COURBEVOIE. Courtier en assurance n°ORIAS 07 008 441 - Adresse postale : FORTUNEO - TSA 41707 - 35917 RENNES CEDEX 9.

L'actu des sciences



➤ L'ADN de 483 échantillons de mammouths a été analysé, révélant la présence de bactéries. Ici, une molaire exhumée en Russie.



PETER MORTENSEN

PALÉOGÉNÉTIQUE

ON A RETROUVÉ L'ADN D'UNE BACTÉRIE DE MAMMOUTH !

“C’était comme chercher une aiguille dans une botte de foin.” Voilà comment Benjamin Guinet, paléogénéticien au Muséum d’histoire naturelle de Stockholm (Suède), décrit le travail colossal qu’il vient de mener avec son équipe. Et ce n’est pas exagéré : parmi les milliers de séquences ADN extraites de 483 fossiles de mammouths – dont l’impressionnante molaire ci-contre –, les chercheurs ont identifié celles qui n’appartenaient pas aux mammifères, mais à leurs microbes. Puis, dans les 310 séquences sélectionnées, ils ont éliminé celles qui provenaient de bactéries ayant colonisé le corps des mammouths après leur mort, *“soit la majorité”*, commente le paléogénéticien.

L’objectif ? Débusquer les bactéries qui vivaient avec les pachydermes – les membres d’un microbiote paléontologique –, ou qui les infectaient ! *“Nous n’avons finalement retenu que six génomes”*, continue le chercheur.

L’une de ces bactéries, *Erysipelothrix*, a été retrouvée dans un mammoth des steppes vieux de 1,1 million d’années, ce qui en fait le plus ancien couple microbe/hôte connu à ce jour. Une autre présente des similitudes avec une souche responsable, en 2020, de septiciémies mortelles chez des éléphants d’Afrique. Aurait-elle tué son hôte ? *“Impossible à dire”*, répond Benjamin Guinet, qui traque désormais l’ADN de virus. Une aiguille encore plus petite... **C.H.**



INGÉNIERIE

CES PLANTES LUMINEUSES SE RECHARGENT AU SOLEIL

Les végétaux colorés et scintillants que vous avez sous les yeux ont été développés par des biologistes de l'Université agricole de Chine méridionale. Avec une technique originale : plutôt que de modifier leur ADN par génie génétique, ils ont injecté des microparticules de phosphore dites à rémanence – que l'on trouve dans les jouets s'illuminant dans le noir – dans

des succulentes, une variété de plantes grasses. *“Leurs feuilles sont charnues, compactes et traversées par des canaux intercellulaires bien répartis,* explique Shuting Liu, l'une des autrices, *ce qui permet aux microparticules de se diffuser rapidement et uniformément.”* Résultat : ces dernières s'y propagent en quelques secondes et les feuilles se mettent

à briller d'une faible lumière colorée. Et ce, durant deux heures.

Pour les recharger, quelques minutes d'exposition au soleil ou à une source LED suffisent. Quant aux couleurs, elles vont du vert au rouge en passant par le bleu-violet. Les chercheurs ont aussi élaboré un mur végétal de 56 succulentes émettant assez de luminosité pour éclairer des objets

proches voire lire un court texte.

Avec quelles applications potentielles ? La biologiste imagine *“des jardins, des parcs ou même des espaces publics doucement éclairés par une végétation vivante et lumineuse.”* Il faudra tout de même s'assurer que ces microparticules n'ont aucun effet néfaste sur les plantes et autres écosystèmes... **O.D.**



^ Le 27 août dernier, le télescope Gemini Sud, au Chili, a capturé cette image de la comète interstellaire 3i/Atlas, peut-être plus âgée que le Soleil...

^ Des microparticules de phosphore permettent à ces succulentes de briller dans le noir. De quoi éclairer un espace public d'une lumière douce ?

ASTROPHYSIQUE

LA COMÈTE 3i/ATLAS NOUS VIENT DE BIEN AU-DELÀ DU SYSTÈME SOLAIRE

Admirez-la filer dans notre ciel ! Depuis qu'elle y est entrée en juillet dernier (voir S&V n°1296), la comète nommée 3i/Atlas a attiré tous les télescopes sur elle, ou presque. Et ça y est, les chercheurs ont reconstitué sa trajectoire dans notre galaxie : elle dessine une large hyperbole.

"Nous avons déterminé qu'au cours des 10 millions d'années précédentes, 3i/Atlas n'a jamais vraiment interagi avec aucune étoile. Le Soleil est celle qu'elle aura vue de plus près", souligne Eva Villaver, astrophysicienne à l'Institut d'astrophysique des Canaries (Espagne). La comète passera en effet à 210 millions de kilomètres de notre astre fin octobre, avant de s'en éloigner définitivement à près de 220 000 km/h. Son itinéraire trahit une origine très lointaine, sans doute à la lisière de la Voie lactée, à proximité du disque épais qui enveloppe ses bras.

Un berceau riche en étoiles anciennes qui suggère que 3i/Atlas pourrait être plus âgée que notre Soleil...

A.L.D.

SHUTING LIU ET AL. - INTERNATIONAL GEMINI OBSERVATORY/NOIRLAB/NSF/AURA/STS

ENVIRONNEMENT

EN AMAZONIE, LA DÉFORESTATION FAVORISE LES SÉCHERESSES

C'est la conclusion d'une équipe de l'université de São Paulo, qui a étudié les précipitations de la forêt amazonienne brésilienne durant les saisons sèches, entre 1985 et 2020. En 35 ans, le total annuel des pluies tombées pendant les trois mois arides a baissé de 21 mm, soit de 7,5 %. Et le phénomène serait imputable à 74 % à la déforestation et à 26 % au changement climatique, montre l'analyse de nombreuses données d'observations, dont l'évolution de la couverture forestière, la concentration de gaz à effet de serre et les températures.

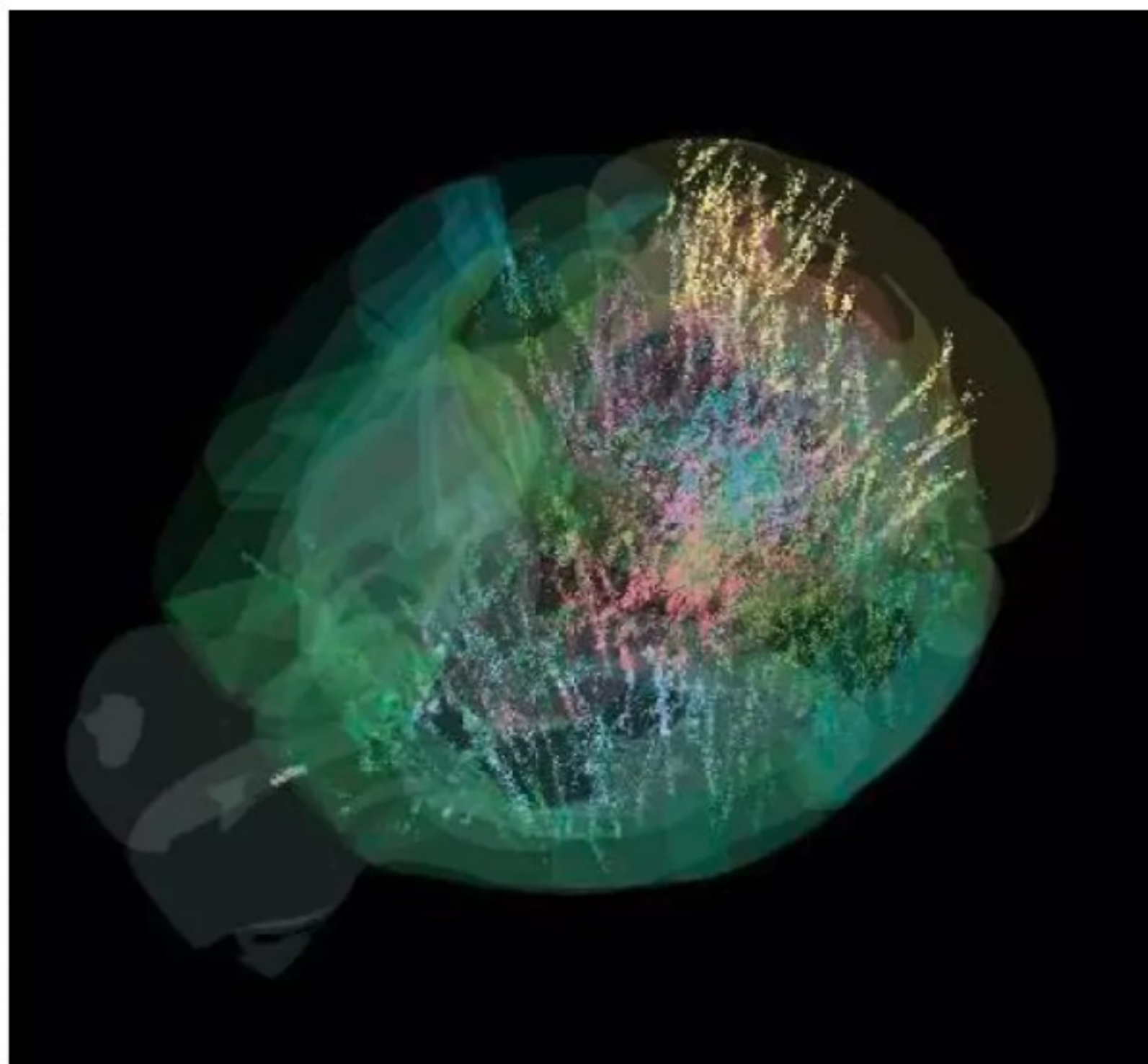
Comment la sécheresse s'installe-t-elle ? *"Dans les forêts intactes, les arbres relâchent de grandes quantités d'eau, ce qui augmente largement l'humidité de l'air, favorisant la formation de nuages et les précipitations,"* décrypte Marco Aurélio de Menezes Franco, l'un des auteurs de l'étude. À l'inverse, lorsque les arbres sont abattus, cette évapotranspiration n'a plus lieu, l'humidité atmosphérique est réduite et les précipitations diminuent. Et ce, en particulier à la saison sèche, pendant laquelle la forêt exerce normalement une fonction de tampon. Selon le chercheur, il est *"urgent de mettre fin à la déforestation et de commencer à reboiser pour nous éviter d'atteindre le point de bascule à partir duquel la forêt ne se régénérera plus."*

C.H.



➤ La baisse des précipitations en Amazonie entre 1985 et 2020 serait causée à 74 % par la déforestation.

DAN BIRMAN/UNIVERSITY OF WASHINGTON, ALLEN INSTITUTE - SHUTTERSTOCK



NEUROSCIENCES

UNE PRISE DE DÉCISION MOBILISE DES ZONES PARTOUT DANS LE CERVEAU

Des chercheurs internationaux ont présenté un jeu à des souris : elles devaient indiquer, via une molette, si l'image qui s'affichait à l'écran face à elles était à gauche ou à droite, avec une friandise sucrée à la clé en cas de bonne

réponse. Tout au long de l'expérience, des électrodes nouvelle génération suivaient l'activité de 621 733 neurones des rongeurs, répartis à travers 279 régions cérébrales, afin de capter le signal cérébral de leur décision.

Verdict ? Les chercheurs ont d'abord observé les aires visuelles s'activer à l'arrière du cerveau des souris. *"Puis, à mesure*

➤ Sur ce cliché du cerveau d'une souris, les zones sollicitées lors d'un choix apparaissent en couleur.



qu'ils accumulaient des informations en vue du choix à effectuer, d'autres zones au niveau cortical mais aussi sous-cortical se sont allumées en parallèle. Il y en avait un tel nombre que cela nous a surpris", raconte Alexandre Pouget, neuroscientifique à l'université de Genève (Suisse), coauteur de ces travaux. Le choix est ensuite effectué – les aires motrices, pour pousser la molette, prennent alors le relais. Enfin, quand l'animal était

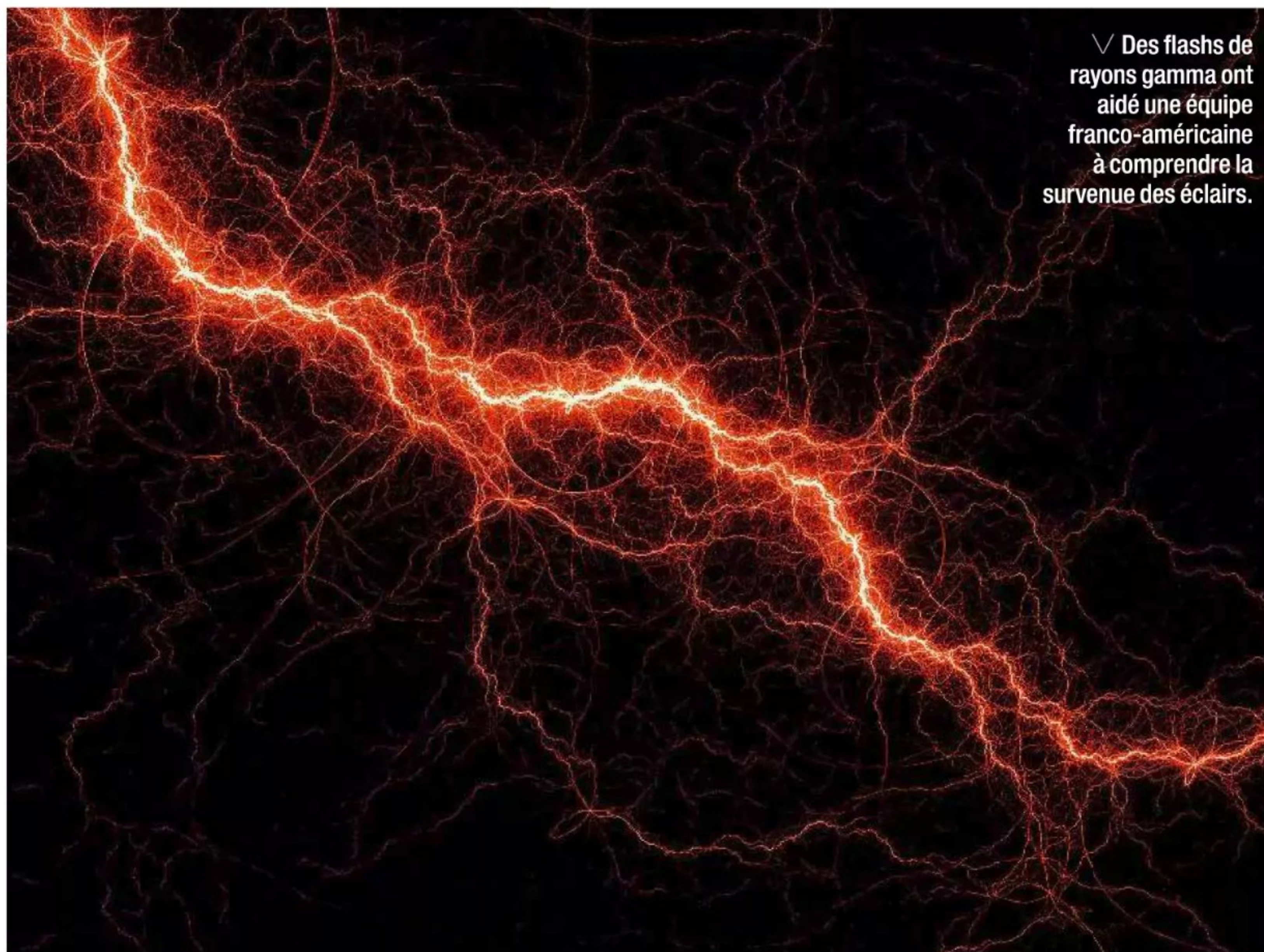
récompensé pour sa bonne réponse, c'est tout son cerveau qui s'embrasait. Forts de ces résultats, les scientifiques ont refait l'expérience avec les mêmes souris, sauf que l'image qui s'affichait était cette fois peu visible... Qu'à cela tienne : le plus souvent, les rongeurs ont su deviner dans quel sens tourner la molette en se basant sur les essais antérieurs. Et là encore, surprise : "Ça s'activait partout dans le cerveau !" pointe le chercheur. **L.G.**

Ça reste à prouver...

LES COUPLES PARTAGERAIENT LES MÊMES TROUBLES MENTAUX

Nous avons tendance à choisir un conjoint qui nous ressemble : même personnalité, même milieu socioculturel, même niveau d'étude... et mêmes problèmes mentaux ! Voilà l'étonnante conclusion d'épidémiologistes américains et taïwanais, qui ont décortiqué les registres de santé de plus de 6 millions de couples : 5 millions issus de Taïwan, 572 000 du Danemark et 707 000 de Suède. Dans cette incroyable base de données, ils traquaient la survenue de pathologies psychiques – schizophrénie, anxiété, dépression, anorexie mentale, troubles bipolaires, du spectre autistique, du déficit de l'attention avec hyperactivité (TDAH) ou encore liés à l'usage de substances et troubles obsessionnels compulsifs (TOC).

Résultat : *"Quand l'un des partenaires est atteint d'une affection, la probabilité que son binôme partage la même – ou une autre – est plus élevée que le simple hasard, détaille Chun Chieh Fan, épidémiologiste à l'Institut Laureate pour la recherche sur le cerveau, aux États-Unis. Ce lien existe quelle que soit la culture, et toutes générations confondues."* Trois hypothèses sont évoquées. *"Premièrement, la stigmatisation sociale autour des maladies mentales limiterait le choix du conjoint, augmentant ainsi la probabilité de rencontrer quelqu'un souffrant d'un mal de ce type, expose le chercheur. Secondo, le fait de vivre avec une personne atteinte peut exposer le partenaire à un environnement propice à la survenue de problèmes psychiques."* Reste la troisième possibilité, la plus probable selon Chun Chieh Fan : *"Une personne serait attirée par quelqu'un partageant le même trouble, car elle en comprendrait mieux la souffrance intérieure."* **O.D.**



✓ Des flashes de rayons gamma ont aidé une équipe franco-américaine à comprendre la survenue des éclairs.

PHYSIQUE

ON SAIT COMMENT NAÎT UN ÉCLAIR !

Dans un ciel d'orage, des nuages se chargent en électrons, ne demandant qu'à l'éclair de s'en échapper pour frapper le sol. Mais qu'est-ce qui provoque la survenue de cette énorme décharge électrique ? Des Franco-Américains apportent enfin une explication ! Ce sont des flashes de rayons gamma précédant la foudre – et dont l'origine était inconnue – qui les ont aiguillés : en les captant à l'aide de satellites et d'avions volant à haute altitude au milieu des orages, ils ont découvert que ces flashes proviennent du rayonnement cosmique bombardant l'atmosphère. *“En atteignant un nuage orageux, des électrons secondaires de ce rayonnement sont soudainement accélérés par le champ électrique, expose Victor Pasko, professeur d'ingénierie électrique à l'université de Pennsylvanie (États-Unis). Ils vont alors libérer des photons gamma.”* Ces photons éjectent des électrons d'atomes d'azote ou d'oxygène présents dans l'air qui, à leur tour, accélèrent et libèrent des photons. La réaction s'auto-entretient, et *“en quelques microsecondes, une avalanche d'électrons transforme l'air en un milieu très ionisé, c'est-à-dire conducteur. Des filaments de décharges s'y forment, suffisants pour faire jaillir un éclair”.* **O.D.**

SHUTTERSTOCK

1 milliard

C'est, en nombre de Soleils, la masse estimée du trou noir super-massif J0529 – l'objet le plus brillant que nous connaissons dans l'Univers –, selon les résultats obtenus avec l'équipement de l'Observatoire européen austral (ESO), au Chili. Un chiffre 17 fois inférieur aux estimations des chercheurs australiens lors de sa découverte en février 2024 – et qui pousse à revisiter l'histoire des origines de ce type d'objets cosmiques. **M.L.**



GOUVERNEMENT

Liberté
Égalité
Fraternité

**Airbags
défectueux
= danger**



RAPPEL CONSO

- 1 Je vérifie si mon véhicule est concerné**
- 2 Je prends rendez-vous chez un réparateur/garagiste de la marque pour remplacer rapidement et gratuitement mes airbags**



PLUS D'INFORMATIONS SUR
ecologie.gouv.fr/rappel-airbag-takata

3 DÉCOUVERTES SUR...

LA VISION DES COULEURS

Comment notre cerveau réagit-il à la couleur ?

Pour le savoir, deux neuroscientifiques de l'université de Tübingen, en Allemagne, ont enregistré l'activité cérébrale de 15 volontaires par IRMf (Imagerie par résonance magnétique fonctionnelle) tandis qu'ils leur présentaient des motifs colorés.

PAR ANNE LE DUIGOU



1

Les couleurs activent le cortex visuel de façon étendue...

Première révélation : le signal cérébral à la vue d'une couleur déclenche des activations très variées dans tout le cortex visuel. C'est cette zone du cerveau située à l'arrière de la tête qui accueille les signaux électriques générés par les cellules réceptrices – les cônes – tapissant la rétine au fond des yeux. Or, en enregistrant l'activité cérébrale des volontaires, les chercheurs ont réalisé que dans chacune des aires spécialisées du cortex visuel, des communautés de neurones plus ou moins étendues réagissent aux couleurs.

2

... avec de subtiles variations...

Les scientifiques ont de plus observé que chaque couleur active ces communautés de neurones à sa manière : certaines cellules semblent réagir plus que d'autres à une teinte donnée. En découle une sorte de signature cérébrale des couleurs, un phénomène particulièrement visible dans le "champ rétino-topique", un sous-ensemble de cellules qui répondent à une zone précise de la rétine et donc du champ visuel – en haut à droite, par exemple.

3

... que l'on partage d'une personne à l'autre

Ces informations en main, les chercheurs se sont demandé si ces subtiles différences d'activation d'une couleur à l'autre étaient les mêmes chez tout le monde. Bingo : après avoir analysé comment le cerveau d'une personne réagissait à la vision de différentes teintes, leur modèle a pu deviner celle que voyaient les autres volontaires rien qu'en analysant leur activité cérébrale. Preuve que le décodage des couleurs suit un chemin assez universel. L'expérience ne dit pas, cependant, si nous les ressentons tous de la même manière.

Le seul service Beauté et Bien-être
technologiquement personnalisé.

myievaTM

La box beauté Personnalisée

à partir de

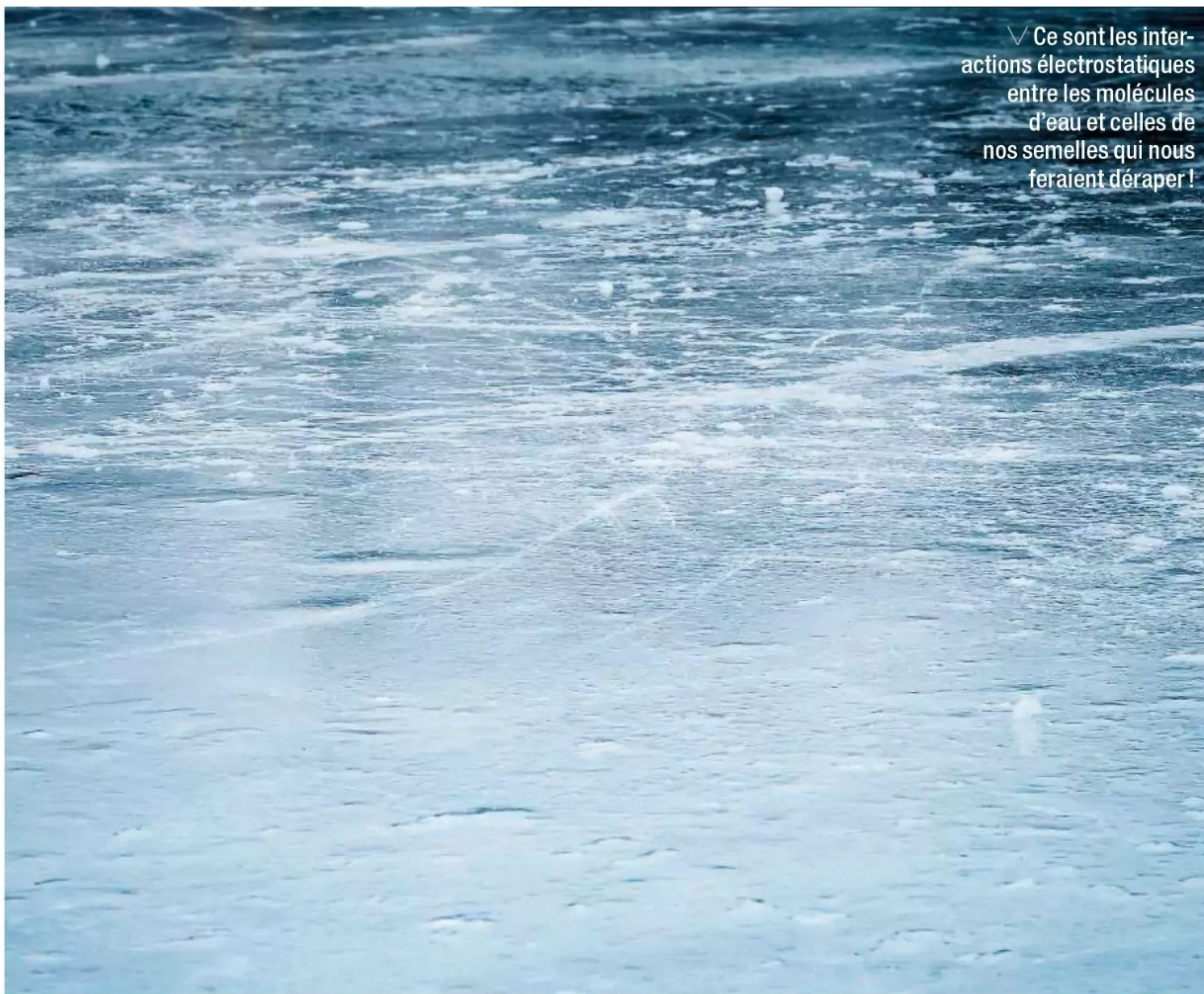
19 €⁹⁰

Et si votre routine beauté commençait par un choix ?

Composez votre box ou laissez notre IA le faire pour vous.



Disponible en exclusivité sur myieva.com



✓ Ce sont les interactions électrostatiques entre les molécules d'eau et celles de nos semelles qui nous feraient déraiper !

PHYSIQUE

ON NE GLISSE PAS SUR LA GLACE POUR LES RAISONS QUE L'ON CROYAIT

À skis, sur patins à glace, ou tout bêtement en chaussures : lors d'une chute sur une surface gelée, la glissade n'est pas seulement provoquée par la formation d'un film d'eau ! C'est ce que clament des chercheurs allemands qui ont réalisé des simulations numériques du phénomène afin de pouvoir l'observer à très petite échelle. Selon le dogme actuel, la glissade est due à un film d'eau liquide qui se forme sous la chaussure, sous l'effet conjoint de la pression et d'une augmentation de la température à cause du frottement. *"Mais cela est faux, assène Martin Müser, de l'université de Sarrebruck, en Allemagne. Le film*

d'eau, quand il apparaît, est souvent trop fin pour lubrifier les surfaces." Ses simulations suggèrent une autre raison aux glissements : les interactions électrostatiques entre les molécules d'eau et celles de la semelle, du ski ou du patin.

Dans la glace, elles sont strictement ordonnées en motifs répétitifs qui constituent un cristal. Mais l'approche d'autres molécules perturbe ce bel agencement : une couche d'eau vitrifiée, désordonnée, se forme alors rapidement à la surface de la glace. Une couche incroyablement glissante, incapable de retenir votre semelle, qui ne peut alors que déraiper !

A.L.D.

Le seul service Beauté et Bien-être
technologiquement personnalisé.

myievaTM

La box beauté Personnalisée

à partir de

19 €⁹⁰

**150 produits.
7 marques.**

1 seule box : la vôtre, sur mesure.



Disponible en exclusivité sur myieva.com





✓ Bonnes pour les singes, les bananes ? Les clichés ont la peau dure ! Trop de sucre nuit à leur santé comme à celle des humains.

ÉTHOLOGIE

L'ALIMENTATION DES SINGES EN ZOO EST BIEN TROP SUCRÉE

Non, les singes ne mangent pas de bananes en milieu naturel ! Pourtant, dans les zoos, *“60 % de leur ration se compose de fruits commercialisés – bananes et pommes surtout – trois fois plus sucrés que les fruits sauvages. Or cet excédent de sucre a les mêmes conséquences que chez l’humain : diabète, obésité, problèmes dentaires, etc.”*, pointe Flore Viillard, ingénieure agronome à l’université de Lyon. La chercheuse et son équipe ont étudié, au zoo de Mulhouse, les effets d’un régime dépourvu de fruits et enrichi en légumes chez cinq espèces de primates : atèles à face noire, sapa-jous à poitrine jaune et cercopithèques de Hamlyn, de L’Hœst ou de Roloway. Au bout de 4 semaines, la digestion des animaux s’est améliorée et ils passaient deux fois plus de temps à se nourrir. *“On se rapproche ainsi des comportements alimentaires naturels, ce qui limite l’ennui et l’agressivité”*. Si bien que le zoo de Mulhouse a définitivement adopté ce changement de régime.

L.G.

MÉDECINE

VOICI UN PATCH BIO-DÉGRADABLE POUR LÉSIONS CARDIAQUES

Il permet de sceller et de réparer les plaies du cœur, puis il disparaît sans laisser de trace ! Développé par une équipe de l’école polytechnique fédérale de Zurich (Suisse), ce patch se compose d’une structure en treillis imprimée en 3D avec un polymère biodégradable et recouverte d’un hydrogel de cellules de muscle cardiaque, *“que l’on obtient à partir de cellules souches reprogrammées”*, explique Lewis Jones, premier auteur de l’étude. Une fois le tout suturé au niveau du cœur, les cellules s’intègrent rapidement au tissu cardiaque tandis que la structure en polymère se dissout. Une première expérience sur un cochon montre que ce patch peut être facilement implanté, résiste à la pression sanguine du cœur et arrête les saignements. Des essais sur l’humain devraient suivre.

S.F.

✓ Une structure en treillis imprimée en 3D.





T'AS PAS UNE MINUTE ?

C'EST QUOI LA SANTÉ-ENVIRONNEMENT ?

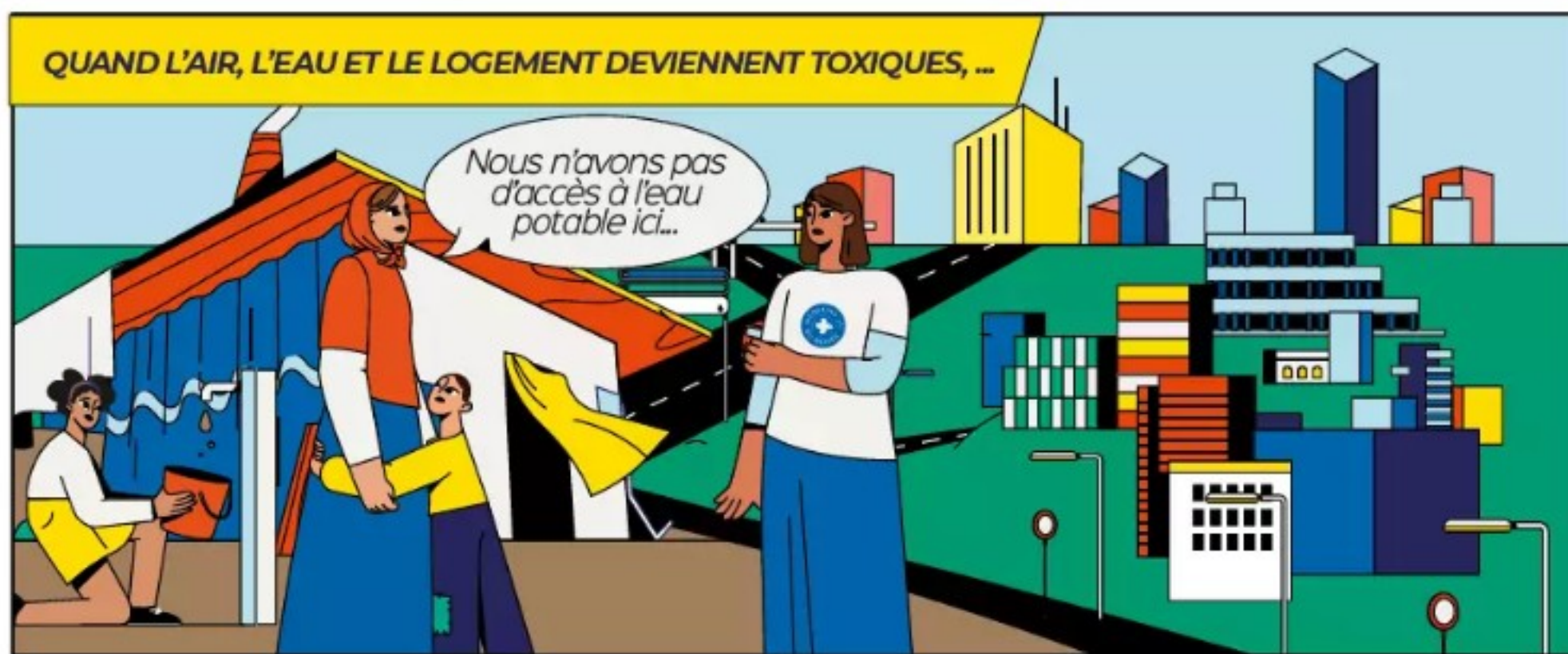
Et si l'environnement était la plus grande menace pour notre santé ?...



EN FRANCE ET DANS LE MONDE, DES MILLIONS DE PERSONNES VIVENT ET TRAVAILLENT DANS DES CONDITIONS PRÉCAIRES QUI AFFECTENT GRAVEMENT LEUR SANTÉ.



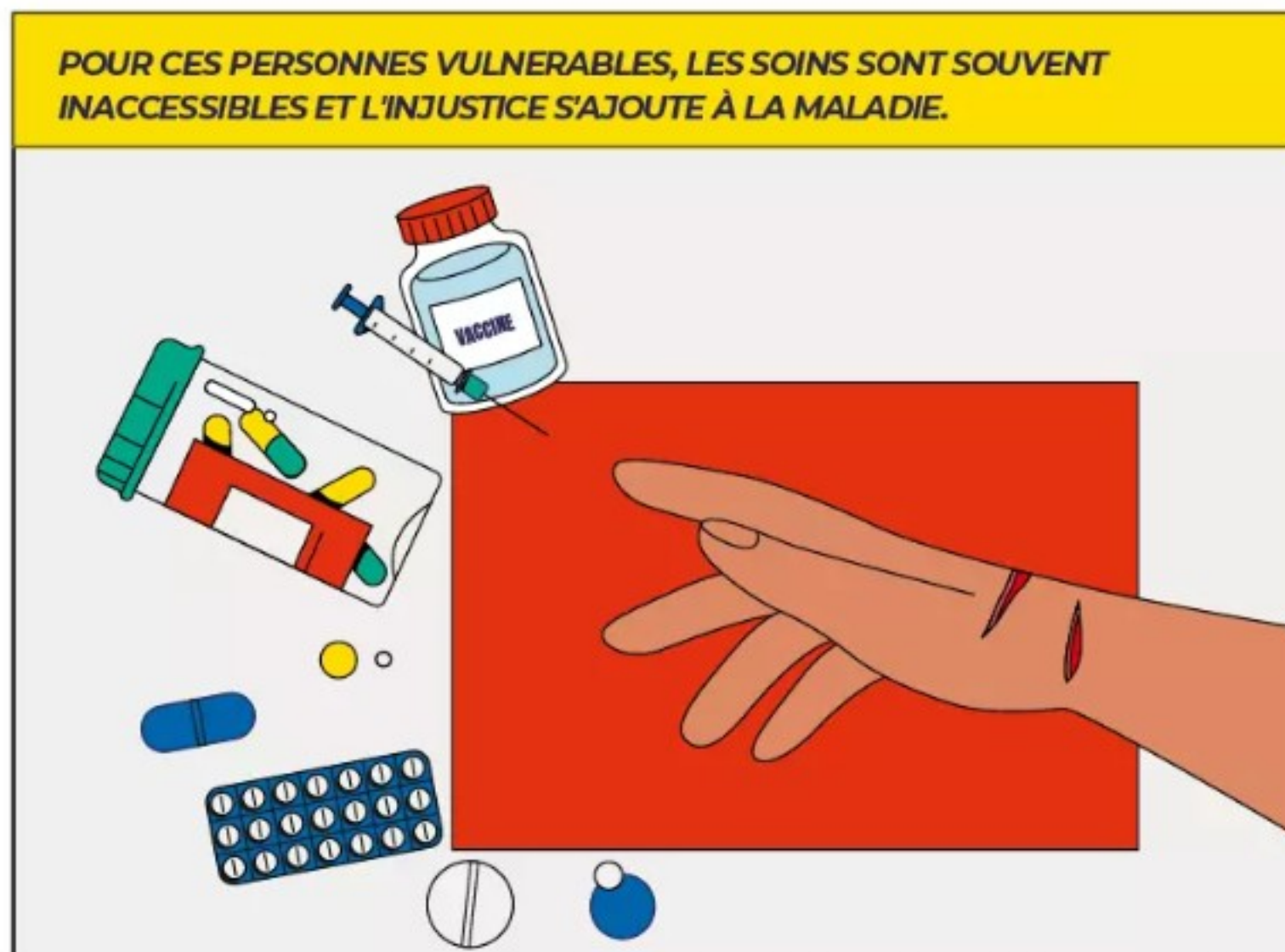
QUAND L'AIR, L'EAU ET LE LOGEMENT DEVIENNENT TOXIQUES, ...



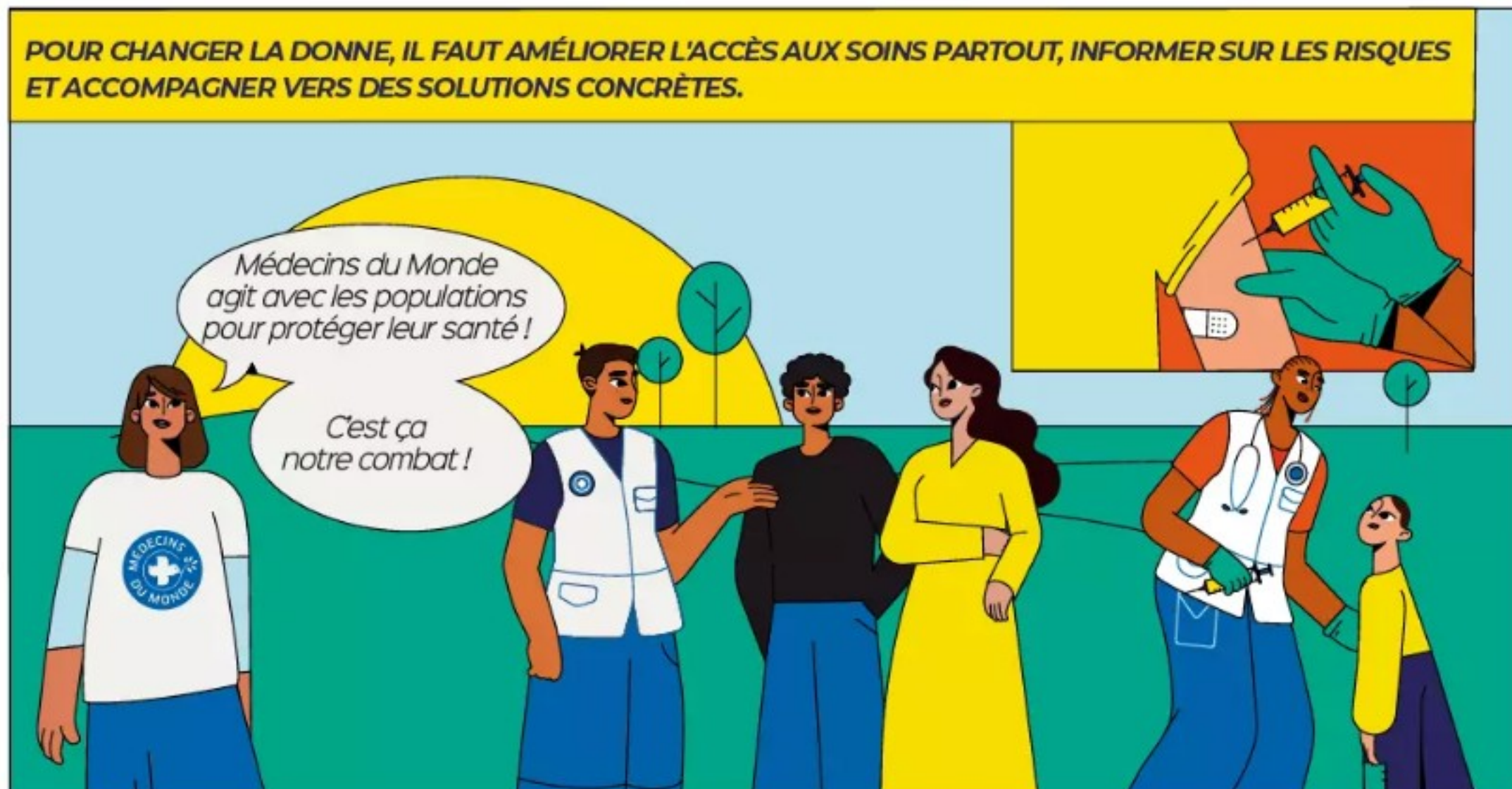
... CHAQUE JOUR EST UN DANGER.



POUR CES PERSONNES VULNÉRABLES, LES SOINS SONT SOUVENT INACCESSIBLES ET L'INJUSTICE S'AJOUTE À LA MALADIE.



POUR CHANGER LA DONNE, IL FAUT AMÉLIORER L'ACCÈS AUX SOINS PARTOUT, INFORMER SUR LES RISQUES ET ACCOMPAGNER VERS DES SOLUTIONS CONCRÈTES.



UN LOGEMENT DIGNE. UN TRAVAIL DÉCENT. UN ENVIRONNEMENT SAIN ET RESPIRABLE. CE N'EST PAS UN PRIVILÈGE, C'EST UN DROIT.



POUR EN APPRENDRE PLUS,
DÉCOUVRE NOTRE EXPÉRIENCE INTERACTIVE SUR



chercheettrouve.medecinsdumonde.org



< Ces microrobots de 1 mm produisent du gaz pour se déplacer.

ROBOTIQUE

DES MICROROBOTS ÉVOLUENT EN ESSAIM DANS L'EAU

Observez ces robots baptisés smartlets, développés à l'université de Chemnitz (Allemagne). Ils ne mesurent que 1 mm de côté, et pourtant ils embarquent capteurs, actionneurs et cellules photovoltaïques. Mieux : ils communiquent entre eux via des signaux optiques émis par des LED et peuvent se déplacer horizontalement et verticalement dans de l'eau à l'aide d'un mini-moteur générant du gaz. *"Celui-ci sépare l'eau en bulles d'hydrogène et d'oxygène pour créer une propulsion, explique Oliver Schmidt, l'un des concepteurs. Pour l'instant, ils ont besoin de lumière pour fonctionner et ne peuvent donc être déployés que de jour, mais nous voulons équiper la prochaine génération de microbatteries rechargeables pour leur permettre de travailler aussi la nuit."* Avec de nombreuses applications à la clé – surveiller la qualité de l'eau en divers points d'un cours, inspecter des conduits inatteignables par les techniques classiques... **S.F.**

PALÉOGÉNÉTIQUE

ON CONNAÎT LE GÉNOME D'UN ÉGYPTIEN ANTIQUE

Il reposait depuis 4 800 ans dans un gros vase en céramique placé dans une tombe creusée dans la roche à Nuwayrat, à 260 km au sud du Caire. Et ses dents étaient si bien protégées du temps que son ADN a pu être complètement séquencé. *"Il s'agit du premier génome de cette qualité obtenu pour une période aussi ancienne. Jusqu'ici, seuls de courts fragments plus récents avaient pu être récupérés"*, se réjouit Adeline Morez Jacobs, coauteure de l'étude menée par une équipe franco-britannique. Que

nous apprend cet homme des Égyptiens de l'Antiquité ? Si 80 % de son génome est assurément d'origine nord-africaine, 20 % proviennent de la région du Croissant fertile, en particulier de Mésopotamie (l'Irak actuel) – preuve que les échanges entre les deux civilisations ne se limitaient pas aux marchandises. À noter : cet homme a vécu jusqu'à un âge avancé (entre 44 et 64 ans), et les traces de stress et d'arthrose retrouvées sur ses os indiquent un métier plutôt physique – peut-être était-il potier. **L.G.**

60 millions

C'est, en degrés Celsius, la température maximale des éruptions de plasma du Soleil – soit 6 fois plus que ce que l'on pensait ! Un record atteint par les ions qui pullulent au sein des jets, panaches et autres anneaux se formant à la surface de l'astre. Jusqu'ici, seule la température des électrons avait été mesurée. **A.L.D.**

En bref



C'EST LA TERRE QUI FAIT ROUILLER LA LUNE

Exposé aux vents solaires, notre satellite n'a ni atmosphère ni oxygène à sa surface. Comment peut-il rouiller, cet élément étant nécessaire à la formation d'oxyde de fer (Fe_2O_3) ? Une équipe internationale l'a découvert : la Terre cache la Lune du Soleil 5 jours par mois, la protégeant de l'étoile, et ses propres vents lui fournissent alors de l'oxygène. **D.B.-M.**

LES CHAUVES-SOURIS SONT AFFECTUEUSES

Une famille de chauves-souris javelots, une espèce carnivore observée au Costa Rica, a été prise en flagrant délit de... câlins ! Lors de ceux-ci, un individu enveloppe un autre dans ses ailes – une manière de renforcer les liens sociaux, estiment les chercheurs-vidéastes qui ont capturé l'instant grâce à des caméras infrarouges. **C.H.**

HARTMANN



Aide. Soigne. Protège.

Soyez libres. Restez sereines.



Disponibles
en pharmacie

L'innovation pour les petites
fuites urinaires : les culottes
absorbantes lavables
Confiance® Lady avec inserts.

- +** **Sécurité anti-fuites**
L'insert absorbant se glisse à l'intérieur
pour plus de protection¹.
- +** **Confort**
Matière sans couture,
invisible sous les vêtements.
- +** **Alternative durable^{1,2}**
78% de déchets plastiques en moins^{1,2}.



¹ Compliance to claim list - Absorbent underwear - 13.06.2024

² En comparaison aux produits d'incontinence jetables conventionnels

Les produits des gammes Confiance® Lady Culotte absorbante lavable et Confiance® Inserts absorbants sont destinés aux personnes atteintes d'incontinence. Fabricant : W. Pelz GmbH & Co. KG. Ces dispositifs médicaux sont des produits de santé réglementés qui portent, au titre de cette réglementation, le marquage CE. Lire attentivement les instructions figurant sur l'étiquetage. Demandez conseils à votre médecin ou pharmacien.

Laboratoires PAUL HARTMANN S.à.r.l. 9, route de Sélestat - 67730 Châtenois
RCS COLMAR 325 158 038. 08.2025. AfficheA4Lady02.



LE TRI
+ FACILE

MAGAZINE





CAMOUFLAGE NOCTURNE

C'est l'Ig Nobel (qui récompense les recherches comiques) de biologie 2025 : des chercheurs japonais ont montré qu'en peignant des rayures de zèbre sur des vaches, ces dernières se faisaient piquer deux fois moins souvent par les insectes. On lance une ligne de pyjamas zébrés –qui veut investir?

40 kg

C'est le poids d'une boule de cire fabriquée avec des coques... de Babybel! On doit cet exploit à Patrick, un Français de 78 ans, qui s'est lancé le défi de battre le record de la plus grosse boule de cire –il lui manquerait encore 30 kg. A-t-il mangé tous les Babybel nécessaires? Car sinon, ça ne compte pas.

LÉGÈREMENT, HEIN, SINON, ÇA NE MARCHE PAS!

Des Allemands ont décroché l'Ig Nobel de la Paix pour avoir démontré qu'un Allemand légèrement ivre parle mieux néerlandais qu'un compatriote sobre. On suppose que ça marche avec toutes les langues étrangères. Mais vous le saviez déjà, non?

SHUTTERSTOCK

Slogan : "La poêle qui te coupe la faim!"

Pour accélérer la satiété, des Américains ont cherché une molécule inerte et insipide, capable de faire gonfler des aliments sans ajouter de calories. Et les polymères PTFE, tel le Téflon des poêles antiadhésives, semblent de bons candidats. Le problème? Ils sont suspectés d'être néfastes pour la santé! Une recherche très utile, qui a reçu l'IG Nobel de chimie...



ET ÇA NOUS FAIT DU BIEN!

