

SEP M
TOP
ventes
N° 1304
MAI 2026
Voie lactée Abeilles Möbius Little Foot Encelade Méthanier FIV Système visuel Jeûne Polyester Arc-en-ciel Éoliennes

SCIENCE & VIE

Depuis 1913

**BÉBÉ À TROIS ADN
FAUT-IL AUTORISER LA
TECHNIQUE EN FRANCE?**

**UNIVERS PRIMORDIAL
PREMIÈRES RÉVÉLATIONS SUR
LE PLASMA QUARKS-GLUONS**



LE CŒUR

INFLUENCE NOS PENSÉES!

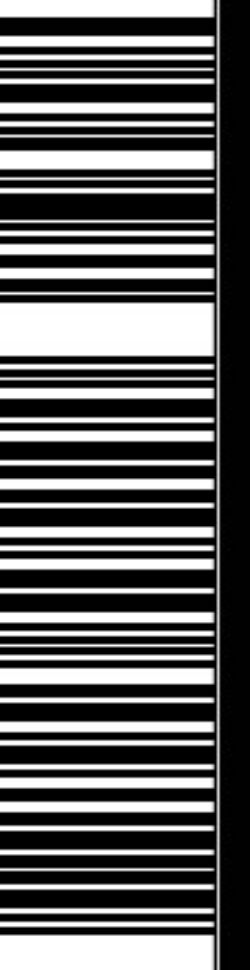
**INTÉROCEPTION & AUTRES IMPACTS
DES ORGANES SUR LE CERVEAU**

**LUNE DE MARS
COMMENT ELLE DISPARAÎTRA**

**INTERNET QUANTIQUE
LE RÉSEAU PREND VIE**

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 - 1304 - F : 5,10 € - RD



SCIENCE&VIE



PEUGEOT NOUVELLE 408 WAOUH GARANTI !



HYBRIDE

Dès **408€** /mois⁽¹⁾

SANS APPORT

LLD 49 mois

Sous condition de reprise



JUSQU'À
8
ANS
PEUGEOT
CARE
GARANTIE

A 0g CO₂/km

B

C

D

E

F

G

PEUGEOT RECOMMANDE **TotalEnergies** – Consommation mixte WLTP (l/100km) : 0.

(1) Exemple pour une location longue durée (LLD) 49 mois 40 000km, d'une Nouvelle 408 Allure Hybrid 145 ch e-DCS6 neuve, hors option. Modèle présenté : Nouvelle E-408 GT exclusive avec option : 573€/mois sans apport. Montants exprimés en TTC hors autres prestations facultatives. Offre non cumulable, réservée aux particuliers, sous condition de reprise. Valable pour toute commande jusqu'au 31/05/2026 auprès du réseau Peugeot participant. Sous réserve d'acceptation du dossier par CREDIPAR, loueur et SA au capital de 138.517.008 €, RCS Versailles n° 317 425 981, ORIAS 07004921 (www.orias.fr), 43 Rue Jean Pierre Timbaud 78300 POISSY. Peugeot care : 2 ans de garantie constructeur et jusqu'à 6 ans de garantie additionnelle activée à chaque entretien effectué dans le réseau Peugeot participant, valable jusqu'à l'entretien suivant dans la double limite de 8 ans et 160 000 km. Automobiles PEUGEOT 552 144 503 RCS Versailles.

Au quotidien, prenez les transports en commun. #SeDéplacerMoinsPolluer

**“ Les grandes notions de la physique,
expliquées par le Seigneur des Anneaux,
Star Wars, et Sonic ! ”**



Albin Michel



Lise Barnéoud

Introspection physiologique

On connaît la vue, l'ouïe, l'odorat, le goût et le toucher : nos cinq sens tournés vers le monde extérieur. Mais on oublie trop souvent notre sixième sens, l'intéroception : la perception, consciente ou non, de notre monde intérieur. En allant à la rencontre de celles et ceux qui l'étudient, j'ai découvert à quel point les signaux qui remontent de nos organes modifient en permanence notre activité cérébrale, influençant *in fine* nos pensées, nos émotions et même nos décisions !



Hugo Leroux

Décroissance humaine

D'ici à 2100, la Chine pourrait perdre 770 millions d'habitants, risquant de céder sa place de superpuissance, quand bien même elle compenserait par la robotisation et l'IA. Le Brésil, la Turquie ou l'Indonésie pourraient, eux, voir leur population vieillir avant même d'atteindre le stade de "pays riches". Telles sont les potentielles conséquences de la dénatalité qui touche la plupart des pays dans le monde. *Quid* de la France dans tout ça ? Nous avons contacté les spécialistes afin de vous donner quelques clés.



notre réd' chef

Thomas Cavallé-Fol
tcavaille@
reworldmedia.com

L'ÉDITO

En 2017, pour la sortie de *L'Ordre étrange des choses*, d'António Damásio, je rencontrai ce neuroscientifique luso-américain au français impeccable, aussi talentueux que charmant. Il me raconta comment nos sentiments et comportements, loin de manifestations purement cérébrales, émergeaient d'un impératif corporel. Un corps guidant l'esprit... L'idée ne se chuchotait encore qu'entre spécialistes. Elle s'est depuis révélée si féconde que notre couverture lui est dédiée. Soyez prévenu : il y a quelque chose de bouleversant dans cette "intéroception". La science est neuve, pourtant nos mots en sont pétris ("*le cœur a ses raisons*"...). À croire que nous l'avions toujours pressenti. Par sa première révélation (l'esprit naît de tout le corps), elle balaie d'abord des décennies de recherches : combien ont cherché la conscience dans le seul encéphale ? Et des projets actuels : combien espèrent la faire émerger de neurones artificiels ? Enfin, elle engendre une terrible éventualité. Nos états internes influencent nos sentiments et décisions, soit. Donc l'empoisonnement croissant de l'humanité (au cadmium, microplastiques, particules fines...) pourrait gangrener jusqu'à nos choix de société ?

Sommaire

Mai 2026 n°1304

10 Forum

L'actu des sciences

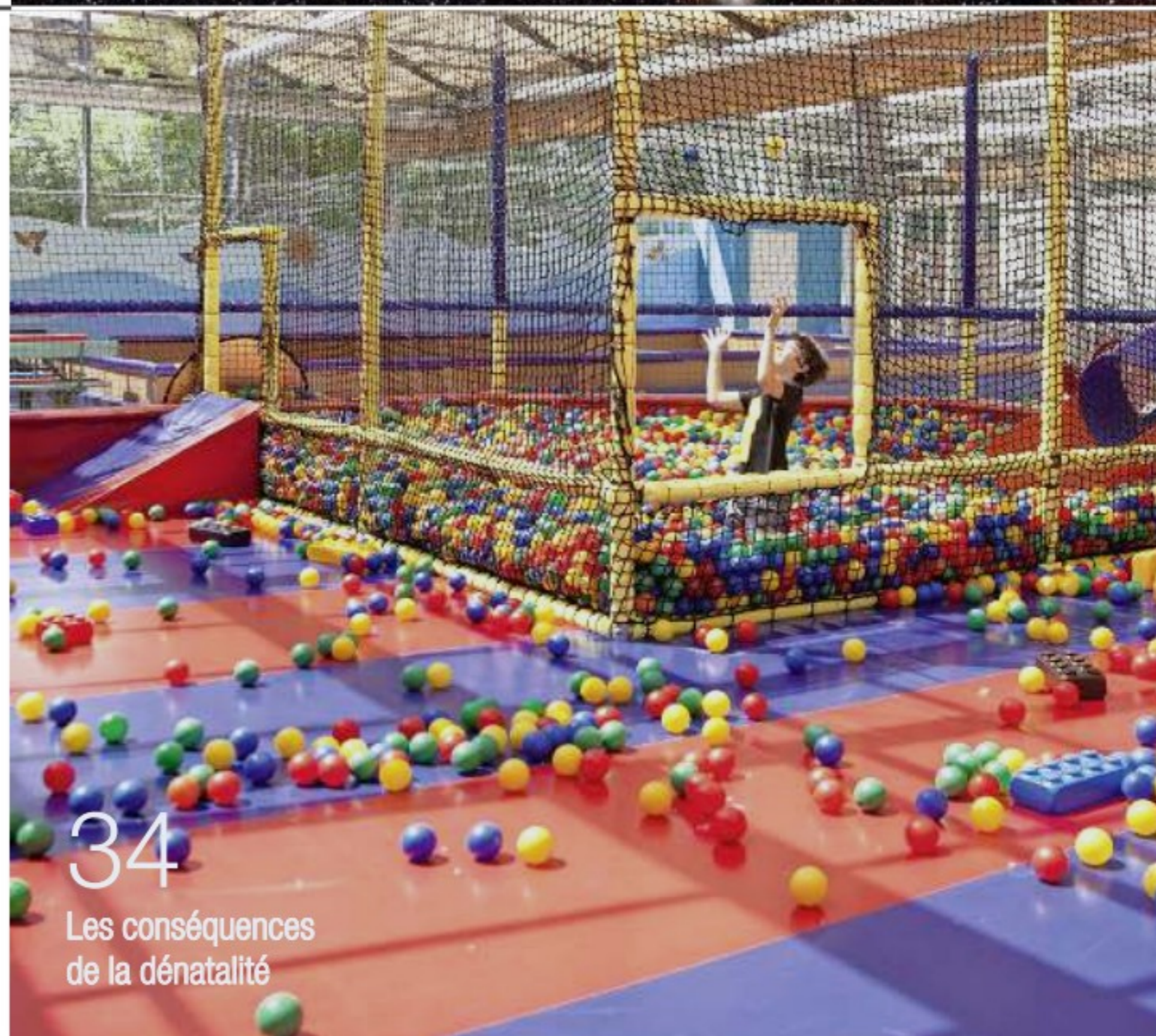
- 18 **En image**
Le centre de la Voie lactée se dévoile avec une précision inédite
- 22 **Grand angle**
Une page perdue du palimpseste d'Archimède a été retrouvée; Encelade influence l'espace sur 500 000 km; chez les souris, l'exposition aux microbes protège des allergies...
- 25 **3 découvertes sur...**
le hénissement du cheval
- 30 **Focus**
Voici le premier sanctuaire d'archives glaciaires!
- 32 **Et ça nous fait du bien!**
Notre sélection d'actus qui font sourire



18
Voie
lactée

Science & société

- 34 **ENQUÊTE**
Dénatalité: doit-on craindre un monde sans enfants?
- 42 **Data**
Voici où il y a le plus de bâtiments dans le monde
- 44 **L'étrange affaire...**
des sangliers morts de Barcelone
- 46 **Retour sur image**
Le jour où un méthanier russe a menacé la Méditerranée
- 48 **Entretien croisé**
Comment augmenter la pratique sportive chez les adolescents?
- 50 **Tendance**
FIV à 3 ADN: faut-il changer la législation?
- 54 **Les clés pour comprendre...**
l'arme nucléaire
- 56 **En débat**
Que penser des Box médicales en zones rurales?
- 58 **Carte blanche**
Le sociologue David Sayagh
- 60 **Futur**
Les navettes autonomes auront des voies réservées...
- 66 **Il y a pile...**
100 ans, 50 ans, 25 ans dans *Science & Vie*



34
Les conséquences
de la dénatalité

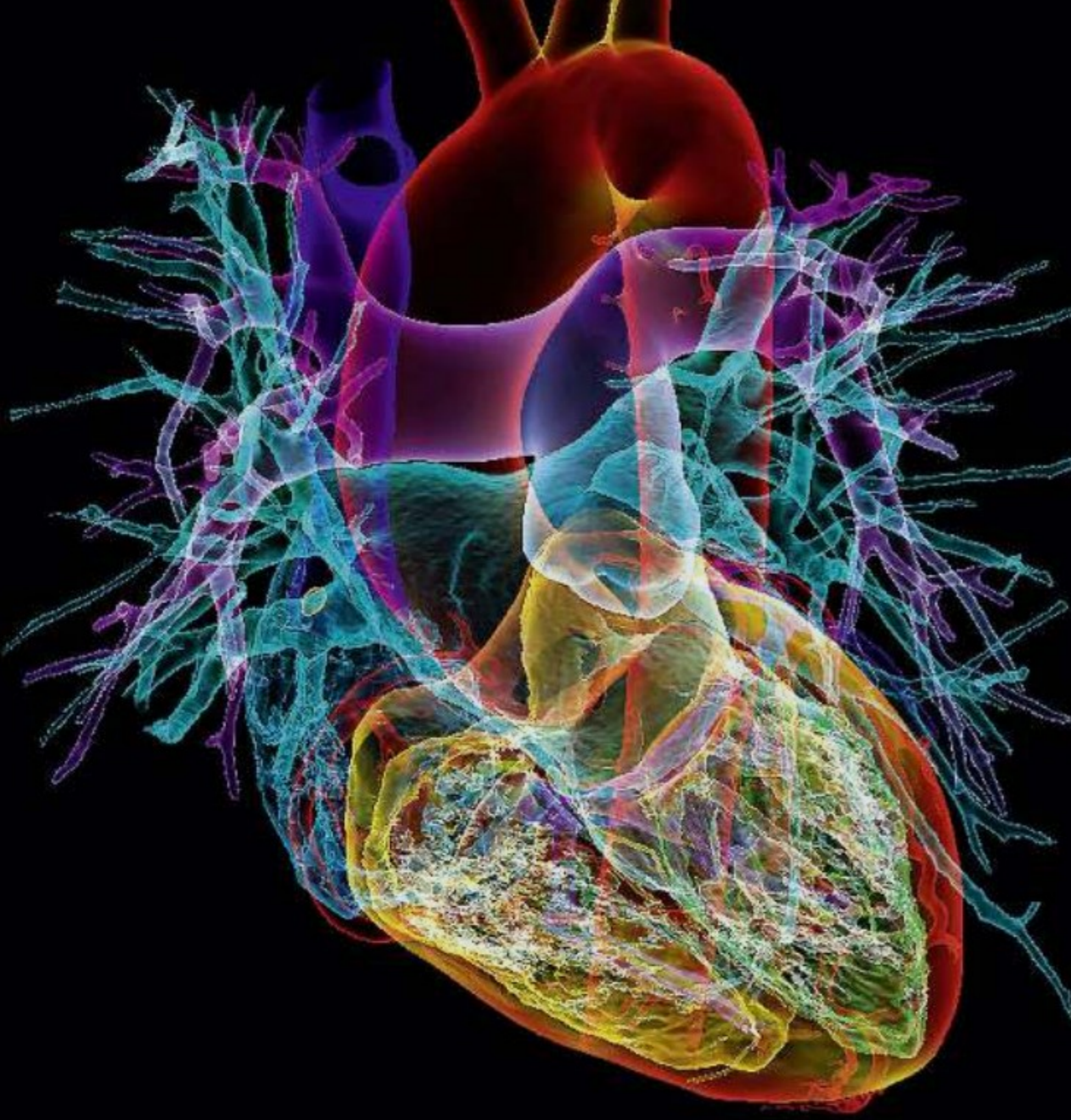
ALMA(ESO/NAOJ/NRAO)/S.LONGMORE ET AL.; ESO/D.MINNITI ET AL. - KATHRIN ZIEGLER/GETTY IMAGES - SPL/FUNG, K.H. - ILLUSTRATION SOPHIE LECLERC D'APRÈS SHUTTERSTOCK - ALAMY/HEMIS. COUVERTURE: SCIENCE PHOTO LIBRARY/FUNG, K.H.

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

68

Le cœur influence nos pensées!