Lait aillé

Vous essayez d'allaiter mais votre bébé ne tète pas assez? Mangez de l'ail! Des travaux américains –lauréats du prix Ig Nobel de pédiatrie– ont révélé que lorsque les mères en consomment, leur lait prend le goût du bulbe... Et que ce dernier est particulièrement apprécié des nourrissons. Super, l'haleine du bébé, ensuite.

L'INVENTION DONT L'HUMANITÉ A BESOIN

Le prix Ig Nobel d'ingénierie revient à des Indiens qui ont conçu un rack à chaussures antibactéries, donc antiodeurs. Un tube UV dont la longueur d'onde (253,7 nm) fait réagir l'oxygène pour la transformer en ozone, un gaz bactéricide. On lance une pétition pour le rendre obligatoire chez les loueurs de chaussures de ski (et au bowling).

IL S'EST DONC FAIT... PLUMER (HO HO HO)

Un gang britannique a été démantelé grâce à un oiseau trop bavard : le téléphone d'un suspect contenait des vidéos de son perroquet en train d'énoncer des tarifs et de jouer avec des billets... On espère que le volatile a obtenu une remise de peine –ou joué les filles de l'air.





EXPOSITION IMMERSIVE

MAGELLAN

UN VOYAGE QUI CHANGEA LE MONDE

22 OCTOBRE 2025

1^{ER} MARS 2026

MUSÉE
NATIONAL
DE LA MARINE
PARIS-TROCADÉRO

DESSINS : REMEMBERS. Adapté de la collection documentaire « L'Incrovable périple de Magellan » écrite et réalisée par François de Ruedorff, produite par Camera Lucida. 10 Camera Lucida Productions - Arte France - Minimal Films - Belgique Films - Serena Productions - 2022 / Design graphique de l'affiche : Justine Gavotte

POURQUOI IL EST BON DE DÉCONNECTER POUR RECONNECTER SON CERVEAU

E-mails, notifications, réseaux sociaux... devant notre ordinateur, nous interrompons notre activité toutes les 47 secondes en moyenne, au prix d'une hausse significative du stress, de la frustration et de la charge mentale¹. À ces maux modernes, une solution : la déconnexion.

Il est temps de couper. Même de brèves pauses des réseaux sociaux diminuent significativement le stress et améliorent de nombreux indicateurs de bien-être comme la dépression, les symptômes anxieux ou la surcharge d'information². Cela s'explique aussi parce que la réduction des activités en ligne s'accompagne d'une augmentation des activités sociales ou sportives, autrement dit un mode de vie plus sain.

Le simple fait d'éloigner physiquement le téléphone fait du bien. Des travaux de l'université d'Essex³ ont montré que la présence d'un portable à proximité nuit à la qualité des échanges interpersonnels : le sentiment de connexion permanente procuré par l'appareil persiste même lorsqu'il est en mode silencieux. Le laisser dans une autre pièce améliore notre degré d'empathie et de compréhension, et le sentiment de proximité. D'autres recherches⁴ ont montré que même lorsque les individus parviennent à maintenir leur attention, la présence de ces appareils réduit les capacités cognitives disponibles.

Notre sommeil, aussi, en sort gagnant, car l'exposition aux écrans perturbe la production de mélatonine et le cycle circadien. Par rapport à un lecteur de livre numérique, un lecteur papier met moins de temps à s'endormir, a un sommeil plus réparateur et a même moins de somnolence au réveil⁵.

Réveil qui, par ailleurs, se passe lui aussi mieux sans écran : de nombreux neuroscientifiques insistent sur l'importance de ne pas prendre son téléphone au moins les 20 premières minutes de la journée, quand notre cerveau est en ondes thêta, celles des pensées vagabondes, de la créativité et la rêverie. Se brancher sur les nouvelles anxiogènes ou voir le nombre de messages non lus fait passer immédiatement en ondes bêta, l'hyper-vigilance. Résultat : une sensation de dispersion et de stress qui se fait ressentir toute la journée, diminuant nos capacités à prendre des décisions réfléchies. La preuve que le meilleur moment pour déconnecter, c'est tout le temps.



1 « The Cost of Interrupted Work: More Speed and Stress », G. Mark, 2008.

2 « Am I Happier Without You? Social Media Detox and Well-Being: A Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials », Y. Liu et al., 2025.

3 « Can You Connect With Me Now? How the Presence of Mobile Communication Technology Influences Face-to-Face Conversation Quality », A. K. Przybylski et al., 2013.

4 « Brain Drain: The Mere Presence of One's Own Smartphone Reduces Available Cognitive Capacity », A. F. Ward et al., 2017.

5 « Evening use of light-emitting eReaders negatively affects sleep, circadian timing, and next-morning alertness », A. M. Chang, 2014.

SE CHAUFFER LE CERVEAU SANS LE GRILLER GRÂCE AUX CASSE-TÊTES

Smartphone, mode veille : les casse-têtes comme le Rubik's Cube ou le Perplexus offrent une pause bienvenue loin des écrans. Deux jeux cultes qui rassemblent toute la famille, que ce soit pour coopérer ou pour s'affronter.

Rubik's Cube et Perplexus : deux légendes du casse-tête

Né en 1974, le Rubik's Cube est devenu le casse-tête le plus célèbre au monde. Avec ses six faces colorées à recomposer, il stimule la logique et la mémoire spatiale, et ses versions 2x2 (plus complexe qu'il n'y paraît) et 3x3 fascinent novices comme « *speedcubers* ». Le Perplexus, lui, propose un défi en 3D : faire progresser, sans la faire tomber, une bille dans un labyrinthe sphérique transparent. Chaque geste demande adresse et concentration. Deux jeux sans écran ni pile, pour reconnecter... à l'essentiel.

Un défi ludique pour toute la famille

Concentration, persévérance, motricité fine... ces jeux activent bien plus que les doigts, comme en témoignent les visiteurs du stand *Tech Off, Brain On* à Beaugrenelle (Paris), où les activités étaient présentées. « Normalement, je ne suis pas très patiente », confie Lily Rose, 11 ans, en s'activant sur un cube. « Mais là, il faut croire que j'ai décidé de l'être ! Ça prouve qu'il faut persévérer. Et c'est plus sympa que YouTube. » Mary, sa mère, l'utilise même au quotidien dans son métier de soignante pour expliquer l'avancée d'un traitement aux familles : « Il incarne l'effort, la patience, les progrès réalisés. » Et peu importe si elle ne l'a jamais terminé : « Le but n'est pas la perfection, mais de montrer qu'on avance étape par étape. »

Quand le jeu stimule l'apprentissage : le Challenge Perplexus à l'école !

À Saint-Hilaire-de-Clisson (Loire-Atlantique), la cheffe d'établissement, Claire Michels, a inscrit son école au Challenge Perplexus, une compétition où des élèves s'affrontent jusqu'au niveau national. Mais au-delà des scores, elle souligne les bénéfices sur le long terme : « Le jeu développe la concentration, la patience, la manipulation et, surtout, l'entraide. » En classe ou à la récré, les enfants s'entraînent maintenant seuls ou en équipe. Et même les maternelles s'y sont mis : « Ça a fait boule de neige. »



« PLUS CONSTRUCTIF QUE DE "SCROLLER" SUR LES RÉSEAUX ! »

Sur le stand, Alban et Adèle, 29 ans, redécouvrent le plaisir du jeu physique. Lui manie une sphère Perplexus pendant qu'elle le guide. « Ce que j'adore, c'est le mélange de *fun* et de concentration. » Alban sourit : « J'ai besoin qu'elle m'aide... comme souvent dans la vie ! » Ensemble, ils franchissent 17 étapes sur 150.

Puis vient le Rubik's Cube. Et pour la première fois, grâce aux conseils de l'animateur, ils progressent. « J'en avais un petit, mais je ne savais pas m'en servir. Là, je viens de découvrir une stratégie pour le 2x2. Ça doit être super pour les enfants en termes de psychomotricité. En fait, réalise-t-il, c'est un jeu autant pour les petits que pour les grands. » En environ une heure sur place, et grâce à quelques techniques qu'ils viennent d'apprendre, Alban et Adèle alignent progressivement les couleurs. Dernier tour. Clac. Leurs yeux s'illuminent, le cube est résolu. « Je ne pensais pas y arriver un jour », sourit Adèle.

Souveraineté numérique

L'Europe peut-elle l'atteindre ?

LES 3 CHIFFRES À RETENIR

10 %

C'est la part de semi-conducteurs dans le monde produits en Europe, l'essentiel étant fabriqué en Asie – plus précisément à Taïwan, en Chine, en Corée du Sud et au Japon.

264

C'est, en milliards d'euros, ce que les entreprises européennes dépensent chaque année pour se fournir en logiciels américains, soit 80 % des dépenses totales.

2,6 %

C'était, en 2022, la part de marché détenue en France par OVHcloud, le plus gros opérateur de cloud européen. Les américains d'Amazon, Microsoft et Google capitalisent eux 75 %.

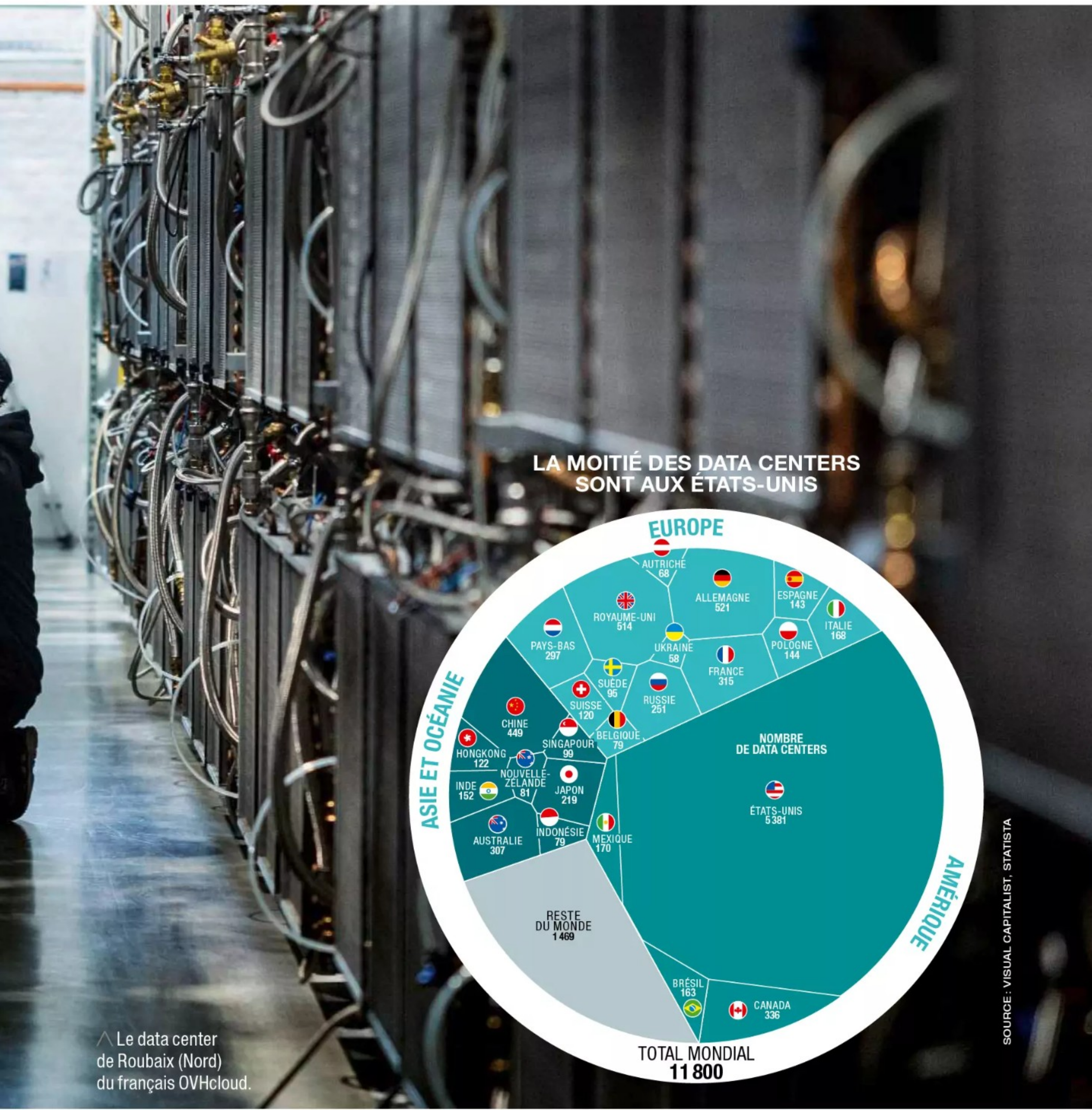
SAMEER AL-DOUMY/AFP -
STÉPHANE JUNGERS

SOURCES : ZALIS - CIGREF -
MARKES BY EXAEGIS

Le constat est sans appel: la dépendance numérique de l'UE envers les États-Unis est immense. Et préoccupante.

Pourtant, les Européens ont des cartes à jouer, notamment dans le domaine des semi-conducteurs ou dans l'IA. Encore faut-il que ces atouts soient portés par une volonté politique.

PAR HUGO LEROUX



C'est une erreur stratégique, symbole du manque de vision de la France", dénonce Bernard Benhamou, président de l'Institut de la souveraineté numérique. L'erreur en question ? La décision du gouvernement français, en septembre 2024, d'héberger les données de santé de 10 millions de Français sur des serveurs américains, ceux du géant Microsoft. Dès lors, l'Hexagone est devenu dépendant d'une puissance économique étrangère pour accéder à ses propres informations. Pire, ces données – parmi les plus sensibles – s'ouvrent potentiellement en grand au gouvernement américain, en vertu de lois extraterritoriales comme la Fisa 702 ou le Cloud Act (2018).

Bien sûr, étant donné le climat géopolitique, l'annonce a provoqué un tollé. L'État a finalement rétropédalé et lancé un appel d'offres afin de transférer au plus vite ces données vers des serveurs français ou européens. "Confier dès le départ l'hébergement à un consortium européen aurait permis de renfor-

cer des acteurs locaux, et peut-être de faire émerger des champions de l'IA médicale, plutôt que d'offrir cet avantage aux États-Unis", regrette Bernard Benhamou.

CHANTIER COLOSSAL

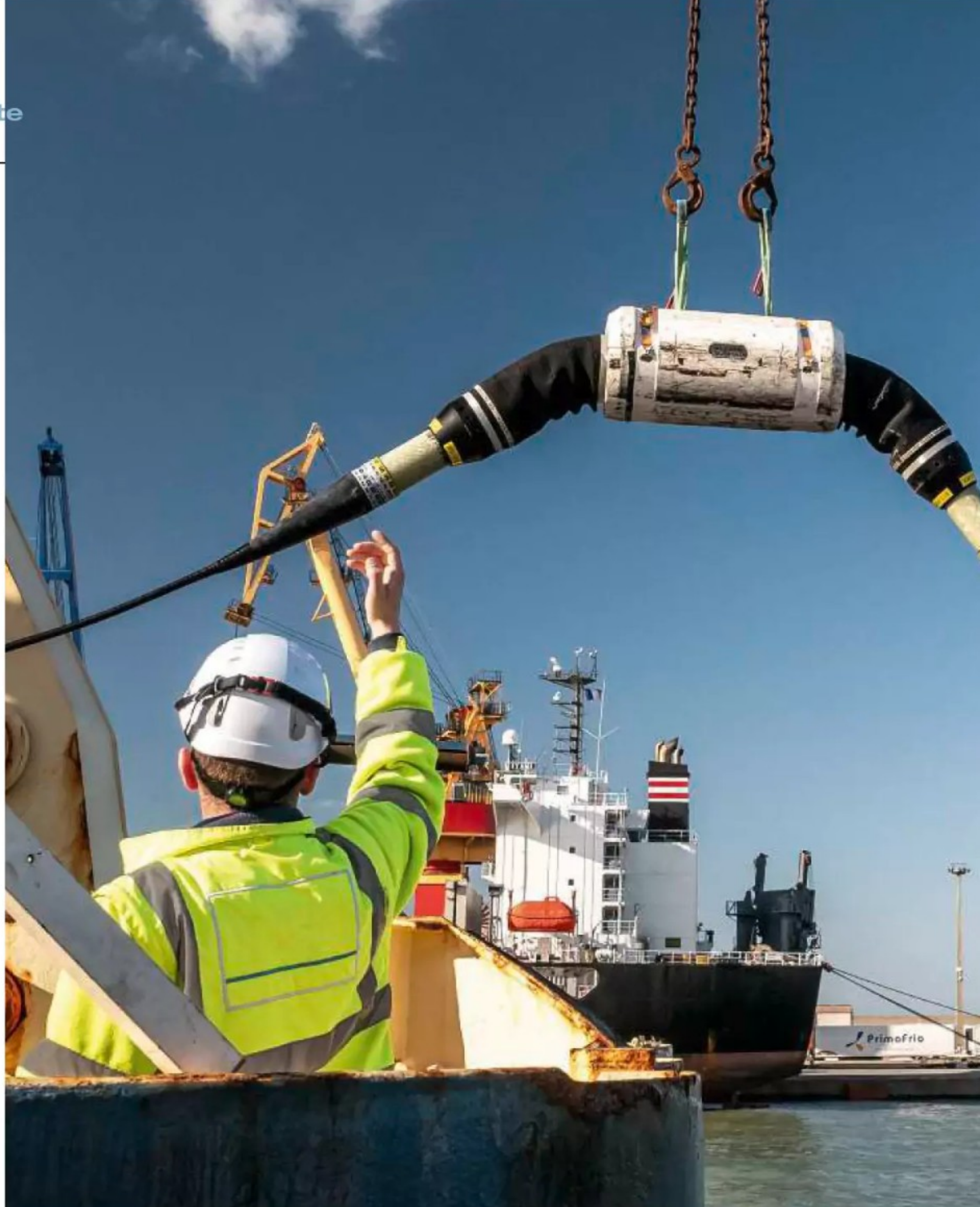
Dans la foulée, d'autres entreprises européennes réfléchissent, elles aussi, à rapatrier leurs données. De quoi voir se dessiner un véritable mouvement, à l'objectif ambitieux : doter notre continent d'outils numériques indé-

pendants des superpuissances américaines ou chinoises et bâtir sa souveraineté numérique.

Le chantier est colossal : l'UE dépend massivement des infrastructures américaines pour ses données. Selon le cabinet Oliver Wyman, 92 % de celles de l'Europe de l'Ouest sont hébergées sur des data centers états-uniens. "Les risques de cette dépendance numérique sont connus : espionnage économique, pressions politiques",

résume Julien Nocetti, chercheur en géopolitique du numérique associé à l'Institut français des relations internationales (Ifri).

Et le problème ne se limite pas aux données : c'est aux États-Unis que les microprocesseurs des appareils européens sont majoritairement conçus, grâce aux sociétés Intel et surtout Nvidia, devenue quasi monopolistique sur les processeurs graphiques (GPU) dédiés à l'IA. Leur production,



Pose d'un câble sous-marin par le français Alcatel Submarine Networks.

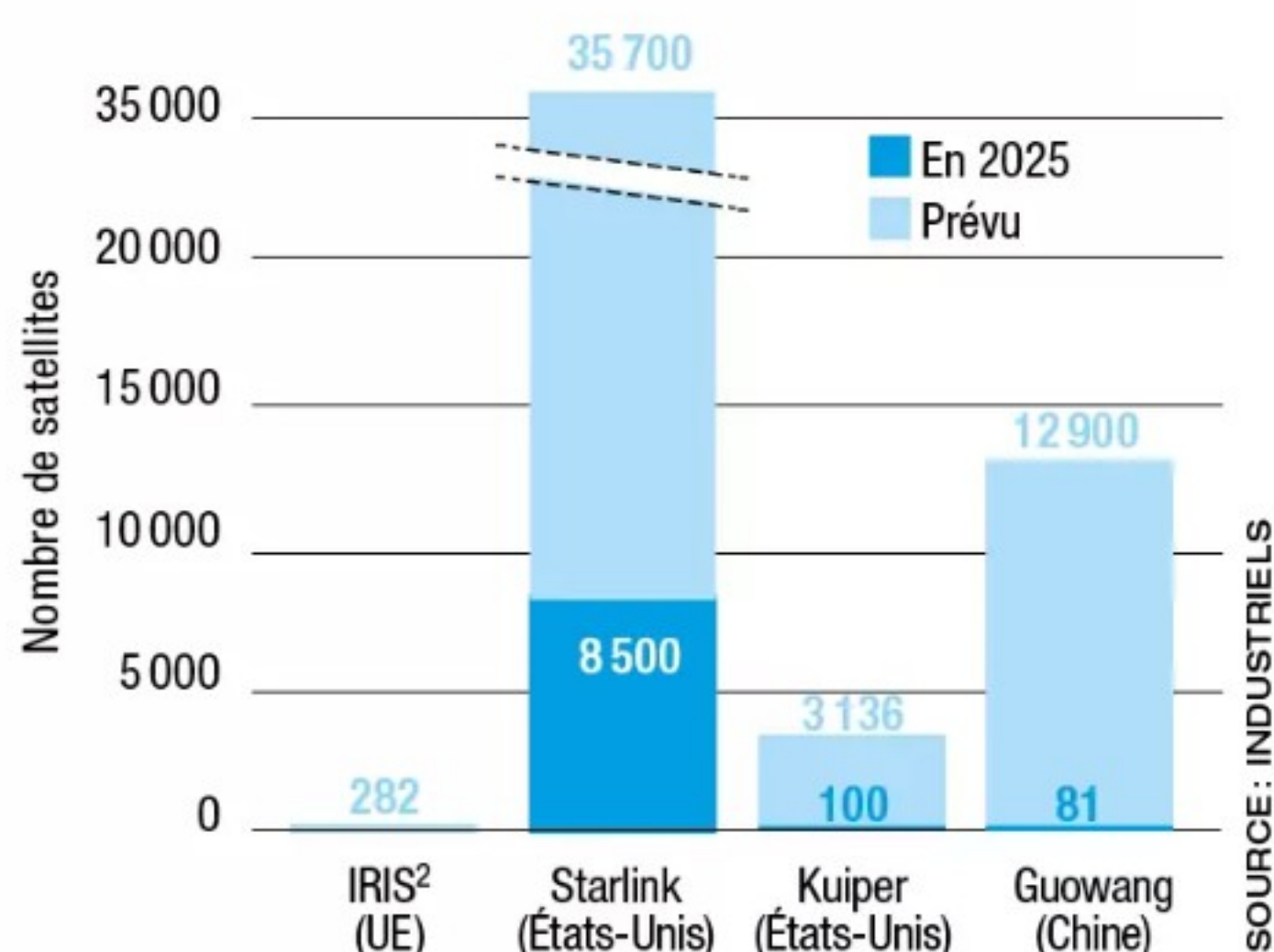
INFRASTRUCTURES

Des câbles et des satellites pour contrôler les communications

Rendez-vous compte : 99 % du trafic internet mondial transite par des câbles sous-marins, et environ 70 % des projets de nouveaux câbles sont financés par Google, Meta, Amazon et Microsoft ! Le plus imposant jamais déployé, Waterworth de Meta, pourra transporter jusqu'à 400 terabits/seconde de données et parcourra 50 000 km, reliant États-Unis, Brésil, Afrique du Sud et Inde. "Ces quatre géants américains

construisent un empire vertical, de la fibre aux data centers, jusqu'à l'IA", note la chercheuse Ophélie Coelho. Face à eux, l'Europe dispose tout de même de quelques cartouches : 30 % des câbles dans le monde sont fabriqués et posés par le français Alcatel Submarine Networks (ASN). De leur côté, des entreprises comme OVHcloud ou Scaleway, également françaises, possèdent bel et bien des savoir-faire dans la construction et l'exploitation de data centers. Et en miroir de ces infrastructures terrestres, l'Europe planche sur la constellation de satellites de communication IRIS², prévue pour 2030 – un concurrent direct à Starlink d'Elon Musk ou au projet chinois Guowang. Avec une différence notable d'échelle quand même : IRIS² comptera 264 satellites en orbite basse et 18 en orbite moyenne contre près de 13 000 pour la constellation chinoise et déjà 8 500 pour celle d'Elon Musk. L'offre européenne proposera ainsi un périmètre plus limité, avant tout destiné à sécuriser la connectivité des institutions, des forces armées et des zones rurales.

LES CONSTELLATIONS DE SATELLITES EUROPÉENNES SONT À LA TRAÎNE



elle, est assurée à 70-80 % par l'Asie. Ce n'est pas fini : les infrastructures physiques comme les data centers et les câbles de fibre optique sous-marins, par lesquels transitent 99 % de l'internet mondial, sont là encore de plus en plus contrôlés par l'Oncle Sam. "Or, qui maîtrise les flux de données peut en couper l'accès ou les utiliser comme levier en cas de tensions géopolitiques... qui ne manquent pas à l'heure de l'administration

Trump II", alerte Ophélie Coelho, chercheuse en géopolitique du numérique.

PROTÉGER NOS VALEURS

Bref, en termes de numérique, l'UE est totalement dépendante. Alors certes, elle conserve un leadership mondial, celui de la régulation. En quelques années, elle a adopté des textes pionniers comme le RGPD sur la protection des données personnelles, le Digital Markets Act (DMA) et le Digital

Services Act (DSA) pour lutter contre les pratiques anticoncurrentielles des grandes entreprises, ou l'IA Act afin d'encadrer les usages à risque de l'intelligence artificielle. "Des réglementations essentielles pour protéger les valeurs européennes et inspirer d'éventuels standards mondiaux", souligne Alexandre de Streel, professeur de droit à l'université de Namur, en Belgique. Mais elles ne remplacent pas la nécessité de faire émerger de

vrais champions industriels." Autrement dit, sans investissements massifs dans le cloud, l'IA ou les semi-conducteurs, l'Europe pourra toujours jouer à la maîtrise des règles, elle restera dépendante des outils.

De premiers efforts ont déjà été réalisés : l'UE a lancé le projet de cloud européen Gaia-X ainsi que l'ambitieux Chips Act à 43 milliards d'euros, qui vise à doubler la production de semi-conducteurs d'ici →

à 2030. Mais leur réussite reste conditionnée à une volonté politique et financière forte sur le long terme. D'autant plus que l'Europe est moins dynamique que ses concurrents en termes de financements privés.

PÉPITE FRANÇAISE

Jugez plutôt : en 2024, les investissements privés en IA ont atteint 67,2 milliards de dollars aux États-Unis, contre 1,9 milliard en Allemagne et 1,7 milliard en France, selon le Stanford AI Index. Un écart abyssal qui explique pourquoi une pépite française comme Mistral AI reste aujourd'hui valorisée... cinquante fois moins qu'un OpenAI, maison mère de ChatGPT. *"C'est sans doute le sujet le plus difficile à traiter car il tient à des facteurs culturels"*, reconnaît Alexandre de Streel.

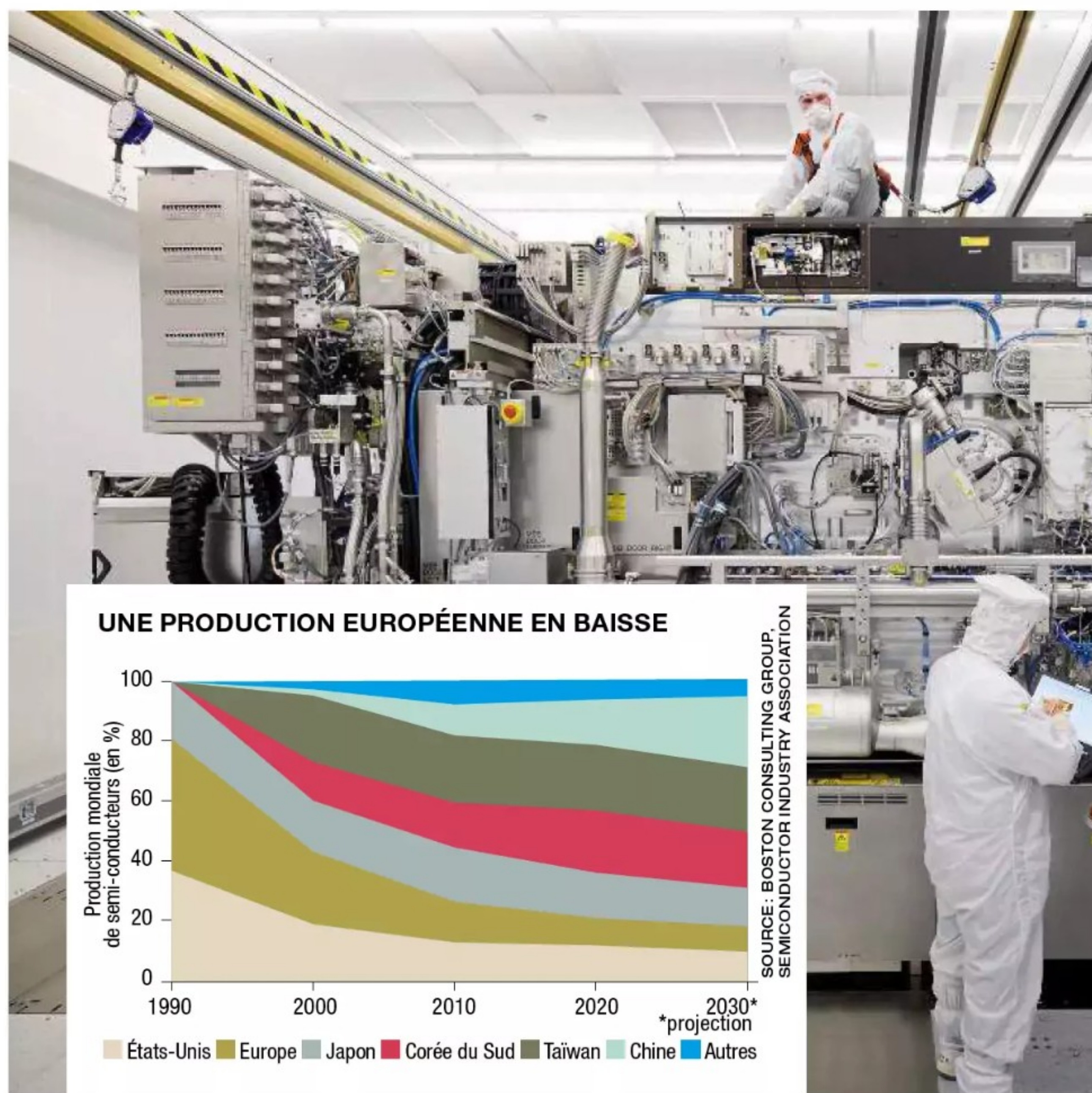
Alors, pour motiver les investisseurs, nombre d'acteurs de la tech plaident pour une obligation de réserver une part des marchés publics aux solutions européennes. *"C'est une stratégie que les États-Unis et la Chine ne se privent pas d'adopter avec leurs propres industriels"*, rappelle Bernard Benhamou. Encore faudrait-il que l'Europe s'unisse réellement. Par rapport aux États-Unis (340 millions d'habitants) ou à la Chine (1,4 milliard), elle reste ➔

LOGICIEL

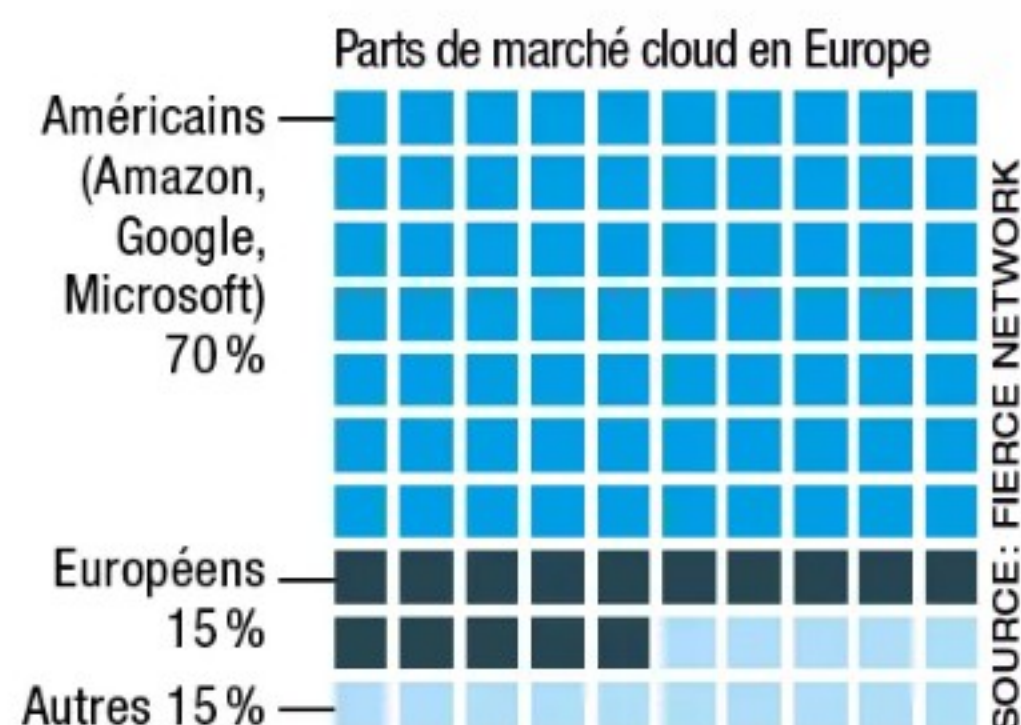
Un cloud souverain pour reprendre la main sur ses données

C'est l'enjeu le plus immédiat : 70 % du marché des données européennes, dont les plus confidentielles, est capté par les américains AWS (Amazon), Microsoft et Google. Alors, dans l'objectif de les rapatrier, l'Europe se met en ordre de bataille via l'initiative Gaia-X, qui réunit un consortium d'acteurs locaux pour dessiner les règles du futur cloud européen. Parmi elles, on trouve la possibilité de transférer ses données d'un hébergeur à un autre pour ne jamais rester prisonnier d'une entreprise, ou des critères de sécurité capables de les protéger des lois extraterritoriales appliquées par

les États-Unis. Mais si le cadre technique est posé, les solutions commerciales peinent à émerger, en raison de divergences entre industriels et de l'avance prise par les solutions américaines, plus confortables à utiliser. Plutôt que de courir après ces concurrents, certains préconisent de se concentrer sur l'hébergement des informations critiques (santé, énergie, objets connectés) au plus près de leur source. *"On ne pourra pas rapatrier toutes les données, mais conserver au moins les plus sensibles serait atteignable avec de la volonté politique"*, conclut Bernard Benhamou.



EN EUROPE, LES OPÉRATEURS DE CLOUD SONT SURTOUT AMÉRICAINS



Achevé en 2025, le Paris Digital Park, en Seine-Saint-Denis, est le plus grand data center de France.

SEMI-CONDUCTEURS

Des puces stratégiques pour rester en lice

Voici l'une des mesures fortes du Vieux Continent : le Chips Act, adopté en 2023, vise à doubler la part des semi-conducteurs produits en Europe. Pour cela, il compte sur ses champions : le néerlandais ASML domine la construction de machines lithographiques, indispensables à la conception des puces avancées, et le franco-italiens STMicroelectronics développe des semi-conducteurs puissants pour l'automobile et l'industrie. Sans oublier les nouveaux espoirs : la start-up française SiPearl vient par exemple de dévoiler Rhea1, un processeur destiné à équiper les supercalculateurs européens et à garder la main dans ce domaine stratégique. Avec une particularité : la société a conçu l'architecture de cette puce mais a confié sa production à un acteur étranger. "L'Europe a besoin d'entreprises de ce type", sou-

ligne Bruno Paing, du CEA-Leti. L'objectif est ultra-ambitieux : les américains Intel, AMD et Nvidia dominent ce marché très concurrentiel, et Rhea1 seul ne suffira pas. Le Chips Act mise donc sur le coup d'après, en finançant des lignes pilotes ouvertes aux chercheurs académiques et aux industriels européens. Au centre de recherche Leti de Grenoble, la ligne Fames crée des semi-conducteurs FD-SOI alliant performance et sobriété énergétique. À l'institut Imec, à Louvain (Belgique), les procédés de gravure "au-delà de 2 nanomètres" préparent la prochaine génération de puces. "L'UE doit concentrer ses efforts sur des niches où elle possède encore un savoir-faire : automobile, énergie, santé, embarqué, défense, spatial et semi-conducteurs de puissance, essentiels à la transition énergétique", conclut Bruno Paing.



^ Cette machine qui fabrique des semi-conducteurs a été conçue par le néerlandais ASML.

ABC/ANDIA.FR - DIGITAL REALITY - STÉPHANE JUNGERS

structurellement désavantagée par la diversité de ses langues nationales.

En clair, là où une start-up américaine ou chinoise accède d'emblée à un immense marché domestique, une start-up européenne doit livrer bataille État par État avant d'espérer exister à l'échelle du continent. L'UE gagnerait ainsi à unifier ses règles de mise sur le marché des produits numériques. *"Mais c'est un vieux serpent de mer qui peine à émerger, faute d'accord entre les États membres"*, déplore Julien Nocetti.

De bonnes nouvelles viennent toutefois éclair-

d'équivalent européen au système GPS américain, une infrastructure névralgique. Enfin, la Commission européenne pourrait quitter le cloud de Microsoft pour travailler avec OVHcloud, le principal fournisseur européen de ce type de solution, basé en France.

Mais pour certains, face à l'ampleur de la dépendance, il est urgent d'accélérer. *"L'UE doit établir une liste de technologies ou de services stratégiques, et imposer leur remplacement dans les entreprises et les administrations par des solutions européennes qui existent bel et bien dans*

services clé en main", rappelle Francesca Musiani, chercheuse CNRS en socio-économie de l'innovation. *"Cette 'cure de désintox' portera ses fruits dans dix ans"*, renchérit Ophélie Coelho.

CONCENTRER LES EFFORTS

De nombreux experts militent ainsi pour une stratégie de sélectivité : du fait de ses moyens plus limités que ceux des États-Unis ou de la Chine, l'Europe doit concentrer ses efforts là où elle conserve des savoir-faire. *"Dans les semi-conducteurs, la priorité n'est plus de rivaliser avec les géants américains sur*



OPHÉLIE COELHO

Chercheuse en géopolitique du numérique

Des solutions européennes existent dans bien des cas, elles doivent être imposées aux entreprises et aux administrations

Entre souveraineté et dépendance, la voie du logiciel libre

Pour s'affranchir des géants américains, certains proposent de miser sur des IA, des services de cloud et des architectures de processeurs dont le code est public, modifiable et redistribuable. Il en existe déjà de beaux exemples : la bibliothèque Scikit-learn est devenue incontournable dans l'IA, tandis que l'architecture de processeurs RISC-V rivalise avec celles d'Intel et AMD. *"Le défi reste de créer des modèles économiques capables de soutenir ces projets sur le long terme"*, note Serge Abiteboul, de l'Inria. Et éviter un scénario à la LibreOffice face à Microsoft Office, où la solution libre, gratuite mais bien moins ergonomique, a été totalement éclipsée par l'offre propriétaire américaine.

ce tableau bien sombre. L'an dernier, la France a acquis 80 % du capital du champion ASN (Alcatel Submarine Networks), qui fabrique et pose un tiers des câbles sous-marins mondiaux. Côté spatial, le programme Galileo fait aujourd'hui figure

la plupart des cas", plaide Ophélie Coelho.

Une bascule qui sera difficile à mettre en place, et dont la note sera salée – du moins à court terme. *"Les Big Tech américaines ont profité de leur position pour développer des offres abouties et des*

les processeurs grand public, mais de miser sur des puces spécialisées dans des secteurs industriels", souligne Bruno Paing, directeur adjoint du CEA-Leti.

Même logique pour l'intelligence artificielle : plutôt que de se lan-

cer dans la course aux grands modèles généralistes, *"il serait plus judicieux de développer des IA frugales et spécifiques, adaptées à la santé ou à l'industrie"*, observe Gaël Varoquaux, chercheur à l'Inria (voir S&V n°1291, p. 52).

Enfin, l'Europe a encore des cartes à jouer sur les technologies émergentes telles que l'ordinateur quantique, la photonique ou la 6G, en s'appuyant sur les start-up issues de sa recherche académique de pointe. *"On ne peut pas mener tous les combats, mais l'enjeu est de garder la main sur les secteurs critiques tout en préparant les prochains coups"*, résume Serge Abiteboul, chercheur à l'Inria. Vu le contexte géopolitique actuel, il va falloir jouer serré.

EXCLUSIVEMENT À

ATELIER DES LUMIÈRES

PARIS



DESTINATION LUNE

UN VOYAGE IMMERSIF AVEC **TOM HANKS**

ACTUELLEMENT

© 2023 Lightroom KX Ltd. Destination Lune is the property of Lightroom KX Ltd. Photos: Lysian Sordillo and Vincent Boussez. Used under license.

INFORMATION
& RÉSERVATION



Powered by fever

culturespaces

LIGHTROOM

EPSON®

Le Parisien

sncfconnect

finer

RATP

le Bonbon



En 20 ans, 40% de personnes en plus exposées aux incendies

France

Celle où de plus en plus de régions seront touchées

Certes, depuis 2002, les surfaces brûlées ont globalement diminué grâce à une meilleure gestion des incendies, malgré quelques années record. Ainsi, seuls 100 000 Français ont été directement impactés durant cette période. Mais ce chiffre risque d'augmenter : les sécheresses plus importantes et les vents plus violents, tous deux liés au changement climatique, favorisent les feux extrêmes. De plus, les régions Centre et Nord sont de plus en plus exposées.

États-Unis

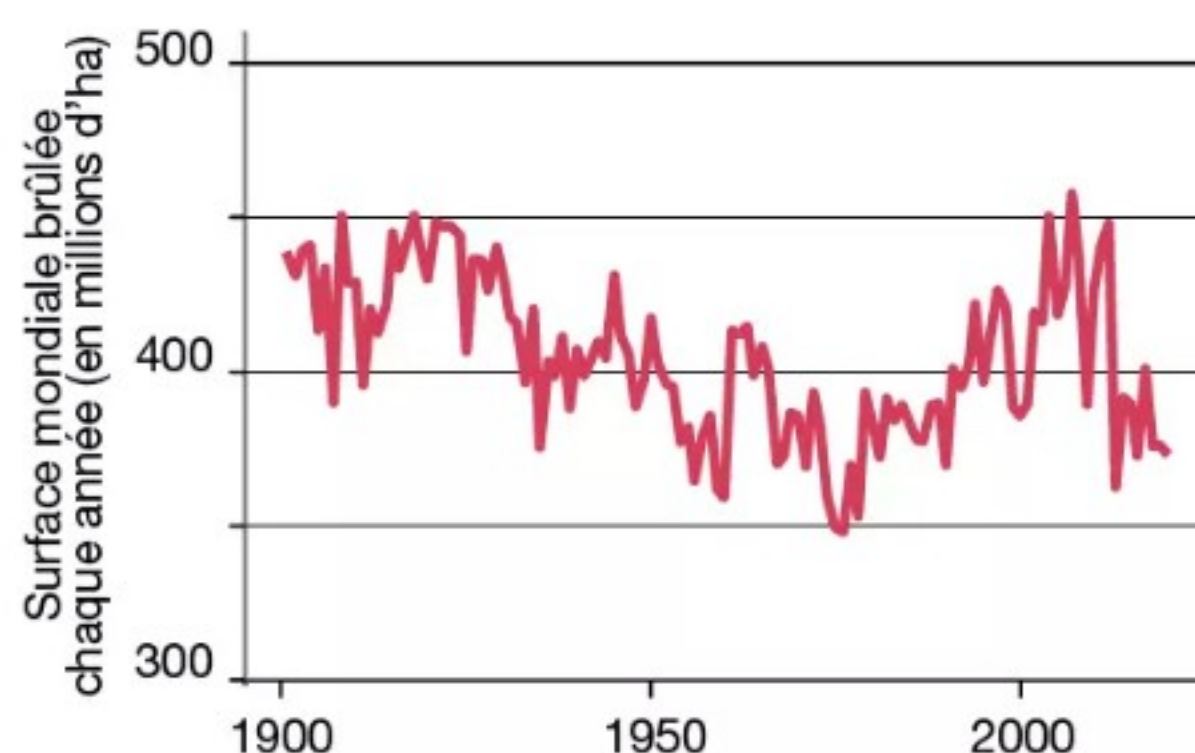
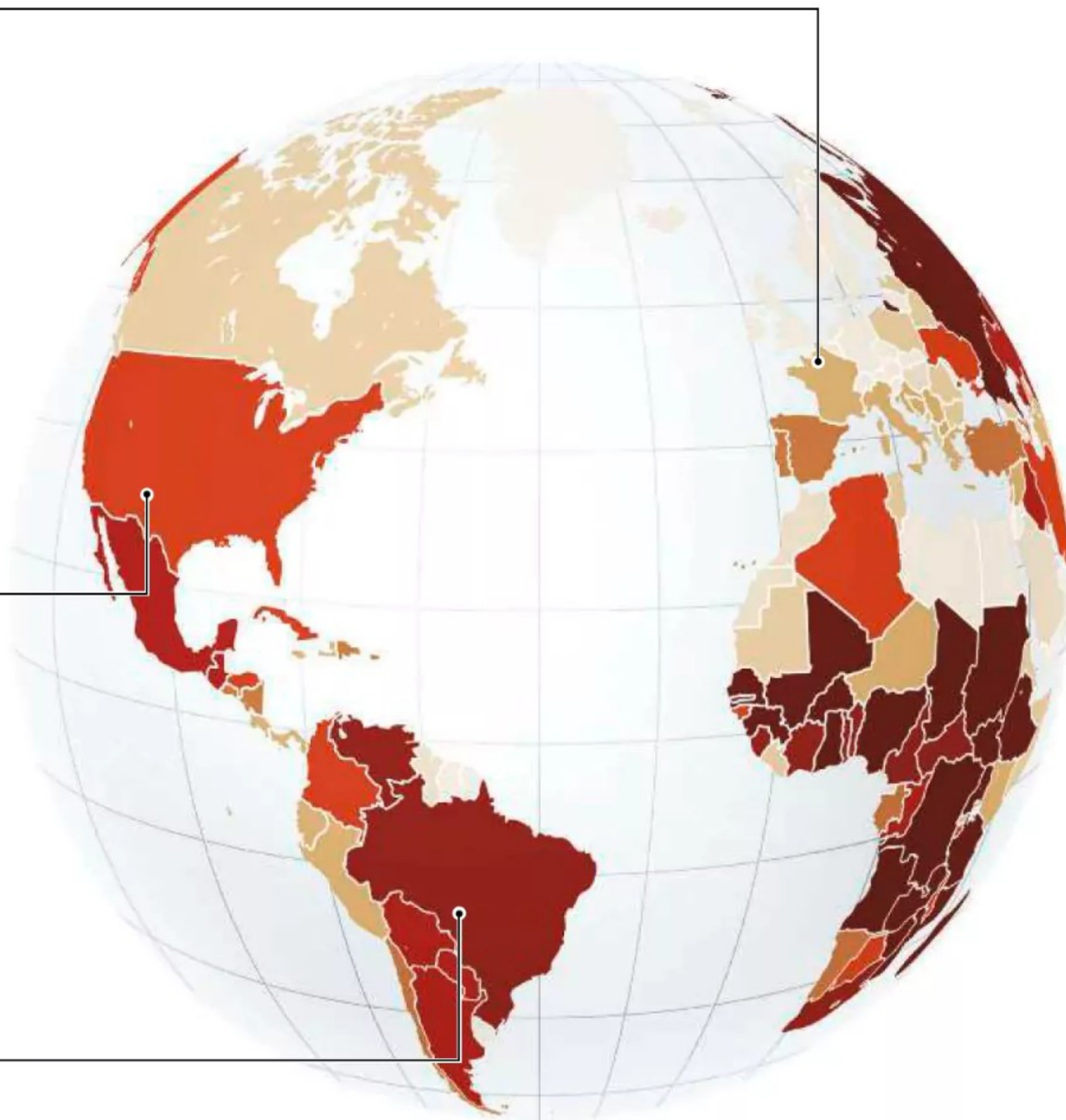
Ceux qui s'enflamment

La superficie des zones naturelles brûlées dans le pays a presque triplé en 30 ans. Les incendies y sont aussi plus longs et plus intenses, notamment en Californie, du fait d'épisodes de sécheresse à l'avenant. Comme la population se densifie dans les zones vulnérables, le taux d'exposition croît : en 2024, 1,2 million d'habitations californiennes étaient menacées d'un risque élevé d'incendie.

Brésil

Celui dont la forêt part en fumée

Chaque année, environ 30 millions d'hectares de forêts brésiliennes flambent. En 2024 une sécheresse a dévasté le Pantanal, la plus grande zone humide de la planète. Les feux démarrent parfois naturellement, allumés par un éclair, ou intentionnellement, dans le but de créer des surfaces agricoles ou minières. Or de récentes études ont montré que les nuages de fumées générés intoxiquent des dizaines de millions de personnes à travers le monde.



Le changement climatique risque de saper nos efforts

La surface consumée dans le monde a globalement diminué au cours du XX^e siècle. Mais tout ce qui a été gagné grâce à la prévention et à la lutte contre les incendies se retrouve à présent menacé par le réchauffement climatique, qui augmente les risques et intensifie les feux.

C'est la conclusion d'une nouvelle étude internationale menée

par l'ONU: entre 2002 et 2021, 440 millions de personnes résidaient dans le périmètre d'un des 18,6 millions d'incendies enregistrés par la Nasa et ont risqué de perdre leur maison, inhaler des fumées ou perdre la vie. Des victimes de plus en plus nombreuses, surtout en Afrique. PAR ANNE LE DUIGOU



Royaume-Uni

Celui qui s'en sort le mieux, pour l'instant

Son climat pluvieux l'a longtemps préservé des incendies. Mais les effets du changement climatique commencent à s'y faire sentir : en 2022, il y a eu plus de 900 incendies lors de canicules dépassant 40°C, soit 4 fois plus que les années précédentes. Ces feux étant proches des lieux d'habitation, la Chambre des lords a plaidé, en juin, pour une meilleure organisation des systèmes de prévention et d'action contre les incendies.

Japon

Celui qui surveille ses arbres

Quelque 40 000 Japonais ont été exposés aux incendies en 20 ans : c'est peu pour un pays aussi densément peuplé et couvert à 67 % de forêts. La raison ? Les autorités ont développé un système de surveillance rapide et efficace, entre autres via les "shobodan", des brigades de volontaires. Ainsi, 85 % des incendies sont contrôlés en moins de 1 h et ils n'affectent que 1 000 ha par an.

République démocratique du Congo

Celle qui fait partie des pays les plus exposés

Comme en Angola, en Zambie et au Zimbabwe, plus de 5 millions de personnes en RDC ont été touchées par les incendies en 20 ans. En cause, la technique traditionnelle du brûlis, pour défricher des terres agricoles, pas toujours contrôlée. Les savanes et forêts sèches s'embrasent, menaçant la biodiversité et la santé des populations alentour avec la survenue de maladies respiratoires et dermatologiques.

374

C'est, en millions, le nombre de personnes vivant en Afrique qui ont été exposées à des incendies entre 2002 et 2021 selon l'étude de l'ONU, soit 85 % des personnes impactées dans le monde.

90 %

C'est, en France métropolitaine, la part des feux de forêts d'origine humaine, selon l'Observatoire des forêts françaises (chantiers, activités agricoles, cigarettes, barbecues, etc.).

NOMBRE DE PERSONNES EXPOSÉES

- Plus de 5 millions
- Entre 2 et 5 millions
- Entre 800 et 2 millions
- Entre 400 000 et 800 000
- Entre 150 000 et 400 000
- Entre 50 000 et 150 000
- Entre 20 000 et 50 000
- Entre 5 000 et 20 000
- Moins de 5 000

L'étrange affaire... des orques encerclant des bébés dauphins



Rappel des faits

Au large de l'Islande, des globicéphales nouveau-nés entourés d'orques ont été observés à trois reprises... ce qui laisse les scientifiques perplexes.

Le 12 août 2021, au large de la côte ouest de l'Islande, des scientifiques assistent à une scène pour le moins incongrue : un bébé globicéphale – un cousin du dauphin aussi appelé dauphin-pilote – nage aux côtés... de trois orques adultes. Rebelote en juin 2022 et en juin 2023 : l'équipe d'Anna Selbmann, biologiste à l'université d'Islande, croise, cette fois au sud de l'île, deux groupes distincts d'orques accompagnées d'un bébé globicéphale... Des comportements que les chercheurs ont décrits dans deux articles scientifiques, respectivement publiés en février 2023 et avril 2025.

Il faut dire que c'est intrigant. “Dans les eaux où vivent ces deux espèces,

il est assez rare de les observer à proximité l'une de l'autre”, commente Marie-Anne Blanchet, biologiste à l'Institut polaire norvégien. Et pas du fait d'une agressivité des orques, comme on pourrait le penser. “Quand des dauphins-pilotes ap-

écologue marin à l'Institut de recherche pour le développement (IRD).

Alors comment expliquer que les deux espèces nagent ensemble ? Les globicéphales observés étaient très jeunes et ne constituaient donc pas une menace pour les



^ Un bébé globicéphale nageant en compagnie d'une orque.

prochent ces gros cétacés, ce sont ces derniers qui ont tendance à fuir”, souligne Anna Selbmann. “Les globicéphales sont assez agressifs et vivent en groupes de grande taille”, expose Paul Tixier,

orques. Auraient-ils pu servir de proies ? “Non, les groupes d'orques étudiés sont connus pour avoir une alimentation à base de poissons. Et il se trouve qu'au moment de l'observation, la quan-

tité de harengs – leurs proies favorites – était importante”, rejette Anna Selbmann.

JEU OU CHASSE ?

Pour la chercheuse, il semble plus probable que les orques s'amusaient ou s'entraînaient à la chasse. On a déjà vu à plusieurs reprises ces cétacés jouant avec des objets, voire avec d'autres animaux. “Au large de Vancouver, au Canada, des orques se nourrissant pourtant de saumons ont été surprises en train de poursuivre des marsouins, allant parfois jusqu'à les tuer, mais sans jamais les consommer”, appuie Paul Tixier. “Sauf que nous n'avons repéré

En bref

40 %

C'est, en moyenne, la baisse de la pollution à Paris entre 2012 et 2022, selon Airparif. Le dioxyde d'azote a diminué de 45 %, le CO₂ de 35 % et les particules fines de 28 % – cela grâce à l'augmentation des mobilités douces, du nombre de véhicules moins polluants, et à la végétalisation de la ville.

38 000

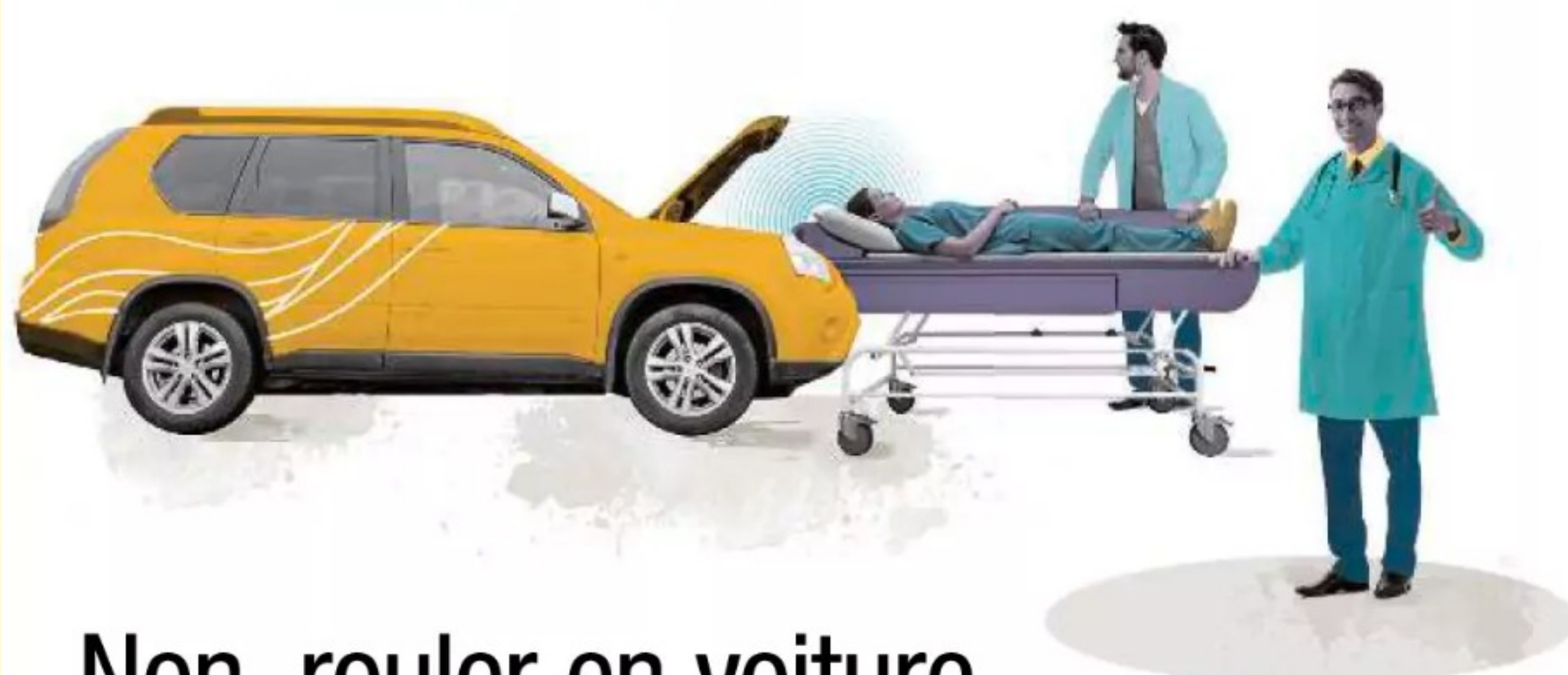
C'est, sur les 100 000 animaux dont le propriétaire voulait se séparer en les ramenant dans 800 refuges et associations en 2024, le nombre de ceux qui n'ont pas pu être pris en charge faute de place, estime la SPA. L'association craint que beaucoup aient été abandonnés – impossible de le savoir.



ni comportement agressif de la part des orques, ni blessure sur le globicéphale”, souffle Anna Selbmann. S’il s’agissait d’un entraînement, les cétacés sont cette fois-ci restés amicaux.

Reste une possibilité: les orques auraient pris soin de bébés orphelins ou perdus. “À plusieurs reprises, certaines ont poussé le globicéphale vers la surface, comme pour l’aider à flotter, ou ont adopté une position de nage en échelon, qui permet en temps normal à leurs propres petits d’économiser leur énergie”, indique la biologiste. Mais là encore, l’hypothèse ne fait pas consensus: si les orques observées en 2022 et 2023 ont été aperçues depuis, les bébés globicéphales, eux, jamais. Espérons qu’on les ait simplement loupés... **Coralie Hancock**

#FAKENEWS



Non, rouler en voiture électrique n'équivaut pas à passer une IRM

La rumeur a enflammé les réseaux sociaux cet été: les batteries des véhicules électriques généreraient des champs magnétiques d'une intensité de 1,5 à 3 teslas, soit ce que produit une machine d'imagerie par résonance magnétique (IRM) classique. En conduire une de façon prolongée perturberait donc le métabolisme cellulaire et augmenterait le risque de cancer chez vous et vos passagers – autant respirer du gasoil!

Sauf que, bien sûr, ces affirmations sont fausses en tous points. D'abord, le champ magnétique créé par un appareil IRM est, en intensité, sans commune mesure avec celui mesurable dans une voiture. “Comme de nombreux objets électroniques, certains

composés des voitures, électriques ou thermiques, émettent en effet un champ électromagnétique. Toutefois, celui-ci est de l'ordre de 10 à 100 microteslas, soit entre 10 000 et 100 000 fois moins qu'une IRM”, explique Sébastien Patoux, chercheur au CEA.

Surtout, l'exposition à un intense champ magnétique comme celui d'une IRM n'est, a priori, pas dangereuse. “Après 40 ans d'utilisation et des millions de patients concernés, aucune étude n'a jamais démontré de toxicité de ces appareils”, confirme Alain Luciani, secrétaire général de la Société française de radiologie. Bref, la transition vers une mobilité un peu plus propre ne va pas tous nous tuer – encore raté. **C. Hancock**

FILIPA SAMARRA - ILLUSTRATION TONWEN JONES/COLAGENE - SHUTTERSTOCK



0,7

C'est, en gramme, la quantité de sucre que l'on consommerait en plus par jour pour chaque degré supplémentaire (entre 12 et 30°C), selon une étude sur les habitudes d'achat de ménages américains couplées aux données météo. Plus il fait chaud, plus on tendrait à craquer pour des produits frais sucrés.



48%

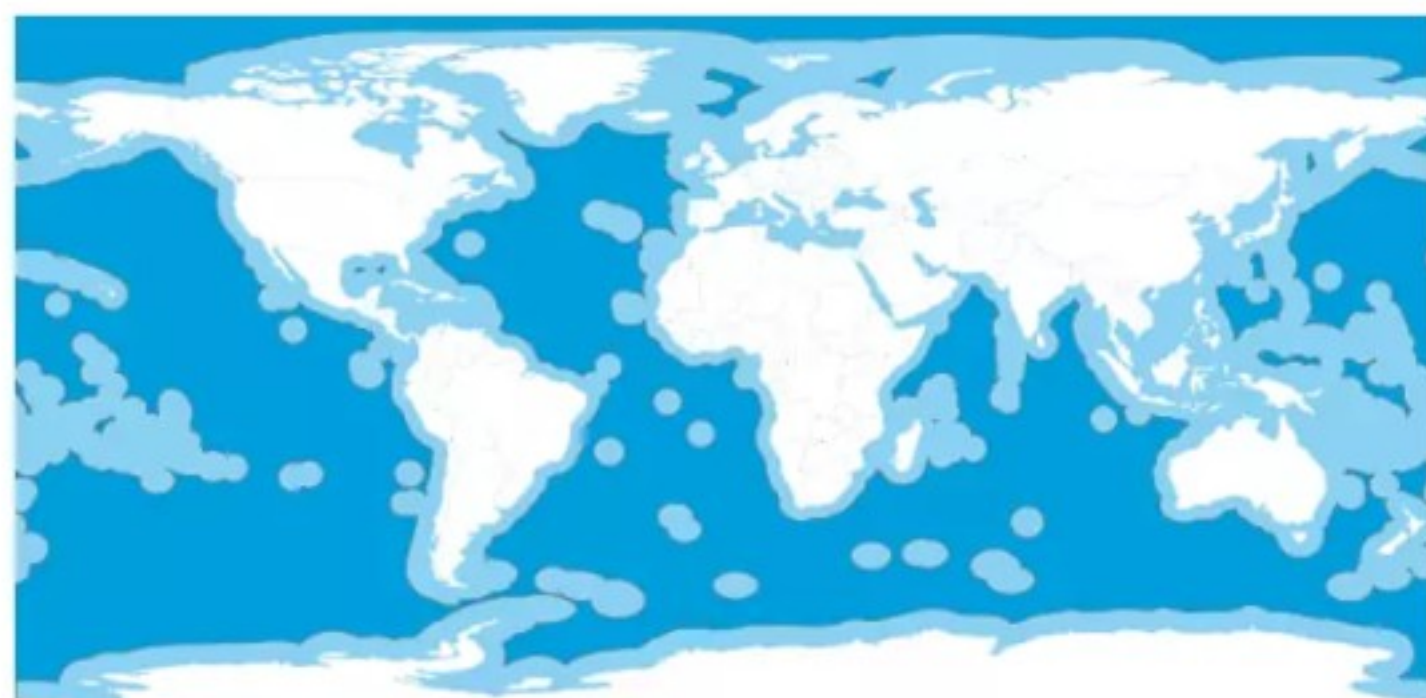
C'est la part des jeunes (25-34 ans) des pays de l'OCDE diplômés de l'enseignement supérieur en 2024, selon un rapport de l'organisation (53% en France). Ils étaient seulement 27% en 2000! Une augmentation liée à un accès à l'université facilité pour les enfants de parents non diplômés.

Le jour où le traité de protection de la haute mer a été ratifié

1 | Une entrée en vigueur rapide dans un contexte difficile

Après vingt ans de négociations, les membres de l'ONU ont adopté en juin 2023 un accord afin de protéger la haute mer – toutes les eaux marines situées en dehors des zones économiques exclusives (ZEE). Ce dernier devait toutefois être ratifié par 60 pays pour prendre effet – avec les signatures de la Sierra Leone et du

Maroc ce 19 septembre, c'est chose faite. *"Il est rare qu'un traité de cette importance entre en vigueur aussi vite. Ceci est particulièrement notable dans un moment où le multilatéralisme et les Nations unies sont malmenés"*, se réjouit Sophie Gambardella, chercheuse en droit de l'environnement à Aix-Marseille Université.



■ Zones économiques exclusives (ZEE) ■ Haute mer

SOURCE : WIKIPÉDIA

2 | Dorénavant, l'impact humain fera systématiquement l'objet d'investigations...

Le traité impose que toute nouvelle intervention humaine fasse l'objet d'une étude d'impact environnemental mesurant son effet sur les écosystèmes. Ces examens seront confiés à des experts chargés d'évaluer les conséquences

de l'activité à long terme, les États devant ensuite délivrer des autorisations. De plus, les études devront être renouvelées régulièrement, en fonction de l'avancée des connaissances et du développement de l'activité en question.

BIANCA OTERO

Ça y est! Désormais signé par plus de 60 pays, le texte sur la haute mer entrera en vigueur le 17 janvier 2026. Il crée un cadre de négociations nouveau et important, qui vise à mieux protéger les deux tiers de l'océan situés hors des juridictions nationales.

PAR YVES SCIAMA

3 | ...des aires marines protégées internationales pourront être créées...

Actuellement, moins de 1 % de la haute mer est strictement protégée de toute activité humaine. Le traité assure un cadre général pour faciliter la mise en place d'aires marines protégées destinées à sauvegarder la biodiversité, et il

s'affranchit de la nécessité d'un consensus rarement atteint. Une préservation particulièrement bienvenue qui pourrait permettre d'atteindre l'objectif international, établi lors de la COP15 en 2022, de protéger 30 % de l'océan d'ici à 2030.

4 | ...et les ressources génétiques seront mieux gérées

Le traité comble également des vides juridiques concernant les activités qui exploitent les ressources génétiques issues de la haute mer : des organismes comme des virus, des bactéries, des microalgues, du zooplancton, etc., contenant des molécules exploitables, notamment par l'industrie pharmaceutique. Il vise ainsi à assurer un partage équitable des avantages découlant de ces activités. Des dispositions prévoient en outre des transferts de technologies marines des pays les plus riches vers les États moins bien dotés.

5 | La prudence reste toutefois de mise, rien n'étant encore joué

"L'existence de ce traité est une très bonne nouvelle, mais ce sont les discussions à venir qui détermineront s'il sera efficace ou pas", avertit Joachim Claudet, conseiller pour la mer au CNRS. Et pour cause : de nombreux points restent flous. Ainsi, la localisation et les règles régissant les futures aires marines protégées ne sont pas encore

fixées. Des accords existent déjà sur la pêche et l'exploitation des fonds marins, avec lesquels le traité devra se coordonner juridiquement. Il faudra également définir des mécanismes de contrôle et d'éventuelles sanctions. Enfin, il ne servira à rien de veiller sur la haute mer si les États ne font pas le travail de protection nécessaire dans leurs zones côtières.

Les COP servent-elles encore à quelque chose ?

Et de 30 ! Du 10 au 21 novembre, les délégations nationales de 198 parties (197 pays et l'Union européenne), mais aussi des entreprises, des ONG, des représentants de peuples autochtones, des scientifiques et des journalistes se réunissent à Belém, au Brésil, pour la 30^e Conférence des parties (COP). Le but ? Que des engagements soient pris collectivement afin d'accélérer la lutte contre le changement climatique et de soutenir les pays les plus impactés par ses répercussions. Néanmoins, les avancées réalisées lors de ces réunions sont parfois difficiles à mesurer... Alors, les COP sont-elles véritablement utiles ? Deux expertes nous répondent.



AMY DAHAN

Directrice de recherche émérite au CNRS, spécialiste de l'interaction entre sciences et politique au sujet du climat



Science & Vie : Comment l'idée des COP est-elle apparue ?

Amy Dahan : En 1992, le sommet de Rio crée la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC), qui prévoit la mise en place des COP – la première se tenant à Berlin en 1995. Les préoccupations environnementales et les enjeux climatiques font alors de plus en plus l'actualité : les pays du Nord ont énormément pollué pour atteindre leur stade de développement, et ceux du Sud commencent à

suivre le même chemin. Pour éviter l'envolée des émissions de CO₂, il est primordial que les pays riches aident financièrement les pays du Sud à se développer de manière plus vertueuse. **Fanny Petitbon :** L'idée était de créer un forum réunissant la quasi-totalité des pays pour s'accorder sur des solutions en vue de lutter ensemble contre la crise climatique. Cette

dernière n'épargnant aujourd'hui plus aucun pays, la CCNUCC est devenue un espace de coopération internationale incontournable : plus de 200 pays l'ont ratifiée !

S & V : Ces sommets ont-ils permis des avancées marquantes ?

F.P. : Absolument. Ainsi en 2015, l'accord de Paris a constitué une étape majeure : pour la première

fois, les pays se sont engagés à agir de concert pour limiter le réchauffement global à + 2°C – et + 1,5°C si possible – d'ici à 2100. Puis en 2023, à Dubaï, les parties ont brisé un tabou en promettant de sortir des énergies fossiles – malheureusement sans préciser à quelle échéance.

A.D. : Oui, sauf que depuis la COP15 de Copenhague en 2009, l'idée n'est plus d'obliger les États à respecter un objectif de réduction imposé, mais de leur demander quels efforts ils sont prêts à fournir... Les pays extrac-

“Depuis 2009, l'idée n'est plus d'obliger les États à respecter un objectif imposé, mais de savoir à quels efforts ils sont prêts”

AMY DAHAN

Jamais les Conférences des parties (COP) n'avaient attiré autant d'États que ces dernières années. Pour quels effets?

Nombre de spécialistes et représentants de la société civile se demandent si ces rassemblements, initialement destinés à lutter collectivement contre la crise climatique, ne sont pas devenus contre-productifs.

PAR CHARLOTTE MAUGER



FANNY PETITBON

Spécialiste du climat et responsable France pour l'ONG [350.org](https://www.350.org)

teurs de pétrole ne cherchent plus qu'à gagner du temps, tandis que toujours plus d'entreprises ne participent que pour faire leur communication et entretenir un *greenwashing*. Les dernières COP ont donc largement patiné.

S&V: Faudrait-il donc les abandonner?

A.D.: Non. Les COP ont tout de même permis une orchestration commune et mis en lumière l'enjeu du climat à l'échelle mondiale. Mais on n'est jamais entrés dans le dur de la décarbonation, et on n'a

"Certes, les COP ne sauveront pas le climat, mais elles permettent de faire monter la pression sur les États"

FANNY PETITBON

jamais discuté des mécanismes de la finance mondiale. Or cela est indispensable à la transition. Un changement d'état d'esprit est nécessaire pour ne pas aller droit dans le mur.

F.P.: Même si les COP sont souvent perçues comme lentes et pousives, la situation sans elles serait encore pire. Avant l'accord de Paris, nous allions vers une hausse des températures

de plus de 4°C d'ici à la fin du siècle – contre 2,5 à 2,9°C aujourd'hui! Certes, les COP ne sauveront pas le climat, mais elles permettent de faire monter la pression sur les États. Après quoi, à nous d'exiger des comptes à l'échelle nationale.

S&V: Que peut-on espérer de la COP30?

F.P.: Elle marquera les 10 ans de l'accord de Paris et devrait provoquer

un sursaut. On peut s'attendre à une forte mobilisation citoyenne pour exiger un calendrier clair de sortie des énergies fossiles, en rappelant que ce sont des vies qui sont en jeu. De plus, cette COP a lieu aux portes de l'Amazonie. Les populations autochtones comptent jouer un rôle majeur: à travers la campagne "Nous sommes la réponse", elles rappelleront que les vraies solutions ne viennent pas des États, mais des communautés qui défendent le vivant depuis des siècles. A.D.: Les deux dernières COP se sont tenues dans des États fossiles non démocratiques – les Émirats arabes unis et l'Azerbaïdjan. Au Brésil, les échanges seront plus ouverts, et on peut espérer que la société civile participera davantage au débat. Mais le contexte international est compliqué: Donald Trump est violemment climatosceptique et a supprimé les programmes d'aide aux pays du Sud. On est dans une situation de basculement géopolitique dramatique, peu propice à se serrer les coudes. Or le climat nous concerne tous, et le temps presse...

Champignons “adaptogènes” : panacée ou arnaque ?

A en croire les publicités qui se multiplient sur les réseaux sociaux, c'est bien simple, ils seraient la panacée ! “Le reishi pour réduire la fatigue et le stress et renforcer le système immunitaire ; le cordyceps pour booster l'énergie, l'endurance ou encore la libido ; le chaga et le shiitaké pour leurs vertus anticancéreuses –le second permettant aussi de calmer l'esprit et ralentir le vieillissement– ; le crinière de lion pour améliorer la cognition, en particulier la mémoire et la concentration, etc.”, liste Anaïs Huguet, pharmacienne aux centres hospitaliers de Saint-Nicolas-de-Port et de 3H Santé, en Meurthe-et-Moselle.

Mais que sont ces shiitakés (*Lentinula edodes*) et autres reishis (*Ganoderma lucidum*) ? Il s'agit d'espèces de champignons vendues aujourd'hui sous forme de compléments alimentaires (poudre, gommes à mâcher...), de boissons –dans du café– ou encore de produits cosmétiques.

MARKETING RODÉ

Le tout porté par de grandes annonces et un marketing rodé : les entreprises proclament ces différents types de champignons “fonctionnels” –parce qu'ils permettraient au corps de bien fonctionner– ou “adaptogènes” –parce qu'ils augmenteraient les capacités de l'organisme à s'adapter au stress physiologique et cellulaire. Des termes savants –en apparence seulement : “Ils ne corres-



pondent à aucune réalité scientifique et ne sont pas du tout reconnus médicalement. C'est du marketing”, recadre David Navarro, ingénieur en

biotechnologie fongique à l'Inrae, à Marseille.

Un autre argument est souvent mis en avant sur les sites de vente de ces produits : ces espèces sont bourrées de substances actives, et utilisées depuis des millénaires en médecine traditionnelle asiatique, notamment en Chine et au Japon –preuves qu'elles doivent avoir un effet, sous-entendent-ils.

Déjà, plusieurs cas de toxicité liés à l'ingestion de ces mixtures ont été signalés lors du second

10%

C'est l'estimation de la croissance annuelle du marché français des champignons adaptogènes d'ici à 2030, selon une étude de Grand View Horizon publiée en 2025.

5

C'est le nombre de champignons adaptogènes qui concentrent 90 % des ventes dans le monde. Il s'agit des crinières de lion, shiitakés, reishis, cordyceps et champignons queues de dinde.

61%

C'est la part de Français qui consomment des compléments alimentaires, tous types confondus, en 2024 ; contre seulement 46 % en 2018, selon le Syndicat national des compléments alimentaires.

Antioxydants, anticancéreux, antidépresseurs, anti-âge...

Les bienfaits attribués à certains champignons vendus en pharmacie ne sont pas des moindres.

Pourtant, aucune étude rigoureuse à grande échelle n'a démontré leur efficacité, et leur consommation peut même comporter des risques. PAR KHEIRA BETTAYEB



ces champignons peuvent être bons pour la santé ou le bien-être. Ainsi, un article paru en 2021 fait la synthèse des connaissances sur le cordyceps. Il souligne que ses extraits ou certaines de ses molécules bioactives ont été associés à la production de molécules immunitaires, les cytokines, et à la stimulation des cellules immunitaires.

De plus, précise cette même publication, *“plusieurs autres activités pharmacologiques ont été rapportées dans des études chez l’animal”*: antioxydante, anticancéreuse, antidépressive, antiviellissement, stimulante, aphrodisiaque, etc. Mieux, *“au Japon, un composant du champignon queue de dinde, le sucre polysaccharide K (PSK), est déjà utilisé en complément de traitements anticancer”*, signale Bruno Donatini, gastro-entérologue à Reims.

Selon les résultats d'études locales, ce sucre PSK augmente la survie des patients atteints d'un cancer et permet une meilleure tolérance aux traitements anticancéreux classiques. *“En France, ce même* ➔

trimestre 2025. Il faut dire que le succès est au rendez-vous. À l'image de French Mush, une société française lancée en 2022. *“Nous sommes passés de 4 collaborateurs à 30 et nous sommes aujourd'hui dans plus de 700 pharmacies en France, plus de 1 000 en Europe”*, se réjouit Antoine Alibert, cofondateur.

Et ce n'est que le début: d'après une analyse publiée en septembre 2025, les ventes de ce type de produits devraient progresser en

France de 10 % par an jusqu'en 2030. D'où l'importance de s'attarder sur leurs vraies propriétés...

DES ACTIONS AVÉRÉES

Certes, derrière les campagnes marketing, il y a du vrai: les champignons cités plus haut sont, en effet, naturellement riches en substances actives, vitamines et minéraux, et donc susceptibles d'agir sur nos cellules. *“À lui seul, le reishi renferme plus de 200 éléments actifs –notamment des*

polysaccharides [des glucides complexes formés de nombreux sucres simples, ndlr] – et plus de 150 antioxydants, indique Anaïs Huguët. Il contient aussi des minéraux (fer, zinc, manganèse, magnésium, potassium, calcium), des vitamines (B2, C, etc.), et certains de ses constituants sont connus pour avoir des effets bénéfiques, à l'instar des β -glucanes, qui stimulent le système immunitaire.”

Plusieurs études ont d'ailleurs démontré que

composé est contenu dans une crème utilisée pour la prévention et le traitement d'appoint des lésions cervicales liées au papillomavirus, une famille de virus sexuellement transmissibles, principale cause du cancer du col de l'utérus", expose Bruno Donatini.

MANQUE DE PREUVES

Sauf qu'une donnée, et pas des moindres, est à prendre en compte: "Ces démonstrations d'efficacité concernent des doses très précises, bien plus fortes que celles retrouvées dans les aliments, boissons, crèmes cosmétiques et compléments alimentaires", poursuit le gastro-entérologue. Pas sûr, donc, que les produits vendus reproduisent les bienfaits escomptés... Plus encore, les bénéfices apportés par les champignons adaptogènes ont souvent été observés sur des cellules cultivées en laboratoire, chez l'animal ou chez un faible nombre d'humains – quelques dizaines tout au plus.

Or, "pour avoir des preuves solides de l'efficacité et de l'innocuité d'un produit, il faut le tester dans de larges études, incluant plusieurs centaines de patients, et en effectuant des essais contrôlés randomisés, c'est-à-dire lors desquels les patients ne savent pas s'ils ont reçu le produit ou un placebo. Ou alors, il faut réaliser des méta-analyses, qui combinent les résultats de plusieurs études indépendantes", explique Bruno Donatini.

Bref, s'ils ont le vent en poupe, les produits contenant des champignons adaptogènes n'ont pas encore apporté la preuve de leur efficacité. En revanche – et cette fois, c'est prouvé –, "ils ne sont pas sans risque", continue le gastro-entérologue. Il met notamment en garde contre le shiitaké. "Cette espèce allergisante peut, chez les personnes qui y sont sensibles, augmenter le nombre d'éosinophiles [des cellules immunitaires responsables de l'allergie, ndlr], et ainsi

Une recette en 3 étapes

1. Aujourd'hui, les champignons utilisés par les marques occidentales viennent à 95 % de Chine. Mais de plus en plus sont désormais cultivés en Espagne, Finlande (ci-contre, des crinières de lion) ou encore en France.



induire une inflammation très sévère au niveau de plusieurs organes, provoquant des atteintes potentiellement mortelles, comme cela a pu être le cas avec le Covid."

AUTRES COMPOSANTS

Et puis les compléments alimentaires vendus ne sont pas composés uniquement de champignons. "Ils peuvent contenir des éléments ajoutés potentiellement toxiques, prévient Anaïs Huguet, comme du dioxyde de titane, cancérigène, ou du dioxyde de silice, sans doute cancérigène aussi. Surtout s'ils sont achetés sur internet ou dans des

pays moins réglementés que la France sur le sujet", ajoute la pharmacienne. "Il est donc préférable de consommer des champignons en poudre, entiers ou cuisinés", conseille Bruno Donatini.

Les récentes intoxications ont en tout cas poussé l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation (Anses) à surveiller le phénomène. L'organisme s'est autosaisi pour évaluer les risques de trois champignons de plus en plus absorbés sous forme naturelle ou en compléments alimentaires: le reishi, le shiitaké, et le maitaké. "Les résultats de

DR - FRENCH MUSH



BRUNO DONATINI
Gastro-entérologue à Reims

Les démonstrations d'efficacité concernent des doses précises, plus fortes que celles retrouvées dans les produits vendus

2. La majorité des molécules actives – des polysaccharides, de grosses molécules de sucres – sont extraites à l'eau chaude (60-70°C). Les autres (adénosine, héricénone, cordycépine) le sont à l'aide d'éthanol (alcool) ou d'ultrasons.



3. Les champignons sont vendus sous trois formes : séchés pour élaborer des infusions comme dans la tradition chinoise ; en poudre, obtenue après séchage puis broyage ; en extraits, inclus dans des compléments alimentaires contenant d'autres molécules.

notre analyse sont attendus pour juillet 2026", indique un porte-parole de l'Anses. De son côté, French Mush blâme la consommation de contre-façons disponibles sur internet et dont les composants sont difficiles à tracer.

PRÉVENTION ANTICANCER

En attendant, un point est à noter : les champignons – et nous parlons ici de tous les champignons comestibles – ont la capacité de diminuer le risque de développer un cancer. Dans une méta-analyse publiée en 2021 et comparant 17 études, des chercheurs américains ont

constaté que les risques d'en déclarer un étaient 45 % plus faibles chez les personnes consommant 18 g de champignons par jour, comparé aux risques des personnes qui en mangent le moins.

Là encore, c'est leur richesse en fibres, vitamines, minéraux et antioxydants qui est mise en avant. *"Le bénéfice anticancer existe donc même avec les champignons classiques"*, pointe Bruno Donatini. Autant les cuisiner en omelette, plutôt que de les prendre sous forme de poudre ou de pilules... *"Il faut les faire sauter"*, assure Panoramix.

D'après la chaîne Youtube
BALADE MENTALE
aux 1 million d'abonnés



**UNE PLONGÉE
DANS L'INFINIMENT
GRAND**

DISPONIBLE EN LIBRAIRIE

DEL COURT

© 2025, Groupe Delcourt.

PAROLE AUX CHERCHEURS

PARCS NATIONAUX : VERS LA FIN D'UN MODÈLE ?

“Les établissements publics portant les parcs nationaux sont supprimés. Les onze parcs nationaux [de vastes aires naturelles françaises protégées, comme les Cévennes, ndr] perdent leur autonomie juridique et sont intégrés dans l’Office français de la biodiversité (OFB).” Telle est la proposition brute et sans nuance formulée au début de l’été 2025 dans le cadre plus large d’une commission d’enquête sénatoriale sur “Les missions des agences, opérateurs et organismes consultatifs de l’État”. Et cela n’a pas manqué d’émouvoir les instances dirigeantes de ces parcs, les tenants de la protection de la nature et les juristes spécialisés en droit de l’environnement. D’autant plus que les motifs font singulièrement défaut : des économies d’échelle dont la démonstration manque encore, et un partage de compétences avec l’OFB que celui-ci pourrait assumer seul... au détriment des parcs.

Certes, il ne s’agit pas ici de faire disparaître formellement les parcs nationaux. Mais si cette proposition était consacrée, elle leur ferait perdre l’âme que sont pour eux le territoire et une gouver-

nance du patrimoine naturel associant élus, populations, agriculteurs, chasseurs, forestiers, associations de protection de l’environnement et scientifiques. Au lieu d’un conseil d’administration propre et représentatif de ces parties prenantes locales, les parcs ne seraient plus dotés que d’un conseil de gestion délégué de celui de l’OFB. Et ce, sur le modèle très critiqué des parcs naturels marins, sans véritable pouvoir décisionnel, sans expression particulière sur le budget. Seuls des “vœux” seraient alors émis et le préfet serait libre de les satisfaire, ou pas.

Le directeur du parc perdrait, également au profit du préfet, son pouvoir de police à l’égard des activités exercées dans le parc. Singulière schizophrénie d’une autorité préfectorale à laquelle le gouvernement a donné le pouvoir de déroger aux normes environnementales, pour simplifier et accélérer la mise en œuvre des projets publics ou privés, soi-disant à des fins d’intérêt général...

Les parcs nationaux victimes de l’air du temps, dans le contexte d’un État qui souhaite reprendre les choses en main et parler “d’une seule voix”.



**PHILIPPE
BILLET**

Professeur agrégé de droit public à l’université Lyon 3, directeur de l’Institut de droit de l’environnement

le
PALAIS
des
ENFANTS

Grand Palais
Rmn



Pour les
2-10
ans

TRANSPARENCE

la première exposition du Palais des enfants



du 20 juin 2025
au 29 août 2027

Grand Palais — Palais de la découverte
Entrée Square Jean-Perrin, Paris 8^e



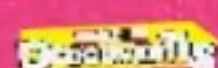
Fondation
Jean-Pierre Aubin



Le Parisien

Paris MÔMES

magicmaman



SCIENCE VIE

TC



france.tv

Futur

Science
& société

NOVEMBRE
2025

FRANCE
PAYS-BAS
ÉTATS-UNIS
CHINE

DASSAULT AVIATION/FALCON GRAPHICS LAB



FRANCE

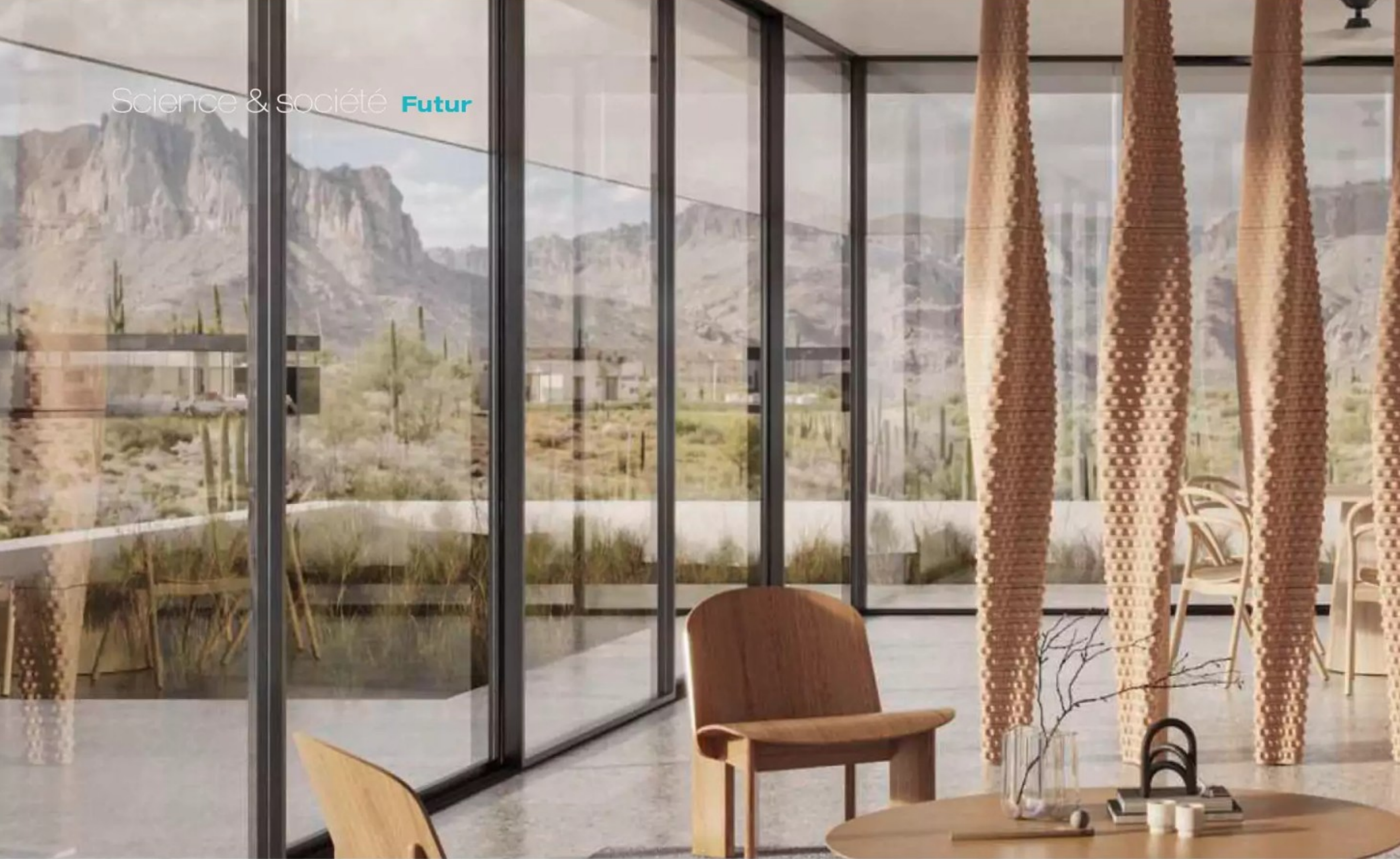


L'Europe aura son premier avion spatial

Voici le Vortex, pour Véhicule orbital réutilisable de transport et d'exploration, un projet d'avion spatial européen qui promet à l'UE un accès facilité à l'espace! Conçu par Dassault, l'engin décollera accroché à une fusée avant de revenir seul et d'atterrir comme un avion classique. Et ce, sans humain à bord, toutes les trajectoires et manœuvres étant programmées ou contrôlées à distance. Avec ses

12 m de long et ses 7 m d'envergure, le Vortex pourra transporter jusqu'à 4 t de fret dans le cadre de missions d'ordre civil ou militaire. Il sera capable de rejoindre une station orbitale, de servir de plateforme spatiale autonome, ou d'être utilisé pour l'entretien et la récupération de satellites endommagés. Le projet tient un calendrier serré: dès 2028, un démonstrateur suborbital à l'échelle 1/3 devrait s'envoler pour tester le vol hypersonique, les protections thermiques et le contrôle de l'engin. Dassault espère effectuer le premier vol de la version définitive en 2031. En cas de succès, une version habitée pourrait être envisagée. S.F.





PAYS-BAS



On exploitera l'énergie des courants océaniques

La start-up néerlandaise Equinox a imaginé ces turbines dont les pales, qui tourneront grâce aux courants marins, feront 50 m de diamètre – du jamais vu en profondeur. Ce n'est pas tout : à leur extrémité, elles hébergent chacune une petite hélice qui sera actionnée, elle, par le mouvement des grandes pales. Ancré au fond marin, le prototype, prévu en 2028, produira jusqu'à 3 MW. s.f.



BLACKSBURG
(ÉTATS-UNIS)



Ces colonnes rafraîchiront l'air naturellement

Ces colonnes en argile imprimées en 3D réduisent la température de l'espace alentour jusqu'à 5°C. Le principe ? Chacune est remplie de sable humide : au contact de l'air chaud, l'eau qu'il contient s'évapore, ce qui refroidit la pièce. Il suffit ensuite d'humidifier le sable à nouveau pour relancer le processus ! Conçues par des chercheurs de Virginia Tech (États-Unis) et inspirées par des techniques utilisées autrefois au Moyen-Orient, la géométrie et la porosité des colonnes ont été étudiées afin d'être les plus efficaces possible. L.B.

VIRGINIA TECH - EQUINOX OCEAN TURBINES BV - AEROVIRONNEMENT

ÉTATS-UNIS



Un essaim de drones volera sur Mars

Développé par AeroVironment et la Nasa, le projet Skyfall entend déployer des drones sur Mars dès 2028 et ce, sans passer par la périlleuse étape de l'atterrissage ! Jusqu'à six drones devraient ainsi être logés dans une capsule spatiale, qui ouvrira son parachute dès son entrée dans l'atmosphère martienne et les libérera en plein vol. S.F.

PÉKIN
(CHINE)



Ce robot autonome pollinisera des tomates OGM

Pour augmenter le rendement des cultures sous serre, des chercheurs chinois ne se sont pas contentés de créer un robot pollinisateur capable de remplacer les humains : pour lui faciliter la tâche, ils ont également “relooké” les fleurs de tomate en les modifiant génétiquement. Piloté par une IA, ce bras motorisé dépose avec précision le pollen sur le stigmate (l'extrémité de l'organe reproducteur femelle) devenu proéminent, donc plus accessible. Un travail qu'il effectuera bientôt en continu, nuit et jour.

L.B.



SUR LA TERRE DES DINOSAURES

© BBC Studios

DISPONIBLE SUR
france•**tv**

En partenariat avec **SCIENCE & VIE**



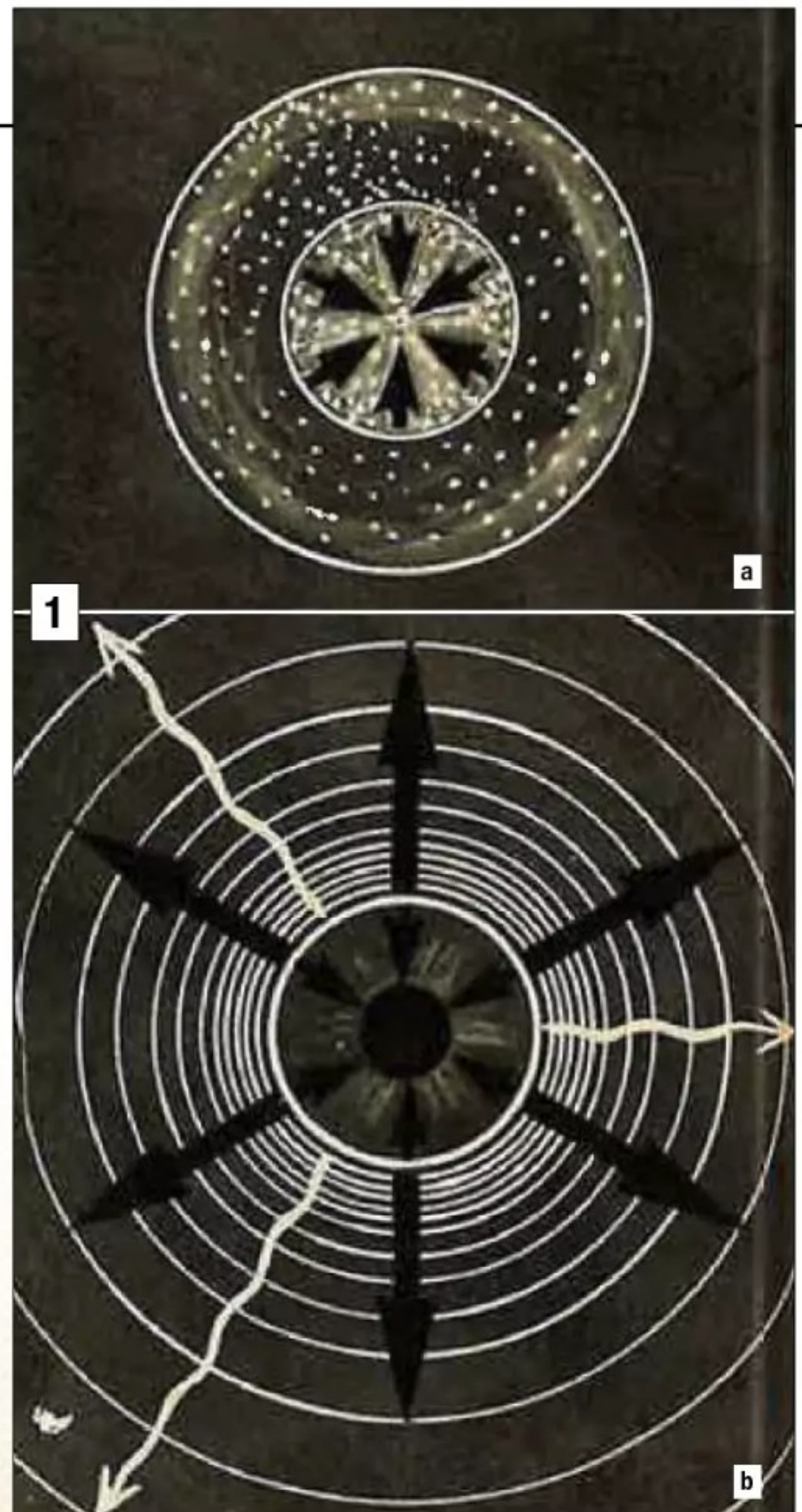
50 ans

On détectait une mystérieuse source de rayons X

En novembre 1975, la rédaction de *Science & Vie* était sous le choc : *“Une source de rayons X, la plus puissante jamais observée, vient d'apparaître dans le ciel.”*

Détecté par le satellite anglo-américain Ariel 5, ce rayonnement, émis par une source de rayons X d'ordinaire faible, s'est amplifié de façon spectaculaire en quelques jours, jusqu'à atteindre 35 000 fois l'intensité du Soleil dans ses pics d'activité X. Les astronomes du monde entier

avaient les yeux rivés sur l'événement, multipliant les analyses pour en comprendre l'origine. Le phénomène cosmique à l'œuvre ? Une étoile jusqu'alors invisible se serait *“allumée”* rapidement et intensément en *“un véritable cataclysme stellaire”*, avançait le journaliste. Mais comment expliquer cette incroyable éruption de rayons X ? Les scientifiques planchaient sur plusieurs solutions : l'astre aurait explosé en supernova (1) ;



ou aurait fait partie d'un système binaire, orbitant autour d'une étoile à neutrons ; ou se serait trouvé dans les environs d'un trou noir (2)...