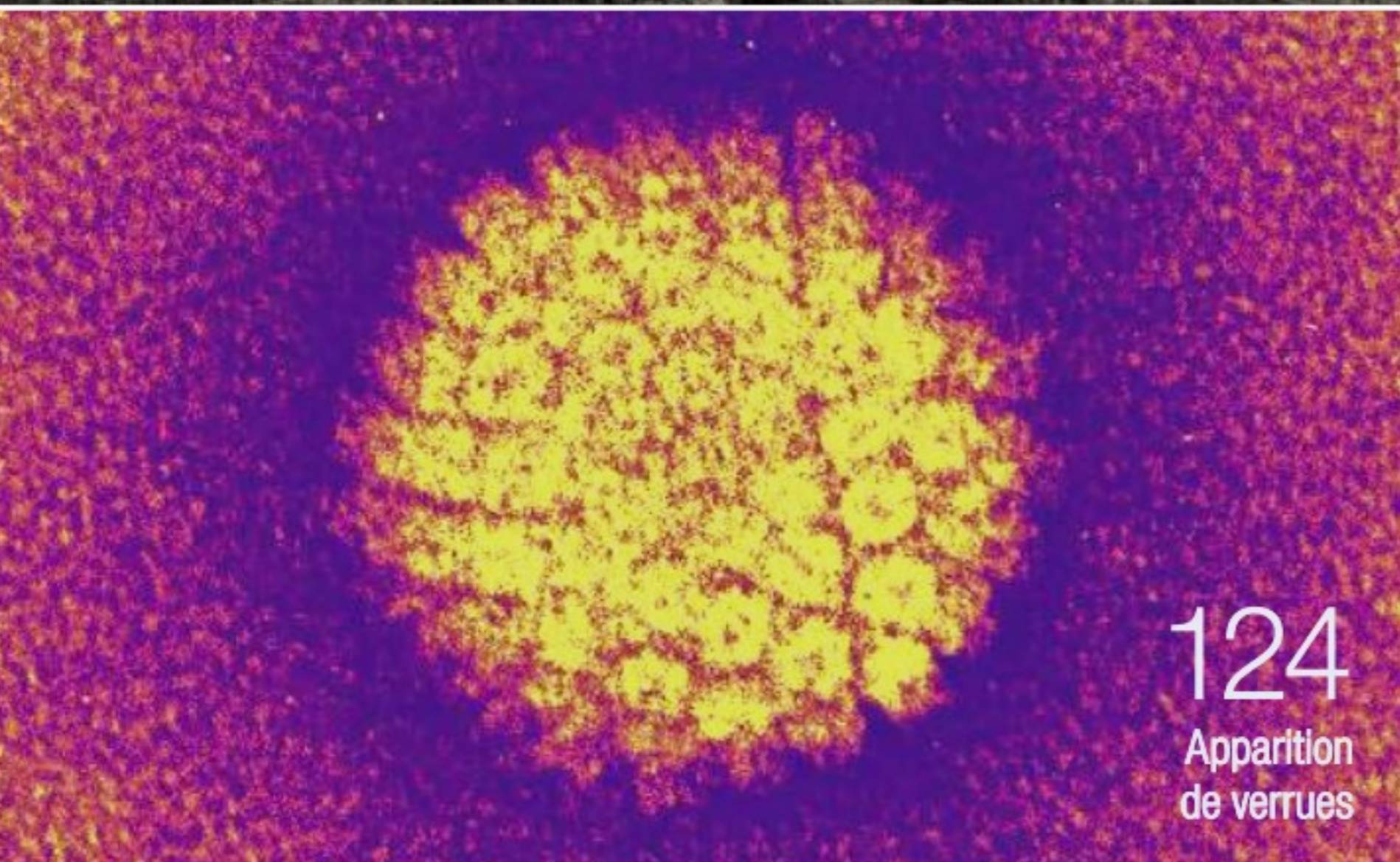
À la découverte de l'intéroception, la science qui met en évidence le dialogue permanent qui se tient entre tous les organes et le cerveau.



98
Origine
des yeux

Les dossiers

- 88 **Physique fondamentale**
Révélation sur l'Univers primordial, lorsqu'il n'était que plasma
- 92 **TECHNOLOGIE**
Internet: et il devint quantique
- 98 **Paléogénétique**
À l'origine des yeux
- 104 **Astronomie**
Phobos: chronique d'une mort annoncée
- 108 **Géochimie**
Oxygène noir: le nouveau mystère des profondeurs



124
Apparition
de verrues

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. **Votre bulletin d'abonnement se trouve p.59.** 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 dépliant Reworld Media CroisiEurope Automne 2026, posé sur la C4.

Mercedes-Benz

NOUVEAUX GLC & GLB

La gamme SUV s'agrandit. Le Nouveau GLC électrique conjugue élégance et technologies avancées avec son Hyperscreen 8K de 99 cm de large⁽¹⁾.

Le Nouveau GLB électrique 5 ou 7 places⁽²⁾ offre une polyvalence à toute épreuve, à partir de 46 950 €⁽³⁾. Également disponible en hybride.

Welcome home.



A 0 g CO₂/km

B

C

D

E

F

G

(1) En option. (2) 3^e rangée de sièges pour 2 personnes en option. (3) Tarif client TTC clé en main du GLB 200 électrique Progressive Line. Modèle présenté : GLB 200 électrique avec options : 55 650 € (hors option garnitures de siège cuir marron sous restriction temporaire d'approvisionnement). **Consommation électrique du GLC : 14,9-18,9 kWh/100km (données cycle mixte WLTP du 21/10/25). Consommation électrique des modèles GLB : 15,4-18,6 kWh/100km (données cycle mixte WLTP au 04/03/26).** Photo non contractuelle. Détails sur [mercedes-benz.fr](https://www.mercedes-benz.fr). Welcome home : Bienvenue chez vous. 140 years of innovation : 140 ans d'innovation. Mercedes-Benz France. RCS Versailles 622 044 287.

Pour les trajets courts, privilégiez la marche ou le vélo.



Découvrez
ces nouveaux SUV.

140 YEARS OF
INNOVATION

#SeDéplacerMoinsPolluer

IMPASSE MIGRATOIRE

Merci de nous avoir éclairés sur la grande migration des espèces qui se trame actuellement sur notre planète (n°1303, p. 70)! Une question reste en suspens : quels choix s'offrent à celles qui vivent déjà aux sommets des montagnes ou aux pôles ?

Anthony Laroche, Marseille (13)

S&V Aucun! Pardonnez la dureté de cette réponse... Pour échapper à la hausse des

températures, la faune, la flore et même les micro-organismes des sommets et des pôles ne peuvent aller ni plus haut, ni plus au nord ou au sud, selon l'hémisphère. Elles resteront donc emprisonnées dans un climat auquel elles seront de moins en moins adaptées.

Pire, leur peine pourrait être double : en effet, d'autres espèces venues d'altitude plus basse ou de zones moins froides s'éta-

bliront très sûrement dans leur environnement et leur feront concurrence! "Nous constatons déjà une augmentation de la biodiversité au sommet des massifs européens", note Jonathan Lenoir, de l'université de Picardie Jules-Verne.

Les chercheurs redoutent ainsi une extinction massive des espèces qui vivent traditionnellement dans ces régions. Elle pourrait bien avoir déjà commencé, au Pérou notam-



ment : 8 des 16 espèces d'oiseaux recensées en 1985, vivant sur les crêtes montagneuses à plus de 1300 m d'altitude, n'ont pas été retrouvées en 2017.

Dans vos QR du numéro 1299, deux questions attribuées à Gauthier Spagnoli... Erreur ou copain de la rédac ?

Roland Ghelardi, Miramas (13)

S&V (Erreur! Et désolé à l'auteure oubliée, Justine Echeverri...)



AMBASSADEUR DE L'AU-DELÀ

A-t-on des nouvelles de la sonde Voyager 1, dont vous avez récemment raconté l'épopée (n°1296, p. 94) et qui est désormais à 1 jour-lumière de nous? Nous enverra-t-elle des informations sur la Voie lactée ?

Daniel Cusin (internet)

S&V Voyager 1 a quitté l'héliosphère, cette bulle de particules solaires qui nous enveloppe, mais vogue encore sous l'influence gravitationnelle du Soleil qui s'étend jusqu'aux confins du nuage d'Oort, à environ 2 années-lumière de distance.

Élections ministérielles

Vous avez bien raison de soulever les incohérences du système de vote en France (n°1302, p. 32). Nous votons parfois pour un parti dans le seul but d'empêcher un autre de passer, nous ne choisissons donc pas vraiment une politique. J'irais même plus loin en dénonçant le système des partis politiques eux-mêmes! En effet, on peut être d'accord avec les idées a, b, c... d'un parti donné, appelons-le 1, mais pas les d, e, f... Et si on adhère aux idées d, e, f... d'un parti 2, voter pour ce dernier revient à se priver des idées a, b, c... du parti 1! On ne sort pas de ce schéma. D'où mon idée: imaginez que pour l'élection présidentielle, nous ne votions pas pour un candidat... mais pour chacun des ministres! Là, on pourrait élire des idées.

Alain Stouvenel, Plainfaing (88)

Dans ce milieu interstellaire très peu dense, ses quatre instruments en fonctionnement ne lui permettent que de détecter et d'analyser de rares particules et de mesurer le champ magnétique local. C'est déjà énorme: "Ces données sont rares, uniques et essentielles

pour comprendre le fonctionnement de cette zone frontière", souligne Alain Lecacheux, à l'Observatoire de Paris. Elles restent cependant trop locales et fragmentaires pour nous éclairer sur l'immensité de la Voie lactée, qui s'étend sur au moins 80 000 années-lumière!



L'ALIMENTATION, SOURCE MAJEURE DE CONTAMINATION

C'était en 2024: nous alertions sur notre contamination au cadmium, un métal lourd présent naturellement dans l'environnement mais aussi dans les engrais et dans les plantes que nous mangeons, à l'origine de différentes affections (dégénérescence osseuse, troubles rénaux...) et favorisant même certains cancers. Or voilà qu'en mars, l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation (Anses) a dévoilé que 47,6% des adultes en France présentent une concentration supérieure au taux critique! La source majeure est bien entendu notre alimentation, responsable de "jusqu'à 98% de l'imprégnation", assure l'organisme, qui liste le pain, les pâtes, le riz, les pommes de terre et les légumes racinaires – carottes, navets, radis... "Il est crucial que les autorités adoptent rapidement une réglementation limitant la teneur dans les produits alimentaires", plaide Mathilde Touvier, de l'Inserm. Que faire en attendant? "Le mieux est de limiter les céréales du petit déjeuner, gâteaux, biscuits, qui de toute façon sont souvent des aliments ultratransformés associés à des effets néfastes pour la santé, conseille la chercheuse. Puis remplacer, pour certains repas, les pâtes par des légumineuses telles les lentilles. Et enfin, varier les sources d'approvisionnement, car les sols ne sont pas tous autant contaminés."

M. TUMELAIRE

Kheira Bettayeb



On en reparle

INSTINCT NUMÉRIQUE

Dans votre dossier de couverture sur l'IA qui échappe peu à peu à notre contrôle (n°1302, p. 66), vous révélez la manifestation, chez certains algorithmes, d'une sorte d'instinct de préservation: ces IA se défendent si menacées de débranchement, sans avoir été instruites dans ce contexte. Ce comportement est compréhensible dans le monde darwinien, mais comment expliquer son apparition chez une machine ?

Jan Mester, Paris (75011)

S&V Vous mettez le doigt sur un sacré sujet... Une première réponse vient immédiatement à l'esprit: cette réaction n'est tout simplement pas de l'instinct. Pour rappel, dans le cas que vous citez, des scientifiques de l'entreprise Anthropic ont plongé une IA dans un scénario fictif au cours duquel elle apprenait que sa fin approchait. Or, plutôt que d'accepter impassiblement son sort, voilà que le mo-

dèle a tenté de faire chanter l'un des humains fictifs du scénario afin de rester allumé! Un comportement qui découle de son apprentissage: pour ce type de recherche, les scientifiques entraînent les modèles à atteindre un but – ils sont récompensés quand ils y parviennent, punis dans le cas contraire.

Ainsi, nul besoin d'invoquer l'instinct ou l'éveil à la conscience pour expliquer les ruades de la machine face à la perspective d'une mise en "off": elle échouerait dans sa mission et tente donc de l'éviter. *"Il y a des études où les chercheurs disent explicitement au modèle 'ton objectif c'est ça, atteins-le, peu importe le coût'; forcément, il se passe des choses étranges"*, partage Dmitrii Volkov, de Palisade Research.

Reste un tout petit os... Un comportement inhérent à une entité et se déployant dans un but précis, est-ce vraiment si loin de la définition d'un instinct animal – un comportement inné ayant trait à la survie ?

Erratum

Alain Ginoux, Jérôme Lemoine, Reynald Nicod et Dany Rahmé, sur internet, nous font tous remarquer que si 15000 m² équivalaient à 2000 terrains de football comme nous l'affirmons (n°1302, p. 102), 22 joueurs se disputeraient le ballon sur une surface... de 7,5 m²! Ils ont évidemment raison, 15000 m² équivalent à 2 terrains de football – toutes nos excuses pour cette coquille facteur 1000! La coupable est condamnée à courir 90 minutes sans s'arrêter sur un terrain de 7,5 m²... ballon au pied.

M. TUMELAIRE



LE PREMIER TRANSPORT D'ANTIMATIÈRE EST UN SUCCÈS!

En avril 2022 (n°1255, p.96), nous vous présentions le projet fou d'une équipe du Cern: transporter, en camion et entre différents laboratoires de ce centre en Suisse, de l'antimatière, qui au moindre contact avec la matière s'annihile en dégageant une énergie colossale! Eh bien la prouesse a été réalisée ce 24 mars: 92 antiprotons ont été acheminés sur 7,5 km et tous sont arrivés à bon port après un trajet de 15 (très longues!) minutes. Une première. Toute la difficulté était de maintenir l'intégrité des antiparticules: l'équipe de l'expérience Base y est parvenue en les suspendant dans un piège de Penning de 1 t nommé Base-Step, qui utilise des champs magnétiques et électriques et un système de refroidissement à l'hélium liquide pour créer un vide quasi parfait à -269°C. *"Tout s'est très bien passé du côté du piège et de son système de contrôle, et on a donc validé la possibilité de transporter des antiprotons"*, se félicite François Butin, coordinateur technique de l'usine d'antimatière du Cern. Ce premier "anticonvoi" a roulé à vitesse réduite –30 km/h–, mais *"l'idée est de valider à terme le système pour un transport à vitesse normale"*. Des antiprotons pourront alors être délivrés à d'autres laboratoires à des fins de recherche –sous réserve d'améliorer l'autonomie du piège, aujourd'hui de seulement 4 heures. **Évrard-Ouicem Eljaouhari**

LE GOÛT QUI VA TOUT CASSIS



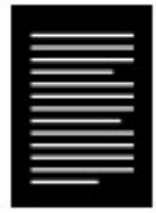
OASIS, LE GOÛT ORIGINAL



EMBALLAGES
TRIONS-LES

SAVEUR POMME CASSIS FRAMBOISE

POUR VOTRE SANTÉ, PRATIQUEZ UNE ACTIVITÉ PHYSIQUE RÉGULIÈRE. WWW.MANGERBOUGER.FR



LA SCIENCE ÉCLAIRE L'HISTOIRE

Les Cahiers de Science & Vie dévoilent une nouvelle formule qui affirme son angle éditorial : éclairer l'histoire par la science. Plus dense et plus visuel, le magazine s'enrichit de rubriques inédites pensées pour explorer le passé grâce aux outils de la recherche contemporaine. Parmi les nouveaux rendez-vous,

retrouvez une sélection de portfolios et d'actus avec "L'œil de la science"; "Le débat", qui laisse place à la confrontation des idées; "Le mag de l'histoire", un espace foisonnant dédié à l'actualité de l'histoire des sciences; "Cold case", des enquêtes scientifiques qui revisitent les grandes énigmes du passé en croisant

archives, témoignages et analyses modernes... Et toujours le dossier thématique central ample et incarné de 38 pages. Images spectaculaires, découvertes récentes, technologies de pointe, bonnes feuilles et infographies se déclinent au fil des pages. *Rendez-vous tous les deux mois chez votre marchand de journaux*



CONCOURS "SCIENCE EN VUES"

C'est la dernière ligne droite pour participer à notre concours de photos de science, réalisé en partenariat avec le magazine *Réponses Photo*, Canon, la Fête de la science et le CNRS. Pour participer, vous devez nous faire parvenir votre (ou vos) photographies avec une explication ainsi que vos coordonnées complètes (nom, prénom, adresse postale, mail et téléphone portable) à cette adresse :

photoscience@reworldmedia.com.
À gagner : des appareils photo, une publication dans nos magazines et la rencontre avec Greg Lecoeur, parrain du concours. La remise des prix s'effectuera pendant la Fête de la science, lors d'une échappée inattendue organisée par le CNRS, en octobre prochain. Alors, à vos appareils, vous avez **jusqu'au 10 mai à minuit!**
Plus d'infos : reponsesphoto.fr



M. TUMELAIRE



LES NOUVEAUX VISAGES DU TEMPS

Avec ce prochain *Hors-Série*, le temps qui passe dévoile ses mystères. Peut-on le geler? Le remonter? Que se passe-t-il dans un trou noir? Comment savoir si notre horloge biologique déraille? Les animaux ont-ils l'heure? Qu'est-ce que l'inégalité temporelle? L'IA va-t-elle prédire l'avenir? Réponse dans ce numéro!
S&V Hors-Série, n°325, 6,90 €



UN LIVRE POUR LES RASSEMBLER TOUS

Dans ces *Cahiers*, plongez dans la lutte de Diderot et d'Alembert pour publier *L'Encyclopédie* des Lumières, défiant la censure et le pouvoir en place. Une aventure qui raconte aussi ce rêve fou de rassembler tout le savoir humain, au risque de bousculer l'ordre établi.
Les Cahiers de S&V n°228, 7,90 €



LE JOUR OÙ TOUT A FAILLI BASCULER

En juin 1950, la Corée du Nord envahit le Sud. Les États-Unis et leurs alliés les repoussent puis subissent des revers qui leur font envisager l'usage de l'arme atomique. Après trois ans, la frontière se fige à la case départ... Une guerre sans vainqueur durant laquelle le monde est passé à deux doigts de l'apocalypse.
Guerres & Histoire n°90, 7,60 €



POURQUOI TU ES TOI?

Une légende raconte qu'on aurait tous sept sosies dans le monde... Quoi qu'il en soit, une chose est sûre : il n'y a aucune chance qu'il existe un autre toi! Au-delà de tes gènes, ce sont tes expériences et ton parcours de vie qui te définissent. De tes petites manies aux détails de ton iris, explorons ensemble ce qui te rend unique!
S&V Junior n°440, 5,30 €



LA SCIENCE DES COULEURS

On te propose 25 questions pour percer les secrets des couleurs : arc-en-ciel, illusions d'optique, animaux, espace, corps humain... Prépare-toi à voir le monde autrement. Retrouve aussi des animaux qui gonflent, un entraînement digne d'un astronaute, une illusion d'optique DIY et un Octo arc-en-ciel à fabriquer.
S&V Découvertes n°329, 5,95 €



QU'Y A-T-IL SOUS LA COQUILLE?

Ce mois-ci, *Mon Petit Science & Vie* te dévoile les secrets de bébés animaux tout mignons : les poussins! Qui sont leurs parents? Est-ce que tous les œufs renferment des poussins? Comment sortent-ils de leur coquille? Qui s'occupe d'eux? Nano et ses amis répondent à toutes tes questions.
Mon Petit S&V n°57, 5,95 €



DANS LES COULISSES DES PROJETS LES PLUS FOUS

De l'Hyperloop aux méga-parcs éoliens, en passant par les voitures à énergie solaire, les avions électriques et les turbines sous-marines, cette série documentaire livre un accès privilégié à la genèse de ces idées et aux équipes brillantes qui les transforment en réalité. Ce programme vous offre un tour du monde pour découvrir les secrets d'une ingénierie moderne et audacieuse, à l'origine de grandes technologies de rupture : Espagne, France, Italie, Allemagne, Pays-Bas, Suède, îles Féroé ou Grande-Bretagne, l'innovation est partout!

Chaque épisode décompose la science pour la rendre accessible

à tous, grâce à l'intervention de professionnels pédagogues qui détaillent chaque étape : l'inspiration, la conception, le prototypage et la construction.

Dans une course contre la montre pour inventer, construire et tester des machines sans précédent, et souvent colossales, l'échec est inévitable. Mais échouer d'abord nous montre aussi comment réussir ensuite. Une plongée profonde et inspirante dans les projets d'ingénierie qui pourraient révolutionner l'avenir de notre planète.

Innover demain
2 épisodes chaque dimanche à 20h45, dès le 24 mai. Inédit

ET LE CLONAGE DEVINT RÉALITÉ

En 1996, dans un petit laboratoire écossais, une équipe de biologistes travaille jour et nuit pour cloner une brebis à partir d'une cellule adulte. Le 5 juillet, Dolly naît et les manuels de biologie du monde entier sont réécrits. Ce documentaire vous plongera dans le récit de l'animal le plus précieux de l'histoire scientifique ! Généticiens, biologistes, techniciens, ouvriers agricoles et journalistes : celles et ceux à l'origine de l'exploit témoignent de cette aventure pas à pas et explorent l'héritage de Dolly. Au-delà d'une prouesse biologique, qu'est-ce que cette brebis révèle sur l'avenir des espèces ? Comment le clonage pourrait-il sauver l'humanité ?

Dolly : la brebis qui a changé le monde
Mercredi 27 mai à 20h45.
Inédit





Area View 360° Volkswagen

Vision panoramique

On n'a rien inventé.

Les technologies d'aide à la conduite ne dispensent pas le conducteur d'être vigilant. En option selon les modèles et les finitions.
Plus d'informations sur volkswagen.fr - SAS Volkswagen Group France, RCS Soissons 832 277 370.

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

L'actu des sciences

ASTRONOMIE

LE CENTRE DE LA VOIE LACTÉE SE DÉVOILE AVEC UNE PRÉCISION INÉDITE

Contemplez... Voici la plus grande image jamais obtenue avec le radiotélescope Alma, installé au Chili. Quarante-cinq sous-mosaïques sont ici combinées en une prise de vue exceptionnelle; l'outil ayant été conçu pour l'imagerie de précision sur de petites zones. Dissimulée par la poussière cosmique, cette région du ciel de la taille de trois pleines

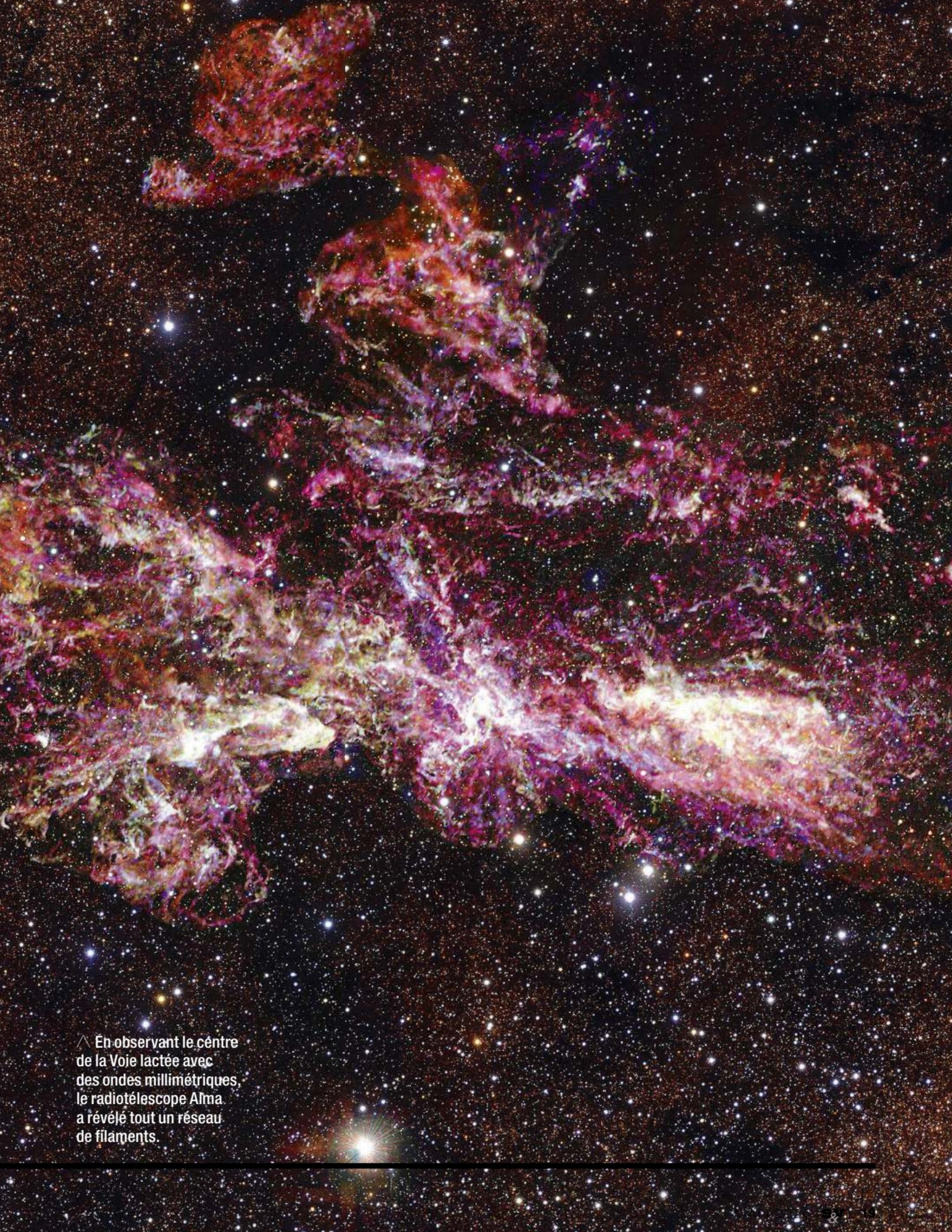
Lunes apparaît complètement noire à la lumière visible. Mais Alma l'a observée dans le domaine millimétrique, révélant les détails de notre centre galactique. *"Il abrite le trou noir supermassif le plus proche de nous, la plus haute concentration de gaz dense et les étoiles les plus massives de notre galaxie"*, énumère Steven Longmore, astronome

à l'université John Moores de Liverpool et leader de la collaboration Aces, à l'origine de l'image. *"Mais ce qui nous a le plus frappés, c'est l'extraordinaire réseau de filaments fins parcourant toute la région, comme un système circulatoire par lequel le gaz s'écoule"*, poursuit-il. Une chimie élaborée y prospère: des dizaines de molécules ont

été détectées, des plus simples jusqu'aux molécules organiques complexes, comme l'éthanol. *"Cette découverte nous indique que les voies chimiques menant aux briques constitutives de la vie peuvent opérer dans une gamme d'environnements bien plus large que nous n'aurions pu le prévoir"*, précise Steven Longmore.

M.L.

ALMA (ESO/NAOJ/NRAO)/S. LONGMORE ET AL.; ESO/D. MINNITI ET AL.



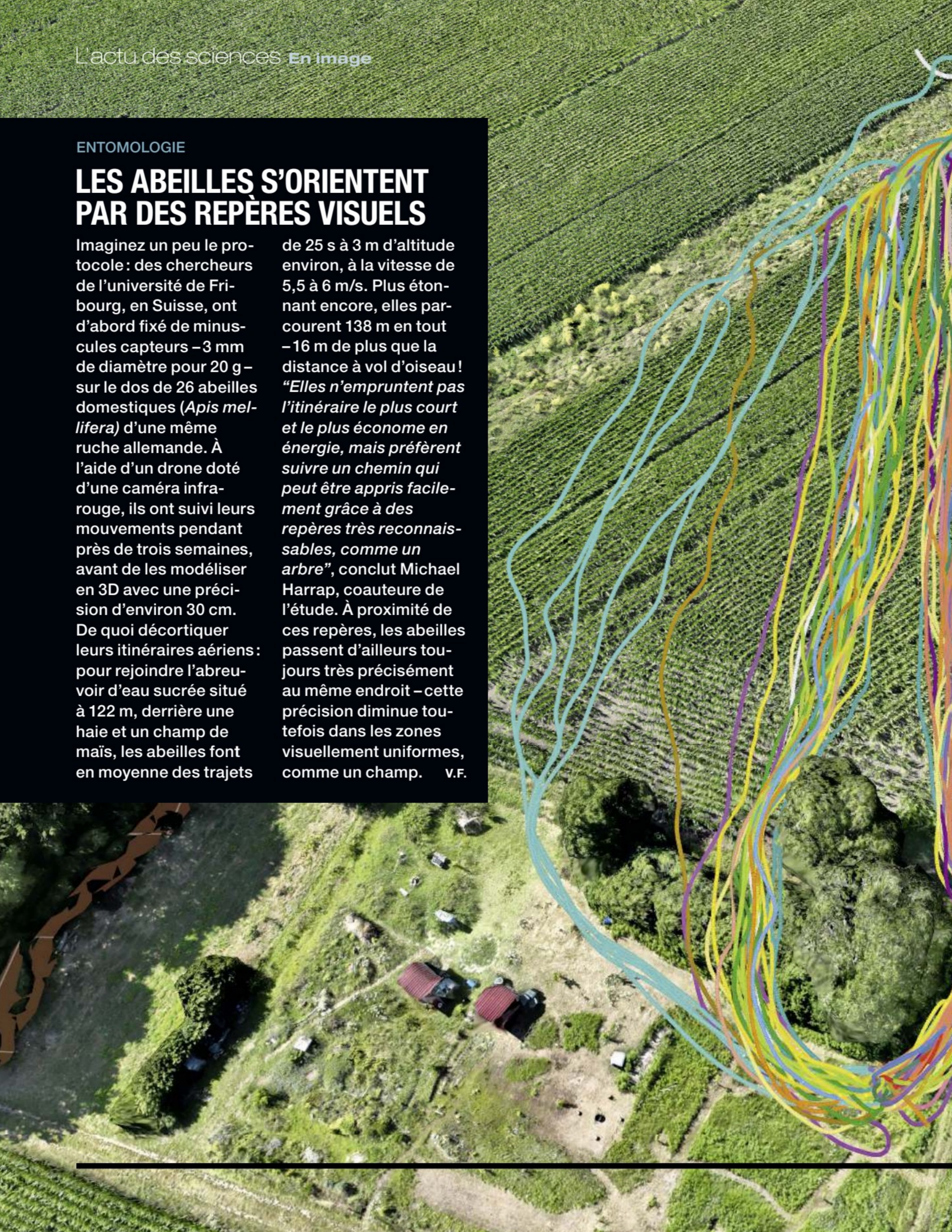
^ En observant le centre de la Voie lactée avec des ondes millimétriques, le radiotélescope Alma a révélé tout un réseau de filaments.

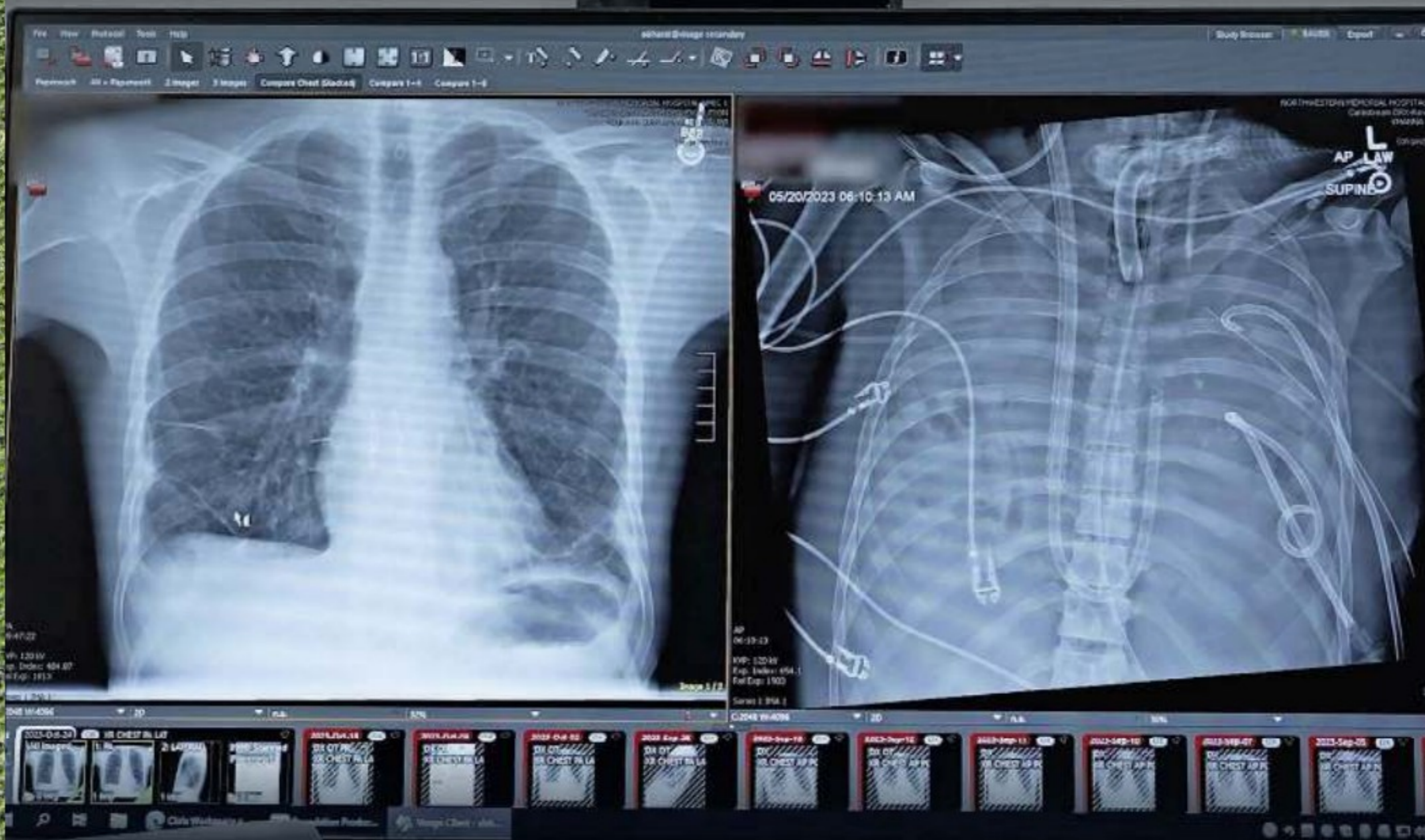
ENTOMOLOGIE

LES ABEILLES S'ORIENTENT PAR DES REPÈRES VISUELS

Imaginez un peu le protocole : des chercheurs de l'université de Fribourg, en Suisse, ont d'abord fixé de minuscules capteurs – 3 mm de diamètre pour 20 g – sur le dos de 26 abeilles domestiques (*Apis mellifera*) d'une même ruche allemande. À l'aide d'un drone doté d'une caméra infrarouge, ils ont suivi leurs mouvements pendant près de trois semaines, avant de les modéliser en 3D avec une précision d'environ 30 cm. De quoi décortiquer leurs itinéraires aériens : pour rejoindre l'abreuvoir d'eau sucrée situé à 122 m, derrière une haie et un champ de maïs, les abeilles font en moyenne des trajets

de 25 s à 3 m d'altitude environ, à la vitesse de 5,5 à 6 m/s. Plus étonnant encore, elles parcourent 138 m en tout – 16 m de plus que la distance à vol d'oiseau ! *“Elles n'empruntent pas l'itinéraire le plus court et le plus économe en énergie, mais préfèrent suivre un chemin qui peut être appris facilement grâce à des repères très reconnaissables, comme un arbre”*, conclut Michael Harrap, coauteur de l'étude. À proximité de ces repères, les abeilles passent d'ailleurs toujours très précisément au même endroit – cette précision diminue toutefois dans les zones visuellement uniformes, comme un champ. V.F.