Bien plus tard, ces deux dernières hypothèses en ont créé une nouvelle : l'étoile aurait fait partie d'un système binaire au côté d'un trou noir, et c'est sous l'attraction de ce dernier qu'elle aurait émis des gerbes de rayons X. Certes, d'autres rayonnements bien plus intenses ont depuis été détectés. Mais l'étude de cet objet – baptisé nova Monocerotis 1975 – a fait sensiblement avancer l'astrophysique.

1. Première hypothèse : une étoile en fin de vie a vu sa zone centrale s'effondrer sur son centre (a). L'implosion nucléaire induite (b) a fait éclater le tout dans un ouragan de radiations.

2. Seconde hypothèse : un trou noir a tout attiré autour de lui. La matière engloutie par cet entonnoir sans fond a émis de longues gerbes de rayons X.

100 ans

On progressait dans la géolocalisation



“Une révolution complète dans la détermination des coordonnées”: voici comment *La Science et la Vie* qualifiait l’arrivée de la géolocalisation radio en novembre 1925 ! En s’appuyant sur la télégraphie sans fil – l’ancêtre de la radio –, qui permet d’échanger des informations

presque instantanément, *“les navires en mer et les explorateurs peuvent maintenant déterminer journalièrement leur longitude”*, à condition, précisait votre magazine, qu’ils soient munis d’une antenne réceptrice. Tout voyageur, en comparant l’heure exacte relevée en un lieu (mesurée grâce au plan céleste) avec celle donnée à un point fixe (en l’occurrence la tour Eiffel), pouvait estimer sa longitude à partir de la différence d’horaires. De quoi faciliter l’exploration marine, en attendant l’arrivée d’une technique plus fiable encore, et ce à peine quelques années après : la triangulation... qui, elle-même, fut détrônée par l’avènement des premiers satellites GPS.

25 ans

On inaugurerait le premier labo P4 d’Europe



Le laboratoire P4 construit à Lyon *“est désormais l’endroit le plus performant du monde pour étudier, dans des conditions d’étanchéité totale, des virus mortels”*, vantait *Science & Vie* en novembre 2000. Dans ce bâtiment nommé *“P pour protection et 4 pour désigner le niveau de confinement maximal”*,

rempli de sas d’entrée et de sortie, de biologistes en scafandre et de souches conservées à -196 °C, des micro-organismes contre lesquels on était sans traitement, tels que Marburg ou Ebola, étaient scrutés en toute sécurité. Vraiment ? *“Ma fille va au lycée en face et je n’ai pas la moindre crainte pour elle”*, assurait l’un des chercheurs associés. On y attendait même des virus martiens ! Vingt-cinq ans après, de fait, aucune fuite virale n’a été signalée. Mais pour recevoir les échantillons de la planète rouge, on mise à présent sur des laboratoires encore plus sécurisés.

#LACHRONIQUE

M. TUMELAIRE



La chronique de
Gautier Depambour

Docteur en histoire des sciences
au laboratoire Sphere

Berthelot vs Wurtz : les atomes existent-ils ?

A-t-on besoin de postuler l’existence des atomes pour faire de la chimie ? À Paris, à la fin du XIX^e siècle, le débat fait rage entre le chimiste Marcelin Berthelot, professeur au Collège de France, et son homologue d’origine alsacienne Adolphe Wurtz, doyen de la Faculté de médecine de Paris. Wurtz est un fervent partisan de la notation atomique, telle H₂O pour l’eau ; et tous ses travaux laissent à penser qu’il croit fermement à l’existence des atomes – qui reste alors à prouver. De façon générale, le savant pense qu’il est important, en science, de faire des hypothèses pour interpréter les phénomènes empiriques et comprendre leur nature profonde.

Mais Berthelot s’insurge : spéculer, ce n’est pas faire de la science ! Selon lui, la chimie doit reposer sur des lois portant sur des grandeurs macroscopiques mesurables, et se limiter aux

faits – pas question de faire des hypothèses métaphysiques, comme celle de l’existence d’entités imaginaires, impossibles à observer ! Berthelot adopte ainsi la théorie de l’équivalence, qui consiste à étudier les proportions entre les corps chimiques sans préjuger de leur composition. Par exemple, il écrit l’eau “HO”, avec l’idée que l’équivalent de l’oxygène par rapport à l’hydrogène est 8, car il faut un poids d’oxygène 8 fois supérieur à celui de l’hydrogène pour obtenir de l’eau. Ainsi, nul besoin de parler d’atomes !

Le débat restera longtemps stérile, les deux chimistes campant sur leurs positions. Il ne s’estompera qu’au début du XX^e siècle, lorsque Jean Perrin apportera la preuve de l’existence des atomes.

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

science-et-vie.com



SCIENCE&VIE
— LA BOUTIQUE —



Spécial Fêtes

Le smartphone qui vous simplifie la vie

Ce nouveau smartphone Ordissimo a été créé pour vous permettre de **rester en contact le plus facilement possible avec vos proches**. Téléphoner, envoyer un message, lire vos courriers électroniques ou encore accéder à internet... **tout est écrit clairement et distinctement avec de gros caractères pour être parfaitement lisible** depuis l'écran tactile. Son interface simple vous permet d'accéder en un minimum de clics à toutes les fonctionnalités. Avec ses 2 caméras intégrées, **réalisez de superbes photos et vidéos**, et profitez de son GPS intégré pour vos itinéraires. **Ce smartphone fait rimer qualité et facilité d'utilisation !**

Caractéristiques techniques : • Écran 5,45" soit 13,84 cm (diagonale) • IPS HD+ 720 x 1440 px • Processeur Quadcore MT8766B • Mémoire interne 32 Go (extensible SD128) • Mémoire vive 3 Go • Interface Ordissimo simple et efficace • Android 13 • 4G, 3G et 2G GSM, Wi-Fi 802.11 ac • Bluetooth 5.0 • Compatible tout opérateur 2 x Nano SIM • 1 port USB-C, 1 x 3,5 mm • Appareil photo: 5Mpx avant, 8 Mpx dos • DAS Corps: 1.367 W/kg Tête: 1.887 W/kg • Batterie 2500 mAh 5V 1A • 149,7 x 10,6 x 71,5 mm • Poids 154 grammes • Garantie 2 ans Eco-participation 0€25 incluse.

SMARTPHONE ORDISSIMO - 199 € (dont 10 € de frais d'envoi en Colissimo inclus)



Un outil de référence pour les passionnés d'astronomie



TOP DES VENTES
23€⁹⁰
Frais d'envoi inclus !

Fruit d'une collaboration avec des experts en astrophysique et la prestigieuse Libreria Geografica, cet ouvrage unique vous plonge au cœur des secrets de l'Univers grâce à :

- **25 infographies spectaculaires** pour comprendre le Big Bang, les exoplanètes et plus encore.
- **100 images satellite** en haute définition issues des dernières missions de la NASA.
- **34 cartes détaillées des constellations.**

Un outil visuel, scientifique et accessible pour explorer l'Univers comme jamais auparavant.

Collection Science & Vie. 177 pages. Dimensions : 21 x 28,5 cm.

L'UNIVERS ET SES MYSTÈRES - 23,90€ (dont 4€ de frais d'envoi inclus)

Réviser ses fondamentaux en s'amusant !

Laissez-vous surprendre avec ce grand quiz Science & Vie ! **Les 600 questions qui composent ce jeu sont les vôtres**, ou plutôt celles que les lecteurs ont adressé au magazine Science & Vie. **Les 600 réponses, nous les devons à la science qui tente inlassablement de révéler les mystères du monde**, de ses plus petites manifestations à ses plus grands spectacles.



À partir de 2 joueurs pour les 16 ans et plus ! Jeu de société Science & Vie. Dim. : 21 x 21 x 5 cm. Poids 0,7 kg. Contenu : 100 cartes de questions / réponses, 6 cartes-dé, règle du jeu.

LE GRAND QUIZ SCIENCE & VIE - 21,80€ au lieu de 26€⁸⁰ (dont 6,90 € de frais d'envoi inclus)

Offrez-vous l'élégance et la technologie !

C'est l'occasion ou jamais de découvrir les avantages d'une montre connectée, grâce à cette élégante smartwatch signée Innovalley, compatible **IOS et Android**. Très simplement, vous pourrez voir vos notifications d'appels, de messages, suivre vos constantes de santé, mettre une alarme...et évidemment lire l'heure ! **Design modern et tendance**, écran haute résolution avec un **bracelet en cuir**, cette montre a tout d'une grande. Avec son prix tout petit, découvrez-la sans attendre !

CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES :

Ecran tactile AMOLED 1,57 pouces (4,4cm). Microprocesseur : JL7012f. RAM : 672 Kb/Rom 64Mb. Compatible Android & IOS. Notifications appels, messages et réseaux sociaux. Musique via Bluetooth Connectivité Bluetooth V5.1. Apple par Bluetooth avec micro et haut-parleur intégrés ▶ Détecteur de fréquence cardiaque dynamique*. Affichage de la pression artérielle*, affichage de l'oxygène dans le sang*. Température du corps* et podomètre/ Suivi activités sportives (marcher, courir, etc...). Alarme de sédentarité, alarme pour s'hydrater, rappel de médication. Horloge, alarme, répertoire, calendrier, calculatrice, chronomètre, timer, sleep, jeux... Batterie rechargeable lithium polymère 200mAh incluse. Autonomie : jusqu'à 120 h en standby et jusqu'à 1-2 jours en utilisation normale. Chargeur magnétique USB inclus. Bracelet cuir noir.

* Mesures indicatives.

MONTRE CONNECTÉE - 56,85€
(dont 6,90€ de frais d'envoi inclus)



POUR COMMANDER ET S'INFORMER :

Connectez-vous sur notre site :

www.kiosquemag.com/boutique



Renvoyez le bon de commande ci-dessous avec votre règlement.



01 46 48 48 03 (prix d'un appel local)
du lundi au samedi. Paiement par carte bancaire uniquement.

BON DE COMMANDE

À renvoyer à : La Boutique Science & Vie - 59898 LILLE CEDEX 9

JE COMMANDE	Réf.	Qté	Prix	Total
SMARTPHONE ORDISSIMO	431288		199,00 €	€
L'UNIVERS ET SES MYSTÈRES	433094		23,90 €	€
MONTRE CONNECTÉE	433102		56,85 €	€
LE GRAND QUIZ SCIENCE & VIE	424416		21,80 €	€
FRAIS DE PORT INCLUS DANS LE PRIX. LE SMARTPHONE ET LA MONTRE CONNECTÉE SERONT ENVOYÉS EN COLISSIMO.				
MONTANT TOTAL DE MA COMMANDE				€

Mes coordonnées (*à remplir obligatoirement)

M090 # V1660695

Nom* :

Prénom* :

Adresse* :

CP* : Ville* :

Email :

(Grâce à votre email et votre numéro de téléphone nous pourrions vous contacter si besoin pour le suivi de votre commande.)

Tél. mobile de préf. :

(▲ OBLIGATOIRE POUR LA LIVRAISON ▲)

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 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. Dommage !



Cet emblème garantit notre adhésion à la fédération du e-commerce et de la vente à distance et à ses codes de déontologie fondés sur le respect du client.



Offre valable France Métropolitaine valable jusqu'au 31/03/2026 dans la limite des stocks disponibles. Conformément à l'article L 221-18 du code de la consommation, vous disposez d'un droit de rétractation de 14 jours à compter de la réception de votre commande et vous pouvez nous retourner votre colis dans son emballage d'origine complet. Les frais d'envoi et de retour restent à votre charge. Les informations demandées sont destinées à la société REWORLD MEDIA MAGAZINES (KiosqueMag) à des fins de traitement et de gestion de votre commande, d'opérations promotionnelles, de fidélisation, 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, 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.

Et bien d'autres idées sur l'espace Science de

LA BOUTIQUE

KIOSQUE
mag.com

Beaux livres à petit prix,
coffrets de rangement,
produits exclusifs...
Toute la sélection 2025
en flashant ce code !



IMMUNOLOGIE

LES DÉCOUVERTES QUI

LES MACROPHAGES ONT FINALEMENT UNE MÉMOIRE

LE CERVEAU A BIEN SON MOT À DIRE

LA PEAU A EN RÉALITÉ SON PROPRE SYSTÈME...

PAR LISE BARNÉOUD

On l'imaginait comme une armée, avec son centre de commandement, ses bases, ses éclaireurs et ses bataillons filant au front. Et on avait tout faux. Sous les microscopes, étude après étude, notre vision d'un système immunitaire fondamentalement guerrier s'effondre : ici, une équipe découvre que notre peau possède sa propre immunité ; là, que toutes les cellules de notre corps sont en fait impliquées. Et il se souffle même que le véritable rôle de ce système serait non pas de protéger mais de dialoguer. Une révolution s'apprête à bouleverser les fondements de notre santé. Tournez la page, et reprenons au début : il était une fois l'immunité...

A detailed scanning electron micrograph of skin cells, showing a complex network of cell membranes and protrusions. The image is rendered in shades of purple and magenta, with a dark background. The cells have a highly irregular, branching, and interconnected structure, typical of the epidermal layer of skin.

IMMUNITÉ

CHANGENT TOUT

74

Tout un système immunitaire dans la peau !

78

Une science en pleine révolution

84

5 grandes questions en suspens

88

Vers une nouvelle vision de l'immunité... et de notre santé

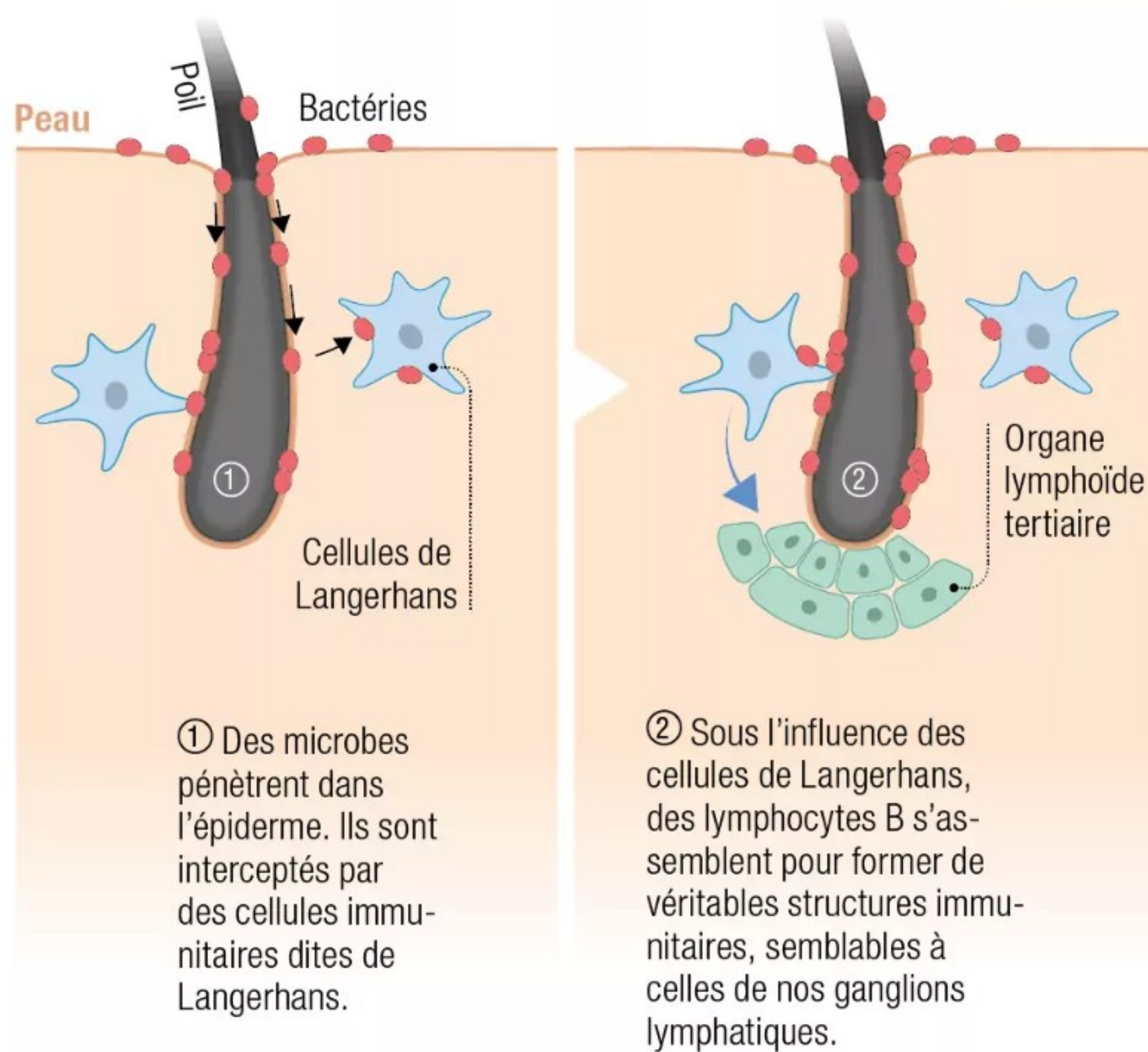
SCIENCE PHOTO LIBRARY



On nous l'a appris à l'école : notre peau est une sorte d'immense tissu barrière qui nous protège des agressions extérieures – à l'instar des murailles gallo-romaines qui, jadis, préservaient l'intérieur des villes des invasions. Lorsque nous découvrons un anticorps attaché à une bactérie au niveau de la peau, nous en déduisons que ce duo provenait d'une infection passée. Que des bactéries aient réussi à pénétrer la fortification de l'épiderme, étaient passées dans le sang avant d'être captées par les cellules dendritiques – c'est-à-dire les cellules immunitaires en charge de la surveillance –, puis apportées dans les ganglions lymphatiques les plus proches. Là, des lymphocytes B – un autre type de cellules immunitaires – avaient dû produire des anticorps spécifiques à ces bouts de microbes, lesquels anticorps s'étaient déversés dans le sang, pour finalement retourner sur les remparts de l'épiderme et, enfin, neutraliser les bactéries. Bref, dans nos représentations, le centre intelligent de l'immunité était logé en profondeur dans le corps, et la peau formait une sorte de première ligne de défense matérielle, purement passive.

Sauf que nous avons tout faux ! “La peau n'a rien d'une barrière passive”, annonce Inta Gribonika, biologiste à l'université de Lund, en Suède. La chercheuse et son équipe viennent de le démontrer : elle cache en réalité un système immunitaire autonome, dont on ignorait

TOUT UN SYSTÈME IMMUNITAIRE



totallement l'existence il y a encore un an. Une découverte capitale, qui redéfinit la notion même d'immunité et en promet nombre d'autres pour la santé.

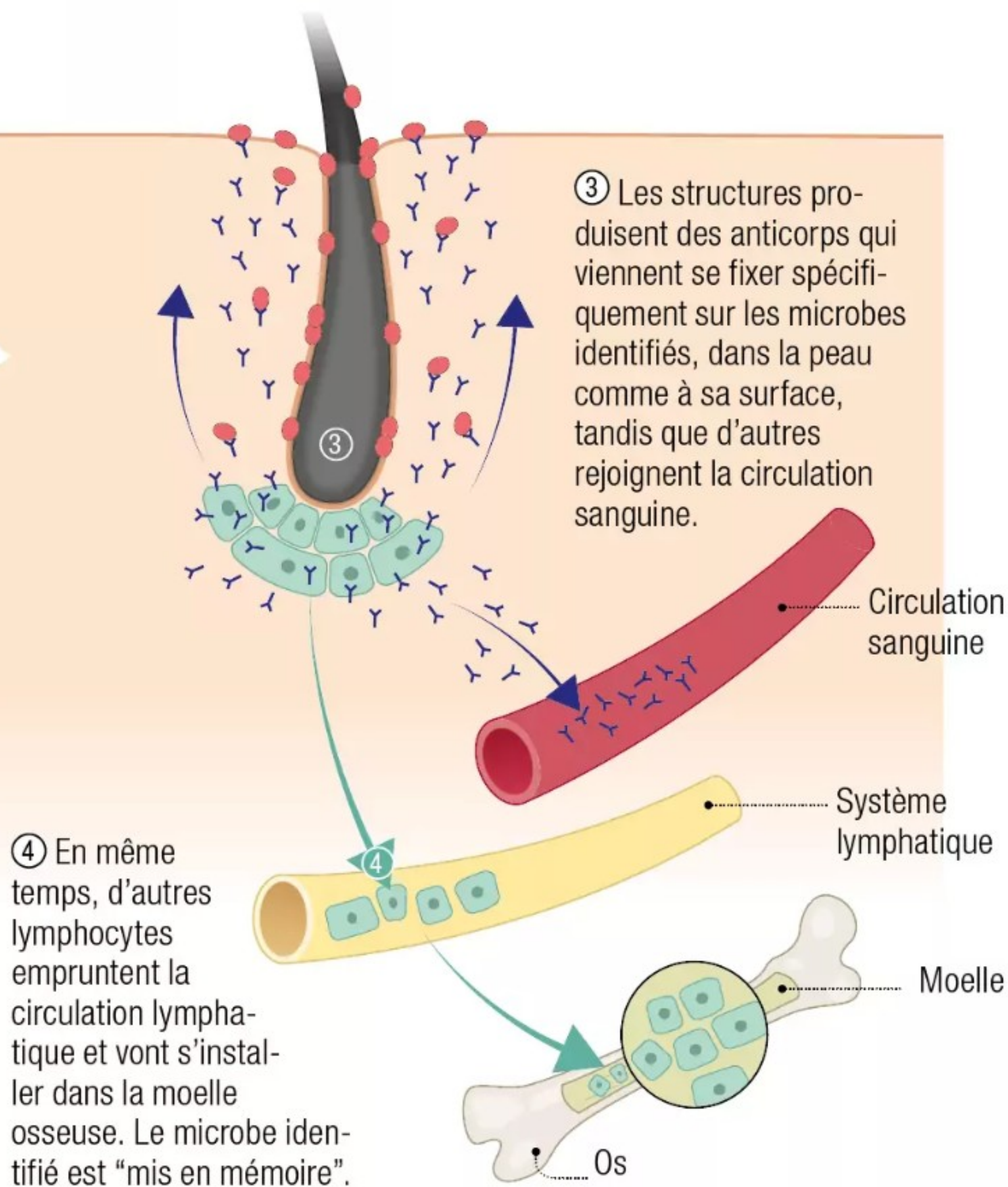
DES ANTICORPS SANS INFECTION

Ce qui a mis Inta Gribonika sur la piste ? Une mystérieuse statistique : “70 % d'entre nous possèdent, dans le sang, des concentrations importantes d'anticorps capables de reconnaître certaines bactéries vivant exclusivement sur la peau, alors que tous n'ont pas été infectés par ces bactéries”, énonce-t-elle. Or cela ne fait aucun sens : si ces bactéries ne se sont pas d'abord déversées dans l'organisme au point de le menacer, on ne voit pas comment le système immunitaire a fabriqué des anticorps pour les combattre – *dixit* n'importe quel manuel d'immunologie.

La chercheuse entreprend donc de mener l'enquête. Durant son postdoctorat au National Institute of Allergy and Infectious Diseases (NIAID) à Washington (États-Unis), elle badigeonne des souris d'une bactérie typique de la flore cutanée humaine, *Staphylococcus epidermidis*. Deux semaines plus tard, elle repère des anticorps spécifiques de cette bactérie dans le sang des rongeurs. Les concentrations augmentent, jusqu'à atteindre des valeurs supérieures à ce qui est attendu après une infection ou une vaccination. Et 200 jours plus tard, les taux restent très élevés. Tout cela chez des souris en parfaite santé, qui n'avaient jamais montré de signe d'infection !

Décidément, quelque chose cloche. Inta Gribonika décide de reprendre ses expériences et découvre cette fois l'apparition, une

DANS LA PEAU !



semaine après le badigeonnage, de structures en forme d'anneaux sous la peau des rongeurs, plus précisément autour des follicules pileux. Des structures comparables à nos ganglions lymphatiques, avec des lymphocytes B capables, eux aussi, de produire les fameux anticorps.

UNE PROTECTION AU POIL

Petit à petit, la biologiste et son équipe parviennent à décrire chacune des étapes de cette réaction immunitaire, encore jamais vue. "Les poils doivent agir comme une sorte d'aiguille naturelle, permettant aux bactéries de pénétrer sous la peau", estime la chercheuse.

Une fois dans le derme, ces bactéries viendraient activer la formation des structures en anneaux "qui, souligne-t-elle, ont persisté les 200 jours qu'a duré l'expérience", siège d'une véritable réponse immunitaire locale. Et durable: les chercheurs ont également repéré, dans la moelle osseuse des souris, des lymphocytes B dits "mémoires", capables de refabriquer ces mêmes anticorps, des années plus tard.

Encore plus fou: cette réponse a été observée non seulement chez les souris badigeonnées artificiellement, mais aussi chez d'autres, non traitées, qui partageaient

“

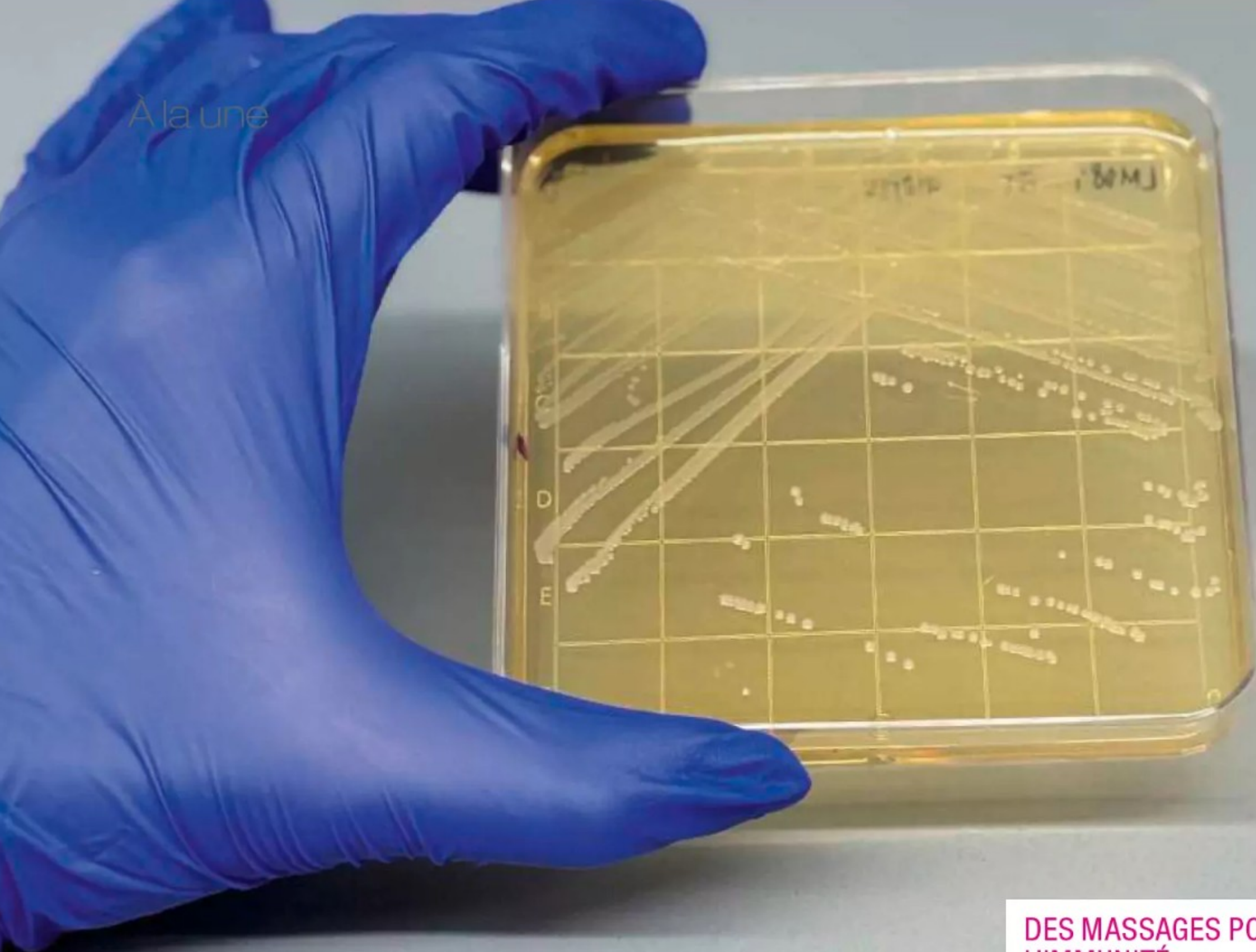
Le rôle de notre immunité n'est pas que de nous défendre, mais aussi de surveiller nos frontières et de renforcer nos relations symbiotiques avec les bactéries

INTA GRIBONIKA

Biologiste à l'université de Lund (Suède)

”





< L'équipe de Djenet Bousbaine, à Stanford, a modifié génétiquement la bactérie *Staphylococcus epidermidis* pour développer un vaccin.

Déjà de nouvelles pistes thérapeutiques

DES VACCINS EN CRÈME BIEN PLUS PRATIQUES

Un vaccin sous forme de crème, contrairement à ceux administrés par piqure, est indolore et ne génère aucune inflammation : il présente ainsi moins d'effets secondaires. Sa fabrication paraît également plus facile, moins chère et ne nécessite pas d'adjuvants. Enfin, un tel vaccin pourrait s'avérer particulièrement efficace, car il entraîne à la fois une réponse systémique – c'est-à-dire dans le sang – mais aussi localisée au niveau de la peau et des muqueuses, les points d'entrée de la plupart des pathogènes.

DES MASSAGES POUR STIMULER L'IMMUNITÉ

Lorsque la peau s'étire, sous l'effet d'un massage par exemple, des micro-ouvertures au niveau des poils se créent et permettent le passage de bactéries ou de molécules à l'intérieur du tissu cutané. Selon les travaux d'une équipe franco-britannique en 2025, cette perméabilité transitoire de la surface de la peau déclenche la production de médiateurs inflammatoires et le recrutement de cellules immunitaires. De quoi envisager une activation du système immunitaire par massage !

la même cage ! En se frottant aux souris cobayes, elles se seraient auto-enduites de bactéries, ce qui aurait suffi à déclencher la réponse immunitaire. Portés par ces découvertes, les scientifiques ont tenté l'expérience avec d'autres bactéries, y compris certaines naturellement présentes sur la peau des souris, comme *Staphylococcus xylosus*. À nouveau, des structures immunitaires sous-cutanées se sont formées et des anticorps spécifiques ont été retrouvés quelques semaines plus tard dans la peau et le sang.

“En revanche, on n'observe rien chez les souriceaux de moins de 3 semaines”, note Inta Gribonika. Ce qui n'est pas surprenant : normalement, la spécificité des mammifères est de posséder des structures immunitaires programmées génétiquement. *“Les autres animaux fonctionnent avec des ganglions induits après stimulation, comme ceux découverts sous la peau des souris”,* explique Gérard Eberl, qui dirige l'unité de recherche Microenvironnement et immunité à l'Institut Pasteur. Certes, on a déjà

repéré par le passé ces structures dites tertiaires chez des mammifères, *“mais c'est la première fois que l'on en trouve dans la peau, sans aucun signe d'inflammation”,* pointe Inta Gribonika, qui cherche maintenant à vérifier que la même chose existe chez l'humain.

VACCIN CUTANÉ

Évidemment, ces découvertes ont fait grand bruit chez les spécialistes de l'immunité. Des équipes s'en inspirent déjà pour le développement de vaccins. Des cher-

La peau en chiffres

4

C'est, en kilos, le poids moyen de toute la peau d'un adulte, 2 fois plus qu'un cerveau.

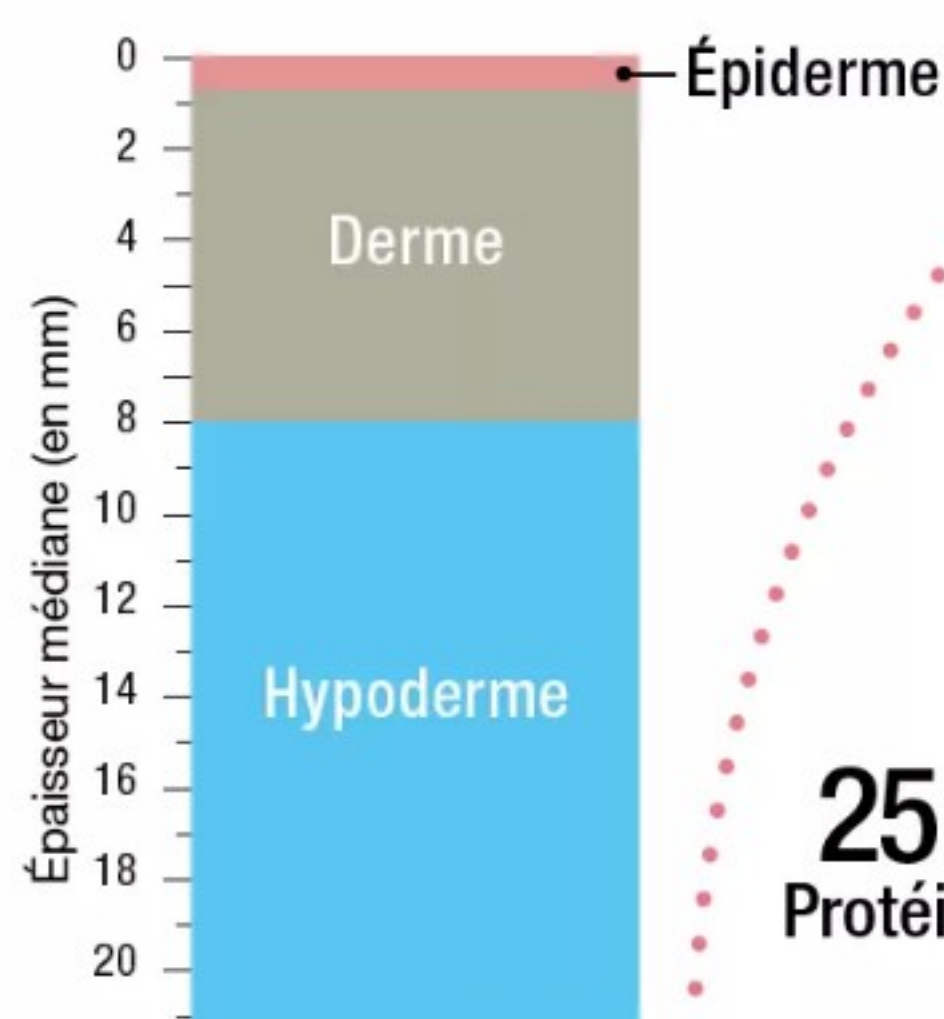
2

C'est, en mètres carrés, la surface de notre peau, soit environ un drap de lit d'une épaisseur variant de 0,5 mm à plus de 5 mm.

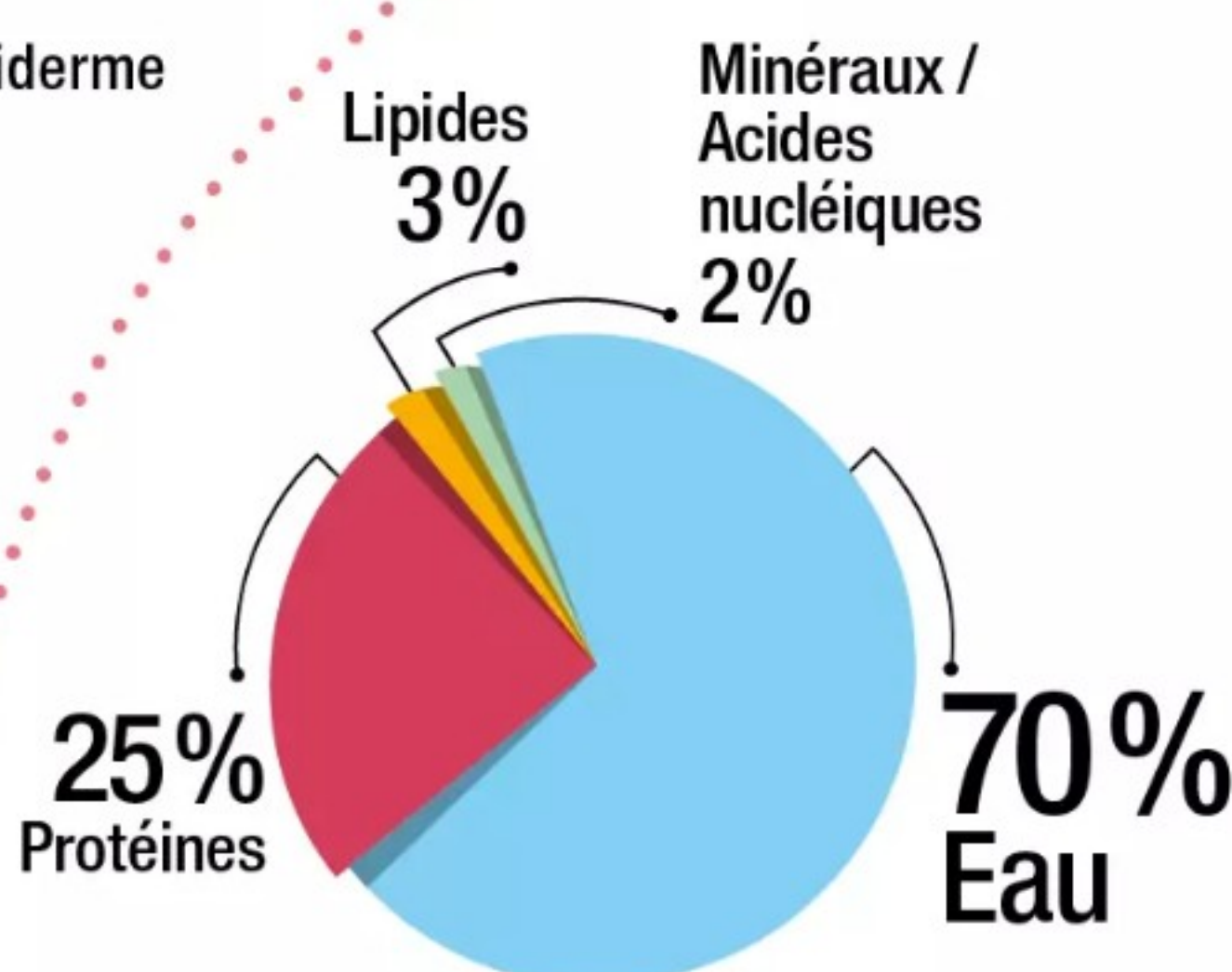
60

C'est, en moyenne, le nombre de cellules de Langerhans qui vivent dans 1 mm² de peau sous la plante des pieds.

La peau est une superposition de plusieurs couches...



... majoritairement composées d'eau



cheurs de l'université Stanford, aux États-Unis, ont ainsi intégré un gène codant pour un fragment de la toxine tétanique – une toxine mortelle, même à faible dose – dans la bactérie *Staphylococcus epidermidis*, qui vit naturellement sur notre peau. Après avoir badigeonné la peau de souris avec ces bactéries modifiées, ils ont observé une production locale d'anticorps dirigés spécifiquement contre cette toxine. Lesquels ont ensuite été retrouvés dans le sang et les muqueuses nasales et pulmonaires des ron-

geurs, les points d'entrée de bon nombre de pathogènes.

Six semaines plus tard, ils ont injecté une dose létale de toxine tétanique aux souris exposées. Aucune n'est morte. "Je n'en croyais pas mes yeux : elles étaient protégées par une toute petite dose de bactéries !" raconte la première autrice de l'étude, Djenet Bousbaine. Par une dose simplement badigeonnée sur la peau... Depuis, la chercheuse a reproduit l'expérience avec une protéine de la toxine diphtérique, et observé

une réponse immunitaire similaire. La prochaine étape consistera à tester ce "vaccin bactérien" cutané chez des primates, avant de lancer des essais cliniques chez l'humain, d'ici deux ou trois ans.

Et ce n'est qu'un début : notre système immunitaire cutané n'a pas livré tous ses secrets. L'un d'eux continue d'ailleurs d'intriguer les scientifiques : pourquoi s'active-t-il si fortement contre des bactéries qui vivent tranquillement sur notre peau ou nos intestins depuis sans doute plusieurs milliers d'années ? Qu'il s'excite lorsqu'elles franchissent ces tissus, d'accord, mais quel peut bien être le but d'une telle réponse envers des bactéries qui restent sagement du côté extérieur de notre épiderme ?

DÉFENSE EN AMONT

"On peut imaginer qu'il s'agit d'un système de défense préventive, expose Djenet Bousbaine. Ces bactéries sont nos amies lorsqu'elles sont sur notre peau. Mais en cas de rupture de nos barrières cutanées, elles peuvent envahir nos organes. C'est là que les anticorps conçus en amont de toute infection pourraient jouer un rôle : ils permettraient au système immunitaire de répondre immédiatement, et donc d'éviter une infection potentielle."

"C'est une sorte d'assurance santé, renchérit Inta Gribonika. Le rôle de notre immunité n'est pas seulement de nous défendre en cas d'attaque ; c'est aussi d'assurer une surveillance au niveau de nos frontières et de renforcer nos relations symbiotiques avec ces bactéries qui vivent avec nous." C'est finalement l'immunité elle-même qui doit être totalement repensée.

UNE SCIENCE EN PLEINE RÉVOLUTION

L'immunologie s'est construite sur un concept, celui d'un système centralisé qui aurait pour mission de protéger l'organisme. Avec les progrès de la biologie, elle se trouve chamboulée.

Dans les laboratoires, l'instant est bouillonnant. *"On est dans un moment de bascule"*, confie l'immunologiste émérite Marc Daëron. *"Nous assistons à une telle accélération des découvertes que le concept même d'immunité se trouve à la fois étendu et chamboulé"*, affirme le philosophe des sciences Thomas Pradeu (université de Bordeaux). *"Explorer de nouvelles perspectives devient une nécessité"*, s'exclament les deux spécialistes américains Rus-

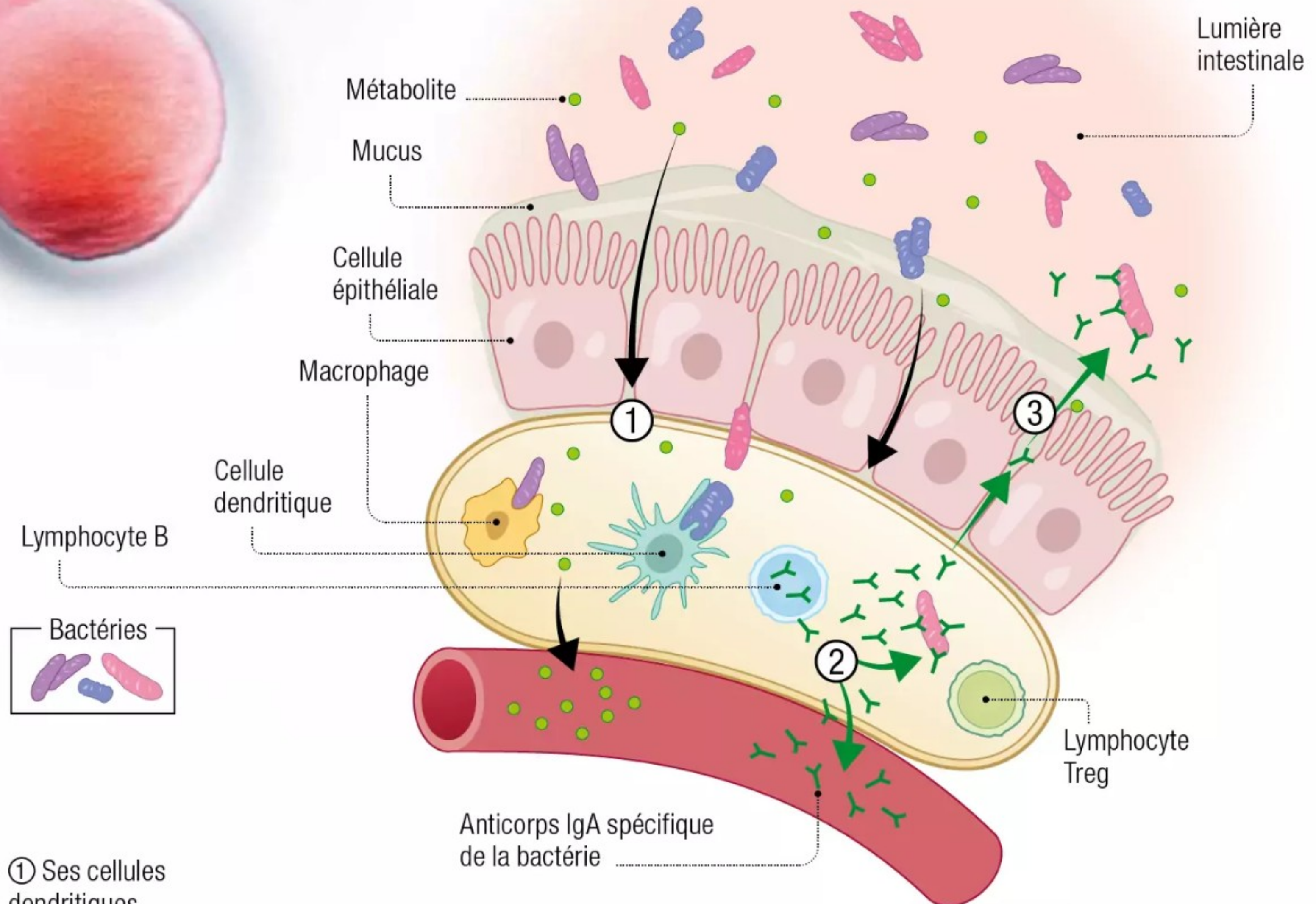
lan Medzhitov et Akiko Iwasaki. Comment un domaine scientifique bien connu – et qui concerne rien de moins que notre santé – peut connaître un tel chambardement? Pour le comprendre, il faut remonter à la naissance même de l'immunologie. Rembobinons.

Contrairement à la plupart des autres objets d'étude, en immunologie, les chercheurs, n'avaient pas d'organes à disséquer. Le "système immunitaire" a ainsi été imaginé de toutes pièces pour rendre compte de nos mécanismes de défense: il

s'agit d'abord d'un concept scientifique, et les chercheurs y intègrent leurs découvertes au chausse-pied. Cette méthode, assurément efficace, comporte un biais téléologique de taille: il consiste à expliquer l'existence des organes, des cellules et des molécules par l'effet final que l'on attend d'eux. Ce fourvoiement originel pèse encore sur de nombreux immunologistes, qui vont considérer que les réactions cellulaires qu'ils observent surviennent nécessairement dans un seul but: nous protéger contre des

< Les bactéries de l'intestin (ici de la famille des staphylocoques) sont filtrées par des ganglions immunitaires dans la paroi intestinale.

Plaques de Peyer : un organe immunitaire dédié au microbiote



① Ses cellules dendritiques captent les bactéries qui traversent l'épithélium de l'intestin.

② Ses lymphocytes B produisent des anticorps dit IgA, spécifiques aux microbes et qui ne génèrent pas d'inflammation.

③ Les IgA rejoignent la lumière intestinale pour limiter le passage des microbes, et la circulation sanguine pour prévenir toute infection.

agressions extérieures. Sauf qu'en réalité, aucun système biologique n'est fait "pour" quelque chose: "Ils se sont faits tous seuls", insiste Marc Daéron. Et ils n'ont cure de nos suppositions.