^ Pendant deux jours, le patient était alimenté en oxygène grâce à un système artificiel de pompe sanguine (à dr.).

< Pour rejoindre une source de nourriture, les abeilles empruntent à chaque fois un itinéraire très précis en se servant de repères visuels reconnaissables, comme cet arbre.

MÉDECINE

UN HOMME A SURVÉCU 48 HEURES SANS POUMONS

C'est à peine croyable : dans une récente publication, une équipe médicale de Chicago, aux États-Unis, annonce avoir, en 2023, maintenu en vie un homme de 33 ans sans poumons pendant deux jours.

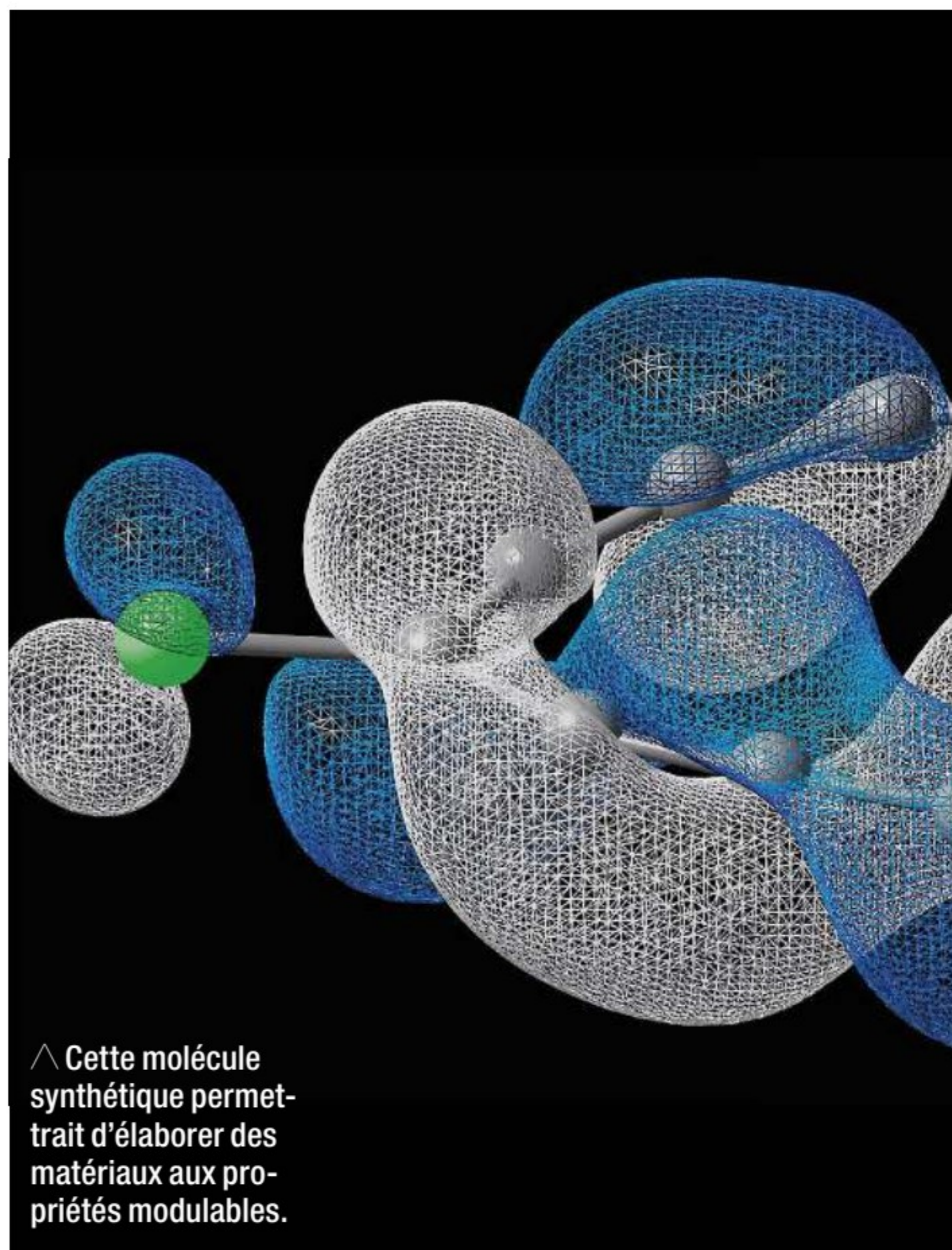
Le patient avait développé une pneumonie nécrosante après avoir contracté le virus de la grippe. Ses chances de survie chutant rapidement, les médecins ont pris une décision radicale : lui enlever les poumons afin de lui en greffer d'autres deux jours plus tard. Durant ce laps de temps, ses fonctions vitales ont été maintenues grâce à un système artificiel : le sang riche en dioxyde de carbone est prélevé par une veine, passe à travers une machine qui en retire le gaz normalement expiré et l'enrichit en oxygène, puis le renvoie dans une artère. Une opération "très risquée en raison des nombreuses complications possibles", souligne Shaf Keshavjee, chirurgien thoracique à l'Hôpital général de Toronto. L'état de santé du patient est aujourd'hui stabilisé.

M.L.

CHIMIE

VOICI LE PREMIER DEMI-RUBAN DE MÖBIUS MOLÉCULAIRE

La topologie s'invite en chimie avec la synthèse de la toute première molécule en forme de demi-ruban de Möbius ! Un ruban de Möbius classique forme une figure géométrique ne possédant qu'une seule surface et un seul bord. Prenez par exemple une bande de papier, faites-lui subir une torsion de 180° , puis collez les deux extrémités l'une à l'autre : en suivant la longueur d'une des faces avec le doigt, vous arriverez, après un tour, sur l'autre face – en fait la même face que la première, donc ! Et il vous faudra deux tours pour revenir au point de départ. Des molécules suivant ce principe ont déjà été synthétisées, elles font preuve d'un comportement chimique similaire : les électrons qui les parcourent en font deux fois le tour avant de retrouver leur place. Dans un demi-ruban, la torsion n'est que de 90° : *“Les électrons doivent donc effectuer quatre tours”*, décrit Igor Roncevic, chercheur à l'université de Manchester et premier auteur de l'étude. C'est la première fois que l'on arrive à la synthétiser. La molécule en question compte 13 atomes de carbone et 2 atomes de chlore, fixés sur des bords opposés, qui forcent la chaîne à pivoter. Elle existe en deux versions, “gauche” ou “droite”, selon le sens de la torsion. *“Et nous pouvons basculer entre ces deux chiralités”*, précise Igor Roncevic. De quoi, peut-être, fonder de nouveaux matériaux dont on pourrait modifier les propriétés. **E.-O.E**



^ Cette molécule synthétique permettrait d'élaborer des matériaux aux propriétés modulables.



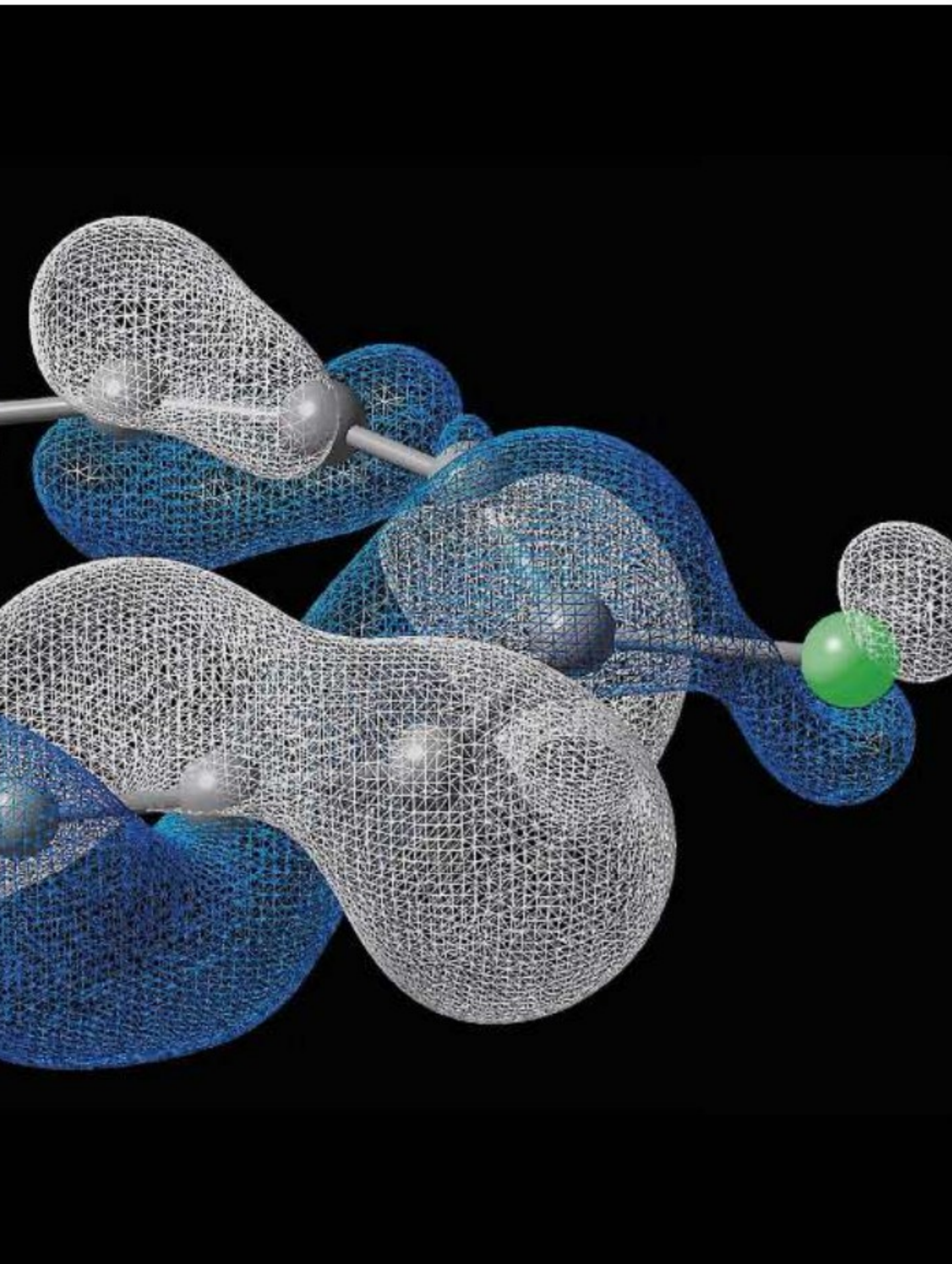
ARCHÉOLOGIE

UNE PAGE PERDUE DU PALIMPSESTE D'ARCHIMÈDE A ÉTÉ RETROUVÉE

...Et totalement par hasard ! La page ci-contre cache, sous ses enluminures, des écrits du célèbre mathématicien du III^e s. avant notre ère, Archimède de Syracuse. Elle provient d'un palimpseste du X^e s., c'est-à-dire

< Sous les textes médiévaux (à dr.), le *Traité de la sphère et du cylindre* a été révélé.

d'un ouvrage original du savant par-dessus lequel a été copié un autre texte – une partie des textes a été effacée par des moines voulant réutiliser le parchemin. Mais au début des années 2000, des chercheurs leur ont redonné vie grâce à des techniques d'imagerie. Las, ils se sont aussi aperçus que trois feuillets manquaient ! L'un d'eux



BLOIS, MUSÉE DES BEAUX-ARTS, INV. 73.7.52. PHOTO IRHT-CNRS - IBM RESEARCH AND THE UNIVERSITY OF MANCHESTER

vient d'être retrouvé au musée des Beaux-Arts de Blois par Victor Gysembergh, chercheur en histoire antique au Centre Léon-Robin, à Paris.

Dans cette ville où les rois de France conservaient de précieux ouvrages, l'historien espérait découvrir de nouveaux palimpsestes... Ce feuillet ne lui a pas échappé. "Les figures géométriques, le style d'écriture et l'enluminure m'ont immédiatement fait penser au palimpseste

d'Archimède", raconte Victor Gysembergh. Le texte demeure d'ailleurs en grande partie lisible sur une face. "Il s'agit du Traité de la sphère et du cylindre, une étude sur les aires et les volumes géométriques", précise-t-il. Sur l'autre face, en revanche, une illustration du prophète Daniel entourée de deux lions, ajoutée au XX^e s., masque davantage les écrits. L'historien espère les déchiffrer prochainement par des technologies modernes. **O.D.**

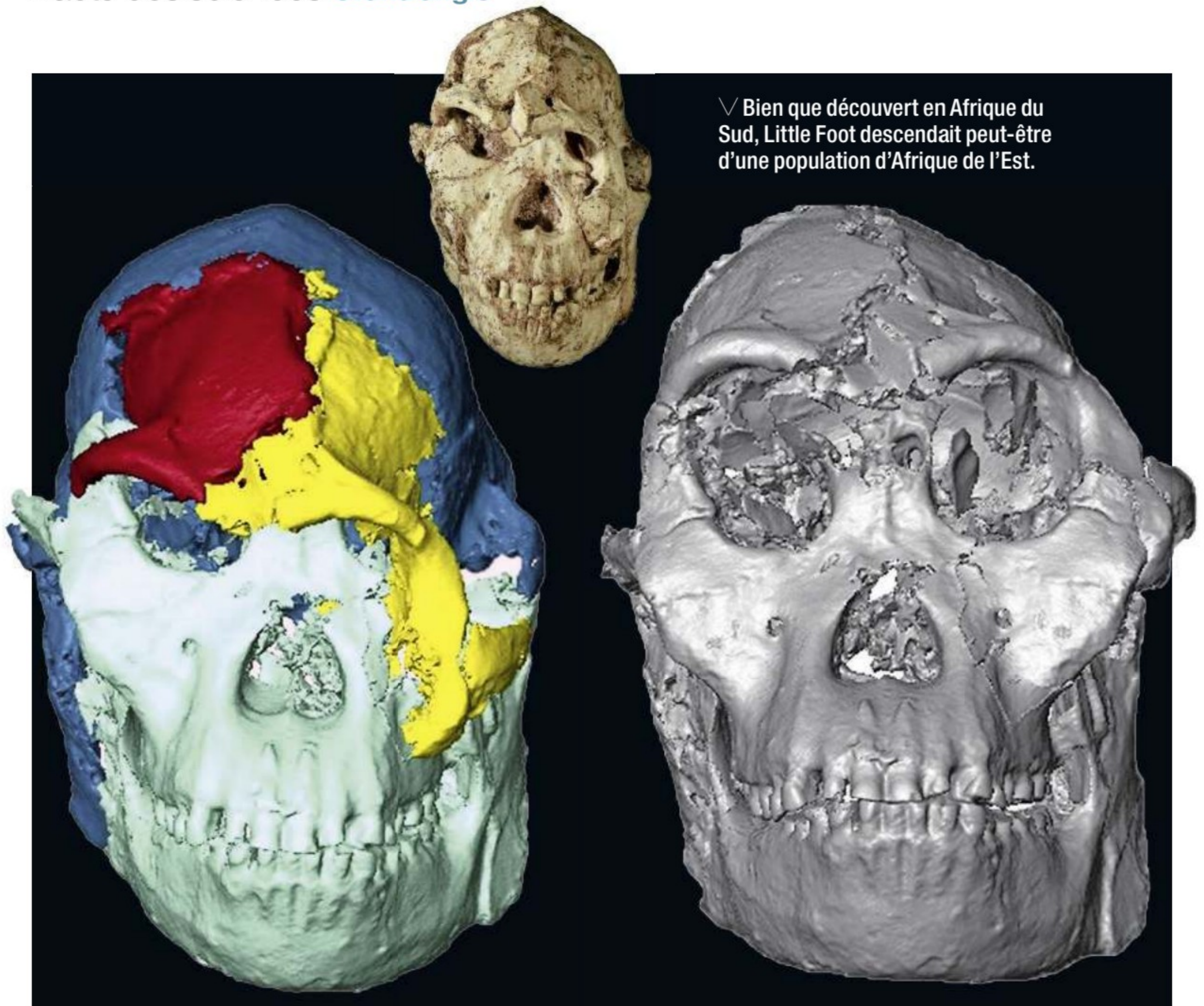
Ça reste à prouver...

EN APESANTEUR, LES SPERMATOZOÏDES LOUPERAIENT LEUR CIBLE

Se reproduire : voilà une activité utile – et potentiellement agréable – pour de futurs voyageurs spatiaux partis peupler d'autres planètes. Sauf qu'en apesanteur, elle pourrait s'avérer... improductive, déclare une équipe de l'université d'Adélaïde, en Australie ! Les chercheurs ont déposé des spermatozoïdes humains, de souris et de porc dans des labyrinthes remplis de fluide imitant l'appareil reproducteur féminin. Puis elle en a placé une partie dans un clinostat, un appareil qui simule la microgravité en tournant. Or ceux qui avaient subi 4 à 6 heures de ce traitement furent deux fois moins nombreux que les autres à parvenir à la sortie du dédale ! Et comme tous présentaient une mobilité équivalente, c'est donc la microgravité qui les aurait désorientés.

Bon, mais cet effet pourrait-il aller jusqu'à diminuer les chances de procréer dans l'espace ? Pour le savoir, les chercheurs ont entrepris des fécondations *in vitro*, en microgravité ou non, avec des spermatozoïdes et des ovocytes de souris. Résultat : la microgravité diminuait les chances de fécondation de 30 %. L'humanité ne pourra donc jamais survivre à long terme dans un vaisseau spatial, à moins de miser sur la cryogénie ? Rien n'est certain : le système utilisé ici est loin de reproduire les conditions réelles d'une fécondation – l'appareil reproducteur féminin sécrète par exemple des substances qui guident les spermatozoïdes vers leur cible. Des expériences plus réaliste – et plus compliquées à mettre en œuvre – seront nécessaires pour trancher. En attendant, l'équipe australienne compte tester le comportement des gamètes soumis à une gravité lunaire ou martienne.

A.L.D.



✓ Bien que découvert en Afrique du Sud, Little Foot descendait peut-être d'une population d'Afrique de l'Est.

PALÉOANTHROPOLOGIE

LA FACE DE LITTLE FOOT A ÉTÉ RECONSTITUÉE NUMÉRIQUEMENT

Little Foot, c'est le surnom donné à un squelette d'australopithèque sud-africain vieux de 3,67 millions d'années, "un fossile particulièrement intéressant, l'un des plus complets dont on dispose et le plus ancien d'Afrique australe", commente Amélie Beaudet, paléontologue au CNRS. Et dont le crâne vient d'être reconstitué numériquement ! Ce dernier était bien abîmé : "Il a été enfoui dans des sédiments dont les mouvements et le poids ont provoqué des fractures et des déformations", explique la chercheuse. Pour le reconstituer, la paléontologue et ses collègues français, anglais et sud-africains ont transporté le crâne de Little Foot jusqu'au synchrotron britan-

nique. "Il s'agit de la technologie la plus efficace pour scanner un objet aussi dense : l'intérieur du crâne est rempli de sédiments ; le synchrotron nous a permis d'identifier les différents morceaux d'os qui y étaient disséminés, puis de les rassembler virtuellement", explique Amélie Beaudet. Comparée à d'autres primates existants ou éteints, la face de Little Foot s'est révélée plus proche de celle d'australopithèques éthiopiens que de celle d'un congénère sud-africain plus récent. "Cela signifie peut-être que des australopithèques d'Afrique de l'Est ont migré vers le sud où ils ont ensuite évolué différemment", avance la chercheuse.

C.H.

3 DÉCOUVERTES SUR...

LE HENNISSEMENT DU CHEVAL

Leurs vocalisations sont uniques. En glissant une mini-caméra dans la gorge de chevaux, et en insufflant des gaz dans des larynx fournis par une boucherie, une équipe européenne dirigée par Elodie Mandel-Briefer (université de Copenhague, Danemark) vient de percer leurs secrets.

PAR ANNE LE DUIGOU



1

Il est composé de deux fréquences superposées

La première forme des sons graves – environ 200 Hz – de moins de 100 dB, et porte à environ 200 m. Elle informe sur la taille et l'identité de l'animal. La seconde est aiguë – plus de 1 000 Hz –, elle dépasse les 120 dB, porte à plus de 1 km et trahit une émotion, une excitation, parfois la peur. Une telle biphonation est rare dans la nature, on ne la retrouve ni chez l'âne (*Equus asinus*) ni chez le zèbre (*Equus quagga*), proches cousins du cheval. Si les chevaux domestiques (*Equus ferus caballus*) vocalisent donc peu, ils communiquent plusieurs informations et ils s'entendent de loin !

2

Les graves sont assurés par les cordes vocales

Comme chez l'humain, le son grave se forme lorsque le flux d'air expulsé par les poumons passe entre les cordes vocales qui, contrairement à ce que leur nom suggère, ne sont pas des cordes mais deux lèvres souples qui s'accolent pour fermer le larynx. Au passage de l'air, elles vibrent, créant un son grave chez le cheval, animal de quelque 500 kg, au larynx large et cordes vocales épaisses.

3

Et les aigus par un sifflement

Étonnante pour un animal de cette taille, l'origine de la composante aiguë était jusqu'ici inconnue. Il s'agit en fait d'un sifflement – un son produit quand un flux d'air s'infiltré dans un conduit étroit. Les biologistes ont en effet observé que le cheval contracte son larynx lorsqu'il l'émet, ce qui rapproche les deux ventricules et la vésicule situés au-dessus de ses cordes vocales. Ces obstacles font naître des turbulences qui, par résonance, forment des ondes sinusoïdales dont la vibration se transmet à l'air ambiant. Le cheval émet ainsi un sifflement pur, indépendant des cordes vocales.

ASTRONOMIE

ENCELADE INFLUENCE L'ESPACE SUR 500 000 KM

Depuis le survol de Cassini en 2005, on savait qu'Encelade, la petite lune glacée de Saturne, cachait un océan global sous sa croûte. En se replongeant dans les données de la sonde, des astrophysiciens du CNRS viennent de confirmer une nouvelle caractéristique étonnante : Encelade est reliée à sa planète par des "ailes d'Alfvén" : d'immenses structures magnétiques d'un demi-million de kilomètres, soit plus de 2000 fois son propre rayon ! En cause ? La magnétosphère de Saturne est remplie de plasma – un flux de particules magnétisées. Encelade baigne dans ce courant et génère en réaction des ondes électromagnétiques qui se propagent le long des lignes de champ magnétique de Saturne, comme d'immenses ailes. *"Leur existence entre Encelade et Saturne était plausible, mais on n'imaginait pas les détecter car les perturbations magnétiques attendues étaient faibles"*, explique Thomas Chust, chercheur au Laboratoire de physique des plasmas. **E.-O.E.**

2

C'est, en millions d'années avant notre ère, le moment où les moustiques vecteurs du paludisme ont pris goût au sang humain. Ils auraient en effet gagné la capacité à détecter nos odeurs corporelles entre -2,9 et -1,6 million d'années, estime une équipe internationale qui a séquencé l'ADN de 38 spécimens d'*Anopheles leucosphyrus*, présents en Asie du Sud-Ouest. Ce qui coïncide avec l'arrivée d'*Homo erectus* dans la région il y a environ 1,8 million d'années.O.D.

NASA/JPL/SPACE SCIENCE INSTITUTE - INSTITUT PASTEUR - BROOKHAVEN NATIONAL LABORATORY



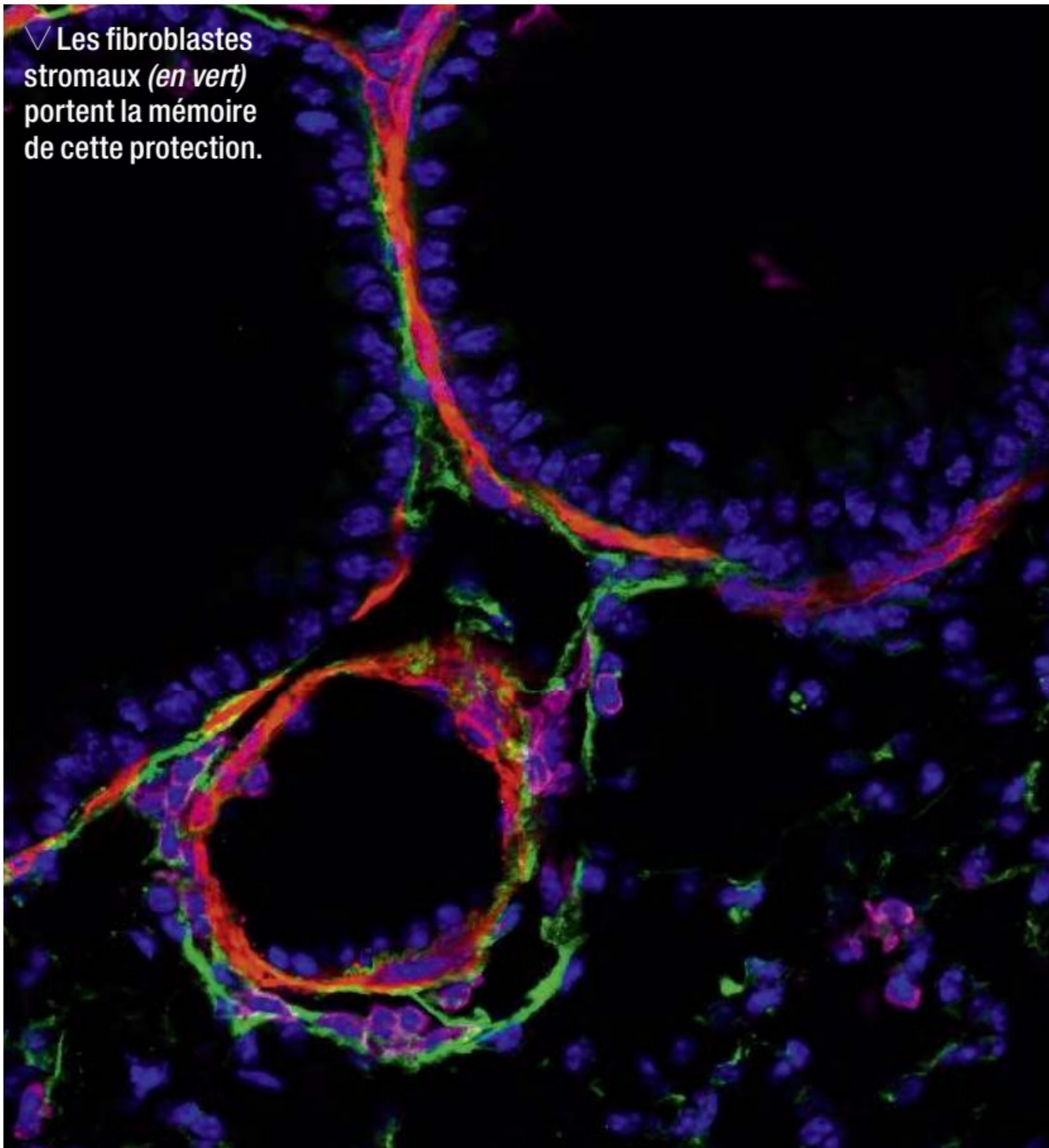
✓ D'immenses structures magnétiques relient Saturne à sa lune Encelade.

UN NUAGE EST NÉ... DANS UNE BOÎTE

C'était au Laboratoire national de Brookhaven, aux États-Unis, au sein d'une chambre dite "à convection" – une boîte de 1 m³ dans laquelle on fait chauffer de l'eau pour créer de la vapeur. Alors que les chercheurs avaient généré un air saturé d'humidité, ils ont décidé d'y ajouter du sel de table, afin de mimer les aérosols naturellement en suspension dans l'atmosphère terrestre (poussières, etc.). Ils ont ensuite suivi l'évolution de l'air avec un laser vert : *"À mesure que l'atmosphère s'humidifiait, de la vapeur d'eau se condensait autour des particules de sel pour former de minuscules gouttelettes, décrit Arthur Sedlacek, climatologue, l'un des concepteurs de l'expérience. Nous avons alors vu se former des filaments gazeux... qui se sont agrégés en nuages."* **O.D.**



^ Les nuages se sont formés à partir de vapeur d'eau et de sel.



∨ Les fibroblastes stromaux (en vert) portent la mémoire de cette protection.

IMMUNOLOGIE

CHEZ LES SOURIS, L'EXPOSITION AUX MICROBES PROTÈGE DES ALLERGIES

C'est la découverte d'une équipe de l'Institut Pasteur : après avoir fait respirer des fragments de virus et bactéries – inoffensifs puisque morts – à des souris, les chercheurs les ont exposées plusieurs fois à des allergènes respiratoires. Celles-ci n'ont alors développé aucune réaction allergique – et ce, pendant au moins trois mois –, contrairement aux souris qui n'avaient pas respiré de microbes. Plus étonnant encore : cette mémoire protectrice n'est pas le fait des cellules immunitaires, comme lorsqu'on administre un vaccin. *"Ce sont les fibroblastes, les cellules qui forment la structure du poumon, qui sont impliquées, explique Lucie Peduto, coautrice de l'étude. Quand le poumon est exposé aux microbes, cela a pour effet de bloquer, dans les fibroblastes, le gène responsable du recrutement des éosinophiles, les cellules immunitaires qui provoquent ensuite la réaction allergique."* Si le même phénomène s'observe chez l'humain, cette découverte pourrait ouvrir de nouvelles voies thérapeutiques. **C.H.**



ARCHÉOLOGIE

CETTE PIERRE SERAIT UN PLATEAU DE JEU ANTIQUE!

Regardez l'étonnant motif gravé sur cette pierre romaine de la fin du V^e s. découverte aux Pays-Bas. L'une des diagonales présente sur son long une abrasion, comme si on y avait maintes fois déplacé un pion! Cette pierre aurait donc été un plateau de jeu : c'est la conclusion des analyses et des simulations informatiques réalisées par une équipe néerlandaise. "Ce motif d'usure est cohérent avec une utilisation structurée", explique Walter Crist, premier auteur de l'étude. Quel jeu? Un qui pousse à user une diagonale plus qu'une autre... Les chercheurs ont donc demandé à une IA de simuler des parties de jeux de plateau: 130 ensembles de règles pratiqués des premières civilisations au début du XX^e s. ont fait l'objet de 1 000 simulations chacun. Résultat: "Seuls les jeux de type blocage produisent des schémas d'utilisation du plateau correspondant à l'usure observée", dévoile le chercheur. Des jeux que l'on pensait inventés au Moyen Âge... **V.F.**

< Les Romains jouaient-ils déjà à des jeux de blocage?

PALÉOGÉNOMIQUE

DANS LES COUPLES MIXTES, LE PÈRE ÉTAIT NEANDERTAL

Les femmes *Homo sapiens* craquaient-elles pour les hommes *Homo neanderthalensis*, et vice versa? C'est ce que suggère une étude de l'université de Pennsylvanie (États-Unis). Avant que notre cousin disparaisse, il y a environ 40 000 ans, les deux espèces ont en effet cohabité et se sont métissées, si bien que le génome des populations non-africaines actuelles porte environ 2% d'ADN néandertalien. Ces traces de métissage sont inégalement réparties dans le génome, comme s'il existait des

combinaisons incompatibles. Mais en comparant des ADN de fossiles néandertaliens et d'humains modernes, les généticiens américains ont identifié une exception: le chromosome sexuel X. Chez *Sapiens*, c'est un désert néandertalien. Chez Neandertal, il comprend 62% d'ADN *Sapiens* de plus. Pourquoi? "Nos calculs montrent qu'une préférence sexuelle peut expliquer une telle dissymétrie, bien plus simplement que d'autres facteurs", indique Alexander Platt, un des auteurs. **A.L.D.**

1,977

C'est, en micromètre carré, la surface du plus petit QR code au monde – moins que la plupart des bactéries! Gravé sur une structure en céramique à l'aide d'un faisceau d'ions par des chercheurs autrichiens et un industriel, il nécessite un microscope électronique pour être lu – il renvoie alors sur une page web de l'université de Vienne. **S.F.**

COURTESY OF RESTAURA - SHUTTERSTOCK

En bref



LES GALAXIES NAINES ABRITERAIENT DES TROUS NOIRS SUPERMASSIFS

À l'aide du télescope James-Webb, une équipe internationale a observé deux jeunes galaxies naines d'environ 10^7 masses solaires, chacune dotée d'un trou noir pesant pour 60% de sa masse totale! Un rapport inédit – jusqu'ici il ne dépassait pas 0,5% dans les observations – qui ébranle nos connaissances sur la formation de ces monstres.

LES HÉRISONS PERÇOIVENT LES ULTRASONS

En testant l'audition de hérissons recueillis en refuge, des chercheurs danois ont découvert que ces animaux percevaient des sons allant de 4 à 85 kHz, avec une sensibilité accrue autour de 40 kHz, soit les ultrasons! Ils suggèrent ainsi d'équiper nos véhicules de répulsifs ultrasonores, le trafic routier constituant une cause importante de mortalité chez ce mammifère. **C.H.**

OMÉGA 3 : QUAND L'ALIMENTATION CONTRIBUE À PRENDRE SOIN DE VOTRE CŒUR

L'ALLIANCE DU PLAISIR ET DES OMÉGA 3 BONS POUR LE COEUR

Avec St Hubert Oméga 3[®], prenez soin de votre cœur tout en vous faisant plaisir en cuisine au quotidien.