Au cœur des années 1990, lorsque les progrès du séquençage et des analyses microbiologiques ont dévoilé l'ampleur de la diversité de notre microbiote, cette vision a vacillé une première fois. Comment accep-

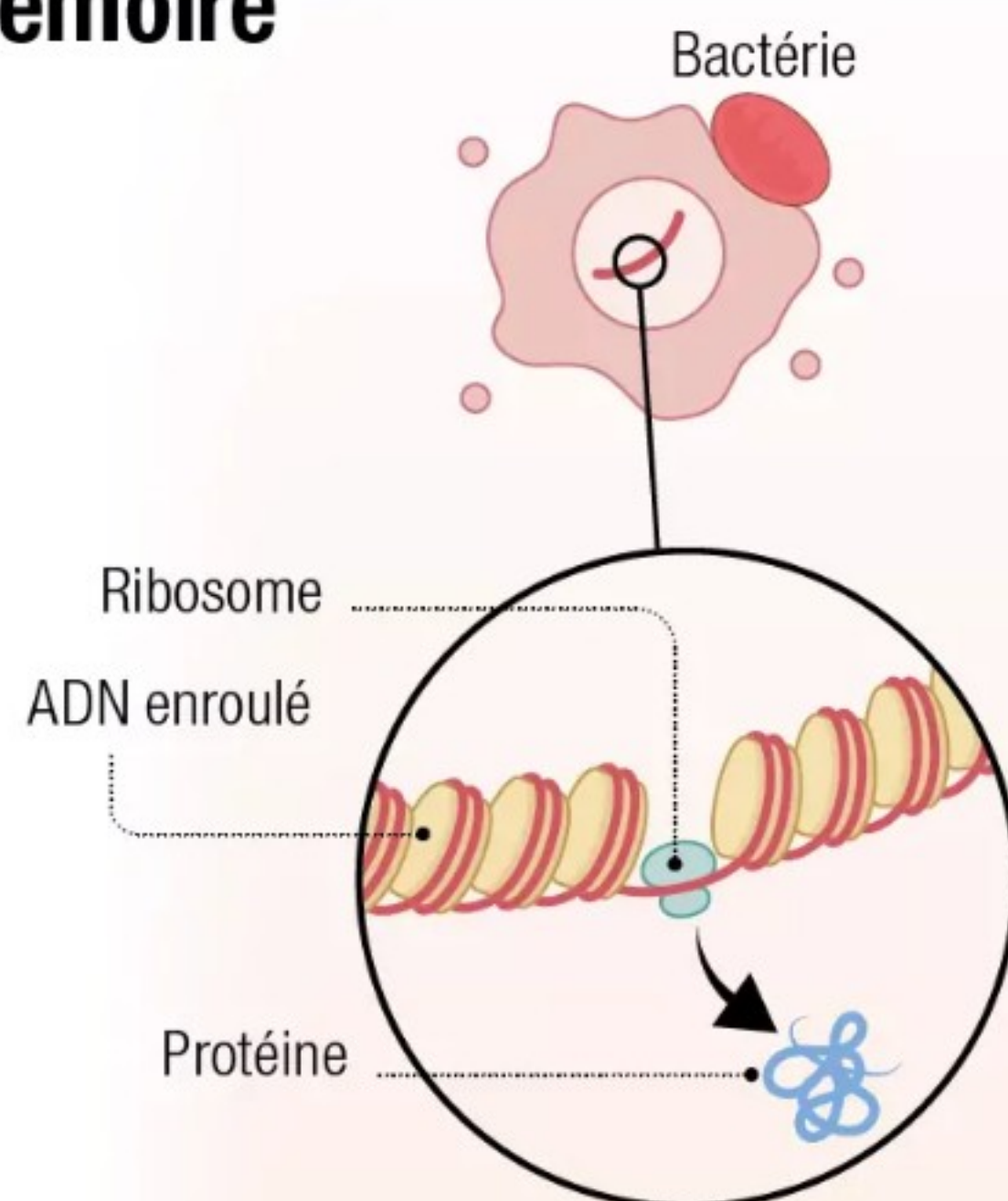
ter l'idée que notre système immunitaire si perfectionné tolère sans broncher l'existence de milliards de micro-organismes (bactéries, virus, champignons...) à l'intérieur même de nos organes? "Au début, →

< Les macrophages modifient leur ADN pour se souvenir des infections passées.

Macrophages : ils ont en fait une mémoire

①

Lors de sa première confrontation avec un microbe, le macrophage active certains gènes qui initient la phagocytose et la production de molécules pro-inflammatoires.



SCIENCE PHOTO LIBRARY - BRUNO BOURGEOIS

les scientifiques ont contourné le problème en imaginant qu'il ignorait ces microbes, que le mur de mucus à l'intérieur des intestins constituait une barrière physique les cachant", retrace Gérard Eberl, chercheur à l'Institut Pasteur.

LES RÉVÉLATIONS DU MICROBIOTE

Raté. Des tas de bactéries traversent chaque jour ce "mur" et notre système immunitaire ne les ignore pas du tout, il réagit au contraire très fortement à leur présence, découvre-t-on à partir des années 2000. "On estime désormais qu'environ 90 % des cellules immunitaires actives se trouvent dans l'intestin", poursuit ce spécialiste des liens entre immunité et microbiote. Et les réactions qu'elles provoquent ne font pas disparaître nos microbes, elles n'entraînent pas non plus d'inflammation. Ce qui est tout bonnement incompatible avec la vision d'un système immunitaire voué à l'éradication de tout corps

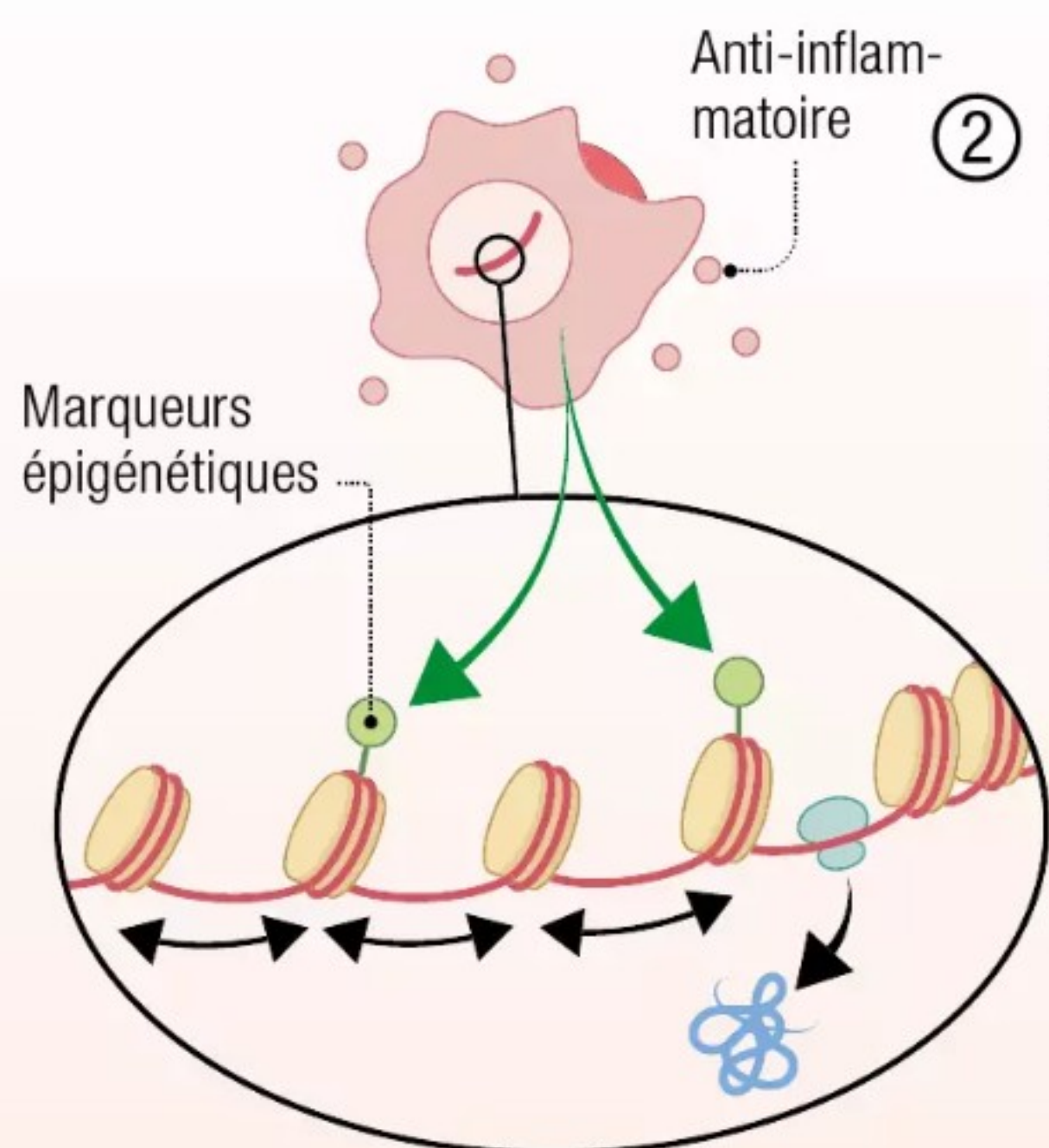
étranger, avec ses armées de macrophages et ses missiles d'anticorps.

Pire: les preuves s'accumulent maintenant pour montrer à quel point le microbiote lui-même joue un rôle considérable dans notre immunité! Ainsi, chez des souris dites axéniques –élevées en condition stérile donc sans aucun micro-organisme dans leurs intestins–, les ganglions lymphatiques sont atrophiés faute de stimulation et répondent moins bien face à des infections. La même chose semble exister chez les humains. "Les enfants traités aux antibiotiques dès leur naissance ont un microbiote altéré et présentent statistiquement plus de maladies inflammatoires et d'allergies", note Gérard Eberl. Bref, impossible désormais d'affirmer qui, des microbes ou du système immunitaire, contrôle l'autre.

Depuis, la brèche dans notre vision de ce dernier n'a fait que s'agrandir. Alors qu'on imagi-

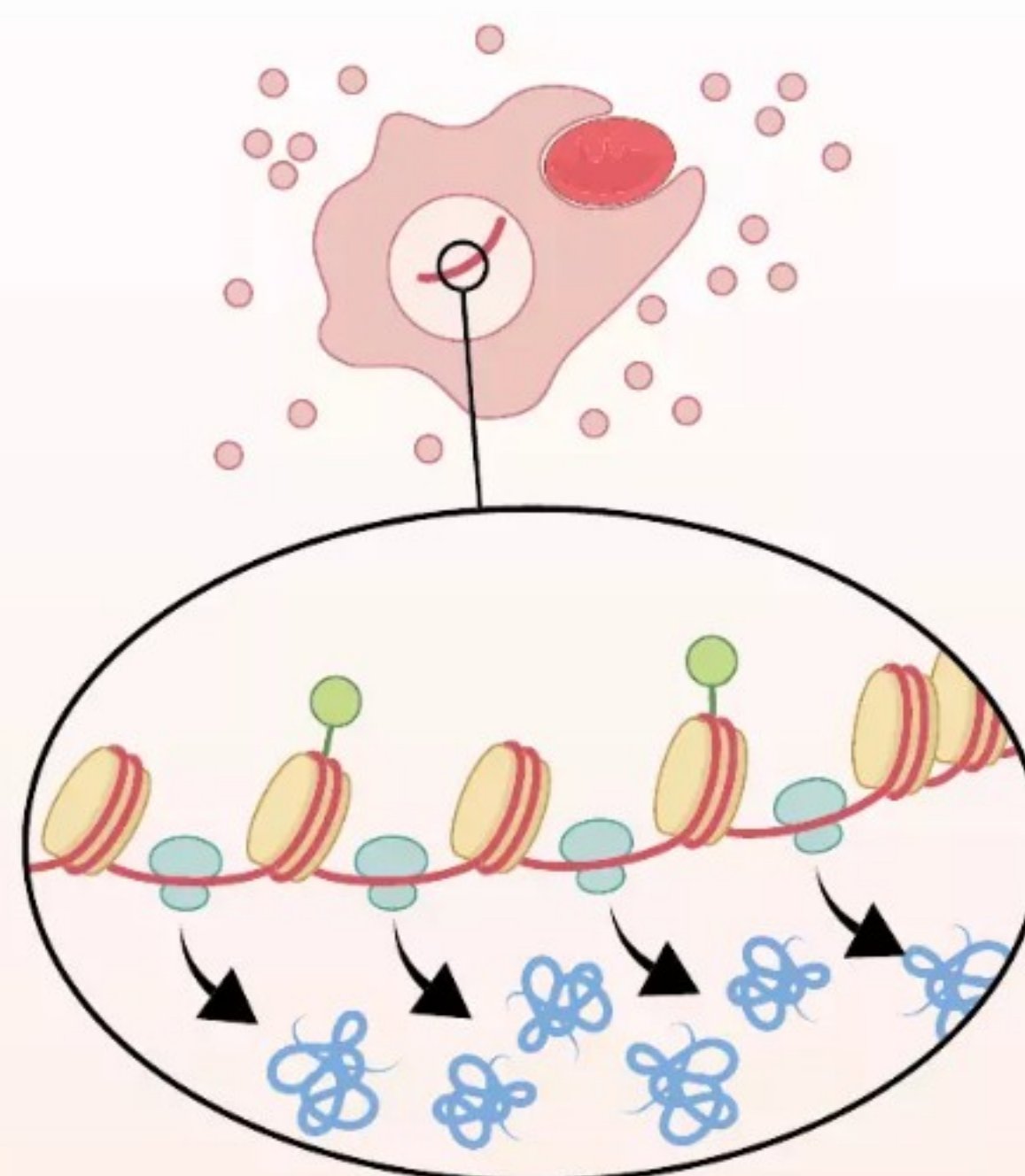
nait un système assez centralisé, avec ses "organes professionnels" (moelle osseuse, thymus, ganglions lymphatiques, rate...) et ses cellules spécialisées (macrophages, lymphocytes B, lymphocytes T, cellules dendritiques...), voilà qu'on découvre que chaque tissu, et pas seulement les intestins, a sa propre immunité, avec des cellules particulières qui y résident en permanence sans nécessairement circuler à l'extérieur. En témoigne la découverte des lymphocytes Trm (pour "T résidents mémoires"), des cellules qui restent à l'intérieur de certains tissus, comme les poumons ou le système nerveux, pour détecter puis éliminer celles infectées par un virus.

Début 2025, ce sont les capacités immunitaires autonomes de la peau qui ont été révélées (lire p. 74). D'où l'idée nouvelle d'une protection intégrée aux organes: chacun posséderait son propre écosystème immunitaire, avec ses règles →



② Cette activation entraîne l'apposition, sur son ADN, de marqueurs épigénétiques: ils ouvrent certaines séquences génétiques et les rendent plus simples à activer.

③ Si ce macrophage ou ses descendants croisent ce même microbe, ils auront ainsi une réponse plus rapide et plus robuste.



et ses acteurs. Plus radicale encore, l'idée d'une défense intégrée aux cellules fait son chemin: *"Toutes les cellules de notre corps peuvent avoir une fonction immunitaire"*, affirme Gérard Eberl.

DES CELLULES CAMÉLÉONS

Ce changement de paradigme majeur en entraîne un second: les cellules que l'on pensait dédiées à l'immunité font en réalité bien d'autres choses. *"Leur fonction de défense, c'est un peu la partie émergée de l'iceberg"*, explique Florent Ginhoux, de l'Institut Gustave Roussy. Dans un article publié en août 2025, l'immunologiste résume leurs multiples fonctions découvertes récemment: réparation des tissus, communication entre organes, métabolisme, conduction électrique... *"Ce sont des cellules caméléons qui modifient leur programme en fonction des tissus où elles se trouvent"*, conclut le chercheur.

Prenons le cas des macrophages, souvent présentés uniquement comme de "gros mangeurs" de microbes. En réalité, ils font bien

plus: ils nettoient toutes sortes de débris (cellules, poussières), participent à la cicatrisation, apportent des facteurs de croissance aux cellules, réparent les os, contrôlent les synapses... *"Les macrophages arrivent très tôt durant le développement et s'installent dans les tissus. Puis, en fonction des cellules qui seront autour d'eux, ils vont acquérir des programmes particuliers"*, décrit Florent Ginhoux. Selon son environnement, une même cellule immunitaire peut donc modifier son comportement.

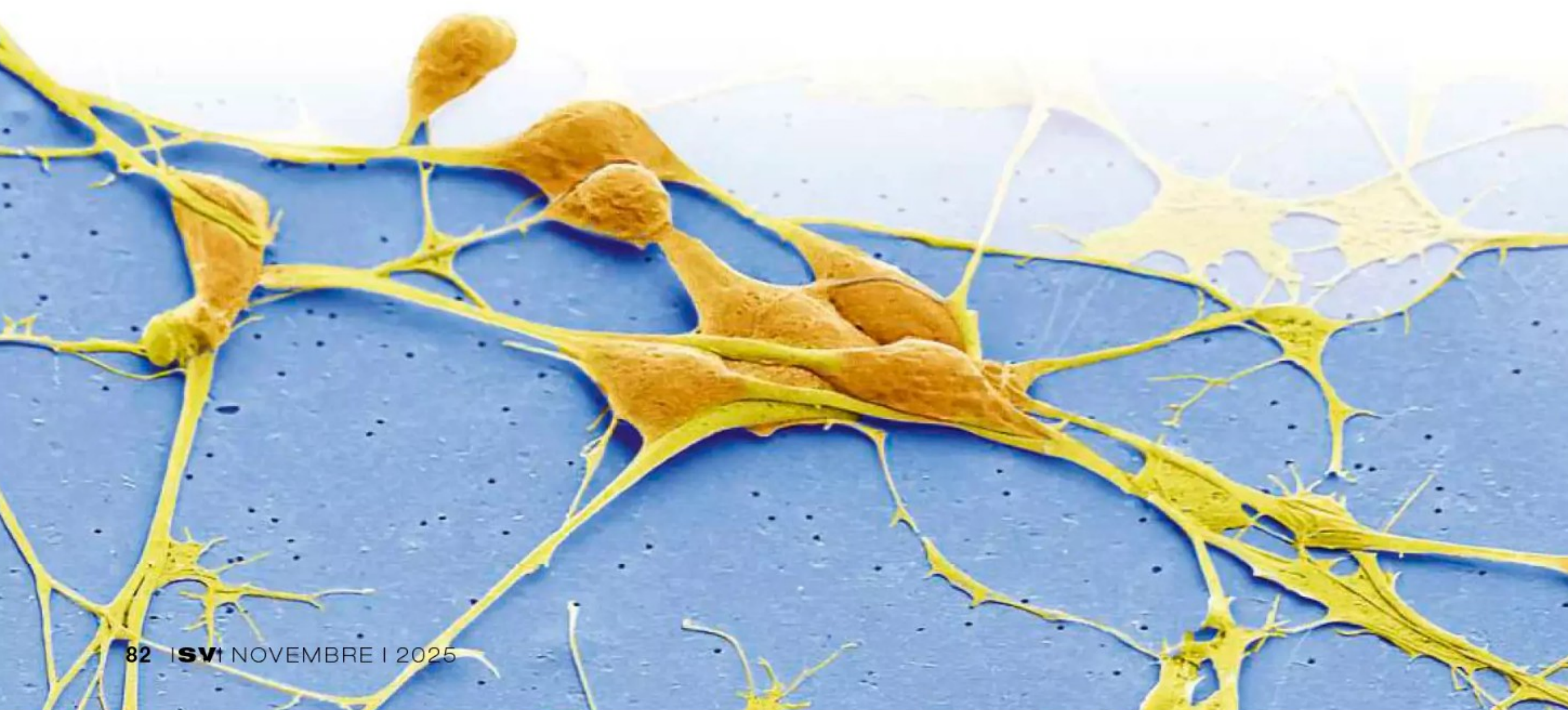
En découle un autre bouleversement. Jusqu'alors, on résumait nos réponses immunitaires à deux phases: la réaction innée, immédiate et basée sur l'intervention des macrophages; puis l'adaptative, reposant pensait-on sur la mémoire immunitaire des lymphocytes. Entre les deux, nos cellules dendritiques récupèrent des bouts de microbes laissés par les macrophages et les présentent aux lymphocytes pour qu'ils produisent des anticorps adaptés ou bien des cellules cytotoxiques, c'est-à-dire toxiques pour les cellules infec-

tées par le microbe en question. *"Cette classification a été inventée par les chercheurs, mais la nature se moque pas mal des typologies"*, souligne Gérard Eberl.

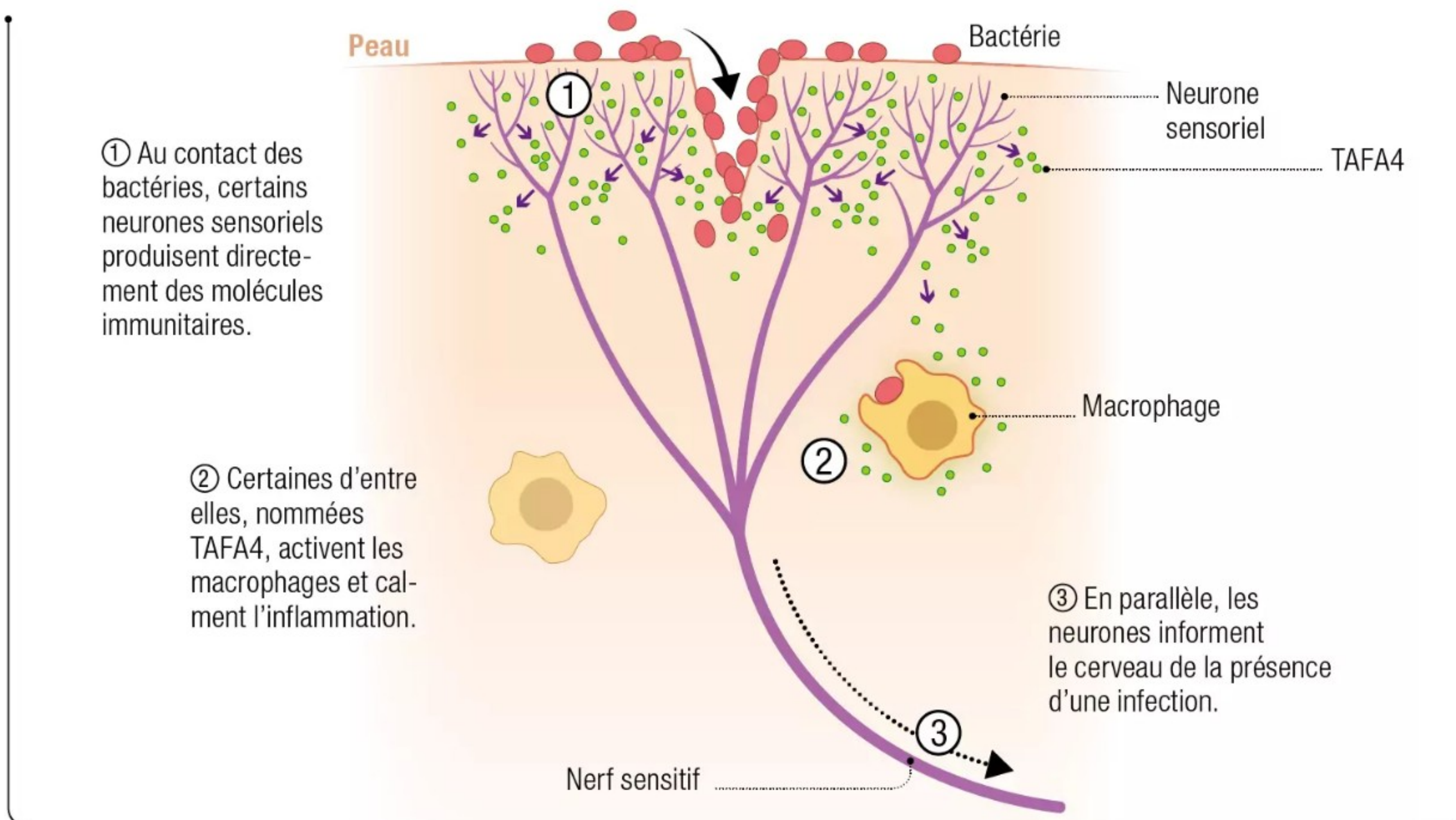
UNE RÉPONSE PLUS ROBUSTE

Eh bien, en réalité, les réponses innées et adaptatives fonctionnent main dans la main –les spécialistes parlent maintenant de "continuum immunitaire". L'un des éléments qui a fait exploser cette classification est le macrophage, loin d'être le gros mangeur sans cerveau que l'on pensait. Lui aussi possède une mémoire: s'il est exposé une seconde fois au même microbe, il aura une réponse plus robuste et plus rapide. C'est ce que l'on appelle l'immunité entraînée ou la mémoire immunitaire innée (voir infographie p. 80).

Le dogme selon lequel seuls les lymphocytes peuvent "se souvenir" d'une infection vole donc en éclats. Comme celui de la temporalité des deux réponses: les macrophages sont bien souvent les premiers sur les lieux, mais certains lymphocytes réagissent en quelques minutes et peuvent agir sur diffé-



Neurones : ils émettent des molécules immunitaires



rents microbes. On les appelle les cellules innées lymphoïdes.

Enfin, impossible de terminer ce tour des bouleversements en immunologie sans évoquer la découverte d'une coopération profonde entre nos systèmes nerveux et immunitaire, deux réseaux que l'on pensait jusqu'alors indépendants. Leur

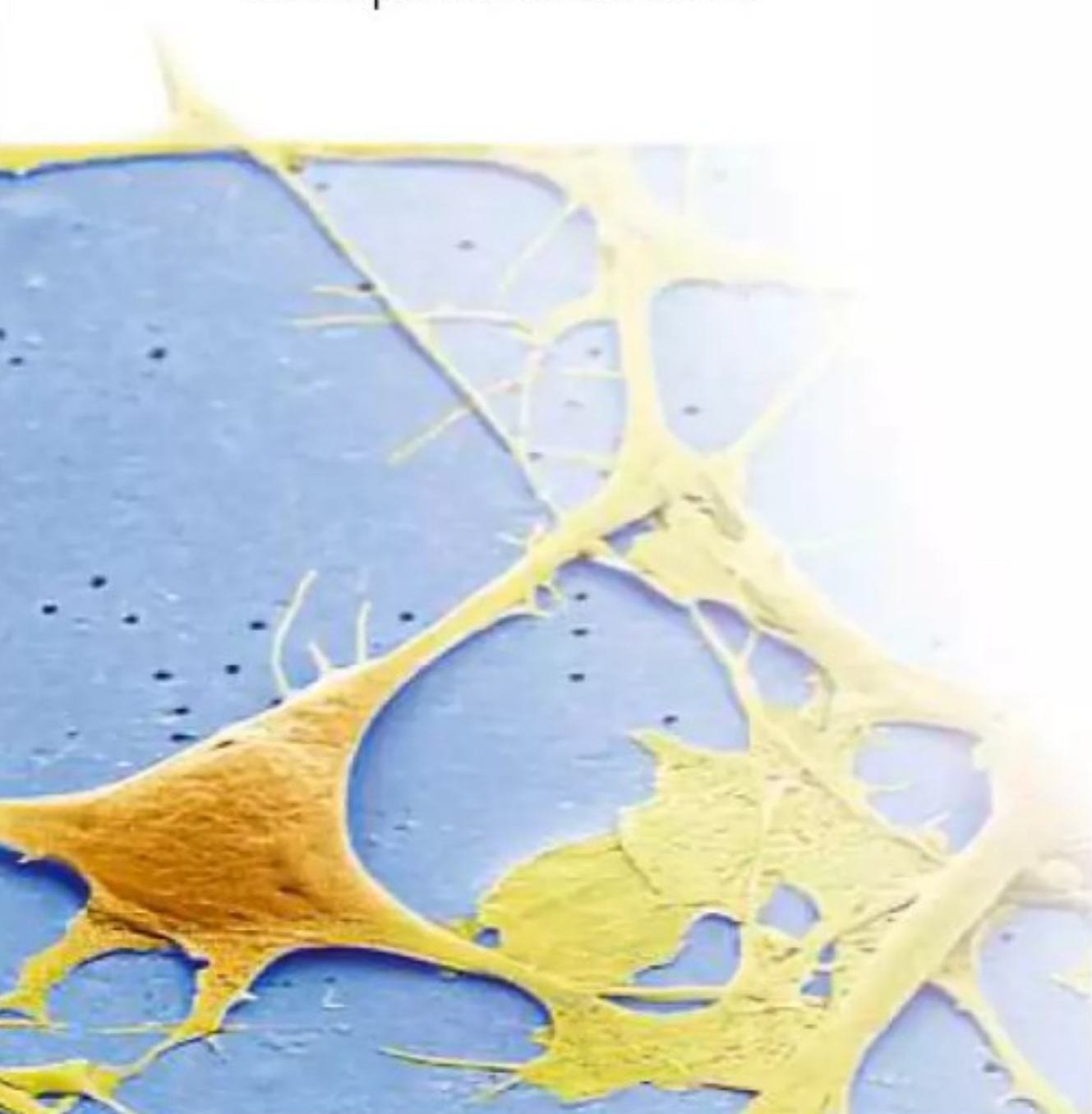
✓ Les neurones ne se contentent pas d'alerter le cerveau, ils contribuent à la réponse immunitaire.

relation est si privilégiée qu'elle est désormais l'objet d'un concept émergent : l'immunité cognitive, qui explore comment le cerveau module les réponses et inversement.

Là encore, c'est un véritable changement de paradigme. *“Pendant longtemps, les recherches dans le domaine de la neuro-immunologie se sont focalisées sur le rôle néfaste du système immunitaire sur le cerveau, dans le cas de maladies neurodégénératives, retrace Sophie Ugolini, l'une des pionnières de ce champ de recherche. Au sein de son laboratoire, Régulation neuronale de l'immunité, au Centre d'immunologie de Marseille-Luminy, son équipe étudie le rôle des neurones impliqués dans la perception de la douleur face à une infection microbienne. “La douleur et l'immunité sont deux systèmes qui s'activent en même temps : nous avons voulu comprendre s'ils interagissaient”, retrace la chercheuse. Et, de fait, en 2021, ses travaux ont montré*

que les neurones produisent des molécules capables de “parler” au système de défense. *“Ils participent de façon active aux réactions en modulant la fonction et le recrutement des cellules immunitaires au sein du tissu”, explique Sophie Ugolini. En fonction du contexte et du type de neurones, cette modulation peut ainsi accentuer une inflammation en cours, ou au contraire la calmer.*

Ce n'est qu'un exemple du lien entre cerveau et immunité. Le stress se révèle, lui, capable d'affaiblir nos réponses immunitaires. L'effet placebo, de les activer (voir *S&V n°1225, p. 64*). Enfin, une étude publiée en juillet 2025 suggère qu'il pourrait même exister une forme d'anticipation neuronale de l'immunité : à la vue de personnes malades, notre cerveau semble déclencher un début de réaction, comme pour se préparer au pire... Notre immunité est loin d'avoir livré tous ses secrets.



5 GRANDES QUESTIONS EN SUSPENS

On est loin de tout savoir sur les réponses immunitaires : voici certaines des interrogations qui continuent d'occuper les scientifiques.

Comment nos cellules immunitaires repèrent-elles le danger ?

Nos cellules immunitaires peuvent distinguer l'origine d'une cellule en fonction des protéines collées sur son enveloppe externe, appelées antigènes, un peu comme si elle était coiffée d'une casquette ornée de motifs différents selon sa provenance. Ces protéines sont codées par un groupe de gènes, propres à chaque individu et, *a fortiori*, à chaque espèce. Ainsi, dès lors qu'une casquette aux motifs nouveaux apparaît, nos cellules immunitaires la détectent.

Fort heureusement, elles ne déclenchent pas la foudre à chaque fois, sans quoi nous serions en inflammation permanente : les réponses immunitaires vont surtout dépendre de ce que ces corps étrangers font en nous. S'ils se mettent à tuer nos cellules, à consommer beaucoup de nutriments ou encore à libérer des molécules toxiques, alors les réponses iront crescendo. S'ils restent incognito,

sans faire de grabuge, le système immunitaire sera activé mais pas en mode guerrier. *"Pour moi, c'est une histoire de relation : si un microbe ne sait pas comment dialoguer avec le système immunitaire, il devient un pathogène"*, estime l'immunologiste Marc Daéron.

Récemment, des chercheurs ont découvert que nos réponses immunitaires dépendent aussi d'un autre facteur : la croissance des microbes. Certains lymphocytes sont en effet capables de détecter le nombre d'antigènes identiques présents en un lieu, et ne ripostent qu'en cas d'augmentation importante. *"On voit se dessiner l'idée que le système immunitaire a été sélectionné par l'évolution non pas pour reconnaître les pathogènes ou le non-soi, mais plutôt les changements moléculaires soudains"*, suggère Thomas Pradeu, chercheur au CNRS.



Pourquoi tolère-t-on un fœtus, alors qu'il nous est à moitié étranger ?

La moitié des chromosomes d'un fœtus proviennent du père et diffèrent donc de ceux de la mère, qui porte le fœtus. Or, parmi ces gènes, se trouvent ceux qui codent pour ces fameux "motifs sur la casquette" (*lire question précédente*) : les cellules du fœtus sont donc repérées comme venant de l'extérieur par le système immunitaire maternel ! En outre, les premières cellules fœtales – dites trophoblastiques – ont un comportement très agressif lorsqu'elles s'enfoncent à l'intérieur de la muqueuse utérine. En toute logique, elles pourraient être considérées comme dangereuses par le système immunitaire de la mère... et rejetées. Or il n'en est rien. Pourquoi ? *"C'est un domaine sous-étudié, il nous reste beaucoup à comprendre"*, reconnaît Gérard Eberl, de l'Institut Pasteur. Les chercheurs ont découvert que ces cellules trophoblastiques, qui vont ensuite constituer le placenta, possèdent une casquette tout à fait particulière : un antigène appelé HLA-G, qui semble endormir les cellules immunitaires maternelles. Elles fabriquent aussi des molécules anti-inflammatoires et induisent la transformation des lymphocytes T locaux en lymphocytes dits "régulateurs" (Treg), qui semblent, eux, inhiber les lymphocytes T conventionnels dirigés contre les cellules fœtales. Ainsi, chez la souris, lorsque ces lymphocytes régulateurs sont supprimés, le risque de perte fœtale est bien plus élevé.

En outre, les cellules maternelles présentes dans l'utérus possèdent également quelques spécificités. Certains lymphocytes, dits NK, sont par exemple bien moins agressifs qu'ailleurs dans l'organisme, et participent même au remodelage vasculaire nécessaire à l'implantation de l'embryon. Enfin, les modifications, notamment hormonales, liées à la grossesse pourraient aussi moduler temporairement le comportement des cellules immunitaires maternelles : durant la grossesse, les lymphocytes B ont une activité réduite et produisent moins de molécules inflammatoires.

^ Malgré un ADN différent de celui de la mère, les premières cellules fœtales, ici en train de s'agréger, sont épargnées par le système immunitaire.

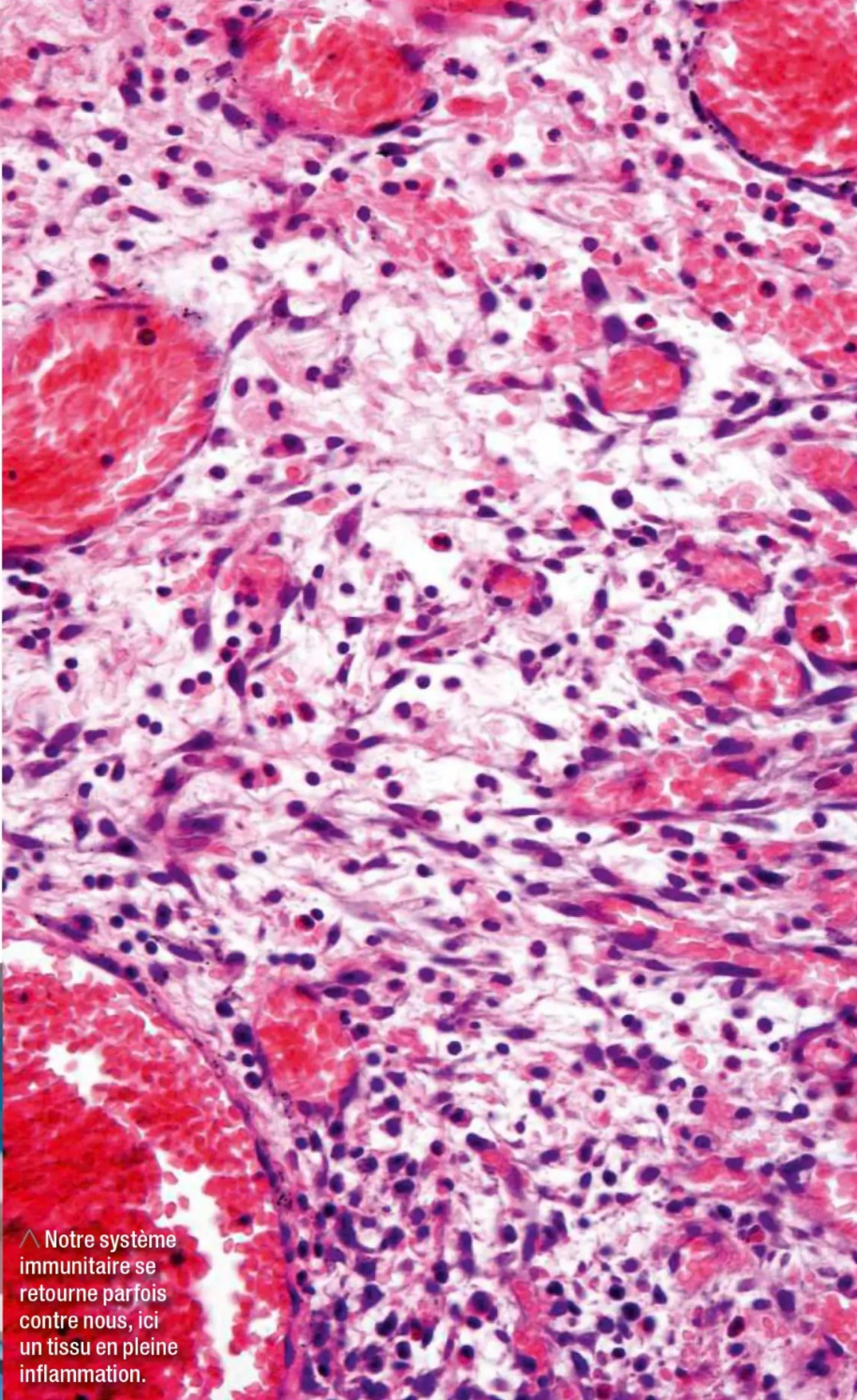
Le cerveau garde-t-il en mémoire nos réponses immunitaires ?

On connaît les aires du cerveau dédiées au toucher, à la vision, aux mouvements... mais en existe-t-il spécialisées dans l'immunité ? *"Certaines zones du cerveau sont bien activées par les réponses immunitaires"*, répond Gérard Eberl. Elles réagissent particulièrement aux signaux inflammatoires, et de manière spécifique en fonction des organes concernés – de quoi suggérer une *"implication du système nerveux dans la détection, l'interprétation et le stockage de l'information associée aux infections"*, estiment Ruslan Medzhitov et Akiko Iwasaki, deux spécialistes américains. C'est le concept d'immuno-gramme, de plus en plus considéré par les experts : le cerveau pourrait conserver une trace neuronale spécifique des événements immunologiques. Et face à une menace déjà affrontée par le passé, il réactiverait ces mêmes ensembles neuronaux pour faciliter la réponse immunitaire appropriée.

INSTITUT PASTEUR - SCIENCE PHOTO LIBRARY



^ Notre système immunitaire se retourne parfois contre nous, ici un tissu en pleine inflammation.

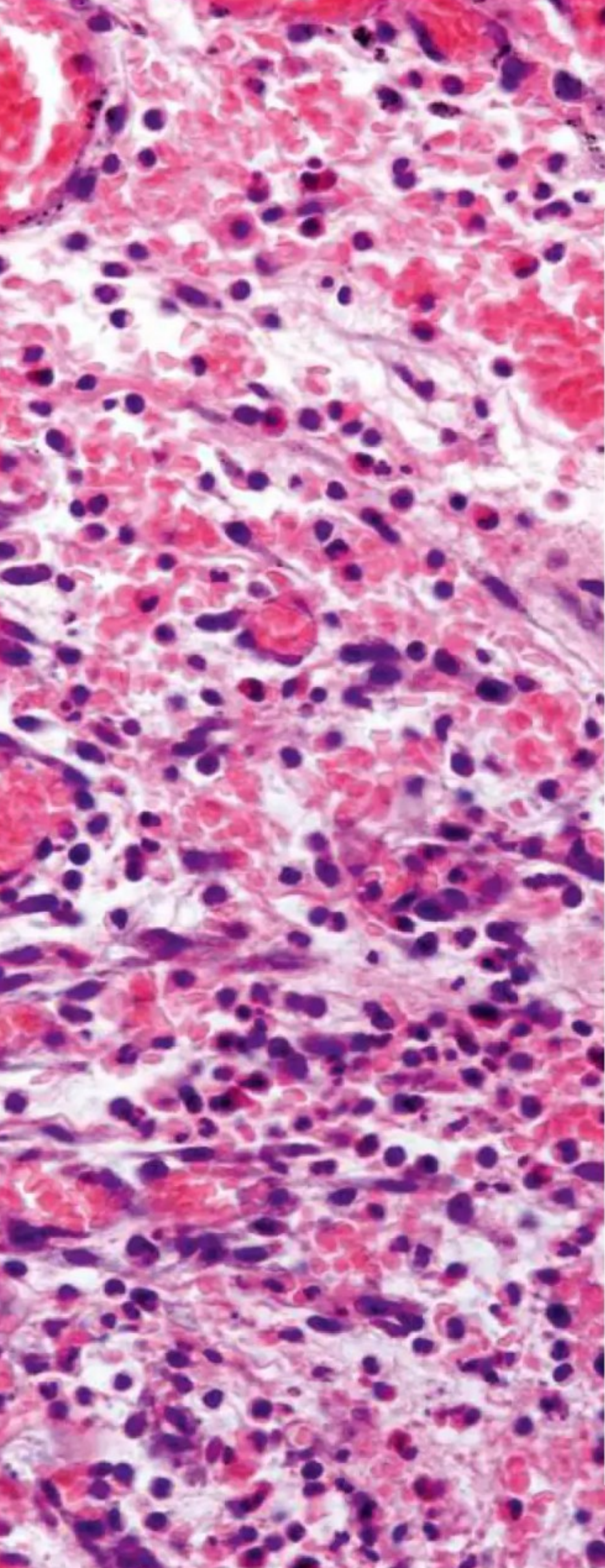


“

Certaines zones du cerveau sont bien activées par le système immunitaire

GÉRARD EBERL
Chercheur à l'Institut Pasteur

”



Comment expliquer la susceptibilité individuelle ?

Pourquoi certaines personnes répondent-elles mieux que d'autres à de mêmes infections ou une même vaccination ? L'une des explications réside dans les variabilités génétiques. En effet, pas moins de 6 à 7 % de tous nos gènes sont spécifiquement consacrés au système immunitaire : quelques mutations sur un seul de ces gènes suffisent déjà pour observer des singularités. D'après une étude européenne menée sur 1 000 participants en bonne santé, ces variations génétiques pourraient expliquer quelque 25 % de la variabilité individuelle des réponses immunitaires.

Autres facteurs : l'âge et le sexe, qui contribuent pour environ 5 % à la différence observée. De fait, les cellules immunitaires – comme d'autres cellules – possèdent des récepteurs aux hormones sexuelles et modifient leur activité en conséquence. En moyenne, les œstrogènes, les hormones féminines, ont une action stimulante sur l'immunité, alors que la testostérone a un effet immunosuppresseur. Ainsi, les hommes sont plus sensibles aux effets aigus des maladies virales, tandis que les femmes présentent une réponse immunitaire globalement plus robuste. Avec une contrepartie :

cela peut les rendre plus vulnérables aux complications auto-immunes.

Ce n'est pas tout : les événements que nous rencontrons au cours de notre vie, depuis la période *in utero* jusqu'à la mort, jouent aussi un rôle. D'abord, les infections et les anticorps maternels façonnent le développement immunitaire du fœtus. Les circonstances de la naissance jouent également : les nourrissons nés prématurément ou par césarienne présentent des quantités très variables de cellules immunitaires ou de profils inflammatoires. Par la suite, les agents pathogènes rencontrés, ainsi que les communautés microbiennes qui nous entourent, modulent encore les réponses.

Enfin, nos modes de vie ont un impact majeur. Par exemple, chez les fumeurs, les cellules immunitaires localisées dans les poumons sont altérées : lorsqu'ils sont exposés à des microbes, la réponse inflammatoire est plus forte – une différence qui peut perdurer jusqu'à vingt ans après le sevrage ! Enfin, l'exercice physique régulier module, lui aussi, l'immunité – positivement, cette fois, car il induit une augmentation du nombre de cellules immunitaires circulant dans le sang.

Pourquoi le système immunitaire se retourne-t-il parfois contre nos cellules ?

Dans le cas des maladies auto-immunes, comme la sclérose en plaques, la polyarthrite rhumatoïde ou encore le diabète de type 1, notre système immunitaire se met à attaquer nos propres cellules. Ce phénomène intrigant touche en particulier les femmes, qui représentent plus de 80 % des personnes atteintes.

En théorie, lorsqu'ils sont fabriqués dans le thymus, les lymphocytes subissent une sélection drastique : seuls ceux qui n'ont aucune affinité pour les constituants du corps humain sont libérés dans la circula-

tion lymphatique. Mais "*ces mécanismes de contrôle sont parfois insuffisants*", affirme Marc Daëron. Plusieurs mutations affectant les lymphocytes ou dérégulant ce système de sélection ont été identifiées, d'où l'existence de prédispositions génétiques à développer ces maladies. Mais une affinité soudaine entre des lymphocytes et nos autres cellules pourrait aussi survenir par accident : un lymphocyte peut donner naissance à des cellules filles dont les récepteurs ont légèrement changé, de sorte qu'elles s'attacheront à nos

propres cellules – on parle dans ce cas de lymphocytes "autoréactifs".

Plus récemment, des chercheurs ont émis l'hypothèse que ces réactions visent parfois des cellules en provenance du fœtus, qui s'installent chez la mère durant la grossesse et persistent dans les tissus. Pour des raisons encore inconnues, ces cellules dites "microchimériques" feraient l'objet d'une attaque immunitaire. Ce qui expliquerait pourquoi les femmes sont plus concernées par les maladies auto-immunes que les hommes.

VERS UNE NOUVE DE L'IMMUNITÉ... ET

“Vivre avec” plutôt que “survivre contre” : et si c’était cela, le rôle du système immunitaire ? Dans un ensemble d’interactions à reconsidérer.

Une sorte d’armée patrouillant à l’intérieur de nos organismes et qui, à la vue du moindre élément étranger, lui saute dessus pour l’éliminer. Un système intolérant, luttant aveuglément contre le non-soi. Voilà ce que l’on imagine lorsqu’on évoque le système immunitaire, ce qui nous est enseigné à l’école, ce qui est écrit dans la plupart des livres grand public. Le champ lexical de ces documents est d’ailleurs éloquent : on y croise des tueurs, des armes, des soldats, des frontières, des corps étrangers forcément dangereux...

Cette vision ne tient plus. Depuis plus de vingt ans, les découvertes s’accumulent, mettant à

mal l’idée d’un outil de défense territoriale rejetant systématiquement l’autre. *“L’organisme a cessé d’être une citadelle de soi assiégée par des légions de non-soi, comme un village gaulois assiégé par les Romains. Il s’est ouvert au monde et aux autres, qui s’y sont trouvés fort bien”*, résume Marc Daëron dans son essai *L’Immunité, la vie* (éd. Odile Jacob, 2021). L’immunologiste émérite appelle ses collègues à *“se débarrasser de ces a priori qui entravent la pensée immunologique et l’entraînent vers une idéologie qui n’a pas place dans une discipline scientifique”*. Bref, il est grand temps de cesser de s’imaginer en guerre permanente contre les autres.

Les dernières découvertes soutiennent cette idée, dévoilant un système immunitaire aux mille et une fonctions –et la défense de l’organisme, si elle en fait bien partie, n’en serait pas même la première. Comment alors l’envisager, cette immunité ? Comme un système spécialisé dans nos interactions avec le monde extérieur, un peu à l’instar du cerveau, sauf qu’ici, tout se passe à l’intérieur de notre organisme et à des échelles microscopiques, cellulaires voire moléculaires. Un système qui, *“plus que nous défendre contre les autres, nous permet de vivre avec les autres, ceux qui nous entourent et ceux qui sont en nous”*, insiste Marc Daëron.