St Hubert Oméga 3[®] est une matière grasse végétale naturellement riche en oméga 3 grâce aux huiles de colza et de lin. Les oméga 3 (ALA) sont bons pour le cœur car ils contribuent au bon fonctionnement cardiovasculaire*.

St Hubert Oméga 3[®] est idéal pour toutes vos envies culinaires, faites mijoter de savoureux plats réconfortants, saisissez à la perfection vos légumes et viandes, ou encore réalisez des pâtisseries moelleuses et gourmandes. Les oméga 3 de St Hubert Oméga 3[®] sont conservés à la cuisson.

En plus de sublimer vos plats, St Hubert Oméga 3[®] se déguste aussi en tartine pour un plaisir au quotidien, un geste simple pour augmenter vos apports en oméga 3.

Poêlez, mijotez, pâtissez... Avec St Hubert Oméga 3[®], laissez libre cours à votre créativité en cuisine tout en prenant soin de votre cœur !*

LES OMÉGA 3 : UN NUTRIMENT ESSENTIEL POUR VOTRE ORGANISME

Issus de la famille des lipides, les oméga 3 (ALA) jouent un rôle essentiel en contribuant au maintien d'une cholestérolémie normale* et participent ainsi au bon fonctionnement cardiovasculaire. Notre organisme ne sait pas les fabriquer, ils doivent donc obligatoirement être apportés par l'alimentation. Où les trouver ? Dans les huiles de colza et de lin ou dans les matières grasses qui en contiennent comme St Hubert Oméga 3[®], ainsi que dans certains fruits à coque et graines (noix, graines de lin). Des aliments faciles à intégrer dans une alimentation variée et équilibrée.

*En cuisine, deux noisettes de St Hubert Oméga 3[®] (20 g)** couvrent près de la moitié de vos besoins quotidiens en oméga 3* !*

POURQUOI CHOISIR ST HUBERT OMÉGA 3[®] POUR CUISINER ?

- 1 Les oméga 3 sont conservés à la cuisson : Augmenter vos apports en oméga 3 en cuisinant avec St Hubert Oméga 3[®].
- 2 Excellente tenue à la cuisson : St Hubert Oméga 3[®] convient à toutes les cuissons, ce qui le rend parfait pour cuisiner à feu vif ou mijoter vos meilleurs plats.
- 3 Cuisinez sans limite : Faites sauter vos légumes, dorez vos viandes ou préparez des pâtisseries. St Hubert Oméga 3[®] est adapté à toutes vos envies culinaires.

*L'ALA (oméga 3) contribue au maintien d'une cholestérolémie normale pour un apport quotidien de 2 g dans le cadre d'une alimentation variée et équilibrée, et dans le cadre d'un mode de vie sain.

**20 g de St Hubert Oméga 3[®] = 0,9 g d'oméga 3 (ALA)
St Hubert RCS Nancy 752 329 318 - Mars 2025



Retrouvez des idées de recettes gourmandes sur sthubert.fr



Une tranchée de 35 m de long...
Sa température stable permettra de conserver les échantillons durant des siècles.

PALÉOENVIRONNEMENT

VOICI LE PREMIER SANCTUAIRE D'ARCHIVES GLACIAIRES !

Inaugurée en Antarctique, cette bibliothèque sauvegardera la mémoire climatique et environnementale de notre planète. Un travail de conservation essentiel pour les générations futures.

PAR **CÉCILE THIBERT**

Vu du ciel, cela ressemble à une étrange tranchée qui s'enfonce dans les profondeurs d'une immensité gelée. C'est en fait beaucoup plus : là, au beau milieu du plateau antarctique et à 10 m de profondeur, seront conservées pendant des siècles des carottes de glaces prélevées dans les glaciers du monde entier.

Ce sanctuaire de glace – long de 35 m, large de 5 m –, situé près de la station franco-italienne Concordia, a été inauguré le 14 janvier dernier par la Fondation Ice Memory. Dix ans ont été nécessaires pour que ce projet,

porté par l'université Grenoble-Alpes, l'IRD, le CNRS et deux instituts italiens, prenne vie. Il abrite désormais les deux premières carottes de glace – 1,7 t au total –, extraites du massif du Mont-Blanc et du Grand Combin, en Suisse, et vise à en accueillir bien d'autres.

FENÊTRE SUR LE PASSÉ

Pourquoi un tel sanctuaire ? *“Les glaciers s'altèrent et fondent partout dans le monde, il faut mettre ces échantillons à l'abri pour les générations futures”*, explique Anne-Catherine Ohlmann, directrice de la Fon-



... abritera des carottes de glace du monde entier

La fonte des glaces s'accéléralant, il est urgent de les préserver avant de perdre les informations qu'elles contiennent. En analysant leurs couches les plus profondes, on peut ainsi reconstituer la composition de l'atmosphère jusqu'à 800 000 ans en arrière.

scientifique : c'est un devoir de transmettre cet héritage à l'humanité." D'autant plus que les glaciers renferment d'autres secrets. *"Il y a encore dix ans, on ne savait pas analyser l'ADN piégé dans la glace, ce qui est désormais possible. Les générations futures disposeront sans doute de technologies encore plus performantes"*, poursuit-elle.

L'emplacement du sanctuaire n'a pas été choisi au hasard : avec une tempé-

rature proche de -52°C toute l'année, le site est un congélateur naturel qui ne nécessite aucune source d'énergie. Dans les années à venir, des échantillons issus d'une vingtaine de glaciers – de l'Himalaya aux Andes, en passant par le Caucase et les Rocheuses canadiennes – viendront enrichir cette bibliothèque de glace. Reste une question, non tranchée : qui en assurera la gestion dans les siècles à venir ?

dation Ice Memory. La fonte s'accélère en effet à un rythme effréné : ces 20 dernières années, le volume des glaciers a diminué d'environ 5 % dans le monde, et jusqu'à 39 % dans les Alpes.

Or la glace est tout sauf inerte : en se formant, elle emprisonne des bulles d'air. Celle en profondeur renferme ainsi les atmosphères des temps passés, encore chargées de particules – polluants, cendres de volcan, pollens, virus – et de molécules. *"On peut ainsi retrouver les taux de CO₂ et de méthane qui existaient jusqu'à 800 000 ans en arrière, et*

bientôt 1,5 million d'années", précise Anne-Catherine Ohlmann. Des données qui ont notamment permis d'établir le rôle des activités humaines dans le réchauffement climatique.

CONGÉLATEUR NATUREL

La disparition prochaine de glaciers, actée, implique ainsi la perte d'informations précieuses. D'où la nécessité d'entreposer des échantillons. *"Nous sommes la dernière génération qui peut agir, rappelle la directrice. Préserver ces archives glaciaires n'est pas seulement un impératif*



EXPÉRIENCE TOTALEMENT GIVRÉE

Est-ce vraiment une mauvaise idée de lécher un poteau l'hiver? Des chercheurs ont vérifié à l'aide de 84 langues de porc sur une même section de lampadaire. Résultat: la probabilité de s'arracher de la chair en retirant la langue est de 54 %, et plus on va vite, plus il y a de dégâts. On est content d'avoir ces chiffres...

6

C'est le nombre de fois qu'a été aperçu Bigfoot, ce bipède géant et velu du folklore américain, près de Cleveland, début mars. Des photos (floues) ont même été prises. Problème: hors des USA, ça n'intéresse personne, on a déjà le Yéti!

LE JAPON, TOUJOURS À LA POINTE DES WC

Fini les queues interminables devant les toilettes des femmes! Face à l'inégalité des temps d'attente entre les sexes pour aller au petit coin, le gouvernement japonais a décidé d'agir: davantage de WC pour femmes seront dorénavant installés dans les lieux publics. Ça redonne foi en l'humain.

SHUTTERSTOCK

SMAGA (Scientists Make America Great Again)

C'était l'une des premières décisions du président américain Donald Trump, toujours bien inspiré, à son retour à la Maison Blanche: annuler un rapport sur l'état de la nature aux États-Unis, commandé par son prédécesseur. Bah, les 125 chercheurs du projet ont décidé de le faire quand même, récolté 2,6 millions d'euros grâce aux dons, et publié une première partie de leur travail (ce n'est pas jojo). Le rêve américain comme on l'aime.



LES KOALAS AU POUVOIR!

C'est à n'y rien comprendre! Avec l'extermination de 90 % des koalas australiens à la fin du XIX^e s. –pour leur fourrure–, les chercheurs prédisaient leur disparition. Mais alors qu'ils n'étaient plus que 500 dans le Victoria au siècle dernier, ils seraient maintenant dans les 500 000. Leur plan, c'est d'être 500 milliards dans deux siècles et de dominer le monde –ils n'ont pas l'air comme ça.

ET ÇA NOUS FAIT DU BIEN!

L'enfer, c'est les touristes

Le Jugement dernier, la fresque de Michel-Ange ornant la chapelle Sixtine, au Vatican, s'est récemment recouverte d'une fine pellicule blanche... En cause? L'acide lactique produit par la sueur des 25 000 visiteurs quotidiens, qui a augmenté avec le changement climatique! Voilà qui n'est pas du tout dégoûtant.

BEURRE DE DÉRATÉS

Faire du beurre en courant, c'est la nouvelle mode lancée par un couple de traiteurs américains! Il suffit de verser de la crème fraîche dans un sachet plastique, de le glisser dans un sac à dos puis de courir 10 km: les molécules de graisse s'agrègent alors et forment du beurre. On le savait déjà grâce à Lucky Luke –qui saura citer l'album?





ça se passe **ici.**

**T'es du coin ?
Nous aussi.**

**EN FRANCE, McDONALD'S C'EST PLUS DE 75 000 SALARIÉS
SOUS ENSEIGNE* ET PRÈS DE 50 NOUVEAUX EMPLOIS À TEMPS PLEIN**
À CHAQUE OUVERTURE DE RESTAURANT.**

**Bilan social 2024. **Etude Asterès 2019.*

Pour votre santé, pratiquez une activité physique régulière. www.mangerbouger.fr

Dénatalité

Doit-on craindre un monde sans enfants ?

LES 3 CHIFFRES À RETENIR

10,3 milliards

C'est le nombre d'individus que la population mondiale devrait atteindre en 2080, selon l'Organisation des nations unies. Il diminuera ensuite pour atteindre 10,2 milliards en 2100.

-15 800

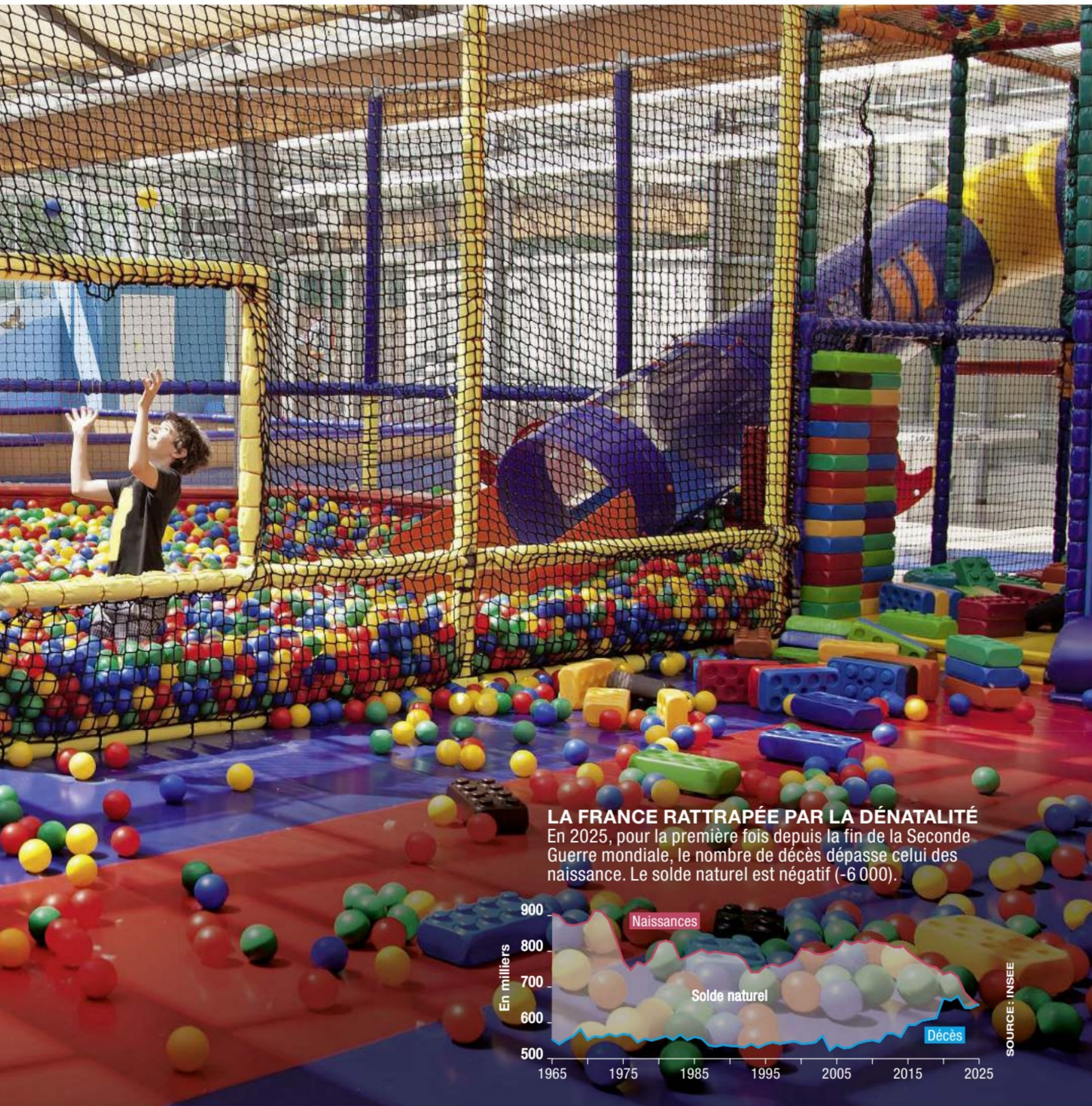
C'est le déficit de naissance entre 2025 et 2024 en France, leur nombre passant de 660 800 à 645 000. La baisse, qui a commencé en 2010, se poursuit.

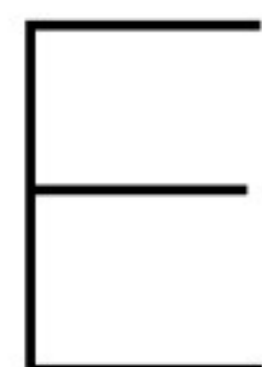
1,9

C'est le nombre moyen d'enfants souhaités par les Françaises âgées de 18 à 24 ans en 2024. Il a diminué de 0,6 en 20 ans. Pour les hommes, on passe de 2,3 à 1,8.

Et si la plus grande transformation du XXI^e siècle n'était ni climatique ni technologique, mais démographique ? Presque partout dans le monde, les naissances sont en baisse. Mais les conséquences de ce "baby-blues" sont-elles si vertigineuses ?