DOTÉ D’INTELLIGENCE COLLECTIVE

Pour cela, il est en communication permanente avec notre encéphale, notre microbiote, mais aussi avec



LE VISION DE NOTRE SANTÉ

l'ensemble de nos tissus et de nos cellules, qui chacune semble pouvoir influencer nos réponses immunitaires. D'où l'urgente nécessité de modifier notre manière de l'étudier. *"Il est impossible de comprendre ses propriétés en analysant ses composants individuellement, tout comme il est impossible de comprendre comment les termites construisent leurs monticules en étudiant les insectes individuellement"*, écrivent Ruslan Medzhitov et Akiko Iwasaki, qui considèrent, quant à eux, l'immunité comme un système doté d'intelligence collective, où les actions et interactions des cellules individuelles contribuent à son adaptabilité et à son efficacité globale.

Pour percer les secrets de l'immunité, il faudra ainsi imiter ses mécanismes : créer des interactions entre différentes disciplines, faire dialoguer les immunologistes avec les

neuroscientifiques, les microbiologistes, les spécialistes de l'évolution et ceux du développement...

"À terme, l'immunologie pourrait tellement s'amplifier en raison de toutes ces interactions que son unité et son identité en tant

que domaine de recherche pourraient bien finir par exploser", anticipe même le philosophe des sciences Thomas Pradeu. Jusqu'à faire disparaître le concept même de système immunitaire ? Et pourquoi pas...

Les bactéries aussi ?

Tous les êtres vivants sont dotés d'immunité. Évidemment, chez les unicellulaires, ces réponses reposent sur des mécanismes moléculaires, comme Crispr-Cas9 qui permet de détecter puis découper les molécules d'ADN exogènes. Plus de 200 types de systèmes immunitaires différents ont été caractérisés chez les bactéries – il en existerait des dizaines de milliers –, et certains possèdent une forme de mémoire : en cas de deuxième exposition à la même molécule d'ADN exogène, la réponse sera plus rapide et robuste. Il existe ainsi une mémoire immunitaire sans cellules ! *"On découvre des similarités entre les systèmes bactériens et les nôtres, certains mécanismes ont donc été conservés à travers l'évolution. C'est vraiment l'occasion de repenser l'immunité"*, s'enthousiasme Thomas Pradeu.

VIE SUR MARS L'ÉCHANTILLON QUI SECOUE LA SCIENCE

On ne peut encore ni le confirmer ni l'infirmier, mais il se pourrait bien qu'un robot envoyé sur la Planète rouge ait déniché la première preuve d'une vie extraterrestre. Jamais, en effet, les scientifiques n'avaient identifié des traces aussi typiques d'une signature biologique. Les chercheurs retiennent leur souffle.



Le robot Perseverance s'est pris en selfie devant la roche Cheyava Falls, qu'il vient de percer.

NASA/JPL-CALTECH/MSS - M.TUMELAIRE

Neretva Vallis, Mars, 18 juillet 2024. Dans le silence de l'ancien lit de rivière, la roche baptisée Cheyava Falls vibre sous les coups de perceuse du rover Perseverance. Des vibrations qui allaient provoquer des remous jusque sur Terre... Car cet événement est désormais historique, et la Nasa l'a célébré en grande pompe le 10 septembre dernier. La raison ? Cheyava Falls pourrait être rien de moins que la première preuve d'une vie extraterrestre. Elle porte des stigmates particuliers, qui auraient pu être laissés par un organisme voilà 3,5 milliards d'années.

Certes, ce n'est pas la première pierre martienne suspectée de porter des traces de vie. Les scientifiques ont presque toujours démontré que la piste biologique était à exclure, et que ce qui avait été pris pour des artefacts biologiques résultait de processus physico-chimiques. Mais pas cette fois. Après un an d'analyses, la piste biologique résiste. On "pourrait", donc, avoir trouvé d'anciennes traces de vie sur une autre planète que la nôtre, et le simple fait que le doute soit permis est phénoménal. Les répercussions seraient folles : si la vie est apparue sur la Terre et sur sa proche voisine, c'est qu'elle émerge facilement et que, statistiquement, elle pullulerait dans la Galaxie. À moins que la vie terrestre ne provienne justement de micro-organismes martiens, acheminés sur Terre par transfert de météorites ?

Prudents, les chercheurs appellent à la retenue : rien n'est encore prouvé. *"La science des premières traces de vie et de leur conservation est déjà tellement compliquée sur Terre qu'il faut toujours rester mesuré, a fortiori sur un échantillon extraterrestre, avertit* Cathy Quantin-Nataf, planétologue à l'université Lyon 1 et coautrice de l'étude. *Mais*

oui, c'est le premier indice tangible d'une possible biosignature. C'est notre échantillon de roche martienne le plus précieux !"

"Ce qui est amusant, c'est qu'à l'origine, on n'avait même pas prévu de prélever un échantillon de cette roche", raconte Nicolas Mangold, géologue à Nantes Université, également coauteur de l'étude. En juillet 2024, Perseverance explorait une région de quelques centaines de mètres surnommée Bright Angel, où des affleurements d'argile avaient été repérés quelque temps plus tôt par le satellite Mars Reconnaissance Orbiter, qui cartographie la surface de la planète. Un peu par hasard, les ingénieurs ont demandé au rover de sonder une roche plate, de 1 m sur 0,6 m, d'apparence banale, qu'ils ont baptisée Cheyava Falls. Bien leur en a pris ! Avec sa petite foreuse, le robot a creusé à 3 cm sous la surface et découvert de curieux motifs : de toutes petites taches claires de quelques millimètres de diamètre, entourées d'un liseré sombre, dont l'aspect ressemble à de minuscules taches de léopard.

UNE DÉCISION OSÉE

"C'était la première fois que l'on observait ce genre de motif sur Mars", relate Nicolas Mangold. Pour les scientifiques, Cheyava Falls méritait que le rover s'y attarde un peu. Après concertation, ils ont même décidé d'en faire un carottage pour en extraire un

Les 2 origines possibles pour ces taches de léopard

1. Des réactions chimiques abiotiques...

Les taches millimétriques de la roche, des minéraux de greigite et de vivianite, pourraient être le produit de réactions d'oxydoréduction entre des sulfures et des sulfates lors d'infiltrations d'eau liquide. Mais ce type de réaction demande des températures d'au moins 100°C, or aucune source de cette chaleur ne semble avoir existé à proximité.





Quid d'une contamination terrestre ?

Les scientifiques sont formels : les bactéries n'ont pas pu être apportées par Perseverance lui-même. D'abord parce que le rover (et sa perceuse) était ultra-stérilisé lors de son arrivée sur Mars. Mais surtout parce que ces taches se sont formées il y a 3,5 milliards d'années.

échantillon à rapporter sur Terre dans plusieurs années. *“C’était assez osé, parce qu’à ce moment-là, on ne disposait pas des informations actuelles”*, note le géologue. Or le nombre de prélèvements que le rover peut effectuer est limité à 40 : percer Cheyava Falls, c’était sacrifier un échantillonnage ultérieur, potentiellement plus intéressant. *“Cela a été beaucoup débattu, poursuit le chercheur. Mais nous savons aujourd’hui que la décision finale a été la bonne, car cet échantillon, que nous avons baptisé Sapphire Canyon, s’avère à ce jour le plus intéressant de la mission.”*

DES TRACES DE BACTÉRIES ?

Passées au crible par les instruments du rover, les taches de léopard se révèlent composées de greigite, un minéral riche en fer et en soufre réduit, c'est-à-dire qui a perdu de l'oxygène. Or le reste de la roche sur laquelle reposent ces marques est, lui, oxydé... comme d'ailleurs toute la surface martienne – d'où sa couleur rouille. Les taches sont donc tout sauf anecdotiques : comment de petits îlots de réduction ont-ils pu apparaître dans un océan d'oxydation ?

“Si de tels motifs étaient observés sur Terre, on penserait directement à des traces laissées par d’anciens micro-organismes”, pointe Nicolas Mangold. En effet, certaines bactéries terrestres génèrent des réactions de réduction de phosphates ou de sulfates pour créer l'énergie nécessaire à leur développement. *“C’est un phénomène répandu dans les systèmes terrestres, admet Caroline Freissinet, exobiologiste au laboratoire Atmosphères et observations spatiales à Guyancourt et participante à la mission Curiosity. Lorsque l’on observe ce genre de motifs, on se dit immédiatement que —>*

2. ... ou d'anciens micro-organismes extraterrestres

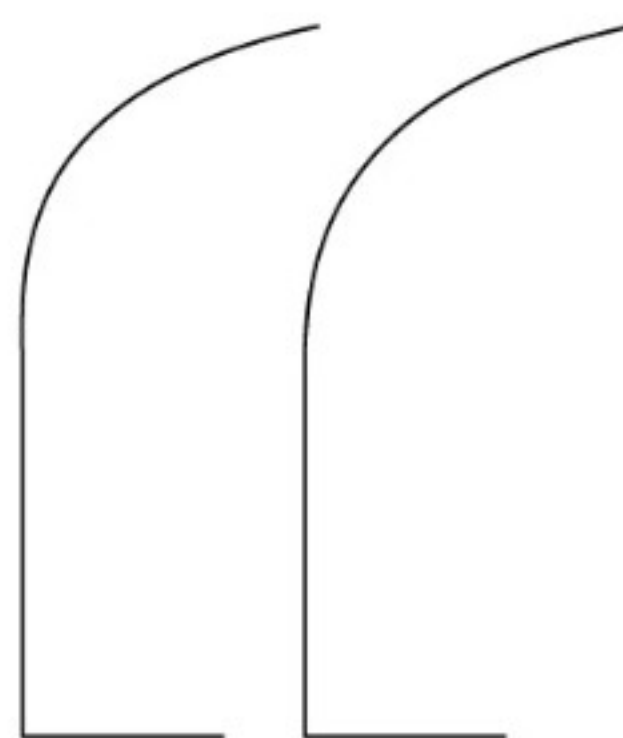
Ces mêmes réactions d'oxydoréduction auraient aussi pu être catalysées par d'hypothétiques bactéries pour en tirer l'énergie nécessaire à leur métabolisme.

des bactéries ont dû traîner par là dans le passé. D'autant que des molécules organiques ont été détectées au sein des taches de léopard... S'agirait-il de restes d'anciennes bactéries ?

C'est une option, mais pas la seule : des molécules organiques sont régulièrement déposées sur Mars par des chutes de météorites. *"Quant aux réactions de réduction, elles peuvent très bien être purement chimiques. C'est même le plus probable sur Mars"*, souligne Nicolas Mangold. De nombreux processus abiotiques sont en effet capables de générer des taches de minéraux réduits. Sauf qu'en général, ils ne sont efficaces que dans les environnements extrêmes, très acides ou soumis à des températures de plus de 100°C. Or les analyses de la zone, dont la température ne dépasse pas les 17°C, n'indiquent aucune présence de sources hydrothermales ou de gaz magmatiques à proximité. La piste biologique ne peut être balayée.

L'INCERTITUDE DEMEURE

PATRICK GARÇON/NANTES MÉTROPOLE Las, il sera difficile de trancher : Perseverance est arrivé au bout de ses capacités d'analyse. *"Le seul moyen d'en savoir plus serait de rapporter l'échantillon sur Terre"*, explique Nicolas Mangold. Justement, le robot est le premier volet d'une ambitieuse mission de retour d'échantillons : Mars Sample Return. Un autre appareil était censé le rejoindre, récupérer ses 40 échantillons et les renvoyer



NICOLAS MANGOLD
Géologue à Nantes
Université



Si de tels motifs étaient observés sur Terre, on penserait directement à des traces laissées par d'anciens micro-organismes



sur orbite martienne, où un troisième appareil, théoriquement de facture européenne, aurait assuré leur transport vers la Terre. Après une période de quarantaine, les échantillons auraient enfin pu être analysés, afin de déterminer si les molécules organiques sont d'origine biologique ou non. Un projet phénoménal et qui paraissait bien lancé... jusqu'à ce que Donald Trump s'en mêle.

On connaît la chanson : le nouveau budget proposé par la Maison Blanche pour la Nasa est une saignée de son programme spatial. Et Mars Sample Return a été tout bonnement annulée. Tout n'est pas perdu : le Congrès américain doit encore valider ce budget dans les prochains mois... mais cela paraît mal engagé. Il est probable que la mission se borne à l'exploration de Perseverance et que les échantillons soigneusement récoltés ne quittent jamais le sol martien.

L'annonce de la Nasa est donc en demi-teinte. Certes, on n'a jamais été aussi proches de découvrir des traces de vie sur une autre planète, mais le confirmer ou l'infirmier n'est pas à l'ordre du jour. Les scientifiques se font une raison. *"La seule chose à faire, c'est de continuer l'exploration des régions alentour pour obtenir des informations complémentaires : la mission de Perseverance se cantonnera à une mission d'exploration, comme Curiosity"*, avance Nicolas Mangold. Caroline Freissinet, elle, rappelle l'essentiel : *"La façon dont a été menée cette étude, et son super résultat, c'est déjà en soi quelque chose de scientifiquement fabuleux."* C'est vrai... mais ce pourrait être tellement plus.

Tianwen-3, le nouvel espoir ?

Si les États-Unis ont annulé leur programme de retour d'échantillons martiens, celui des Chinois est toujours à l'ordre du jour : la mission Tianwen-3 devrait décoller en 2028 en direction de la Planète rouge et rapporterait des échantillons sur Terre dès 2031. Une grande première ! Mais leur intérêt pourrait être limité en termes de recherche de vie : les échantillons seront prélevés sur la zone d'atterrissage, à l'inverse de ceux de Perseverance qui ont été sélectionnés avec soin dans les régions aux conditions les plus prometteuses, tout au long de son parcours de 40 km. Ce que rapportera Tianwen-3 risque donc de n'être que de la roche basaltique stérile. À moins que les traces de vie abondent sur la Planète rouge, bien sûr...

PRAGUE, DRESDE ET LES CHÂTEAUX DE BOHÊME

Une croisière inédite sur l'Elbe et la Moldau

DÉPARTS DE MAI À OCTOBRE 2026

En partenariat avec **CroisiEurope**

Les points forts de votre croisière

- **La visite des châteaux de Bohême** : Konopiste, ancienne résidence de chasse des Habsbourg et Nelahozeves, de style Renaissance, avec sa collection privée d'œuvres d'art.
- **Plusieurs jours dans la capitale tchèque** : Prague surnommée la ville aux cent clochers.
- **Un tarif spécial lecteurs** à partir de 1769 €/pers. en pension complète avec boissons incluses et taxes !



- **Un navire 5 ancres à taille humaine**, le MS Elbe Princesse II (81 passagers seulement) et **un équipage francophone aux petits soins.**

TÉLÉCHARGEZ LA DOCUMENTATION COMPLÈTE



sur notre site

www.voyages-lecteurs.fr/sv

OU

INFORMATIONS & RÉSERVATIONS

01 41 33 56 56 en précisant **Science & Vie**

Du lundi au vendredi de 9h à 18h, le samedi de 9h à 12h et de 13h à 17h

Demandez votre brochure sans engagement à : Science & Vie - Croisière Prague - 59898 Lille Cedex 09

M086 # L1598556 Code article : 785147

Nom* : Prénom* :

Adresse* :

CP* : Ville* : Tél. :

email :

(Utile pour recevoir nos bons plans Croisières et Voyages)

Date de naissance : (pour fêter votre anniversaire)

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

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

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

* 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.com, CroisiEurope.

VOYAGES
LECTEURS

Science & FICTION

ASTÉRIX

Soixante-six ans après la première BD relatant leurs aventures, nos valeureux Gaulois préférés, Astérix et Obélix, reviennent en librairie. On s'en réjouit, par Toutatis !



L'album archéologique
de **Coralie Hancock**



< Astérix
légionnaire
(1967)

ASTÉRIX® - OBÉLIX® - IDÉFIX® / © 2025 LES ÉDITIONS ALBERT RENÉ/GOSCINNY-UDERZO - M. TUMELAIRE

Un village qui résiste farou-
chement à l'envahisseur
romain, une force invin-
cible, des sangliers rôtis au
menu... Parmi les leitmotifs
de leur épopée, lesquels
sont vraisemblables ?

Ils sont de retour ! Astérix et Obélix, les héros les plus célèbres de la bande dessinée française, imaginés en 1959 par René Goscinny (1926-1977) et Albert Uderzo (1927-2020), reviennent dans les librairies le 23 octobre avec un 41^e album – à l'écriture, Fabcaro, et au dessin, Didier Conrad. Cette fois, les deux irréductibles Gaulois partent sillonner la Lusitanie, l'actuel Portugal. Et même si, au moment où nous écrivons ces lignes, le déroulement de cette intrigue est jalousement gardé secret, gageons que pour notre plus grand bonheur, nos héros donneront beaucoup de baffes aux Romains, qu'ils se gaveront de potion magique – sauf Obélix, qui est tombé dedans quand il était petit – et qu'à la fin, ils fêteront leur retour par un traditionnel banquet composé de sangliers rôtis. *"J'ai aimé lire Astérix quand j'étais enfant – et encore aujourd'hui –, même s'il est vrai qu'on y voit beaucoup de clichés et d'idées fausses sur les Gaulois. L'une des plus flagrantes est probablement celle concernant les menhirs, qui ont en réalité été érigés au moins 1 000 ans plus tôt"*, indique Matthieu Poux, professeur d'archéologie à l'université Lyon 2. Mais soyons magnanimes : *"Ces clichés reflètent ce que l'on savait des Gaulois dans les années 1950"*, tempère le chercheur. Six décennies plus tard, nos connaissances sur cette période ont nettement progressé – une excuse pour relire l'épopée de nos Gaulois préférés.

Attention, spoiler !

LA QUASI-TOTALITÉ DE LA GAULE ÉTAIT-ELLE OCCUPÉE PAR LES ROMAINS ?

“Nous sommes en 50 avant Jésus-Christ. Toute la Gaule est occupée par les Romains... Toute ? Non ! Un village peuplé d'irréductibles Gaulois résiste encore et toujours à l'envahisseur. Et la vie n'est pas facile pour les garnisons de légionnaires romains des camps retranchés de Babaorum, Aquarium, Laudanum et Petibonum.” Tel est le préambule de presque tous les albums d'Astérix. Cette date de 50 av. J.-C., Goscinny et Uderzo ne l'ont pas choisie par hasard : c'est seulement deux ans après le siège d'Alésia. Celui-ci s'est soldé par la défaite de Vercingétorix (*“Alésia ? Connais pas !”*, dicit Abraracourcix, le chef du village), mettant fin à la guerre des Gaules menée par Jules César.

Cela ne signifie pas pour autant que tous les peuples gaulois ont été vaincus et que la totalité de la région est devenue romaine à partir de cette date. *“Déjà parce que la Gaule vue par César est un ‘mensonge’ : selon lui, elle englobe les territoires actuels de la France, du Benelux et de la Suisse, et elle s'arrête au Rhin. Or des populations gauloises vivaient au-delà de ce fleuve et étaient encore*

indépendantes à la fin de la guerre des Gaules, expose Matthieu Poux, professeur d'archéologie à l'université Lyon 2. *De plus, même dans la Gaule de César, certains peuples résistèrent. Mais leurs villages se situaient plutôt dans les Alpes suisses, et non en Armorique, comme dans la bande dessinée.”*

Et en 50 av. J.-C., ils n'étaient probablement pas encerclés par des garnisons romaines. À cette date, *“la plupart de ces dernières étaient rentrées en Italie pour prendre part à la guerre civile qui opposa César à Pompée, explique Michel Reddé, archéologue et historien émérite à l'École pratique des hautes études. S'il restait des troupes en Gaule, on pense qu'elles étaient peu nombreuses et occupaient plutôt des oppidums gaulois que des camps retranchés. Peut-être étaient-elles même constituées de Gaulois alliés aux Romains.”* Babaorum n'est donc que pure fiction !

> Cette carte ouvre quasiment tous les albums d'Astérix le Gaulois.



2

LES GAULOIS MANGEAIENT-ILS DES SANGLIERS ?

Chaque album se termine par de joyeuses agapes, lors desquelles Obélix déguste son mets préféré : le sanglier rôti. *“De tels banquets ont bien existé, nous en avons retrouvé des restes sur plusieurs sites archéologiques. En revanche, on n’y mangeait pas — ou alors rarement — de sangliers. Les produits de la chasse étaient très minoritaires dans l’alimentation des Gaulois”,* raconte Matthieu Poux.

Et pour cause, ils n’étaient pas un peuple de chasseurs-cueilleurs mais d’agriculteurs. *“Leur alimentation était principalement constituée de produits végétaux, notamment des céréales et des légumineuses, parfois agrémentés de poisson ou de viande d’animaux domestiques”,* détaille l’archéologue.

Dans les poubelles gauloises, les scientifiques ont ainsi découvert de nombreux ossements de

bœufs, moutons, porcs ou poulets... mais pas de sangliers ! En revanche, ils ont également exhumé des ossements de chiens qui, comme ceux des autres animaux domestiques retrouvés, portent des traces de couteau, ce qui indique qu’ils ont été découpés et consommés. Autrement dit, si Obélix ne mangeait pas de sanglier... il aurait pu mettre Idéfix à son menu. Quelle idée effroyable !

> Astérix :
Le Domaine des dieux (2014)



3

LES DRUIDES CONCOCTAIENT-ILS DES POTIONS ?

Si le village d’Astérix résiste à l’envahisseur, c’est grâce à la potion magique de son druide Panoramix. Au fil des albums, sa recette reste secrète et seuls quelques ingrédients, dont le gui, sont révélés. *“La cueillette rituelle du gui par les druides gaulois est décrite par Pliny l’Ancien, encyclopédiste et naturaliste romain. Ils en tiraient une boisson censée être une panacée. Mais étonnamment, les études archéo-*

botaniques n’ont révélé que peu de restes de gui dans des contextes gaulois, alors que l’on en retrouve au Néolithique, rapporte Franck Perrin, archéologue protohistorien à l’université Lyon 2. L’importance de cette plante a sans doute été surestimée ; elle faisait simplement partie de la pharmacopée gauloise.” Au même titre que la verveine, l’armoise, la jusquiame, les glands de chêne ou même le chanvre !

Quelques-uns de ces végétaux ont des vertus médicinales connues, mais a priori aucun n’accroît la force physique. *“Par contre, certains sont psychotropes, pointe l’archéologue. Les druides les utilisaient pour obtenir des visions, mais rien n’interdit de penser qu’ils étaient ajoutés à l’alcool, souvent consommé par les Gaulois avant les combats.”* Alcool et drogues, le secret de la potion magique... Ils sont fous ces Gaulois !

< Astérix et Obélix : Mission Cléopâtre (2002)



ASTÉRIX® - OBÉLIX® - IDÉFIX® / © 2025 LES ÉDITIONS ALBERT RENÉ / GOSCINNY-UDERZO - M6 FILMS / BELVISION / GRID ANIMATION / SNC - CHEZ WAM / LA PETITE REINE / KATHARINA / RENN PROD / KC MEDIEN / TF1 / CANAL+ / CNC



^ *Astérix: Le Secret de la potion magique* (2018)

Y AVAIT-IL DES PIRATES À L'ÉPOQUE D'ASTÉRIX ?

C'est l'un des comiques de répétition les plus connus de l'univers d'Astérix et Obélix : au cours de leurs pérégrinations, nos héros se retrouvent régulièrement en mer et croisent le chemin de Barbe-Rouge et son équipage de pirates. À chaque fois, le navire de ces derniers est défait par les Gaulois gavés de potion magique. Mais dans la réalité, une confrontation avec d'authen-



COMBIEN DE TEMPS FALLAIT-IL POUR CONSTRUIRE UN PALAIS ÉGYPTIEN ?

Dans le célèbre album *Astérix et Cléopâtre* publié en 1965 –et dans le non moins génial film *Astérix et Obélix: Mission Cléopâtre* réalisé par Alain Chabat en 2002 –, la reine d'Égypte promet à Jules César de lui construire un palais... en seulement trois mois ! Dans l'incapacité de tenir un délai si court, l'architecte Numérobis fait appel aux Gaulois et à leur célèbre potion magique.

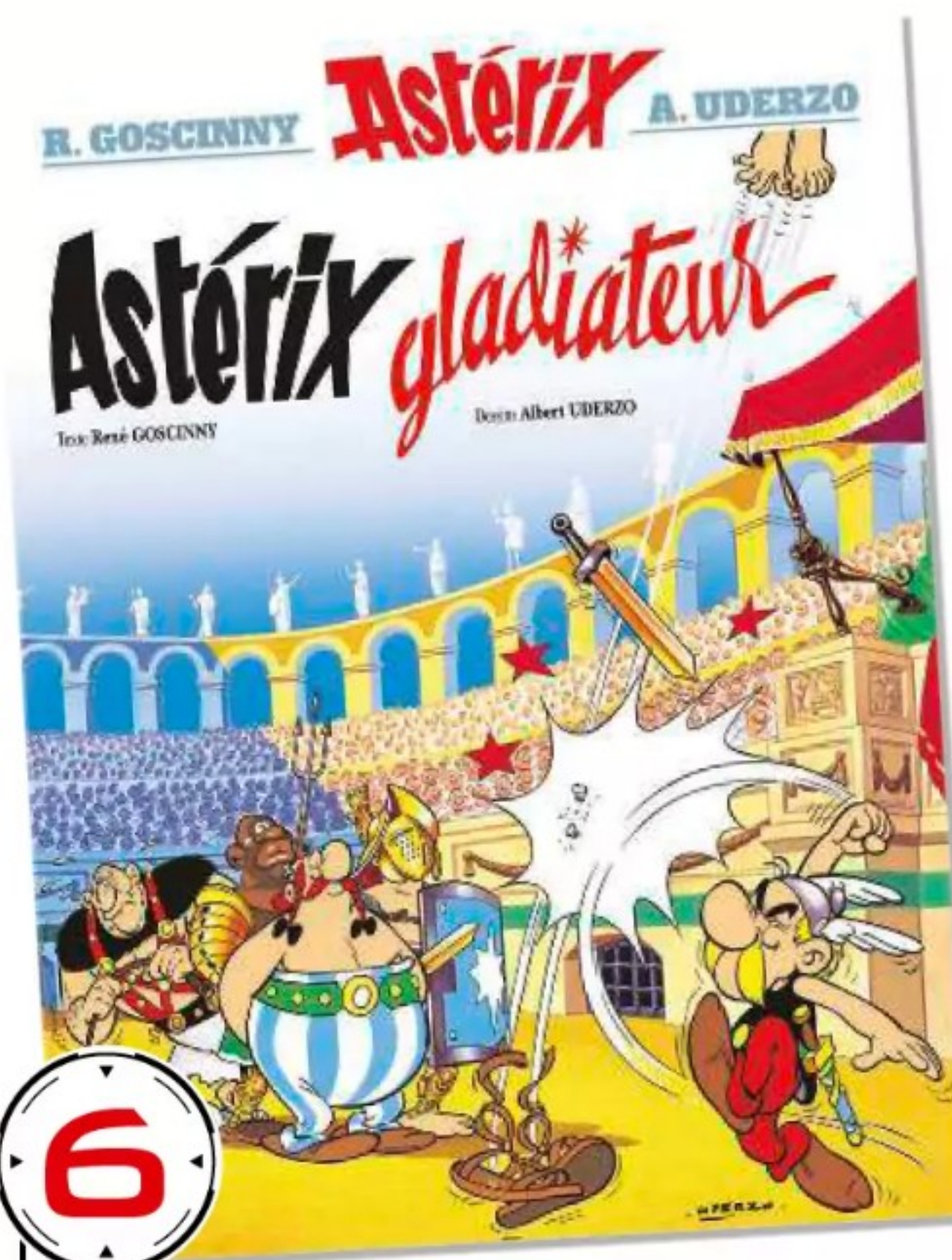
Combien de temps cela aurait-il pris dans la réalité ? *"Probablement pas plus d'un an ou deux"*, affirme Jean-Yves Carrez-Maratray, spécialiste de l'Égypte pharaonique tardive à l'université Sorbonne-Paris-Nord. Pour arriver à cette estimation, le chercheur s'est

appuyé sur un texte ancien indiquant qu'il n'aurait fallu que huit ans pour construire le phare d'Alexandrie, haut de 135 m. *"Or il s'agit d'un bâtiment beaucoup plus spectaculaire que les palais ptolémaïques, qui n'étaient probablement que de grandes villas, même si on ne sait pas très bien à quoi ressemblaient ceux de Cléopâtre"*, souligne le chercheur. Et pour cause : il n'en reste pas un vestige ! Contrairement à ce que l'on voit dans le film d'Alain Chabat, les palais de cette époque n'étaient pas construits en plein désert, mais dans des quartiers d'Alexandrie très proches de la mer... Las, ils ont été engloutis depuis.



tiques bandits des mers avait toutes les chances de tourner autrement. Au I^{er} siècle av. J.-C., de redoutables pirates de Cilicie sévissaient. *“Originaires des côtes de l’actuelle Turquie, ils ont constitué un véritable État dont l’économie entière reposait sur la piraterie. Ils disposaient de plusieurs centaines de bateaux de petite taille et très maniables, ce qui leur permettait d’attaquer les lourds navires commerciaux et de s’emparer de leur cargaison, au point de causer des problèmes d’approvisionnement à Rome”*, explique Claude Sintès, archéologue et ancien directeur du musée de l’Arles antique.

Les pirates ciliciens étaient également connus pour s’attaquer aux ports –notamment celui de la Rome antique, Ostie, en 67 av. J.-C.– et kidnapper des personnalités importantes en espérant une rançon. Jules César lui-même fut enlevé dans ses jeunes années! Mais si les faits d’armes de ces pillards sont parvenus jusqu’à nous, on ne sait rien de leur apparence, si ce n’est qu’elle ne correspondait pas à celle dessinée par Uderzo. *“Le drapeau noir, la jambe de bois, le bandeau sur l’œil... toute cette iconographie est inspirée de la piraterie des XVI^e et XVII^e siècles dans les Caraïbes”*, commente l’archéologue. *Errare humanum est.*



< Astérix gladiateur (1964)

ASTÉRIX ET OBÉLIX AURAIENT-ILS PU PARTICIPER À DES COMBATS DE GLADIATEURS?

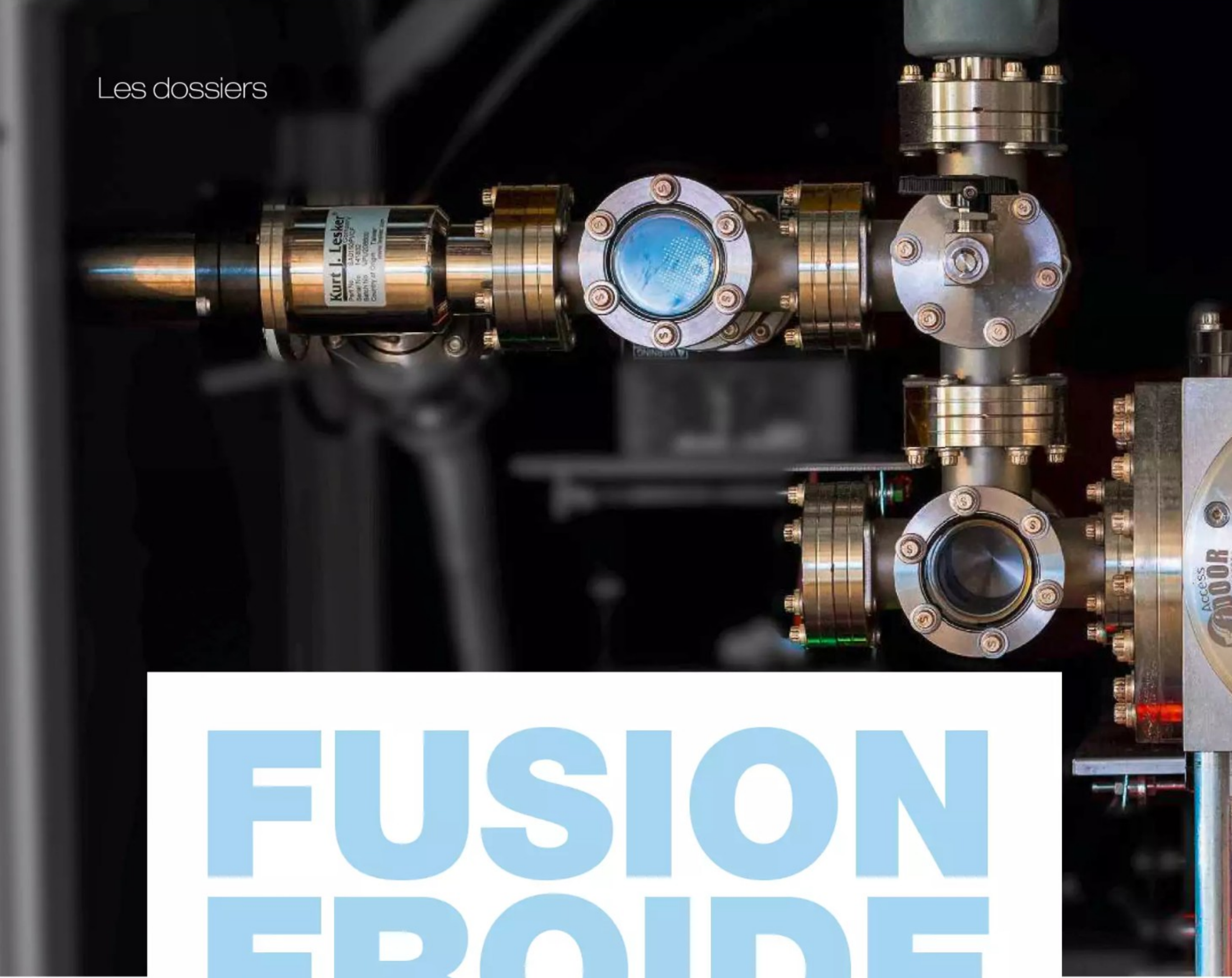
Dans *Astérix gladiateur*, paru en 1964, le barde Assurancetourix est capturé par les Romains et voué à être jeté dans l’arène avec des lions. Pour le libérer, Astérix et Obélix rejoignent Rome et intègrent une école de gladiateurs. Vraisemblable? *“Il existait bien des combats de gladiateurs à cette époque, et les prisonniers de guerre constituant une partie de leurs effectifs, des Gaulois y ont effectivement participé”*, confirme Jean-Manuel Roubineau, historien et spécialiste du sport antique à l’université Rennes 2.

Un des grands types de ces combattants, le mirmillon, était même inspiré de l’armement des Gaulois avec un casque, un glaive et un bouclier. Pour autant, les gladiateurs gaulois n’étaient pas nécessairement mirmillons, et inversement. Si Astérix avait pu combattre dans l’arène – *“quoique sa taille réduite ne l’y prédisposait guère”*, fait valoir l’historien –, il n’aurait en revanche pas pu participer aux Jeux olympiques, comme l’ont imaginé Goscinny et Uderzo dans un album publié en 1968 et adapté au cinéma en 2008. *“Les Jeux olympiques étaient réservés aux citoyens grecs. Quelques Romains, dont le futur empereur Tibère, y ont certes participé, mais seulement à partir de l’Empire (qui débute en 27 av. J.-C., ndlr)”*, précise Jean-Paul Thuillier, professeur émérite d’histoire antique à l’École normale supérieure.



^ Astérix et Obélix: Mission Cléopâtre (2002)

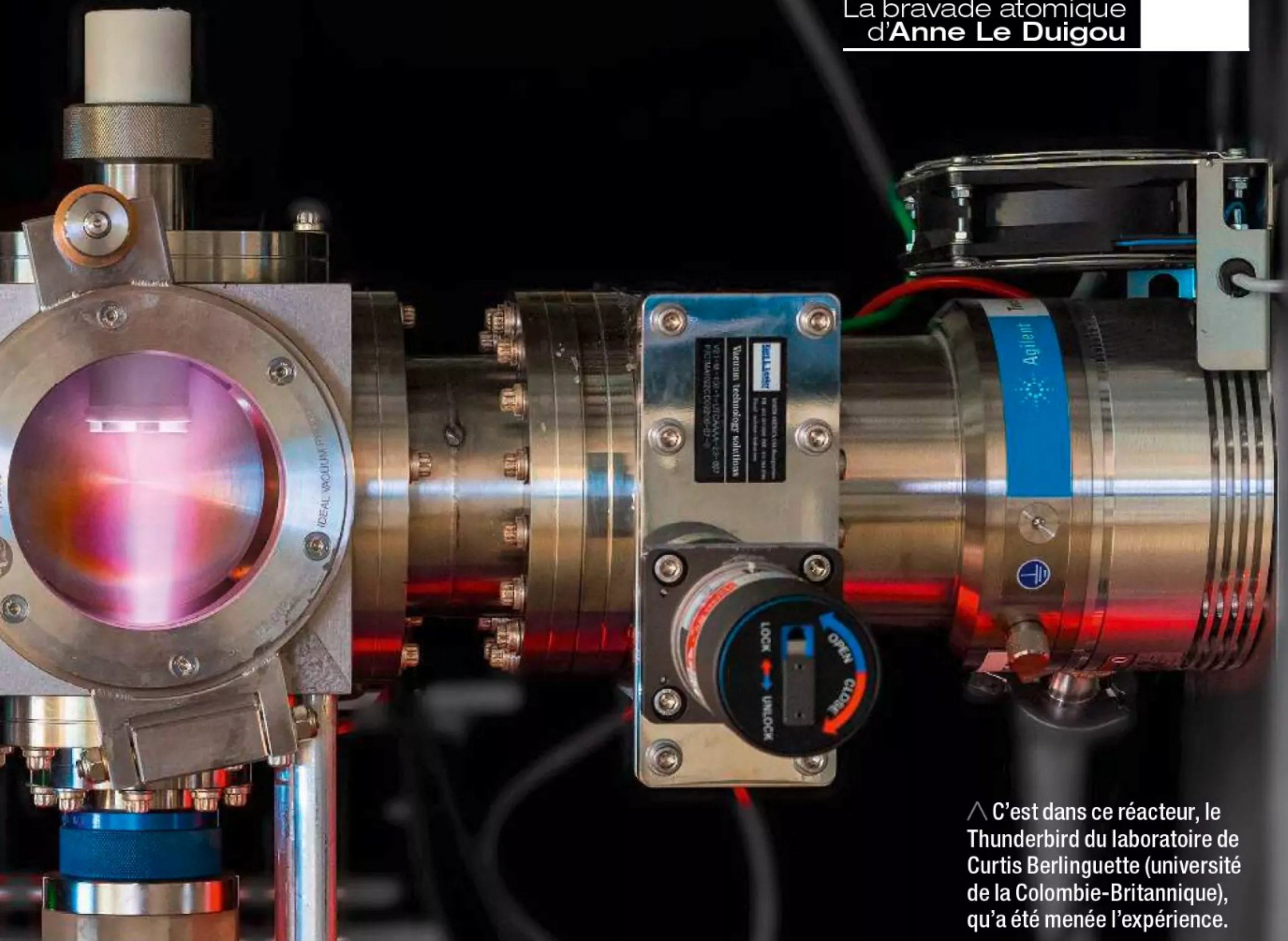
M6 GROUP/MIKROS IMAGE - CHEZ WAM/LA PETITE REINE/KATHARINA/RENN PROD/KC MEDIEN/TF1/CANAL+/CNC - ASTÉRIX® - OBÉLIX® - IDÉFIX® / © 2025 LES ÉDITIONS ALBERT RENÉ GOSCINNY-UDERZO



FUSION FROIDE

Le grand retour controversé

C'est un rêve vieux de près d'un siècle : une fusion d'atomes à basse température, générant une énergie colossale sans dégager de déchets. Sa faisabilité avait été infirmée par la communauté scientifique, mais une équipe canadienne vient d'annoncer avoir progressé dans cette quête. Le point à froid sur un débat brûlant.



^ C'est dans ce réacteur, le Thunderbird du laboratoire de Curtis Berlinguette (université de la Colombie-Britannique), qu'a été menée l'expérience.

Fusion froide: lancez ce terme dans une conversation de physiciens et vous obtiendrez un véritable tollé. Même la revue *Nature*, pendant des décennies, a banni de ses pages toute référence à cette théorie controversée. Pourtant, c'est bien elle qui a inspiré les récents travaux d'une équipe canadienne, qui –ironie du sort– ont été publiés dans *Nature*. L'expérience a été menée dans un réacteur au joli nom de Thunderbird ("Oiseau-tonnerre" en français), installé dans le laboratoire de Curtis Berlinguette, chimiste à l'université de la Colombie-Britannique. Et elle a bel et bien conduit à l'émission de neutrons et de rayons gamma, preuve qu'une fusion nucléaire a eu lieu. "C'est l'aboutissement de dix ans de travail. Avec ce dispositif, je crois qu'on va permettre à d'autres cher-

cheurs d'avancer sur la voie d'une fusion à basse température", s'enthousiasme le chercheur. Forcément, la nouvelle a enflammé les débats. Alors, la fusion froide a-t-elle réellement fait son grand retour?

ÉNERGIE PROPRE

Pour comprendre cette controverse, il faut revenir aux fondamentaux. Découvert au début du XX^e siècle (voir *chronologie*, page suivante), le principe de fusion nucléaire –à l'origine de l'énergie des étoiles– consiste en la rencontre de deux noyaux légers –en général de deutérium, un isotope de l'hydrogène alourdi d'un neutron supplémentaire– qui fusionnent pour ne former qu'un seul noyau plus gros d'hélium. Cette réaction s'accompagne d'un dégagement phénoménal d'énergie, bien supérieur à ce ➔

Chronologie**1934**

En propulsant, grâce à une grande quantité d'énergie, des atomes de deutérium afin qu'ils s'entrechoquent, le physicien néo-zélandais Ernest Rutherford observe l'émission d'une radiation intense : il vient de découvrir le principe de fusion nucléaire.

1956

Pour réduire l'énergie nécessaire à injecter afin que les atomes de deutérium collisionnent, le physicien américain Luis Alvarez remplace les électrons du deutérium par des muons, bien plus lourds. La réaction, à température ambiante, est alors appelée "fusion froide". Mais cette technique est vite abandonnée, les muons étant trop coûteux à produire.

qui est généré lors d'une réaction de fission – la technique aujourd'hui utilisée dans nos centrales nucléaires. Le tout sans produire de déchets radioactifs. La promesse est donc immense : maîtriser cette science changerait le destin de l'humanité.

Mais pour réaliser ce rêve d'une énergie ultra-puissante et propre, il faut surmonter la répulsion qui naît entre deux noyaux chargés positivement quand ils se rapprochent ! Or, dans les expériences en laboratoire menées à travers le monde, les chercheurs y parviennent en soumettant les noyaux d'hydrogène à des pressions et des températures extrêmes. Et pour ce faire, ils dépensent jusqu'ici une quantité d'énergie bien supérieure à celle qu'ils réussissent par la suite à tirer de la réaction : une fusion rentable n'est donc pas pour tout de suite.

UN MYSTÉRIEUX HASARD

C'est là qu'apparaît une autre voie, plus sobre : la fusion froide, c'est-à-dire à très basse énergie. Une première annonce sensationnelle est faite en 1989 : le chimiste britannique Martin Fleischmann et son collègue américain Stanley Pons assurent avoir réalisé, par hasard, une réaction de fusion nucléaire à température ambiante et ce avec un dispositif rudimentaire. Ils ont plongé pour cela deux électrodes dans de l'eau lourde – constituée d'atomes d'oxygène liés à des atomes de deutérium (D_2O) – et ont constaté une émission de chaleur inattendue au niveau de la cathode. Une énergie qui, selon eux, ne pouvait provenir que d'une fusion nucléaire.

Dans les laboratoires, c'est la ruée : plusieurs équipes de chercheurs à travers le monde s'emploient à reproduire l'expérience... mais aucune n'a jamais pu la confir-

mer. Pour les adeptes de la fusion froide, la douche est glacée : en quelques mois, de nombreux éditeurs ferment leurs colonnes à tout article s'en réclamant, et les financements des expériences fondent comme neige au soleil.

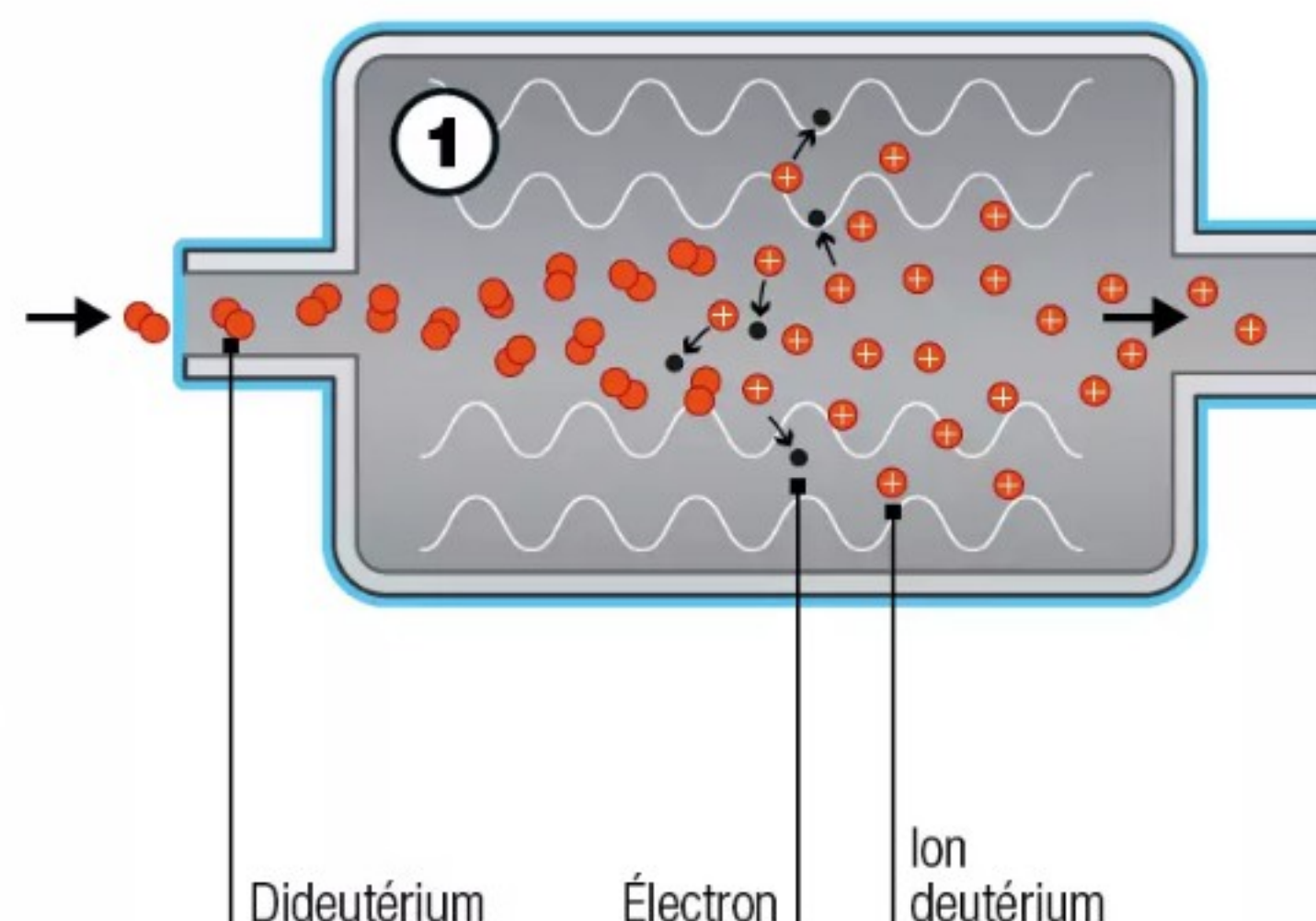
Reste qu'au fil des ans, certains scientifiques reprennent les recherches sur ce qu'il est désormais plus acceptable d'appeler "la fusion nucléaire à basse énergie". Récemment, la crise énergétique a même motivé de nouveaux financements : l'Union européenne a soutenu plusieurs projets de fusion froide, et le département américain a annoncé une enveloppe de 10 mil-

Un procédé qui s'inspire de la fusion chaude... et froide**① LE DEUTÉRIUM EST D'ABORD IONISÉ...**

Un gaz composé de molécules de dideutérium, version lourde du dihydrogène, est soumis à des micro-ondes afin que des électrons en soient arrachés. Un plasma d'ions deutérium chargés positivement et d'électrons se forme.