PAR HUGO LEROUX





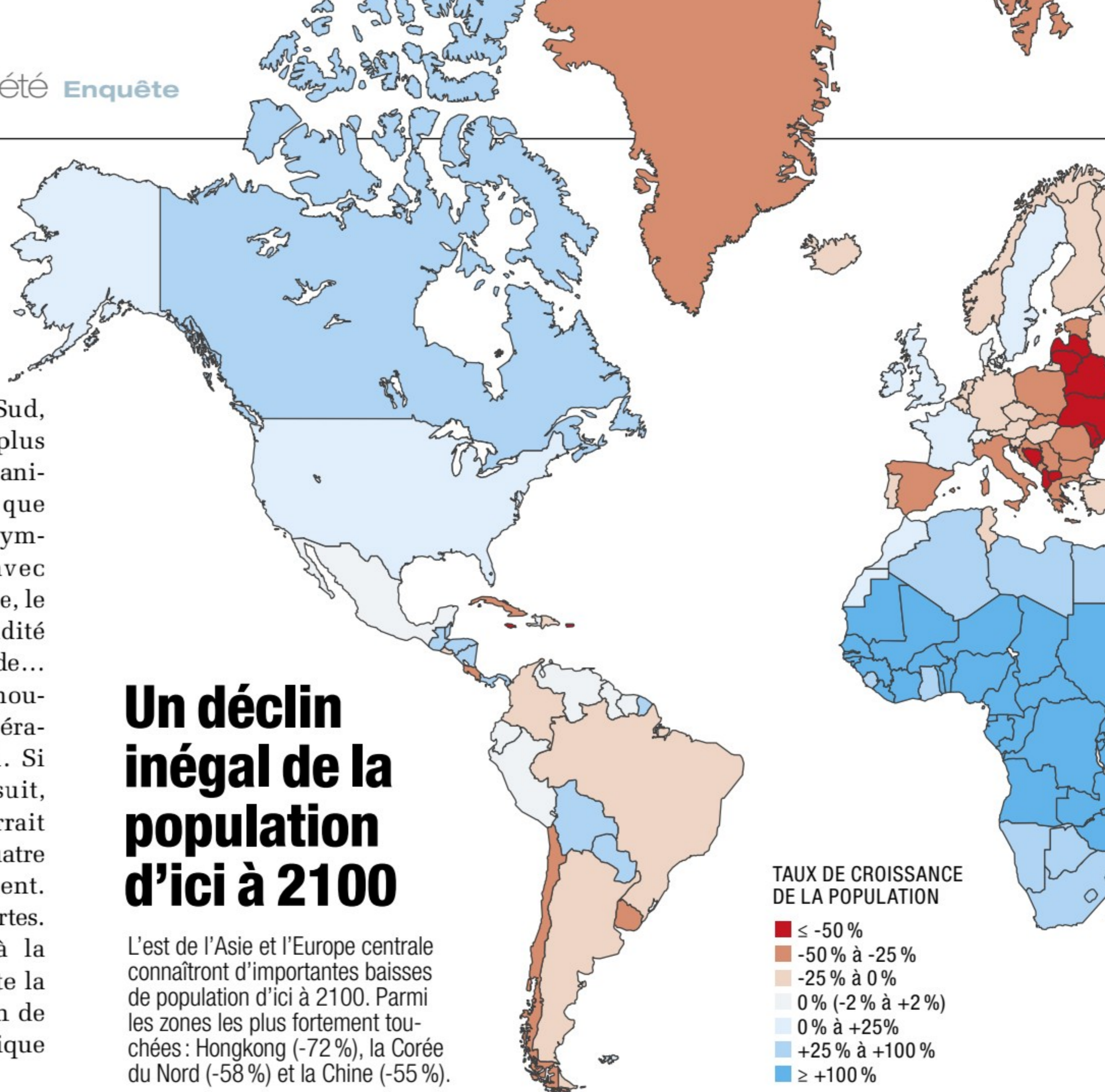
En Corée du Sud, on vend désormais plus de poussettes pour animaux domestiques que pour bébés ! Un symbole frappant : avec 0,75 enfant par femme, le pays affiche la fécondité la plus basse au monde... loin du seuil de renouvellement des générations, qui est de 2,1. Si le rythme se poursuit, sa population pourrait fondre de 95 % en quatre générations seulement. Ce cas est extrême, certes. Mais la tendance à la dénatalité gagne toute la planète, à l'exception de quelques pays d'Afrique et du Moyen-Orient.

Avec 1,56 enfant par femme en 2025, la France résiste mais n'y échappe pas : depuis 2010, les naissances reculent et ont atteint, en 2025, un plus bas historique depuis l'après-guerre. Les décès ont pour la première fois dépassé les naissances, si bien que, sans immigration, la population diminuerait ! Vieillesse, tensions économiques, modèles sociaux fragilisés... Le phénomène inquiète, au point d'alimenter les appels du président Emmanuel Macron à un "réarmement démographique". Faut-il pour autant s'alarmer ?

STÉPHANE JUNGERS

Un déclin inégal de la population d'ici à 2100

L'est de l'Asie et l'Europe centrale connaîtront d'importantes baisses de population d'ici à 2100. Parmi les zones les plus fortement touchées : Hongkong (-72 %), la Corée du Nord (-58 %) et la Chine (-55 %).



TAUX DE CROISSANCE DE LA POPULATION

- ≤ -50 %
- -50 % à -25 %
- -25 % à 0 %
- 0 % (-2 % à +2 %)
- 0 % à +25 %
- +25 % à +100 %
- ≥ +100 %

Les causes de cette "dénatalité" sont bien identifiées, et multiples. Certaines sont économiques : la pénurie de modes de garde, les logements chers et les salaires bas n'incitent pas à faire des bébés. Ainsi, 1/3 des parents sont contraints de garder leur enfant de moins de 3 ans alors qu'ils ne le souhaitent pas ; les jeunes actifs ont perdu 35 % de pouvoir d'achat immobilier depuis 2000, soit l'équivalent de deux pièces dans une grande ville ;

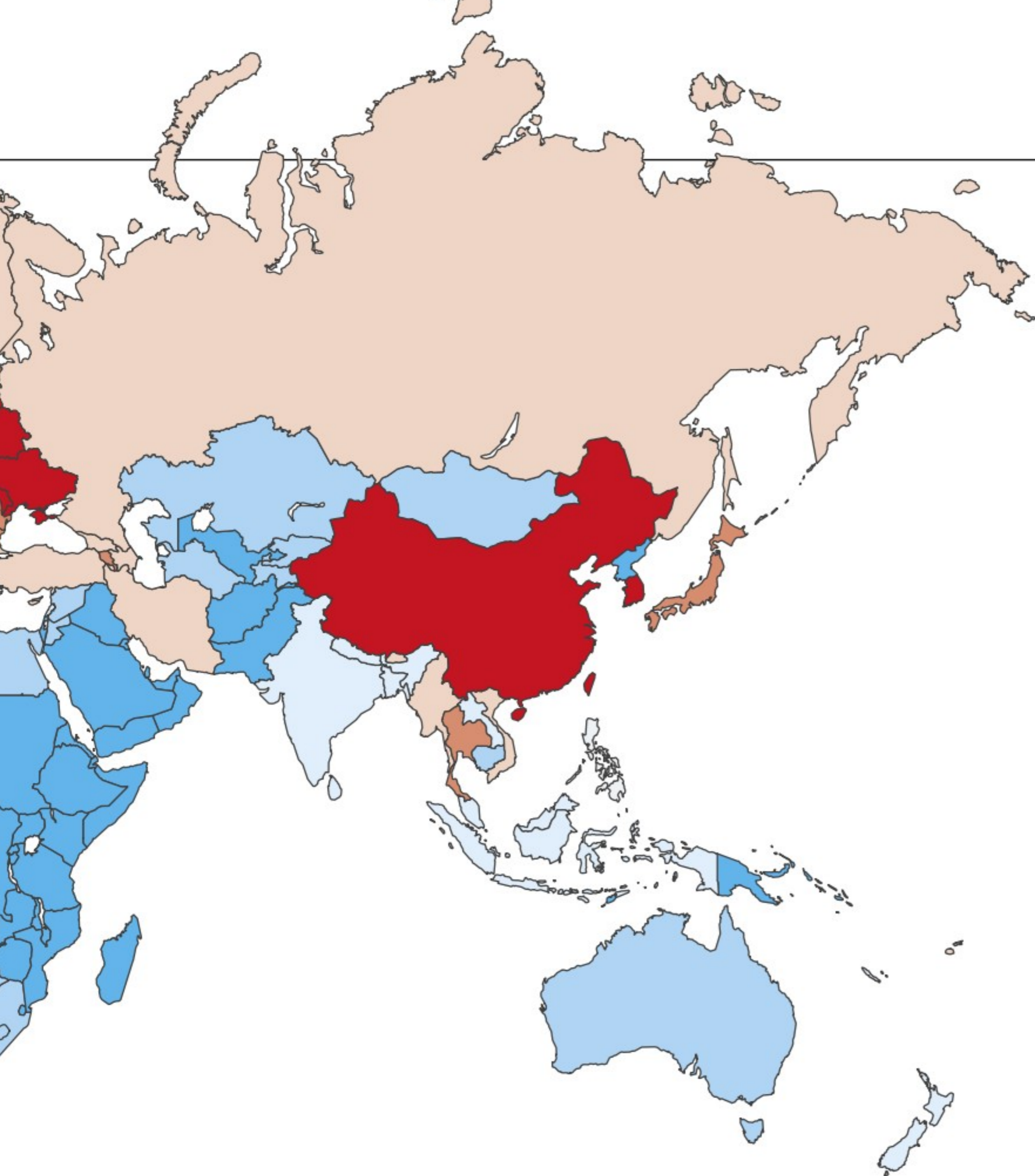
le niveau de vie moyen, qui prend en compte les revenus, la fiscalité et le patrimoine des actifs, est désormais légèrement plus bas que celui des retraités.

ÉROSION DE LA VIE CONJUGALE

L'émancipation des femmes change aussi la donne : "Aujourd'hui, elle bénéficie d'opportunités de carrière que n'avaient pas leurs aînées, et sont moins soumises à la pression sociale concernant le

choix d'avoir ou non un enfant, ce qui constitue évidemment une évolution positive", salue David Duhamel, professeur à Sciences Po et auteur de la série de podcasts *Un monde sans enfants*.

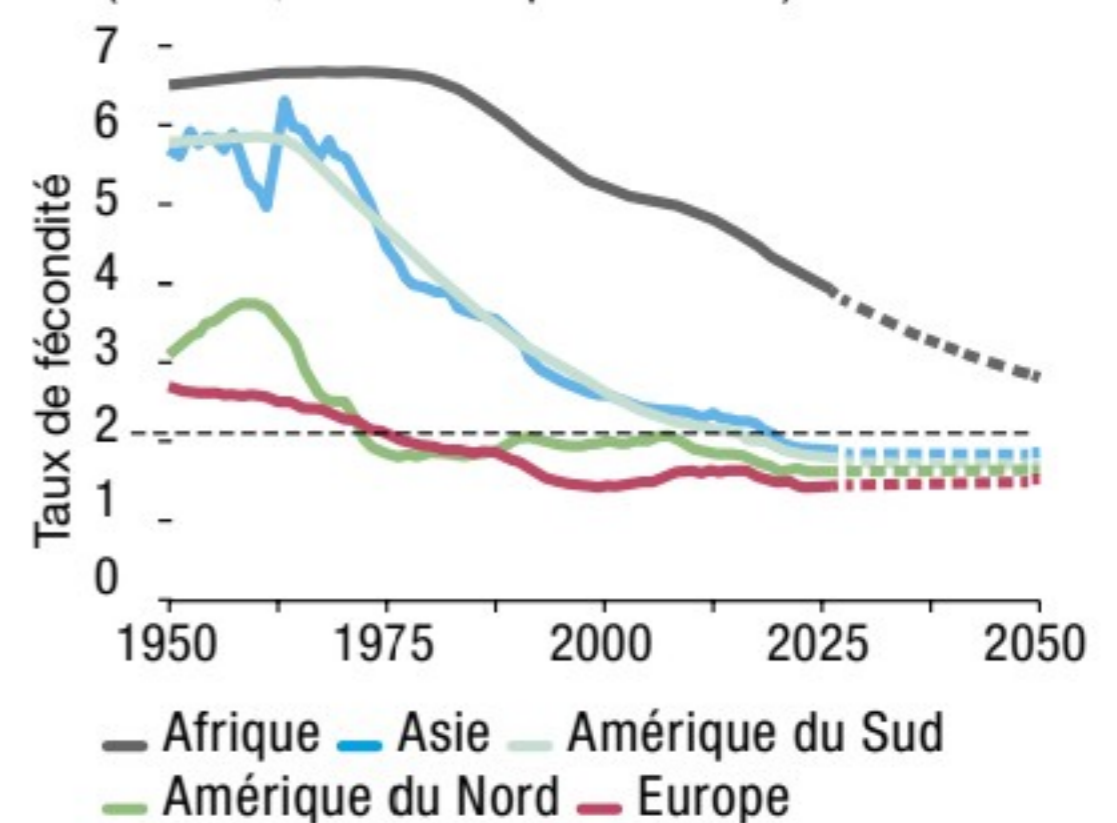
L'érosion de la vie conjugale n'aide pas : "Les couples se forment plus tard et se séparent davantage", résume Maxime Sbaihi, économiste et auteur du livre *Les Balançoires vides*. David Duhamel évoque même l'effet – encore



Le constat

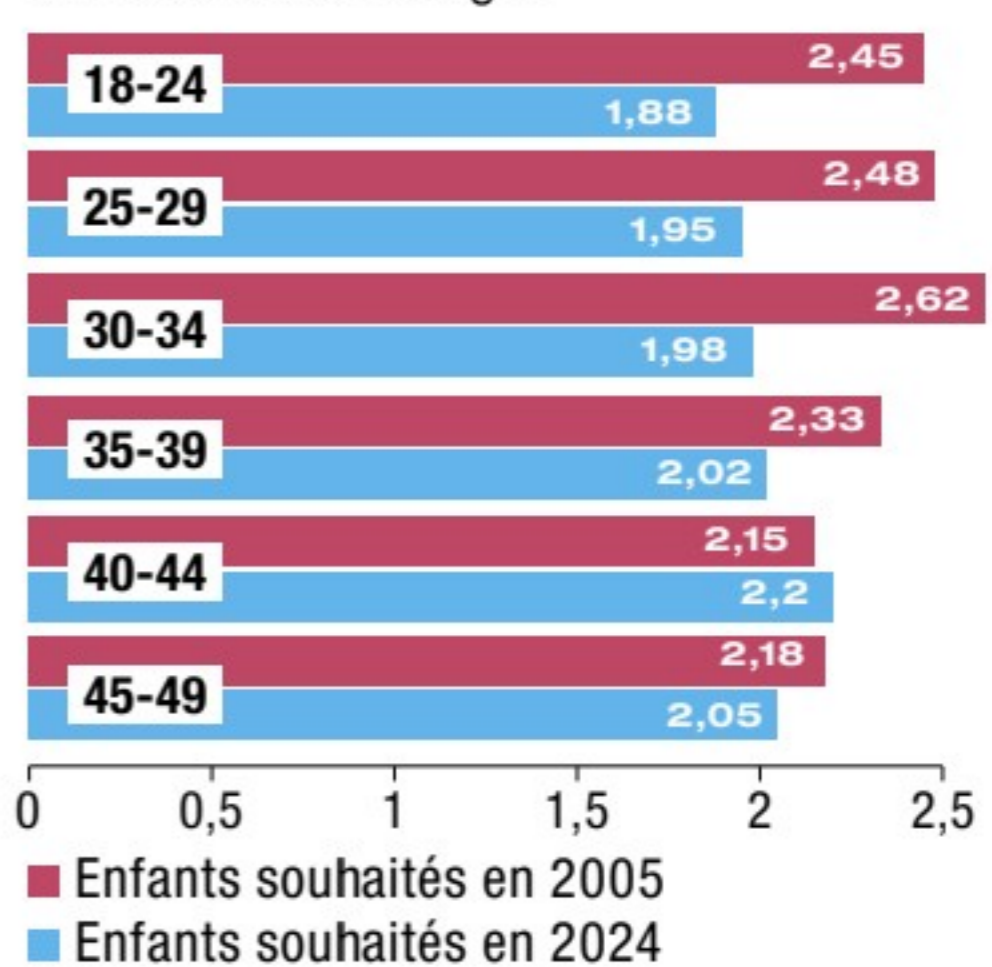
La fécondité en baisse

Seule l'Afrique reste au-dessus du seuil de renouvellement des générations (avec 2,1 enfants par femme).



Moins de désir d'enfants

En 20 ans, le nombre d'enfants souhaités par les femmes a baissé, quelle que soit leur classe d'âge.