② ... PUIS ACCÉLÉRÉ...

Les ions deutérium traversent un champ électromagnétique qui les accélère à une énergie équivalente à 300 millions de degrés Celsius, afin qu'ils se fracassent sur une plaque en palladium dans laquelle sont piégés d'autres atomes de deutérium.



BRUNO BOURGEOIS

1989

Le Britannique Martin Fleischmann et l'Américain Stanley Pons, alors chimistes à l'université de Southampton (Angleterre), prétendent avoir observé une autre forme de fusion froide en utilisant, cette fois-ci, un dispositif d'électrolyse d'eau lourde. L'expérience ne sera jamais confirmée.

2015

Google s'intéresse à la fusion froide et finance des expériences au Canada, ce qui relance l'engouement pour cette technique. Quelques années plus tard, l'Union européenne et le gouvernement américain annoncent subventionner des recherches similaires.

2025

Après des années de recherches, le chimiste Curtis Berlinguette et son équipe de l'université de la Colombie-Britannique (Canada) annoncent avoir boosté une réaction de fusion grâce à l'électrochimie (inspirée des travaux sur la fusion froide).

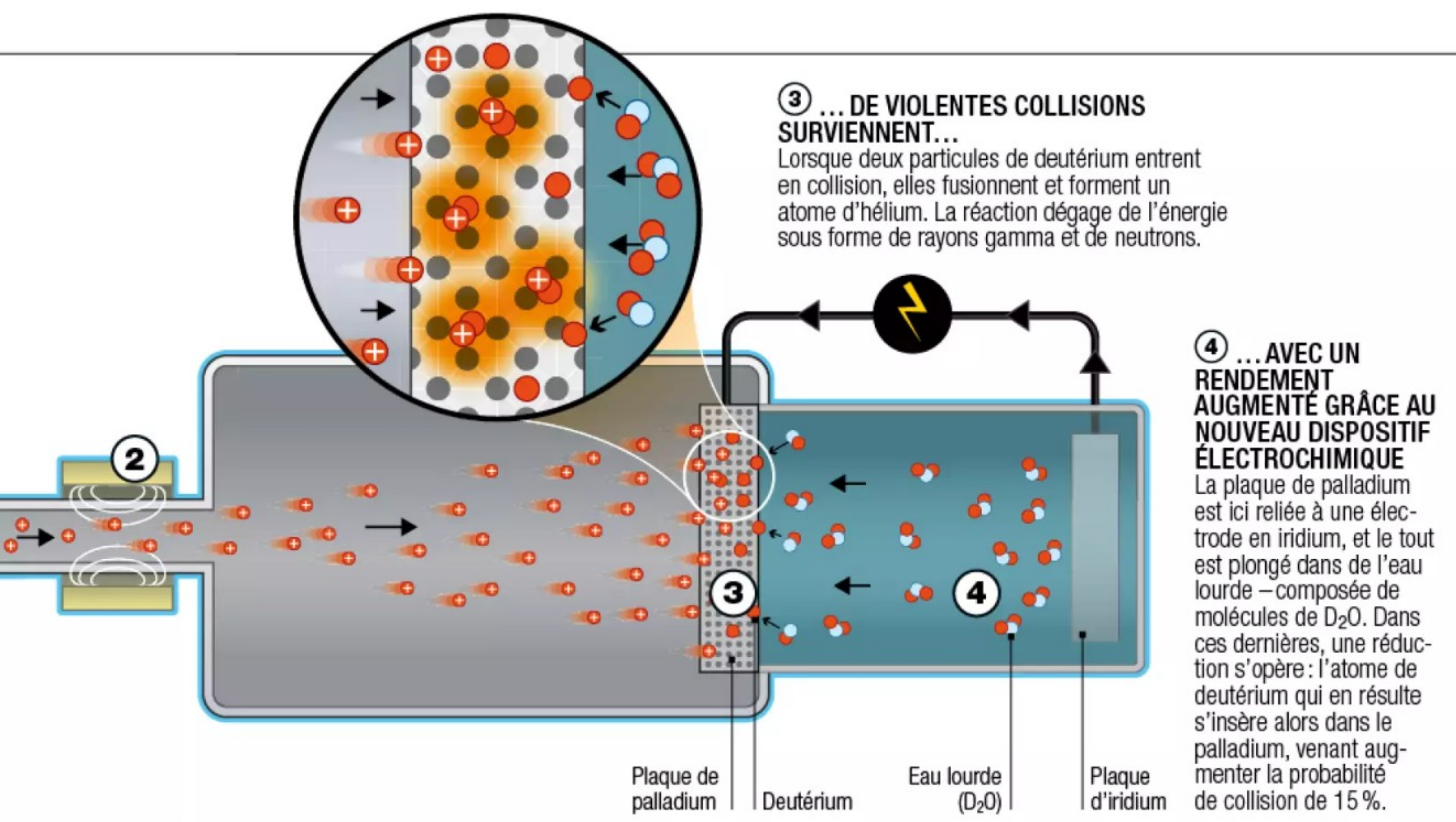
lions de dollars... sans réel succès. *“Malheureusement, nous n'avons rien observé qui puisse démontrer que l'on peut obtenir de la fusion dans nos dispositifs à température ambiante”*, reconnaît Pekka Peljo, électrochimiste à l'université de Turku, en Finlande, et ancien coordinateur du projet européen Hermes.

UN PREMIER SUCCÈS ?

Dans le même temps, des entreprises privées tentent elles aussi l'aventure. C'est ainsi que Google, en 2015, embauche le laboratoire de Curtis Berlinguette. L'initiative se conclut néanmoins par un nouveau constat d'échec

en 2019 : les chercheurs écrivent n'avoir trouvé aucun des effets anormaux évoqués qui ne pourraient s'expliquer plus simplement. Ce qui n'empêche pas l'équipe canadienne de poursuivre ses recherches, d'exploiter le réacteur... et de publier récemment des résultats – plus heureux, cette fois !

Qu'ont fait les chimistes ? Ils ont bombardé d'ions de deutérium une plaque de palladium dans laquelle étaient emprisonnés d'autres atomes de deutérium. Surtout, pour augmenter leurs chances de provoquer des collisions, ils ont enrichi la plaque avec du deutérium supplémentaire : ils ont plongé le palladium dans de l'eau lourde, l'ont →



relié à un circuit électrique pour le convertir en cathode et ainsi attirer les ions positifs de deutérium. Et banco ! L'équipe a non seulement démontré que le bombardement avait bien engendré des phénomènes de fusion, mais aussi que le dispositif d'électrolyse stimulait la réaction : *"Grâce à l'électrochimie, nous avons augmenté de 15 % le nombre de fusions générées !"*, exulte Curtis Berlinguette.

UNE FAIBLE EFFICACITÉ

De quoi relancer la course à la fusion froide ? Les spécialistes restent méfiants. Certains pointent que, s'il y a bien eu fusion, on ne peut pas pour autant parler de fusion froide : les ions du faisceau de deutérium ont été accélérés par un champ électrique, ce qui les a chauffés localement à 300 millions de degrés Celsius. Or cette accélération est indispensable, puisque c'est elle qui permet de contrer la répulsion des noyaux.

D'autres indiquent que l'amélioration électrochimique est anodine : les chimistes ont brûlé 15 watts pour obtenir... 1 milliardième de watt ! Ce qui est logique, pointe Yannick Marandet, chercheur CNRS à Aix-Marseille Université : *"Quand on bom-*

barde une cible avec un faisceau, chaque deutérium ne la traverse qu'une seule fois. Or, à l'échelle des atomes, la cible est pleine de vide, si bien que les atomes de deutérium risquent de ne rencontrer aucune particule sur leur chemin. Le bilan énergétique ne peut donc être que très mauvais. On ne peut pas considérer ce dispositif comme une voie intéressante pour produire de l'énergie à partir d'une fusion."

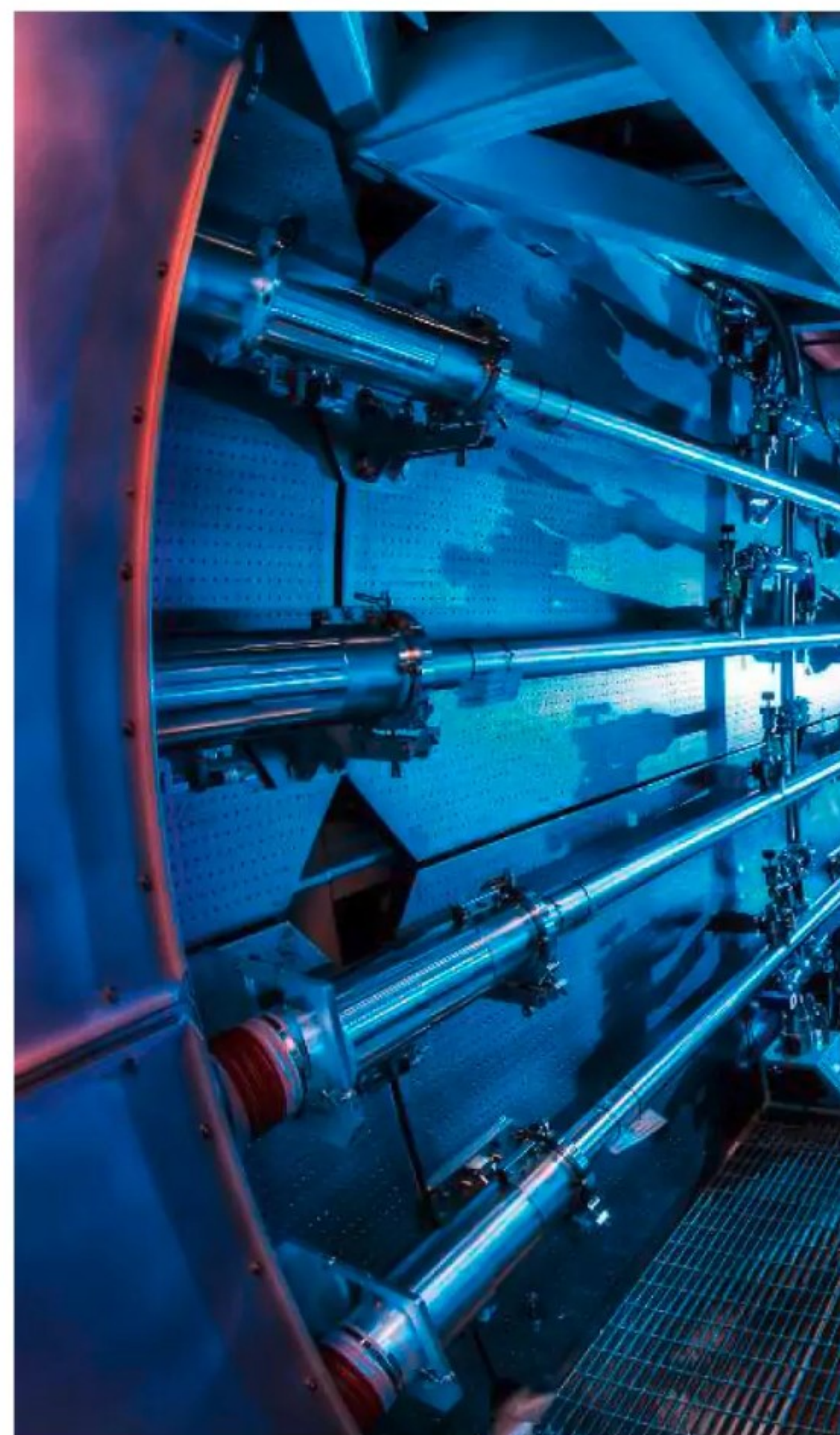
"Personnellement, je trouve même scandaleux que l'on présente ce travail comme un progrès", assène Rémi Delaporte-Mathurin, cher-

cheur au Plasma Science and Fusion Center du MIT, aux États-Unis. Face aux critiques, Curtis Berlinguette ne se laisse pas démonter. Il entend perfectionner son dispositif : *"Je suis persuadé que l'efficacité peut être améliorée en utilisant de l'eau plus lourde, en remplaçant le deutérium par du tritium*

Ce dispositif permettra à d'autres chercheurs d'avancer sur la voie d'une fusion froide



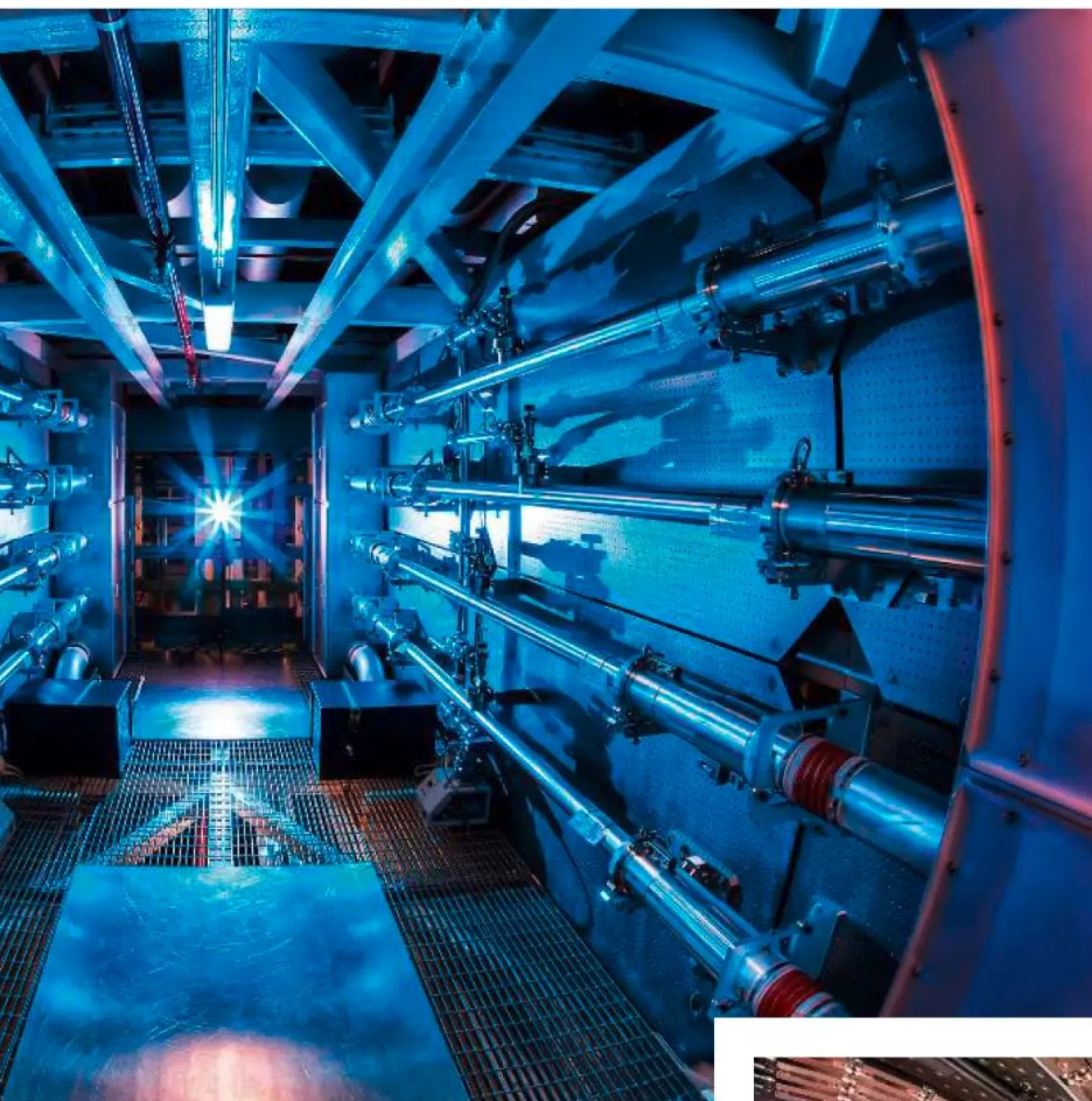
CURTIS BERLINGUETTE
Chimiste à l'université de la Colombie-Britannique (Canada)



[un ion d'hydrogène avec deux protons supplémentaires, ndlr] *ou en utilisant un autre métal."* Reste à savoir si le jeu en vaut la chandelle.

D'AUTRES PISTES SUR LA TABLE

Parallèlement, les principaux projets de fusion nucléaire annoncent des progrès importants et emploient les grands moyens pour s'attaquer au problème du bilan énergétique. *"Imaginez que vous ayez deux personnes dans une pièce qui lancent des balles de ping-pong au hasard. La probabilité que ces balles se touchent est très faible. Vous pouvez l'augmenter en rétrécissant la pièce, en utilisant davantage de balles plus longtemps ou en les lançant avec plus de force pour qu'elles rebondissent. Pour une fusion réussie, il faut donc augmenter la densité*



Quid des expériences de fusion “classique” ?

✚ PAR CONFINEMENT INERTIEL, LE RENDEMENT EST INSUFFISANT

Le National Ignition Facility (NIF), au laboratoire national Lawrence-Livermore (États-Unis), consiste à bombarder de lasers une microbille de plasma (deutérium et tritium). L'onde de choc créée se propage et fait collisionner les atomes, provoquant des réactions de fusion. En avril 2025, le NIF a réussi à produire 8,6 mégajoules d'énergie... mais pour faire fonctionner les lasers, 300 mégajoules ont été nécessaires.

✓ PAR CONFINEMENT MAGNÉTIQUE, LA CHALEUR RESTE TROP FAIBLE

Le tokamak West de la collaboration Iter, dans les Bouches-du-Rhône, est une chambre dans laquelle un plasma (deutérium et tritium) est confiné par un champ électromagnétique et chauffé à de très hautes températures. En février 2025, on y a maintenu un plasma à 50 millions de degrés Celsius pendant 22 minutes. Mais pour être rentable, il faudrait atteindre 150 millions de degrés pendant plusieurs heures...

du plasma, le confiner plus longtemps et accroître sa température”, explique Rémi Delaporte-Mathurin.

Pour y parvenir, deux pistes principales sont explorées : la fusion par confinement inertiel, qui consiste à bombarder une bille de plasma avec des lasers d'ultra-haute énergie, comme au laboratoire national Lawrence-Livermore, aux États-Unis ; et le confinement d'un plasma brûlant au sein d'un tokamak, une immense chambre à vide, comme dans le cadre du projet Iter, dans les Bouches-du-Rhône. Avec l'espoir, pour les plus optimistes, de voir surgir de premières installations pilotes vers 2050, et une production industrielle quelques années plus tard. À moins que la fusion froide n'ait pas encore dit son dernier mot – en matière de fusion, on peut toujours rêver.





BLABLA!

BLABLA!

BLABLA!

NON!

GROUMPF



Et l'humain dit son tout premier mot!

Produire des sons n'est pas l'apanage d'*Homo sapiens*. Ni articuler des mots, comme le révèlent de récentes études. Qu'en est-il alors de l'échange de concepts ? Quand et comment le langage nous est-il "arrivé" ?

Ma-ma", "Pa-pa"... Deux syllabes et tout bascule : ça y est, bébé parle ! En quelques mois, ses gazouillis ont laissé place à un premier mot. Ce passage de la vocalise à la parole paraît si naturel que l'on en oublie combien il est exceptionnel. Certes, nous sommes loquaces aujourd'hui. Pourtant, parler n'était pas franchement prévu par l'évolution. *"Nous avons des lèvres pour sucer et téter, des dents pour mastiquer, une langue pour avaler et des cordes vocales pour boucher l'entrée de l'œsophage et éviter de faire une fausse route. Toutes ces fonctions vitales ont été détournées pour parler"*, s'exclame Louis-Jean Boë, chercheur en sciences

de la parole, retraité du CNRS. De fait, nous sommes actuellement les seuls à maîtriser cet art d'associer des consonnes et des voyelles n'ayant en elles-mêmes aucune signification, pour former des mots et des phrases.

Bref, si le premier mot de votre enfant suscite l'émerveillement, celui de l'humanité a été une véritable révolution. Or, selon de récentes découvertes, il aurait été prononcé bien plus tôt qu'on le pensait... Rembobinons. Certes, une communication orale complexe a cours chez d'autres animaux, incluant des vocalisations porteuses de sens. Les bonobos et les chimpanzés, par exemple, sont même capables de les combiner pour former de petites phrases : ➔

deux études parues au printemps 2025 l'ont démontré. *“Les bonobos peuvent produire quatre phrases compositionnelles à partir de sept cris, expose Mélissa Berthet, éthologue à l'université de Rennes, qui a réussi à recréer un véritable dictionnaire bonobo. Cela suggère que la capacité à construire des sens complexes à partir de plus petites unités vocales était présente chez notre ancêtre commun avec les chimpanzés et les bonobos, il y a 7 millions d'années.”* Sauf que des cris au langage, il y a loin. Essayez de faire prononcer des mots à nos cousins primates, comme l'ont tenté des chercheurs américains dans les années 1950 en élevant un petit chimpanzé avec un bébé humain : vous n'obtiendrez pas grands résultats.

MORPHOLOGIE ADAPTÉE

Une question d'anatomie ? *“On a longtemps cru que la position haute du larynx – par rapport à la nôtre – chez les grands singes les empêchait de parler”,* relate Amélie Vialet, paléoanthropologue au Muséum national d'histoire naturelle de Paris. Une idée qui a volé en éclats il y a peu. *“Les études récentes sur les vocalisations de primates non humains, comme les babouins, montrent*

qu'ils peuvent produire des mouvements de la langue similaires à ceux nécessaires pour articuler certaines voyelles de base, et que leurs cris contiennent des sons qui en sont assez proches”, explique la chercheuse. Car tout se joue en fait au niveau de la langue : c'est elle qui permet d'articuler des sons distinctifs et de les maintenir. *“Puisque la position du larynx n'est pas un frein irrémédiable pour produire des sons contrastés, cela ouvre le champ du début de la parole.”*

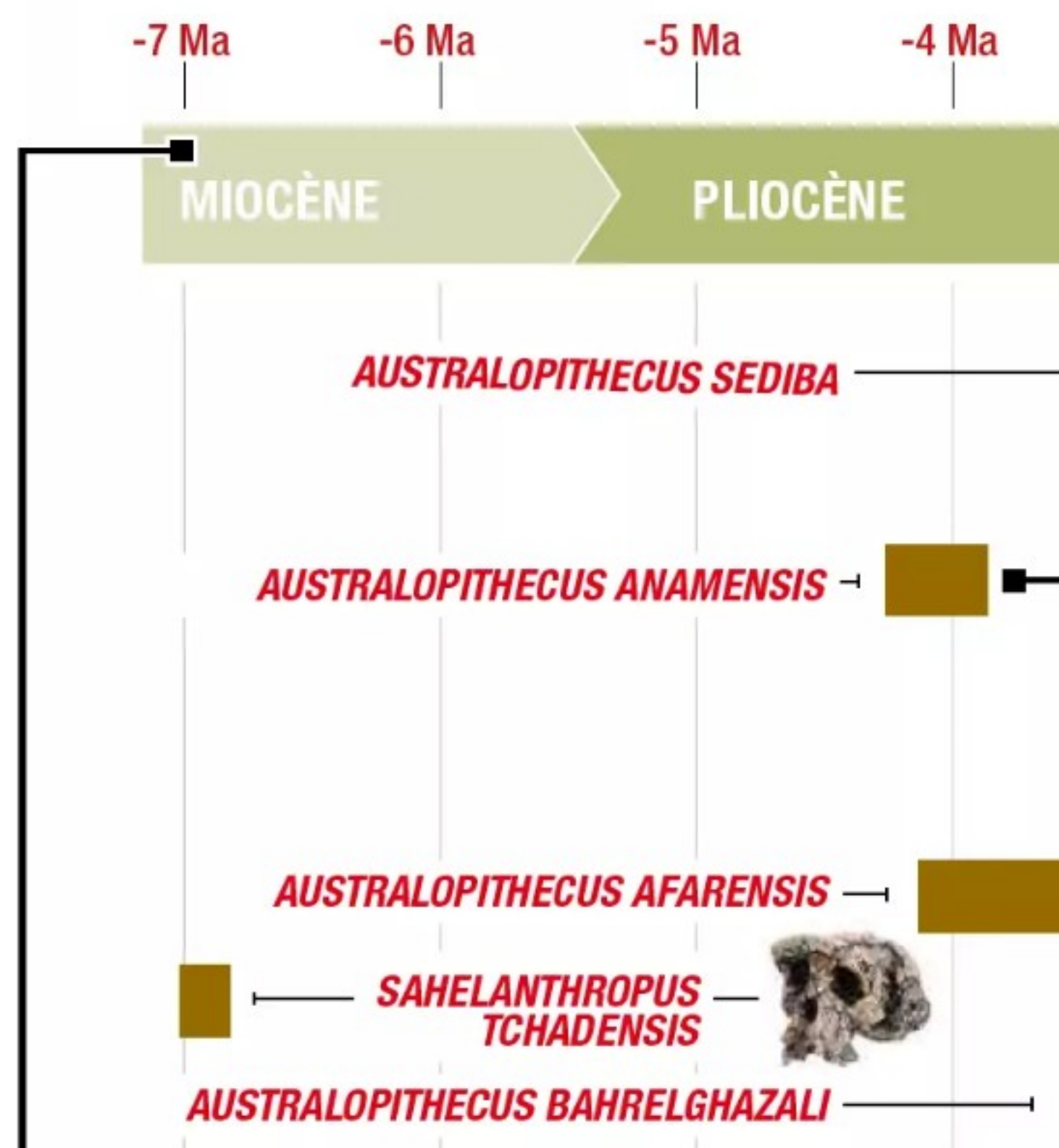
Autrement dit, l'humain pourrait avoir parlé bien plus tôt qu'on ne le pensait. Mais quand ? C'est pour percer ce mystère qu'Amélie Vialet et son équipe ont lancé en 2017 le projet “Origins of Speech”. Le but : adapter un modèle biomécanique de langue d'un humain actuel à des morphologies osseuses différentes de la nôtre, puis, via des modélisations, faire parler le tout. *“On*

La position du larynx n'est finalement pas un frein pour produire des sons contrastés



AMÉLIE VIALET
Paléoanthropologue
au Muséum national
d'histoire naturelle
de Paris

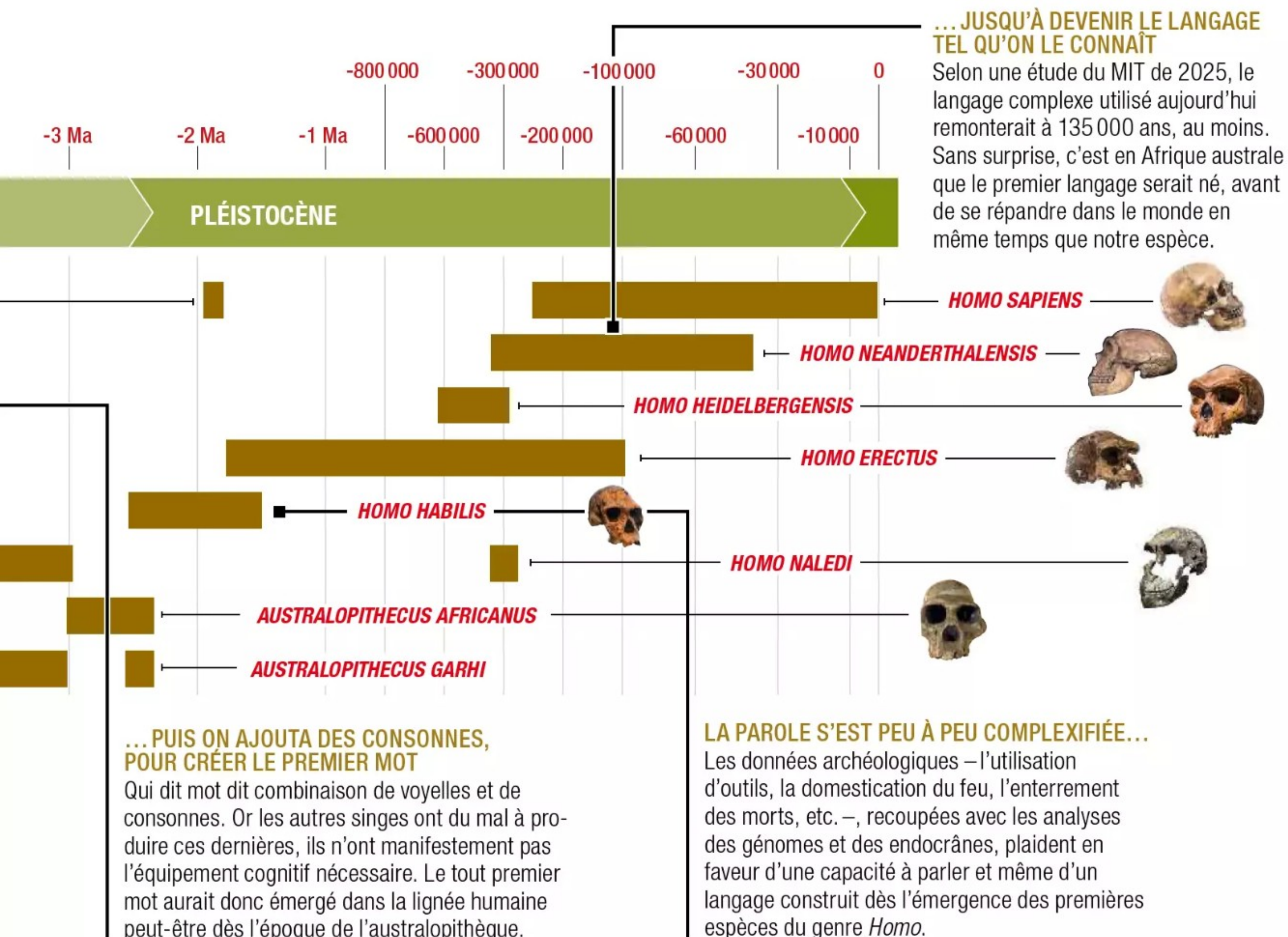
Du son à la phrase



D'ABORD, ON PRONONÇA DES PROTO-VOYELLES...

Il y a 25 millions d'années, les singes échangeaient vraisemblablement des voyelles proches des nôtres. Notre ancêtre commun avec les bonobos et les chimpanzés, il y a 7 millions d'années, a ensuite combiné ces vocalises pour créer des petites “phrases”.

l'a d'abord testé avec un crâne de babouin, en comparant ensuite avec sa véritable langue, et on a constaté qu'on était très proche de la réalité.” De quoi aller plus loin et, en 2025, faire parler les fossiles de nos ancêtres : un Néandertalien vieux de 50 000 ans et un *Homo heidelbergensis* de 450 000 ans ! *“On a vu qu'ils étaient capables de prononcer les voyelles de base de toutes les langues humaines : a, i et ou, s'enthousiasme la chercheuse. Et comme ce sont les plus extrêmes du spectre vocal, on considère qu'ils étaient capables de prononcer chaque voyelle intermédiaire.”* Avec une nuance tout de même : *“Le i de nos cousins disparus ne ressemble pas exactement au nôtre. C'est la voyelle la plus difficile à prononcer : il faut de la place dans la bouche pour faire cette articulation,*



SOURCE: ANTOINE BALZEAU

DR - STÉPHANE JUNGERS - ALAMY/HEMIS - SHUTTERSTOCK - SPL - WITS UNIVERSITY

et il y avait une petite contrainte anatomique à ce niveau-là", souligne Amélie Vialet. Cela étant, plus de doute: les autres espèces récentes du genre *Homo* avaient elles aussi les capacités à articuler.

L'AIRE DU LANGAGE LOCALISÉE

Le faisaient-elles pour autant? Car la langue seule ne fait pas le discours: certaines fonctions cognitives sont indispensables. "Il faut un contrôle moteur très actif de chacun des 17 muscles de la langue, ce qui manque manifestement aux singes", poursuit la paléo-anthropologue. L'étude du cerveau de nos ancêtres, et plus spécifiquement de l'aire de Broca – associée à l'articulation du langage –, pourrait fournir de précieux indices sur leur capacité, ou pas, à converser. Las, cet organe

roi ne se fossilise pas! Par contre, il laisse des empreintes sur la surface interne du crâne, en particulier ses sillons principaux, dont certains délimitent la fameuse zone du langage.

Depuis 2021, l'équipe internationale du projet PaleoBrain s'emploie à les identifier. "Longtemps, on a positionné ce que l'on pensait être l'aire de Broca au niveau d'un relief sur le côté de l'endocrâne, mais on s'est rendu compte que ce n'était pas le bon endroit", expose Antoine Balzeau, paléo-anthropologue au musée de l'Homme. Cette nouvelle cartographie de l'aire du langage sur les fossiles a donné lieu à quelques surprises: chez *Homo naledi*, par exemple, qui vivait il y a environ 300 000 ans en Afrique du Sud, cette zone est relativement grande par rapport à son petit cerveau, de la taille ➔

d'une orange, et sa forme est proche de la nôtre. *"Cela signifie que cette morphologie est héritée depuis très longtemps. Néanmoins, cela n'apporte pas la preuve qu'ils parlaient : nous ne sommes pas certains du lien entre ce caractère et la fonction"*, tempère le chercheur. La nouvelle phase du projet, qui débutera au printemps 2026, portera justement sur la relation entre l'anatomie du cerveau et les comportements chez les humains actuels, afin de pouvoir en appliquer les conclusions aux fossiles. De quoi estimer si une belle aire de Broca prédispose forcément aux causeries.

CÂBLÉS POUR PARLER

Dans une étude à paraître, le linguiste Shigeru Miyagawa et ses collègues du Massachusetts Institute of Technology, aux États-Unis, ont suivi une autre piste : la génétique. En exami-

ser la transmission des signaux de synapse à synapse." Conclusion : lors de leur divergence, il y a quelque 700 000 ans, ces trois lignées humaines possédaient toutes un cerveau vraisemblablement câblé pour parler.

DES SIGNES D'ÉCHANGES

Bon. Mais on ne peut limiter le langage de nos ancêtres à une question de cerveau, d'anatomie ou de génétique. Ce serait oublier sa fonction première : le partage ! *"Fabriquer des bifaces, comme le faisait Homo erectus il y a 1,5 million d'années, impliquait sans doute des échanges qui ne pouvaient pas passer par l'imitation gestuelle : reproduire un tel outil, –ou un feu– sans parole, c'est compliqué, pointe Antoine Balzeau. De même, Neanderthal avait des comportements symboliques : il enterrait ses morts, comme Homo sapiens. Difficile de concevoir qu'il pouvait faire des choses aussi élaborées sans langage."*

Dans cette quête du premier mot, les productions laissées par nos ancêtres sont autant d'indices : par exemple, la fabrication d'outils a cours depuis plus de 3 millions d'années. Ainsi, les pièces du puzzle s'assemblent peu à peu. *"Que ce soit sur les aspects anatomiques, les capacités cognitives ou le plan génétique, on peut considérer que l'on retrouve à peu près la même chose chez chaque espèce du genre Homo. C'est donc sûrement à la naissance de ce dernier que l'on a gagné en niveau de complexité et d'organisation des sons émis, avec l'émergence de la grammaire et du lexique. Ce qui nous a permis de donner accès à des informations pouvant être de l'ordre du conceptuel. C'est tout cela que l'on désigne comme le langage, le niveau au-dessus de la parole"*, résume Amélie Vialet.

À Homo le langage construit, donc, il y a près de 3 millions d'années. Et le tout premier mot ? Sûrement avant. *Australopithecus afarensis*, l'espèce de la fameuse Lucy, sera d'ailleurs le prochain à passer le test de la langue. Un mystère demeurera : le premier mot lui-même. Et s'il fut l'aboutissement d'une intense réflexion menée par un humain adulte, ou celui, instinctif, d'un nourrisson dont l'espace cérébral a été chamboulé par une anodine mutation... "Maman" ?

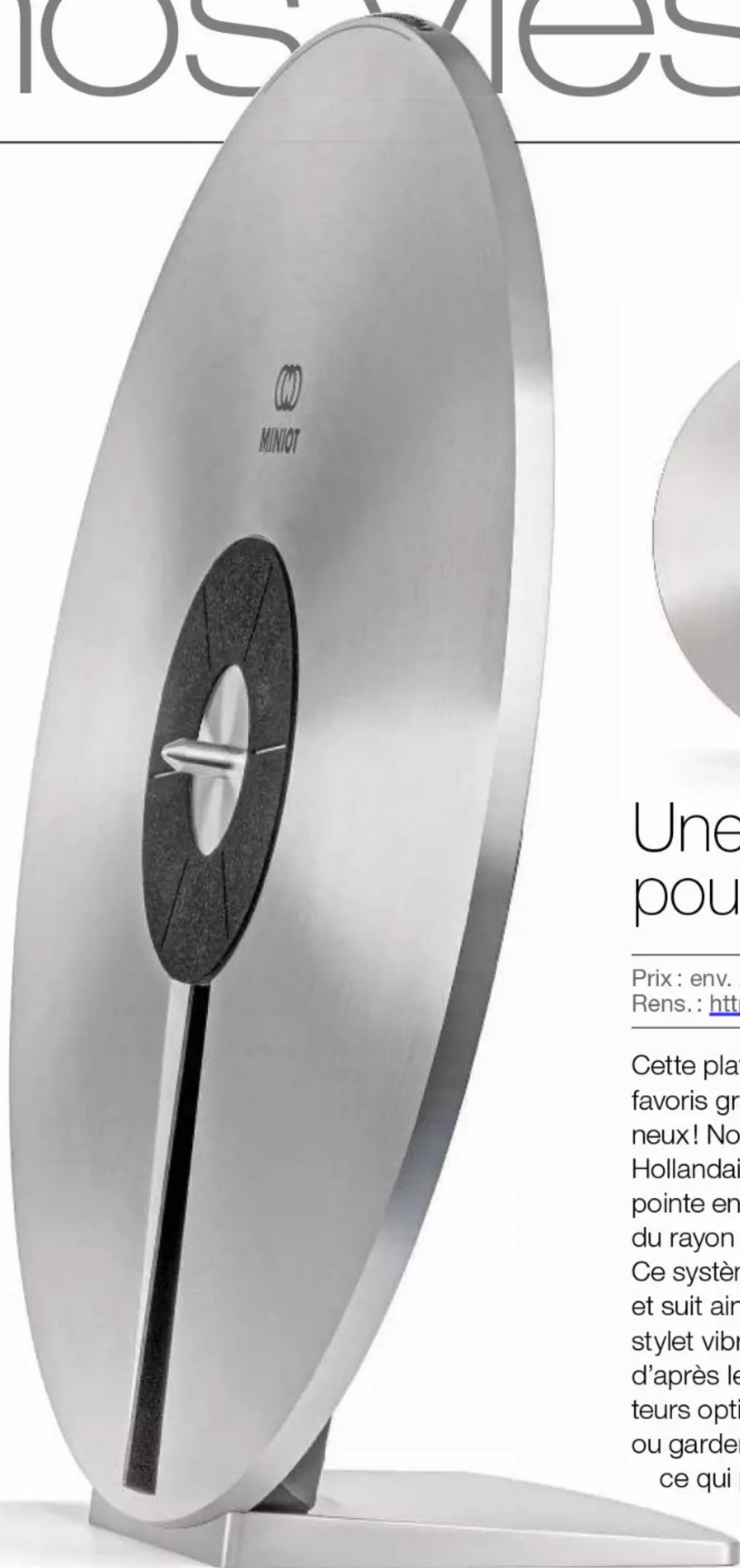
Neandertal s'est-il éteint par manque de communication ?

Cela ne fait presque pas de doute : les Néandertaliens savaient parler... mais probablement pas communiquer au même niveau qu'Homo sapiens, a conclu une équipe de l'université de Zurich, en Suisse, en 2025. "Les différences démographiques, culturelles et neurobiologiques ont sûrement conduit à des trajectoires évolutives divergentes, explique Paola Cerrito, coautrice de l'étude. Contrairement à Sapiens, les Néandertaliens vivaient dans de petits groupes très isolés les uns des autres : chacun a donc développé son propre dialecte mais aussi sa propre faculté au langage. Résultat : ceux d'une zone étaient probablement incapables d'apprendre la langue des autres communautés et de la comprendre." Une barrière linguistique qui aura peut-être contribué à leur disparition.

nant l'ADN ancien de Sapiens, de Néandertaliens et de Denisoviens, mais aussi d'autres primates –gorilles, chimpanzés–, ils ont identifié *"30 gènes propres à la triade d'humains, que ni les chimpanzés ni les autres primates ne possèdent, s'exclame le chercheur. Or il s'avère que ces gènes sont liés à une explosion du nombre de synapses, conférant à ces trois espèces une puissance cérébrale considérable. Ainsi, certains contribuent à optimi-*

C'est dans nos vies

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



Une cellule optique pour lire les vinyles

Prix : env. 2 900 €
Rens. : <https://miniot.com>

Cette platine vinyle ne lit pas vos 33 ou 45 tours favoris grâce à un stylet mais... à un rayon lumineux ! Nommée Wheel 3 et fabriquée par les Hollandais de MiniOT, elle réfléchit la lumière sur une pointe en diamant, chaque variation de l'intensité du rayon étant alors captée et traduite en son. Ce système, dépourvu d'aimant, s'avère plus léger et suit ainsi le sillon avec plus de précision qu'un stylet vibrant au contact du disque – il fournit donc, d'après le fabricant, un meilleur son. D'autres capteurs optiques corrigent les déformations du disque ou gardent un angle droit entre celui-ci et le stylet, ce qui permet de positionner la platine verticalement. En résulte un bien bel objet, qui vaut tout de même son prix.

S.F.

DR



La Watch D2 prend votre tension et peut transférer les résultats à votre médecin traitant.



La montre qui prend votre tension

Prix : env. 370 €
Rens. : huawei.com

Technofolies

Elle ne se contente pas d'afficher les notifications de votre smartphone et de suivre votre activité physique : cette Watch D2 du géant Huawei propose une fonction tensiomètre ! Enfilez-la, activez le mode dédié, posez votre main sur votre poitrine et elle se comportera comme un appareil médical. Dans un premier temps, une pompe à air électrique logée dans le boîtier s'active et remplit d'air le bracelet gonflable auquel elle est connectée. Après quelques secondes, un capteur de pression réalise

la mesure. Enfin, le bracelet se dégonfle et la montre retrouve son apparence d'origine.

L'opération est très rapide et les résultats sont convaincants : nous les avons comparés avec ceux d'un tensiomètre vendu sur le marché, ils sont identiques. Dès lors, l'avantage sur ce type d'appareils est certain : la Watch D2 s'avère compacte et légère, et elle permet aux personnes souffrant d'hypertension, par exemple, de prendre des mesures facilement.

Les résultats peuvent d'ailleurs être automatiquement transférés

à votre médecin traitant via une application smartphone. Une fonctionnalité d'autant plus pratique que cette Watch D2 propose également de suivre d'autres constantes médicales – la fréquence cardiaque et l'oxygénation du sang – et peut même effectuer un ECG.

Bien sûr, il n'est pas question de se reposer uniquement sur cette montre pour suivre ses constantes, mais le coup de pouce peut être bienvenu. Sans compter que la montre a beau être imposante, elle est plutôt agréable à porter. **T.D.**



Un projecteur qui tient dans la main

Prix : env. 320 €
Rens. : <https://global.jmgo.com>

Le PicoPlay du chinois JMGO, un mini-vidéoprojecteur cylindrique (17x8 cm pour 730 g), se connecte par câble, Wi-Fi ou Bluetooth pour diffuser jusqu'à trois heures de vidéo sur un mur ou un écran grâce à sa batterie intégrée. Sa lentille pivotante permet d'ajuster facilement la hauteur d'affichage, tandis que la mise au point et la correction du trapèze se font automatiquement en quelques secondes. En l'absence de vidéo à regarder, le PicoPlay fait aussi office d'enceinte portable jouissant d'une autonomie de sept heures au maximum. À noter : si l'image projetée peut s'étendre jusqu'à 5 m de diagonale, sa définition, elle, n'est que de 1080 p – soit full HD – et d'une luminosité maximale de 450 lumens. Mais pour un appareil au prix aussi réduit que ses dimensions, c'est déjà bien! **S.F.**

Un lavabo spécial petits espaces

Prix : à partir de 115 €
Rens. : www.polycer.lv/en

Nul besoin de chambouler la tuyauterie pour installer ce lavabo d'appoint (60x50x10 cm) créé par le letton Polycer : il se connecte directement sur l'arrivée et la sortie d'eau de votre machine à laver! Nommé Compactino WBX 102, il se fixe au mur au-dessus de celle-ci. Ici, l'évacuation se place non pas sous mais à l'arrière du bassin. **S.F.**



Une molette connectée pour contrôler le PC

Prix : env. 40 €
Rens. : ploopy.co/knob/

Petit boîtier tactile personnalisable, le Knob du canadien Ploopy vous permet de scroller les sites internet pixel par pixel, contrôler le volume sonore de sa musique, rembobiner une vidéo, ouvrir un menu... et tout cela sans clavier ni souris! Il suffit d'y programmer ces actions. Imprimé en 3D, le Knob mesure 5,6x1,7 cm pour 31 g et se connecte à votre ordinateur en USB-A. **S.F.**



La coque USB-C pour iPhone

Prix : env. 40 €
Rens. : obsoless.com

Glissez votre iPhone dans cette coque pour pouvoir le charger via un câble USB-C! Ce produit du suisse Obsoless est pourvu d'un connecteur Lightning mâle – qui se branche dans le port du smartphone – relié à une prise USB-C femelle sur sa tranche. Il est aussi compatible avec la recharge par induction MagSafe. **S.F.**



DR

Mettre les élèves en concurrence modifie leur personnalité

Que devient l'esprit d'entraide quand la réussite scolaire se joue au coude-à-coude ? Pour répondre à cette question, une équipe anglo-allemande a suivi pendant 6 ans plus de 6 000 lycéens chiliens répartis dans 128 écoles, dont la moitié participait au programme gouvernemental Pace. Celui-ci garantit aux 15 % des meilleurs élèves issus de milieux modestes une place à l'université sans passer d'examen d'admission. Ce sésame a un prix : il repose sur un classement calculé à partir des résultats scolaires en première et en terminale, ce qui instaure un climat très compétitif.

Afin d'en mesurer l'impact sur les comportements prosociaux (altruisme, confiance, réciprocité), les chercheurs ont soumis les élèves à un même questionnaire à 3 périodes de leur vie – en début de première, en fin de terminale, 4 ans après le lycée. Les questions étaient du type : *“Si vous receviez une somme d'argent inattendue, combien en donneriez-vous aux bonnes œuvres ?”* Le verdict est sans appel : les élèves confrontés à une rivalité prolongée avaient tendance à

adopter moins de comportements prosociaux que ceux du cursus plus classique. Les effets persistaient même 4 ans après le lycée. *“La concurrence influence leur comportement à court terme, mais aussi l'évolution de leur personnalité à long terme”*, celle-ci n'étant pas solidement établie à 16-18 ans, souligne Fabian Kosse, chercheur à l'université de Wurtzbourg (Allemagne) et coauteur de l'étude. *“De précédents travaux ont montré que l'école élémentaire constituait une période cruciale dans le développement de la prosocialité, poursuit-il. Nos résultats indiquent que c'est aussi le cas de la fin de l'adolescence. Or ce trait de personnalité est particulièrement important sur le marché du travail.”*

Pourrait-on réduire cet effet de la compétition ? Les auteurs préconisent de ne pas mettre directement les personnes en concurrence, mais plutôt des groupes d'individus – en l'occurrence, des écoles entre elles plutôt que les élèves d'un même lycée. Une façon de maintenir un cadre compétitif... mais également l'esprit d'entraide.

Lise Gougis

“Journal of the European Economic Association”, août 2025

Bien s'hydrater protège du stress

Des Franco-Britanniques ont soumis des adultes à des tests stressants (calcul mental, simulation d'un entretien d'embauche...). Ceux qui buvaient moins de 1,5 l d'eau par jour possédaient un taux de cortisol – l'hormone du stress – 55 % plus élevé en moyenne que ceux qui en buvaient 2,5 l ! En cause ? La déshydratation favorise la libération de vasopressine, une hormone qui participe à la réabsorption d'eau mais qui agit aussi sur l'hypothalamus. Or celui-ci régule la libération de cortisol, et donc le stress. *"J Appl Physiol."*, sept. 2025



Très peu d'antipoux sont efficaces

Sur 27 produits censés débarrasser des poux vendus dans les pharmacies de l'Hexagone, seuls 5 se révèlent efficaces à 100 %, préviennent des chercheurs français : Déparaz-Pro, Duo LP Pro, Paranix extra fort, Pouxit Flash et Viatrix Duo. On en compte 8 qui agissent soit sur les poux, soit sur leurs œufs, mais pas sur les deux en même temps. Enfin, 14 sont totalement inefficaces, alors qu'ils représentent 55 % des ventes ! *"Cur. Journ. Med. Sci."*, juin 2025

Si vous souffrez d'arthrose de la hanche, faites du vélo !

Selon une étude britannique menée sur 211 personnes, pédaler 30 min par semaine sur un vélo d'appartement améliore nettement la mobilité de celles souffrant d'arthrose de la hanche. Et après 8 semaines, le bénéfice est supérieur à celui d'une physiothérapie standard ! *"Lancet Rheumatology"*, juil. 2025

Premier rendez-vous : ce n'est pas le lieu qui compte

Pizzeria chaleureuse ou fast-food ? Parc, librairie ou lieu branché ? Pour un premier rendez-vous romantique, ne vous cassez plus la tête : l'environnement n'aura aucune influence sur son issue ! Voilà l'étonnante conclusion de travaux menés sur 201 jeunes par des psychologues de l'université de Georgie (États-Unis). Les chercheurs ont organisé des discussions entre inconnus, affectant à chaque duo une pièce cosy ou une plus spartiate. Statistiquement, cela n'a eu aucun impact sur le degré de plaisir, la sensation de proximité ou l'envie de se revoir des participants. Bref, pour obtenir un second rendez-vous, on ne peut compter que sur soi-même... *"Collabra : psychology"*, juin 2025



SHUTTERSTOCK

Les fortes chaleurs plombent notre humeur

On s'en doutait, des Américains l'ont démontré en analysant 1,2 million de posts sur les réseaux sociaux dans 157 pays pendant 1 an: au-delà de 35°C, les émotions partagées sur le web sont davantage négatives. Et dans les pays à faibles revenus, l'ambiance sur internet est alors en moyenne 25 % plus sombre, contre 8 % dans les pays dits riches. *"One Earth", août 2025*

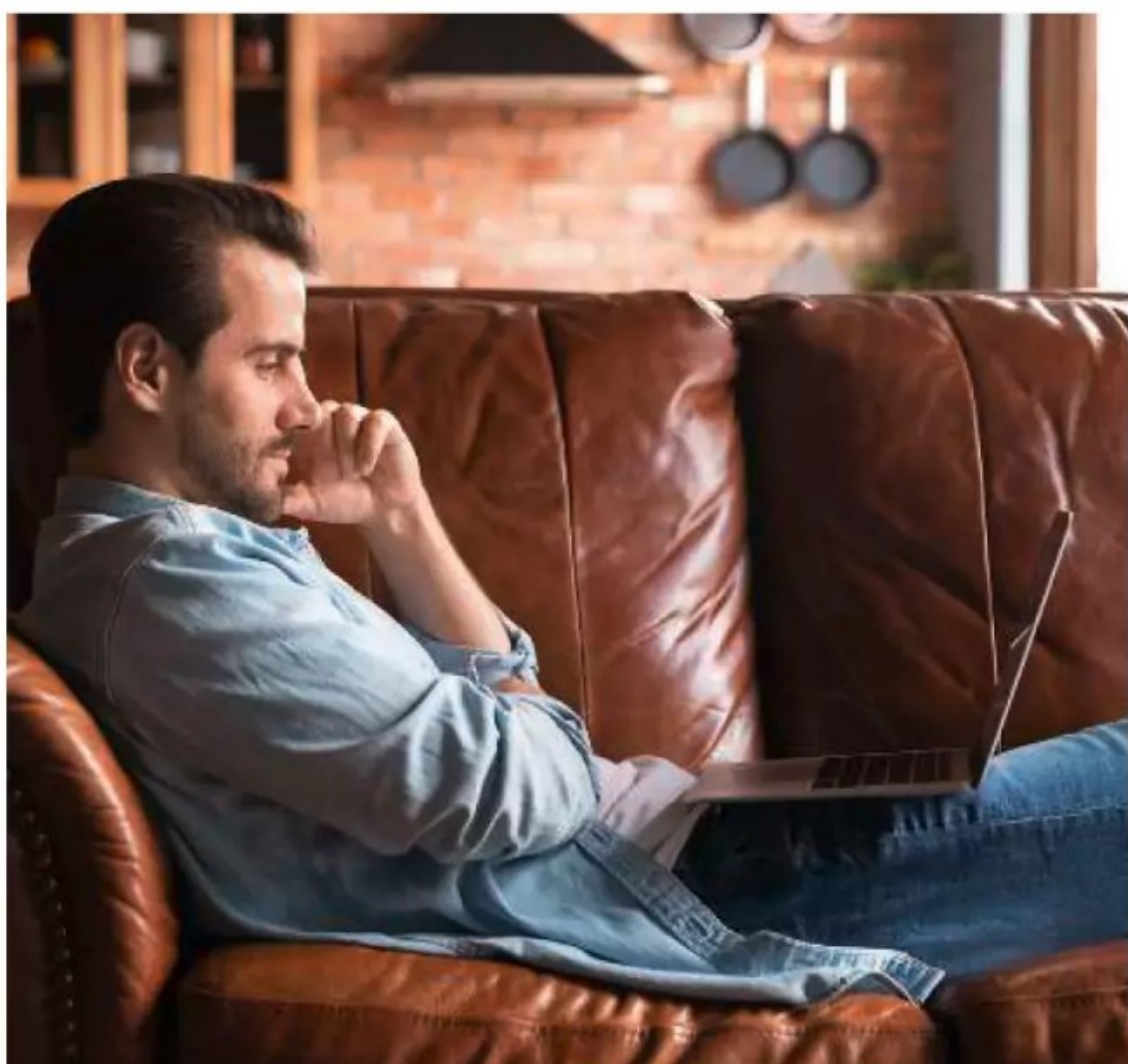
Les glucides raffinés favoriseraient la myopie chez les hommes

Selon une étude française, chaque portion supplémentaire quotidienne de glucides raffinés (40 g de pain blanc) augmenterait de 12 % le risque de myopie chez les hommes – mais pas chez les femmes! Leur surconsommation induirait un fort taux d'insuline, qui favoriserait l'allongement de l'œil. *"Clin. Nutr. ESPEN", juin 2025*



Mal des transports ? Écoutez de la musique joyeuse

Même une fois le voyage terminé, les nausées peuvent perdurer. Mais une équipe chinoise propose une solution pour s'en débarrasser rapidement : la musique. Après avoir provoqué le mal des transports chez des volontaires via un simulateur de conduite, les scientifiques leur ont fait écouter différents styles musicaux. Après 1 minute, les symptômes diminuaient de 57 % en moyenne chez ceux qui s'étaient vu attribuer un morceau joyeux, contre 43 % chez ceux qui n'avaient rien écouté. Les chansons tristes, en revanche, se sont avérées contre-productives (seulement 40 % de symptômes en moins). *"Front. hum. neuro.", sept. 2025*



Le binge-watching a aussi du bon !

Si enchaîner les épisodes d'une série peut avoir des répercussions sur votre sommeil, ce type de visionnage compulsif peut également avoir des effets positifs, concluent des chercheurs américains. Selon leur étude menée auprès de 500 étudiants, les adeptes du *binge-watching* mémorisent significativement mieux les histoires, et utilisent davantage leur imagination rétrospective – ils repensent à la série et inventent des développements alternatifs. Or stimuler son imagination aide à mieux gérer le stress – notamment.

"Acta Psychologica", juin 2025

EXPLOREZ LES MYSTÈRES DU VIVANT

avec
SCIENCE&VIE

ABONNEZ-VOUS
pour

65,90€

au lieu de 110,64€*

-40%

EN CADEAU

Vos écouteurs
Bluetooth
en fibre de paille

Inclus dans votre abonnement

- ✓ 12 numéros
- ✓ Version numérique à consulter sur KiosqueMag.com
- ✓ Accès illimité au site et à **SCIENCE&VIE TV** le replay et le streaming
- ✓ Podcasts de nos journalistes
- ✓ Accès à La Science en direct, visioconférence animée par la rédaction
- ✓ **EN CADEAU** Vos écouteurs Bluetooth en fibre de paille.

PROFITEZ-EN

en flashant le QR code
ci-dessus ou rendez-vous
sur bit.ly/abo1298



Bulletin d'abonnement à compléter et à retourner sous enveloppe affranchie à : Service abonnements Science & Vie - 59898 Lille Cedex 9

① Je choisis la formule d'abonnement (je coche la case) :

M030 # D1654151

☐ **Formule annuelle :** 12 numéros + l'accès illimité au site
Science & Vie (dont TV) + **les écouteurs Bluetooth en cadeau** (1)

65,90€ -40%
au lieu de 110,64€*

☐ **Formule annuelle avec hors-séries :** 12 numéros + 6 hors-séries + l'accès
illimité au site Science & Vie (dont TV) + **les écouteurs Bluetooth en cadeau** (2)

85,90€ -44%
au lieu de 153,30€*

Mon abonnement se renouvellera automatiquement à date anniversaire sauf résiliation de ma part.

☐ **Formule mensuelle :**
1 numéro par mois + l'accès illimité
au site Science & Vie (dont TV) (3)

4,90€ -47%
par mois
au lieu de 9,22€*

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

② Je choisis le mode de paiement :

➔ **Par prélèvement automatique :**

je complète l'iban ci-dessous à l'aide de **mon Relevé d'Identité Bancaire (R.I.B.)** à joindre.

IBAN :

Vous autorisez Reworld Media Magazines à envoyer des
instructions à votre banque pour débiter votre compte, et votre
banque à 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 et signature
obligatoires

Date :

➔ **Par carte bancaire :**

je me rends sur KiosqueMag.com :

bit.ly/abo1298

La boutique officielle de Science & Vie.

Plus simple, plus rapide, 100% sécurisé !



SCANNEZ-MOI !

➔ **Par chèque (formules annuelles uniquement) :**

je renvoie le coupon accompagné de mon chèque libellé
au nom de Science & Vie (sans agrafe, ni scotch) à :
Science & Vie Service abonnement - 59898 Lille Cedex 9

③ Je complète les coordonnées du bénéficiaire de l'abonnement :

** À remplir obligatoirement.

Nom** : Prénom** :

Adresse** :

CP** : Ville** :

Date de naissance : (pour lui fêter son anniversaire) Tél. (portable de préférence) : (envoi d'un SMS en cas de problème de livraison)

Email :

☐ Je ne souhaite pas recevoir les offres Privilège Science&Vie et Kiosquemag 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. Dommage!

*Le prix de référence à l'année de la formule sans hors-série se compose du prix kiosque (60,00€), des frais de port (8,04€), du site internet (4,40€). Le prix de référence à l'année de la formule avec hors-série se compose du prix kiosque (102,60€), des frais de port (8,30€), du site internet (4,40€), (1)(2) Formule annuelle avec engagement : abonnement automatiquement reconduit à date 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. (3) Formule mensuelle 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. Pour toute autre information, vous pouvez consulter nos CGV sur kiosquemag.com et contacter le service client par mail sur serviceabonmag@rwm.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 30/11/2025. 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, 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.



DOCUMENTAIRE

Au plus près des dinosaures

Tous aux abris ! Vingt-cinq ans après le documentaire à succès *Sur la terre des dinosaures*, les “terribles lézards” réenvahissent le petit écran. On les retrouve dans une série documentaire éponyme sur France 2, plus saisissants que jamais grâce aux effets spéciaux et aux précisions apportées par les dernières découvertes scientifiques. Kirsty Wilson, la créatrice, lève le voile sur les secrets de cette production.

PROPOS RECUEILLIS PAR LISE GOUGIS



Science&Vie : Les dinosaures sont les stars de nombreux documentaires. Comment renouveler le genre ?

Kirsty Wilson : En 25 ans, la science a énormément progressé sur le sujet, notamment grâce aux nouvelles technologies et à la découverte d'espèces à plumes en Chine. Il était temps de raconter une toute nouvelle et passionnante histoire à propos de ces animaux, trop souvent représentés comme des monstres qui piétinaient et dévoraient tout sur leur passage. Pour nous, il était essentiel de les présenter



SÉRIE DOCUMENTAIRE

Sur la terre des dinosaures

De Kirsty Wilson et Helen Thomas
Diffusée sur France 2 et disponible sur la plateforme [France.tv](https://www.france.tv)

comme des êtres vivants faisant face aux mêmes défis que ceux d'aujourd'hui : trouver un partenaire, protéger ses petits, affronter les éléments... Pour que le public puisse s'attacher, nous avons fait le choix

de suivre 6 individus – Sobek, Albie, Clover, Rose, George et Grandé – durant leur vivant, mais aussi des dizaines de millions d'années après leur mort, grâce à la découverte de leurs ossements sur des sites de fouilles.

S&V : Comment avez-vous choisi ces sites ?

K.W. : La plupart des récits sur les dinosaures se concentrent sur l'Amérique du Nord. Nous, nous voulions présenter une diversité de sites. Mais aussi trouver des fouilles encore en cours, assez avancées pour que des ossements y aient déjà été identifiés. Enfin, nous cherchions une variété d'espèces... Cela a donc été un travail de longue haleine, qui nous a amenés à rencontrer près de 300 paléontologues à travers le monde ! Nous nous sommes ainsi dirigés vers le Maroc et le Portugal, entre autres, afin d'y

Jamais on n'avait atteint une telle précision scientifique

KIRSTY WILSON

Créatrice de la série documentaire

forêt anglaise qui a servi de décor aux films *Harry Potter*. Concernant les dinosaures, nous avons mis trois ans à collecter assez d'informations scientifiques pour pouvoir les recréer dans leurs moindres détails. Leur couleur, notamment, a été difficile à déterminer, car il y a peu de traces fossiles : à l'aide de spécialistes, nous avons décidé de nous inspirer d'oiseaux et de reptiles vivants. Et contrairement à l'idée véhiculée par les films, les dinosaures ne rugissaient pas : nous avons donc aussi dû élaborer une palette de sons pour leurs vocalisations. Les dinosaures que nous avons créés sont probablement les plus précis scientifiquement de tous les documentaires à ce jour !

découvrir des tricératops, des spinosaures, des gas-tonias, des albertosaures, des pachyrhinosaurés et des lusotitans.

S&V: Comment avez-vous fait pour recréer les dinosaures et leur environnement ?

K.W. : Je tenais à filmer dans le monde réel. Cela a représenté un défi, car il fallait que la végétation corresponde à celle du Crétacé. L'herbe n'existait donc pas encore. On a dû vérifier minutieusement chaque plante ! Nous avons tourné dans des forêts au Canada, aux Açores, en Écosse, en Arizona, et même dans la

S&V: Quelles autres idées reçues espérez-vous balayer ?

K.W. : Notre utahraptor n'a rien à voir avec celui de la série originale : il est recouvert de plumes. Le vélociraptor, lui, était bien plus petit qu'on le pensait : de la taille d'une dinde ! Quant à l'albertosaure, il chassait en meute – ce qui est plus terrifiant que la course-poursuite du *T. rex* solitaire dans *Jurassic Park*. On sait d'ailleurs que ce dernier ne pouvait pas courir. Tous ces éléments devraient faire évoluer le regard du public sur ces animaux si fascinants.

BBC

Le choix de la rédac'

EXPOSITION

Sous la surface, les maths

- Institut Henri Poincaré, Paris
- Jusqu'au 21 mars 2026
- Tarif plein : 10 € ; réduit : 5 €



Qu'il s'agisse de représenter des objets 3D en 2D, développer des jeux vidéo, peindre un paysage ou même coudre un vêtement, les mathématiques sont partout. Cette exposition invite à le redécouvrir à grand renfort de vidéos interactives, d'objets de mesure, de modèles et de jeux... Pour savoir comment répondre à : "À quoi ça me servira d'apprendre ce théorème ?"...

LIVRE

Une Femme sur la Lune

- De Charles Frankel
- Éd. Dunod
- 200 pp., 16,90 €



Le prochain astronaute à marcher sur la Lune sera une femme ! C'est l'objectif symbolique que se sont donné la Chine et les États-Unis pour leurs futures missions spatiales, et rétablir ainsi l'équilibre entre les sexes. Mais avant d'en arriver là, la lutte aura été longue – l'auteur le rappelle et en profite pour retracer les trajectoires admirables de quelques héroïnes de l'astronautique.

LIVRE

Les oiseaux se cachent-ils pour mourir ?

- D'Emmanuelle Pouydebat
- Éd. Delachaux et Niestlé
- 208 pp., 22,90 €



Comment les animaux perçoivent-ils le plus énigmatique des concepts : la mort ? Des éléphants qui vivent des processus de deuil aux otaries protégeant leurs congénères décédés, en passant par les rites funéraires des chimpanzés, l'autrice mène l'enquête avec rigueur, sensibilité, et une pointe d'humour. On en ressort chamboulé.

LIVRE

Cartographia

- De Françoise Bahoken et Nicolas Lambert
- Éd. Armand Colin
- 240 pp., 19,90 €



L'Everest est-elle la plus haute montagne du monde ? Comment les Grecs anciens ont-ils su que la Terre est une sphère de 40 000 km de circonférence ? Pourquoi avoir mis le nord en haut ? Toutes ces questions trouvent leur réponse dans la frénésie de l'humain à cartographier le globe. Les auteurs, eux-mêmes cartographes, retracent cette passionnante épopée.

C.H.

Saurions-nous reproduire toutes les infrastructures ancestrales ?

Question de Sarah Mitteleite, Paris (75)

A priori, oui. Plusieurs projets ont permis de construire ou de rénover des infrastructures dont l'architecture date de plusieurs centaines d'années, et ce en utilisant les méthodes de l'époque. C'est le cas de la reconstruction de la charpente de Notre-Dame de Paris ou de l'édification du château fort de Guédelon, en Bourgogne, grâce aux techniques du XIII^e siècle. *"Les savoir-faire ne se sont pas complètement perdus, car beaucoup ont été transmis grâce au compagnonnage"*, indique Marlène Leroux, docteure en sciences de l'architec-

ture de l'École polytechnique fédérale de Lausanne, en Suisse.

Civilisations disparues

Quid des œuvres plus anciennes ou plus éloignées, comme les pyramides, les temples grecs ou les murs cyclopéens des Incas, dont les techniques ont disparu avec la chute des civilisations concernées ? *"On ne sait pas toujours comment les constructeurs s'y prenaient, répond Stéphane Lamouille, chercheur CNRS. Comment ils ont transporté les blocs de dizaines de tonnes qui ont servi de matière première à des statues*

monumentales à Délos ; comment ils parvenaient à la précision exigée pour assembler certaines charpentes, etc."

Mais cela ne veut pas dire que les ingénieurs actuels ne pourraient pas reproduire leurs chefs-d'œuvre ! En étudiant les infrastructures via des techniques d'analyses chimiques et d'imagerie, et par essais et erreurs, les experts de la restauration parviennent à déduire les savoir-faire ancestraux. Un travail colossal, expliquant en partie que la restauration du Parthénon, à Athènes, commencée dans les années 1980, est toujours en cours... **A.L.D.**



^ En observant l'intérieur galactique, les chercheurs ont identifié une barre en son cœur.

Comment sait-on que la Voie

Question de Hugo Magnan, Albi (81)

En réalité, étant donné que nous nous trouvons à l'intérieur de cette galaxie, il nous est impossible d'en être absolument certains ! D'autant que *"le Système solaire est situé dans le même plan que le disque galactique – et non pas au-dessus, ce qui*

nous aurait permis de voir en partie sa forme", souligne Frédéric Arenou, ingénieur de recherche CNRS à l'Observatoire de Paris. Reste que la découverte d'autres galaxies arborant cette forme ainsi que les différentes observations réali-



^ Sans ciment ni mortier, les Incas du XIV^e s. à Cuzco (Pérou) ont réalisé la prouesse d'imbriquer cette pierre de 6 t avec 11 autres.

Les gauchers sont-ils plus créatifs ?

Question de Julien Houlet, Le Havre (76)

Non ! C'est ce qu'a montré la méta-analyse menée par une équipe de l'université Cornell (États-Unis) sur les résultats de tests de créativité. *"Les droitiers étaient aussi inventifs que les gauchers. Ces derniers sont même sous-représentés dans nombre de métiers créatifs"*, indique Daniel Casasanto, co-auteur de l'étude. Pourquoi alors cette idée que les génies – Einstein, de Vinci, Jimi Hendrix, etc. – sont souvent gauchers ? C'est qu'ils nous laisseraient une plus forte impression : *"Des études ont révélé que les gauchers sont statistiquement plus susceptibles d'avoir certains troubles mentaux – dépression, schizophrénie, etc."*, poursuit le chercheur. Il y aurait donc plus de gauchers parmi les artistes... torturés. **V.F.**



SHUTTERSTOCK - S. JURVETSON/WIKIMEDIA - B. BOURGEOIS

La Voie lactée est-elle en forme de spirale ?

sées depuis des décennies ont mené les scientifiques à cette conclusion.

En 1845, en effet, le plus grand télescope de son temps avait permis à l'astronome irlandais William Parsons d'identifier des galaxies en forme de spirale – déployant des sortes de bras étoilés partant de leur centre–,

faisant ainsi naître l'idée que de tels objets existent. Cent ans plus tard, des chercheurs américains ont mesuré avec une précision inégalée la distance qui nous sépare des étoiles présentes sur la voûte céleste. Ils ont alors démontré que celles situées dans la Voie lactée semblent se concentrer

le long de structures longilignes, comme des bras.

L'arrivée de télescopes spatiaux ultra-performants à la fin du XX^e siècle a renforcé cette hypothèse, et même permis de l'affiner : notre Galaxie est en forme de spirale, elle possède quatre bras, et son cœur est formé d'une bande d'étoiles dessinant une barre. **S.F.**

Existe-t-il une température maximale ?

Question de Claude Thureau, Mieussy (74)

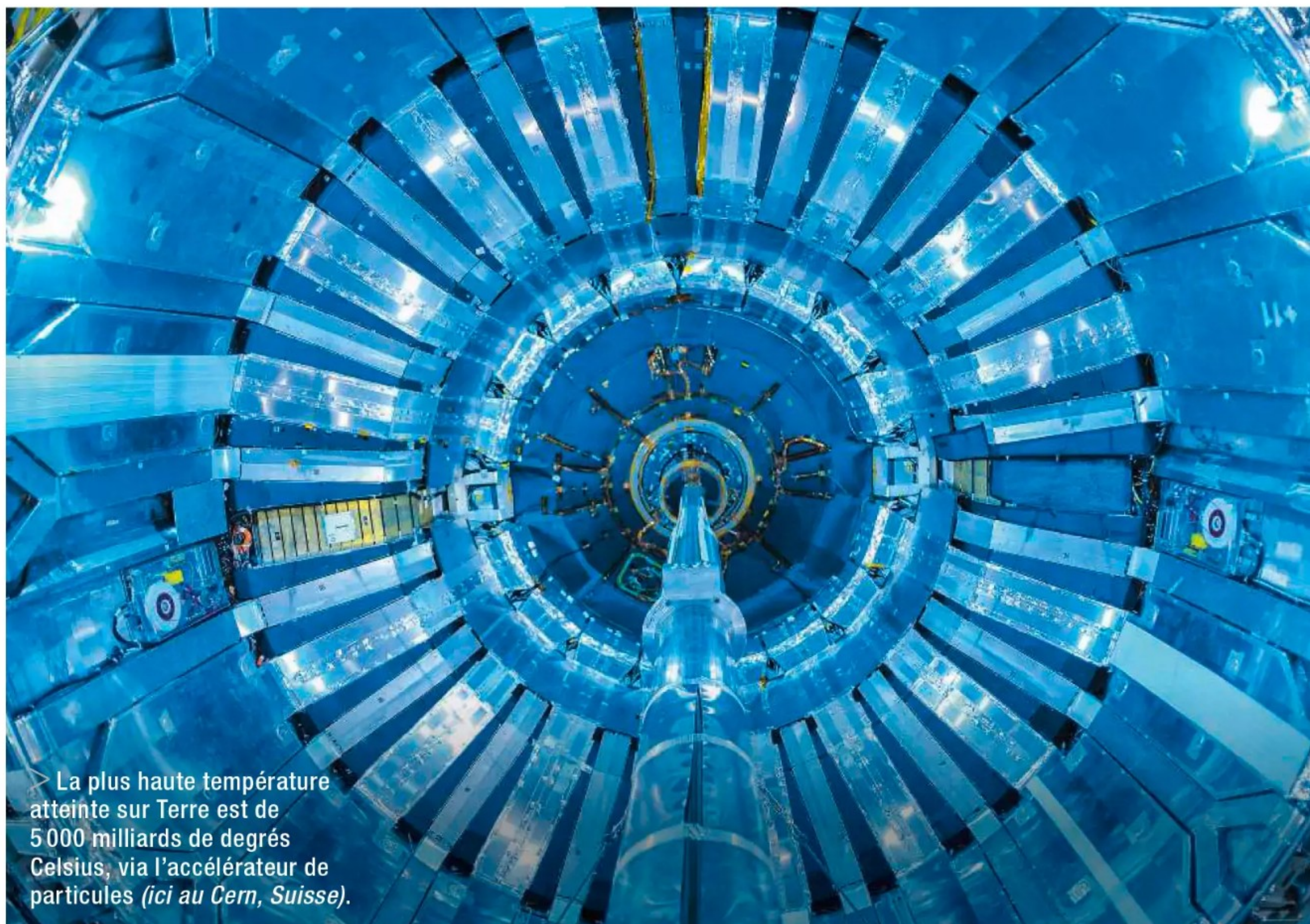
Impossible à dire ! La température est définie par l'agitation des atomes et des molécules : plus il y a d'énergie, plus ils sont excités et se mettent à vibrer, et plus la température est élevée. Ainsi, si l'on peut définir une température minimale – le zéro absolu ($-273,15^{\circ}\text{C}$), soit le moment où les particules ne s'agitent plus –, on est en revanche incapable

d'établir une agitation "limite", et donc une température maximale. Pire, au-delà d'un certain seuil – la température de Planck, qui régnait aux premiers instants de l'Univers, d'environ 140 000 milliards de milliards de milliards de degrés Celsius –, les niveaux d'énergie deviennent tels qu'ils échappent à la physique

actuelle ! *"Les théories de la relativité générale et de la mécanique quantique ne fonctionnent plus"*, confirme Urs Wiedemann, physicien théoricien au Cern. À ce niveau d'agitation, impossible de définir l'espace et le temps, de décrire le comportement de la matière ou de déterminer une quelconque température.

Qu'en est-il de la chaleur créée expérimentalement ? *"La température la plus élevée jamais atteinte*

sur notre planète est d'origine humaine, et elle est de l'ordre de 5 000 milliards de degrés Celsius, affirme Jurgen Schukraft, physicien au Cern. Elle est obtenue lorsque l'on fait collisionner des ions lourds entre eux, comme ceux du plomb, dans des accélérateurs de particules au Cern ou au BNL, aux États-Unis." C'est chaud, certes... mais encore 28 milliards de milliards de fois moins que la température de Planck. **S.F.**



➤ La plus haute température atteinte sur Terre est de 5 000 milliards de degrés Celsius, via l'accélérateur de particules (ici au Cern, Suisse).



Grâce à son pétale géant (en rouge), l'arum titan empeste à plus de 800 m à la ronde lors de sa floraison.

Comment les fleurs diffusent-elles leur parfum dans l'air ?

Question d'Agnès Riez, Épinal (88)

Grâce aux "transporteurs ABC", des protéines qui permettent aux composés organiques volatils (COV) – des molécules odorantes – de s'extraire de la plante. *"Pendant des années, on pensait que les composés odorants, produits à l'intérieur des cellules des pétales des fleurs, se diffusaient passivement dans l'air"*, indique Natalia Dudareva, professeure à l'université Purdue (États-Unis). Problème : pour atteindre les concentrations de COV habituellement enregistrées dans l'air, il aurait fallu que les végétaux en produisent des quantités astronomiques ! Impossible, autrement, que ces molécules odorantes exercent une pression mécanique assez forte sur les parois des cellules pour en sortir.

Or, au-delà d'un certain seuil, les COV deviennent toxiques pour la plante... L'enquête a donc repris : *"Nos recherches ont montré qu'il existe des mécanismes actifs permettant la diffusion"*, explique Natalia Dudareva. En l'occurrence des pompes microscopiques logées dans la membrane lipidique des cellules du pétale, nommées les transporteurs ABC, s'activent quand les COV sont produits : ce sont elles qui aspirent hors des cellules ces molécules, qui se retrouvent libres dans l'air. **P.-E.R.**

Pourquoi certains chats caquettent quand ils voient un oiseau ?

Question de Pénélope Gleyze, Gentilly (94)

L'origine de ce petit bruit très caractéristique n'est pas tout à fait élucidée. Les chercheurs ont toutefois émis plusieurs hypothèses : *"Cela pourrait être un signe d'excitation ou de frustration quand les félins aperçoivent une proie à laquelle ils n'ont pas accès, comme un oiseau derrière une fenêtre"*, avance Mikel Delgado, spécialiste du comporte-

ment des chats à l'université Purdue (États-Unis).

Une autre théorie postule que le félin reproduirait en fait un mouvement, celui de la morsure à la nuque qu'il inflige à ses proies, comme s'il s'y préparait. Le caquètement lui-même ne serait alors qu'un effet secondaire.

Enfin, il pourrait s'agir d'une ruse : *"Des études ont montré que le margay*

– une espèce de félin sauvage – imite les cris des singes tamarins lorsqu'il les chasse en Amérique du Sud. Il est donc possible que les chats domestiques tentent d'imiter les vocalises des oiseaux pour pouvoir s'en approcher furtivement, sans être détectés. Mais on ne sait pas si cela fonctionne, et le son ne ressemble pas vraiment à ceux produits par les volatiles", conclut Mikel Delgado. **L.G.**

**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**

À quoi est dû le bégaiement ?

Question de Laurence Carino, Thonon-les-Bains (74)

Ce trouble de l'élocution est causé par des anomalies neurologiques qui peuvent avoir pour origine des prédispositions génétiques, ou bien qui peuvent survenir à la suite d'un accident. Une récente étude a permis d'identifier, sur le génome, 57 localisations liées au bégaiement (appelées loci) : les personnes atteintes de ce trouble ont plus de

risques de présenter des particularités sur ces loci, et de les transmettre à leur descendance.

"Mais il arrive que des individus qui ont tous les éléments génétiques prédisposant au bégaiement ne soient pas touchés par ce trouble, sans que l'on sache pourquoi", expose Fabrice Hirsch, chercheur CNRS à l'université de Montpellier. Quoi qu'il en soit, toutes

les personnes atteintes, que ce soit d'origine génétique ou accidentelle, présentent des différences neurologiques par rapport à celles sans bégaiement. Grâce à l'imagerie cérébrale, les scientifiques ont notamment observé chez certaines une suractivation de l'hémisphère droit au moment de la parole ; chez d'autres un excès de dopamine ; chez d'autres encore des anomalies sur plusieurs faisceaux de fibres

nerveuses. Et parfois plusieurs à la fois : *"Il y a donc vraisemblablement différentes manières de devenir bègue",* estime Fabrice Hirsch.

Les chercheurs tentent désormais de comprendre comment ces différences neurologiques altèrent le contrôle des éléments articulateurs – la langue, les lèvres, le larynx... –, et empêchent la personne de poursuivre son discours, pourtant bien planifié dans sa tête. **C.M.**

Existe-t-il des espèces où l'un des sexes est majoritaire ?

Question d'Anju Agarwal, Londres (Angleterre)

Oui, et elles sont loin d'être l'exception ! *"La proportion de mâles et de femelles à la naissance est souvent déséquilibrée, mais à différents degrés selon le mode de détermination du sexe,* répond Mathieu Douhard, chercheur à l'université Claude-Bernard-Lyon 1. *Chez les insectes sociaux, l'écart est fort en faveur des femelles : celles-ci se développent à partir des œufs qui ont été fécondés, et les mâles à partir de ceux qui ne l'ont pas été."* Ainsi, chez les abeilles, les mâles ne représentent que 10 % de la colonie.

Le ratio peut être plus grand encore chez certaines populations de tortues, dont le sexe est fixé par la chaleur du sable qui couve les œufs : mâle en dessous de 27°C, femelle au-dessus de 31°C. En 2018, une étude sur des tortues nichant près de la Grande Barrière de corail a montré que la proportion de femelles allait de 69 % sur les plages les plus froides à 99 % sur les rivages les plus chauds ! Et chez les mammifères ? On peut voir de légères différences, mais *"ces déséquilibres sont moins prononcés, probablement en raison du déterminisme chromosomique XY du sexe",* pointe le chercheur. **L.G.**



^ Dans une colonie d'abeilles, les femelles représentent 90 % de la population !

SHUTTERSTOCK

SCIENCE&VIE

Rejoignez notre communauté,

ABONNEZ-VOUS !

**RETROUVEZ
VOS AVANTAGES**

en flashant le QR code
ci-dessous ou rendez-vous
sur bit.ly/privileges1298



Quels **avantages** à être abonné à *Science & Vie* ?

1 Recevoir le meilleur de l'actualité scientifique internationale chez soi

2 Avoir des échanges privilégiés avec notre rédaction et les chercheurs :



> **en visio, avec la Science en direct** : pour échanger sur un thème paru récemment, avec le rédacteur en chef et notre journaliste spécialisé.



> **en présentiel en participant aux Comités scientifiques** : avec des intervenants prestigieux, pour mener des réflexions communes sur les grands défis technologiques et scientifiques.

Comité scientifique
au Musée
océanographique
de Monaco



Nos abonnés à Change Now ↗



Salon Vivatech 2025 ↖

3 Avoir des accès VIP à nos événements privés

Pour la remise des prix des jeunes journalistes scientifiques *Science & Vie*, lors de la journée des Inventeurs organisée par nos soins au musée des Arts et Métiers, autour de l'incubateur *Science & Vie* (présence sur Vivatech, soirée de networking...). Nos événements se terminent toujours autour d'un verre pour continuer les échanges en toute convivialité.

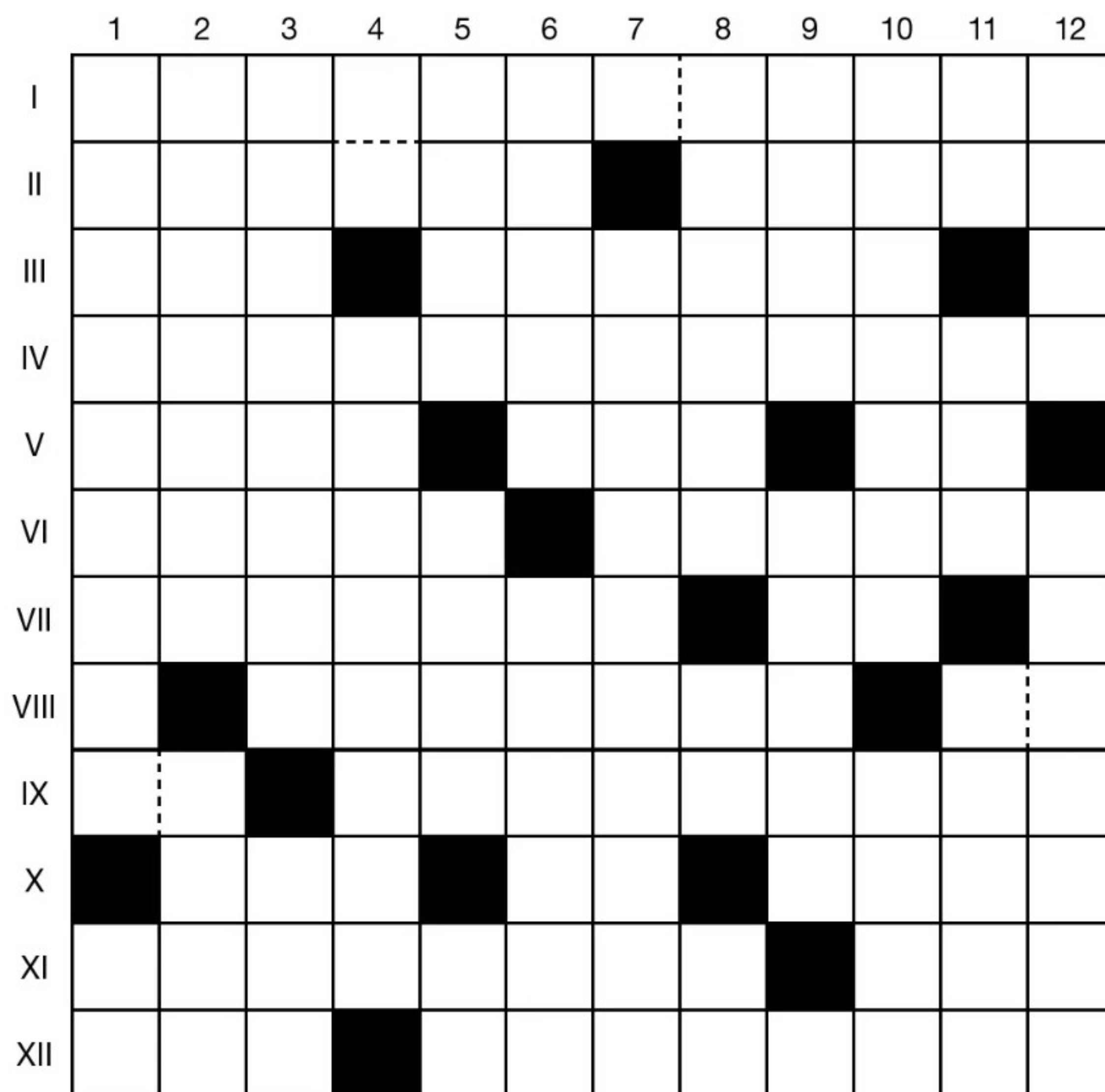
4 Recevoir des invitations aux expositions, salons ou festival du moment

Par exemple : la Cité des Sciences, Festivals d'astronomie de Fleurance, Change Now, Transition Forum, Vivatech, salon du livre de Montreuil, Toulouse Space Festival...

SCIENCE&VIE

LA RÉFÉRENCE

À vous de jouer !



HORIZONTALEMENT

I. Il tend à rétrécir, sous la pression du réchauffement climatique.
II. C'est établir, avec ou sans e central. Domaine technique qui ne demande qu'à être écouté. **III.** *Bravo* sur pellicule. Style de chant du flamenco. **IV.** Il fut possible de voler dans les plumes de ce dinosaure. **V.** Longitude et latitude le déterminent. Tenta quelques pas. Or du tableau de Mendeleïev. **VI.** Amoureux de la commedia dell'arte. Le malade coeliaque y est intolérant. **VII.** Les sucettes à l'anis n'auraient aucun goût sans lui. Sous d'étudiant prenant des notes. **VIII.** C'est l'inclinaison de l'axe des pôles qui produit leur alternance. Pas à l'aurore. **IX.** L'ami des bons comptes. Papillon de nuit né du ver gris. **X.** Les troupes à Bouvines. Arobase dans l'adresse. Cet affluent de la Sarthe n'est pas de l'eau dormante, malgré son nom. **XI.** En géométrie, elles permettent de tracer des angles droits. Préfixe de la nouveauté. **XII.** Élimé. Privés de sortie.

SOLUTION
DE LA GRILLE
S&V 1297

de David Cornélien

N	E	U	R	O	S	C	I	E	N	C	E
A	N	T	I	N	E	U	T	R	I	N	O
T	U	E		G	R	E	E		O	L	
U	M	L	A	U	T	S		I	A	S	I
R	E	L	U	E		T	A	N	I	S	E
O	R	E		N	I	A	N	T		O	N
P	A		N	T	M		N	E	S	S	
A	T	M	O	S	P	H	E	R	E		V
T	I	E	N		A	U	X		C	R	I
H	O	M	I	N	I	N	E	S		O	S
I	N	O	D	O	R	E		P	I	L	E
E	S		I	N	E	S	P	E	R	E	E

VERTICALEMENT

1. Cet angle est cause de bien des erreurs. Attrapé. **2.** Relatif à celui que Seth divisa en quatorze. De vraies girouettes! **3.** À deux côtés égaux, pour des triangles. Verse un peu de liquide. **4.** Un quart de Bordeaux. Quatre fois vingt, à l'athénée. **5.** Il attire l'internaute et l'archéologue. État démoralisant Adjani. Le radium des Curie. **6.** Sa nébuleuse est dans notre Voie lactée. *Ben-Hur* en a eu onze. **7.** Cartilages près du larynx. **8.** Le 15. Dêvêtu. Note. **9.** Bouché. Ville de Corrèze. **10.** Sens repérant l'essence. À développement durable. **11.** *Wireless* mais sans *Fidelity*, pour rester connecté. Cantonais. Diminuée de surface. **12.** Forme de coco. On compte sur eux.

Le mois prochain dans **SCIENCE&VIE**

En kiosque le 21 novembre

À LA UNE

Boule de glu, tetraquark...

Plongée dans le nouveau bestiaire
de la physique subatomique

DOSSIER

Et les rivières gagnèrent leurs méandres



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 Cavaillé-Fol

RÉDACTEURS EN CHEF ADJOINTS

Dylan Beiner-Molière,
Thomas Delozier

SECRÉTAIRE GÉNÉRALE DE RÉDACTION

Florence Roucolle

DIRECTION ARTISTIQUE

Eliénor Lo Meo

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

D. Augusto, L. Barnéoud,
K. Bettayeb, L. Blancard,
B. Bourgeois, F. Cadu, C. Clerfeuille,
D. Cornélien, A. Denèle,
G. Depambour, O. Donnars, S. Fay,
L. Gougis, C. Hancock, T. Jones,

S. Jungers, A. Le Duigou, H. Leroux,
M. Lubac, R. Malaurent, C. Mauger,
J. Méreau, A. Périnet, B. Rey,
P.-E. Ruy, Y. Sciana, M. Tumelaire

DIRECTION-ÉDITION

ÉDITEUR
Germain Périnet

ÉDITRICE ADJOINTE
Charlotte Mignerey

DIRECTRICE DES RÉDACTIONS
Danielle McCaffrey

PÔLE DIGITAL

RESPONSABLE ÉDITORIAL DU SITE :
Tanguy Vallée

RESPONSABLE ÉDITORIAL DES RÉSEAUX
SOCIAUX : Killian Marques

PUBLICITÉ

DIRECTRICE GÉNÉRALE
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

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.serviceabomag.fr

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

Prix de vente : 5,10 €

Prix de l'abonnement :

1 an, 12 numéros pour 61,20 €

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

Hélène Bernardi, Nadine Chatry

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

Dépôt légal : novembre 2025
Date de parution : 22/10/25
N° ISSN : 0036-8 369
N° CPPAP : 1025 K 79977



LE TRI
+ FACILE



D'après une question de **Cédric Richet, Limoges (87)**

Vous savez qu'en réalité, nos veines ne sont pas bleues ?

Oui, elles sont rouges, comme le sang qu'elles contiennent. J'imagine qu'on les voit bleu à travers la peau du fait d'un phénomène physique ?



C'est ça. En fait, les ondes lumineuses se comportent différemment dans notre corps selon leur longueur.

Et donc en fonction de la couleur qu'elles diffusent...



Tout à fait. Les rouges pénètrent très bien, elles vont tout droit. Tandis que les bleues sont déviées rapidement, après seulement 5 mm.

Du coup, si on met un vaisseau sanguin sur le chemin...



Il absorbe davantage de rouge.

Et on le verra bleu.



Non, on le verra gris. Sauf qu'en plus du phénomène physique, il y a une illusion d'optique. Une couleur est perçue différemment si elle est placée à côté d'une autre.

À côté du rose, le gris paraît bleu... Hé, j'ai réussi !



Ah ben voilà, il suffisait de vous faire parler !

Ouais, j'aime pas trop les piqûres, désolée.



Acheter en confiance

Pour consommer malin, sans regret et tout en limitant ses impacts sur l'environnement, mieux vaut d'abord se poser les bonnes questions : ai-je besoin de cet appareil ? Vais-je l'utiliser sur le long terme ? Si le besoin est réel, l'achat d'appareils reconditionnés s'avère une bonne option : ils sont moins chers que le neuf et plus fiables que l'occasion, qui réserve parfois des surprises. Chaque produit reconditionné est en effet testé, nettoyé, réparé si besoin et contrôlé avant d'être revendu. L'acheteur dispose d'un droit de rétractation de 14 jours, comme pour le neuf, d'une garantie légale de conformité, d'une garantie des vices cachés de deux ans chacune et, parfois, d'une garantie commerciale supplémentaire. Les revendeurs à privilégier sont ceux qui délivrent des informations précises sur leurs procédures de tests et de remise en état, ainsi que sur l'état réel des produits reconditionnés (apparence et niveau de performance).

S'équiper responsable

Jusqu'à 75 % moins chers* que le neuf, les appareils reconditionnés répondent aussi à un impératif écologique. Prolonger la vie d'un smartphone, d'un lave-vaisselle ou d'un aspirateur réduit concrètement la production de déchets, les impacts liés au transport et surtout ceux liés à la fabrication, qui sont majeurs : extraction de ressources souvent non renouvelables, rejets toxiques dans l'eau, l'air et les sols, atteintes à la biodiversité, violation des droits humains dans certains pays de production, etc. Selon les produits, on constate jusqu'à huit fois moins d'impacts environnementaux en moyenne que le neuf*. Par exemple, en France, le marché des smartphones reconditionnés évite l'émission de 68 878 tonnes éq. CO₂ (soit 206 millions de km en voiture), l'extraction de 215 289 tonnes de matières premières et la production de 156 tonnes de déchets électroniques**. Avec plus de 800 millions d'équipements numériques en circulation dans le pays*, l'enjeu est colossal ! Et le choix d'un appareil reconditionné sera d'autant plus vertueux qu'il aura été reconditionné localement, qu'il sera bien entretenu jusqu'à sa fin de vie puis apporté dans un point de collecte dédié pour être à nouveau reconditionné ou recyclé !

Pour consommer de façon plus responsable :
epargnonsnosressources.gouv.fr

* Source : ADEME

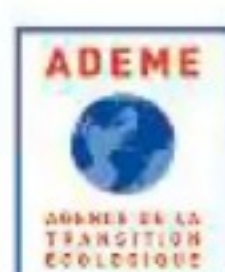
** Pour chaque année d'utilisation – Source : ADEME

LES ATOUTS DU RECONDITIONNÉ PAR RAPPORT AU NEUF ET À L'OCCASION

Téléviseur, lave-linge, téléphone... et si acheter neuf n'était pas la meilleure option ? Avec ses prix doux et son impact réduit sur l'environnement, le reconditionné s'impose comme une alternative maligne, économique par rapport aux produits neufs et plus sûre que l'occasion.



En
partenariat
avec



NOUVELLE JEEP® AVENGER 4xe THE NORTH FACE EDITION

JEEP Care
JUSQU'À 8 ANS
GARANTIE
• SPÉCIALE •



GAMME AVENGER À PARTIR DE **199€/MOIS⁽¹⁾**

LLD 49 MOIS – 1^{ER} LOYER DE 4 000 €

DISPONIBLE EN MOTORISATIONS 100% ÉLECTRIQUE, HYBRIDE 2 ET 4 ROUES MOTRICES OU ESSENCE

Jeep®

THE
NORTH
FACE



(1) Avenger MY25 Longitude e-Hybrid neuve, sans option, au tarif du 03/07/2025, en location longue durée sur 49 mois/40 000 km max., soit 48 loyers mensuels de 199 €, après un 1^{er} loyer de 4 000 €. Offre non cumulable, réservée aux particuliers, **valable pour toute commande jusqu'au 31/10/2025** dans le réseau Jeep® participant, dans la limite des stocks disponibles. Sous réserve d'acceptation de votre dossier par CREDIPAR, loueur et SA au capital de 138 517 008 €, RCS Versailles n° 317 425 981, ORIAS n° 07004921 (www.orias.fr), n° ADEME : FR231747_03GHJZ, 2-10 boulevard de l'Europe 78300 Poissy. **Garantie spéciale Jeep® Care jusqu'à 8 ans : voir conditions sur www.jeep.fr. Modèle présenté : Avenger MY25 The North Face Edition 1.2 Turbo T3 145 ch BVR6 4xe avec option : 393 €, 1^{er} loyer de 3 900 €.** Avenger e-Hybrid : consommations mixtes combinées de carburant (l/100 km) : 5,0 - 4,9 ; émissions de CO₂ (g/km) : 114 - 111. Valeurs mesurées selon la procédure WLTP (Règlement (UE) 2018/1832), mises à jour en février 2025. Avenger 4xe : consommation (l/100 km) : 5,4 ; émissions de CO₂ (g/km) : 123 - 122.

Pensez à covoiturer #SeDéplacerMoinsPolluer