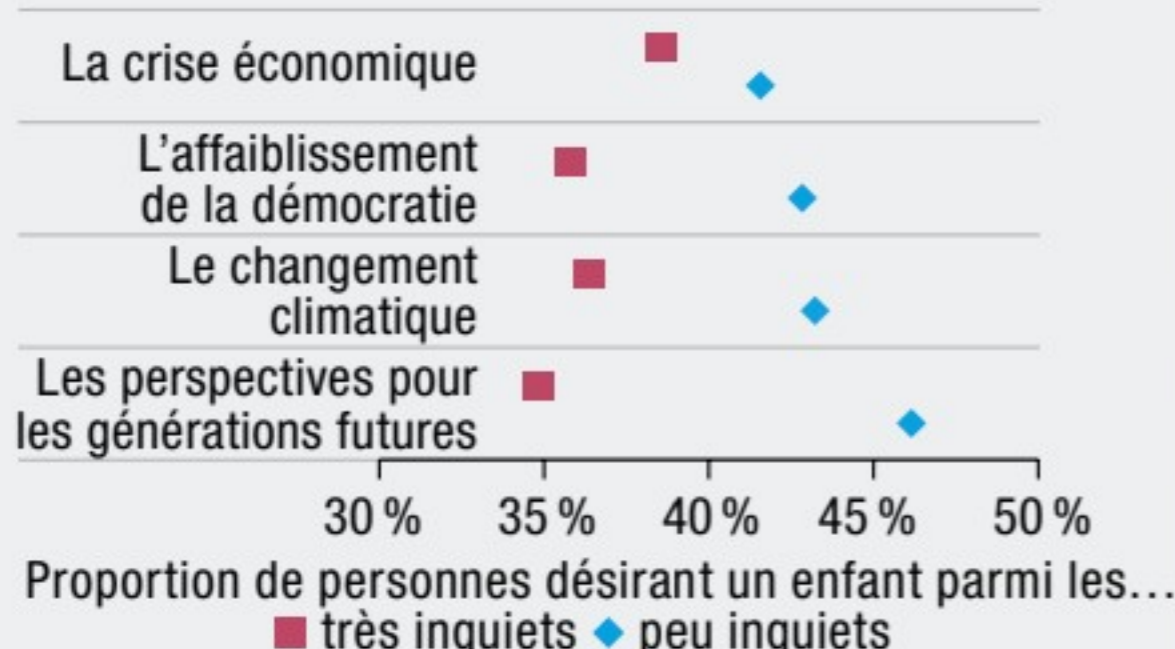


SOURCES : ONU - INED

Les causes

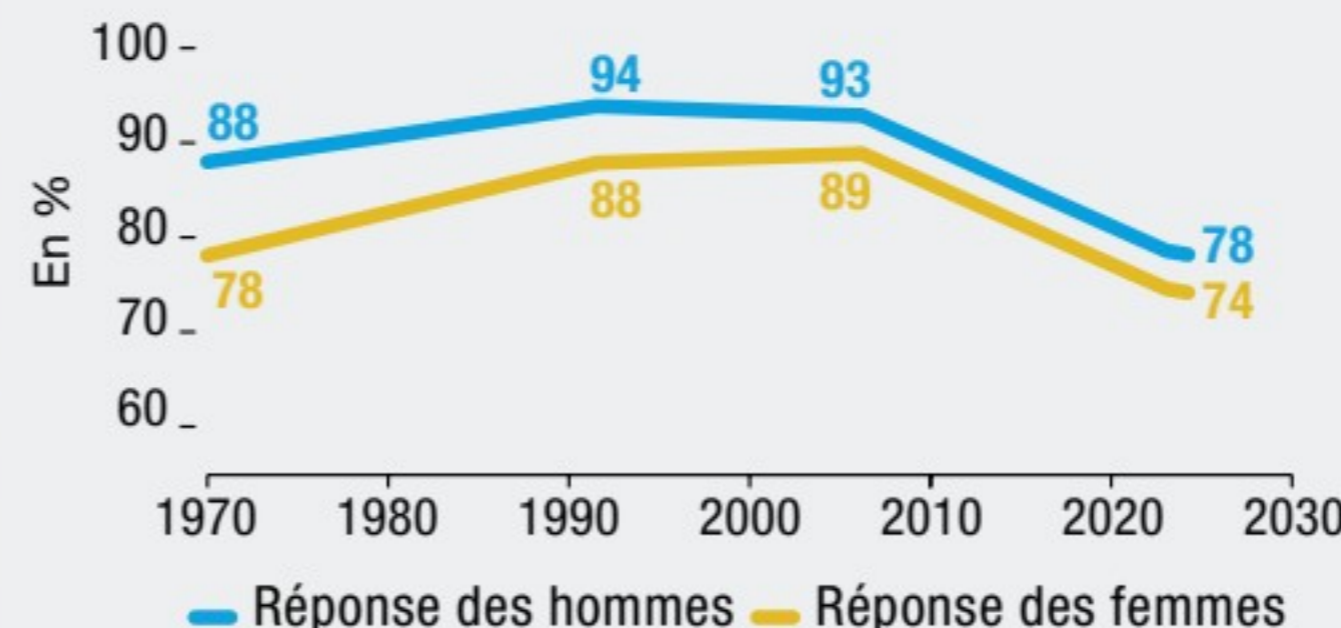
L'incertitude face à l'avenir

Les personnes très inquiètes par les sujets de société sont moins nombreuses à vouloir un enfant que les personnes peu inquiètes.



L'activité sexuelle des Français(es)...

En 2024, la proportion d'hommes (78%) et de femmes (74%) ayant eu au moins un rapport durant l'année n'a jamais été aussi faible.



... est en berne

Et ils sont moins nombreux à déclarer 1 rapport par semaine.



SOURCES : INED - IFOP - IFOP/DORCEL - IFOP/LELO

discuté— des mutations technologiques : “Depuis le milieu des années 2010, avec l’omniprésence des smartphones et des réseaux sociaux, on observe un recul de

la sociabilité ‘réelle’. Habités à vivre dans un cocon numérique, nous sommes moins portés vers la rencontre amoureuse et l’expérience de l’altérité, avec ses

risques de frictions et d’inconfort.” Joue enfin le manque de confiance en l’avenir : les sondages soulignent régulièrement la crainte, chez les jeunes, des bouleversements éco-

logiques et du regain des conflits à l’échelle planétaire. Difficile toutefois de hiérarchiser tous ces facteurs : “C’est sans doute leur combinaison qui crée un environ- ➔

nement peu favorable à l'arrivée d'enfants", souligne Jacques Véron, chercheur émérite à l'Institut national d'études démographiques (Ined).

Quoi qu'il en soit, la dénatalité a déjà des effets très concrets. Dans une note publiée en septembre 2025, le Haut-commissariat à la stratégie et au plan évoque une "marée descendante de la dénatalité". Premières touchées: les écoles maternelles et primaires, qui ont perdu 500 000 élèves en dix ans. "Le reflux gagne désormais collèges et lycées, et atteindra l'enseignement supérieur et le marché du travail dans quelques années", anticipe son auteur, Maxime Sbaihi. À terme, les départs à la retraite des baby-boomers ne seront plus compensés: la population active devrait se réduire, ouvrant une ère inédite de pénurie de main-d'œuvre, à rebours du chômage qui a marqué les décennies passées.

UNE PYRAMIDE DES ÂGES INVERSÉE

Au-delà de l'économie, c'est tout un basculement démographique qui s'opère. La société vieillit et se "seniorise": "La baisse de la natalité se combine à l'allongement de l'espérance de vie", rappelle Gilles Pison, démographe à l'Ined. Résultat: pour la première fois en France, la

part des plus de 60 ans (28 %) a dépassé celle des moins de 20 ans (23 %) – une véritable "révolution copernicienne", selon Maxime Sbaihi. En effet, cette pyramide des âges inversée fragilise un modèle social conçu pour une population majoritairement jeune. Le système de retraite par répartition est en première ligne: "Un actif consacre aujourd'hui entre un quart et un tiers de son salaire brut aux pensions. C'est un niveau inédit", constate l'économiste.

Autre conséquence de ce vieillissement, le nombre de personnes en perte d'autonomie devrait exploser et atteindre 1,3 à 2,2 millions en 2050. Et avec lui, les dépenses de soins médicaux, les aides financières pour le maintien à domicile ou pour les Ehpad via les cotisations sociales, l'impôt ou les contributions directes. Qui devra payer pour qui? Des arbitrages politiques s'imposent: "D'une manière ou d'une autre, il faudra réinventer les solidarités et redéfinir le contrat entre les générations", résume Jacques Véron.

D'autres effets, plus diffus, se dessinent. "Une société plus âgée est moins tournée vers la prise de risque et l'innovation", affirme Maxime Sbaihi. Au Japon, laboratoire du vieillissement mondial, comme en Chine (qui pourrait

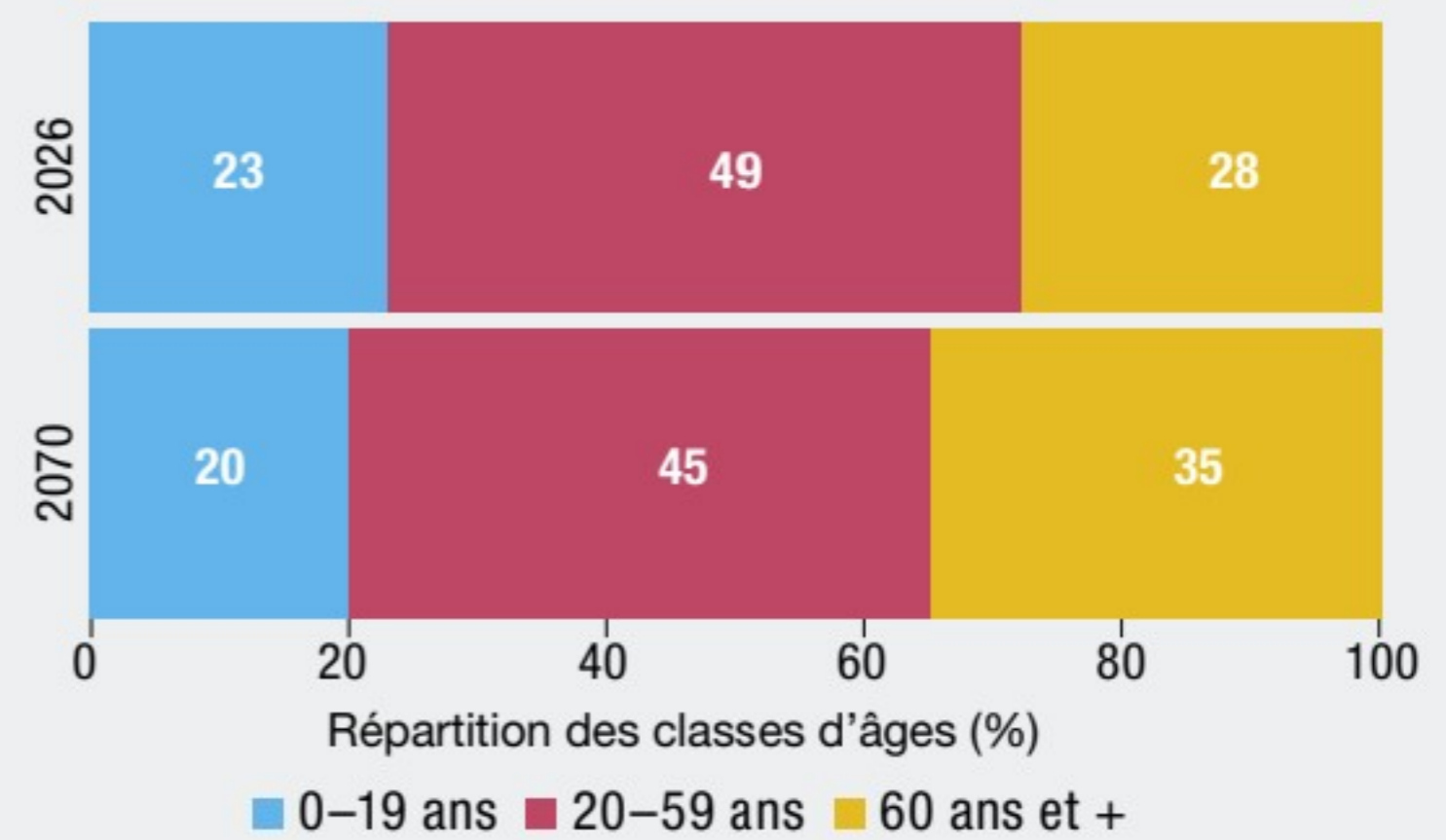
Les conséquences

+11,5

C'est l'augmentation de l'âge médian en France (qui partage la population française en deux groupes d'effectifs égaux) d'ici à 2100, soit une hausse de 37 %.

La population vieillit

La part des 60 ans et + va augmenter et largement dépasser celle des jeunes (âgés de 0 à 19 ans) en 2070.



SOURCES : INSEE

perdre 770 millions d'habitants d'ici à 2100), plusieurs études montrent une corrélation entre vieillissement des actifs, baisse des investissements en recherche et développement et diminution du nombre de brevets déposés.

Une société vieillissante fait aussi entendre ses valeurs dans les urnes: les résultats électoraux et sondages montrent qu'en moyenne, les seniors privilégient davantage la sécurité et la stabilité économique, quand les plus jeunes mettent la priorité sur le climat, la lutte contre les inégalités ou les enjeux sociétaux. Bien sûr, la prudence s'impose: les seniors de demain ne penseront pas

forcément comme ceux d'aujourd'hui. "Certaines valeurs sont générationnelles", rappelle Jacques Véron. C'est le cas de l'environnement, qui pourrait rester une priorité des "jeunes" actuels quand ils auront atteint le grand âge.

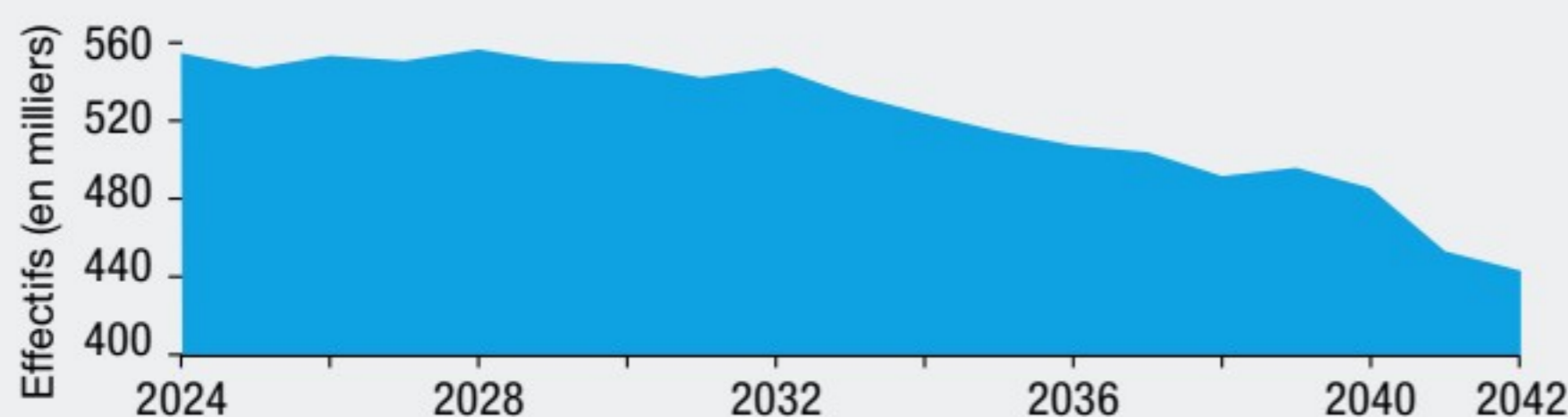
UNE PRESSION MOINDRE SUR LES ÉCOSYSTÈMES

Du point de vue environnemental, justement, la baisse de la population, en particulier dans les pays riches, pourrait sembler une bonne nouvelle: c'est après tout une pression moindre sur les écosystèmes et une baisse des émissions de gaz à effet de serre. Sauf que le lien est loin d'être automatique. "Si les ressources restent accessibles et que

S. JUNGERS

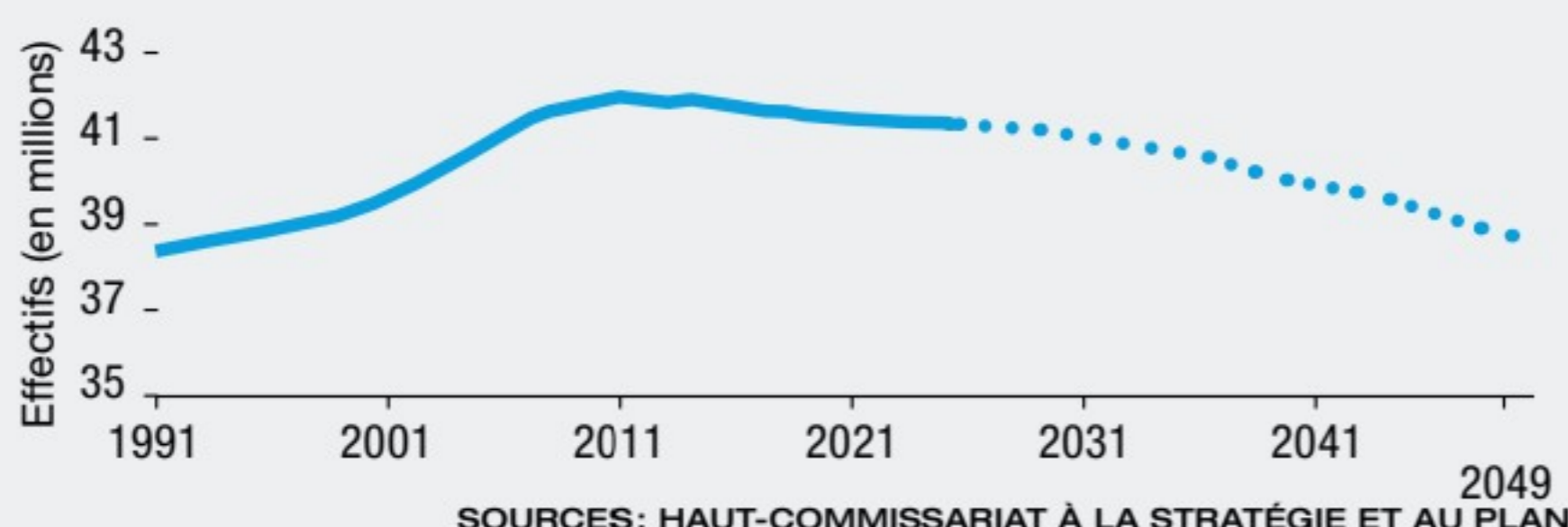
Moins d'enfants, donc moins d'étudiants...

Les effectifs de néobacheliers inscrits en première année dans l'enseignement supérieur devraient baisser de 20 % d'ici à 2042.



... et moins d'actifs à la fin

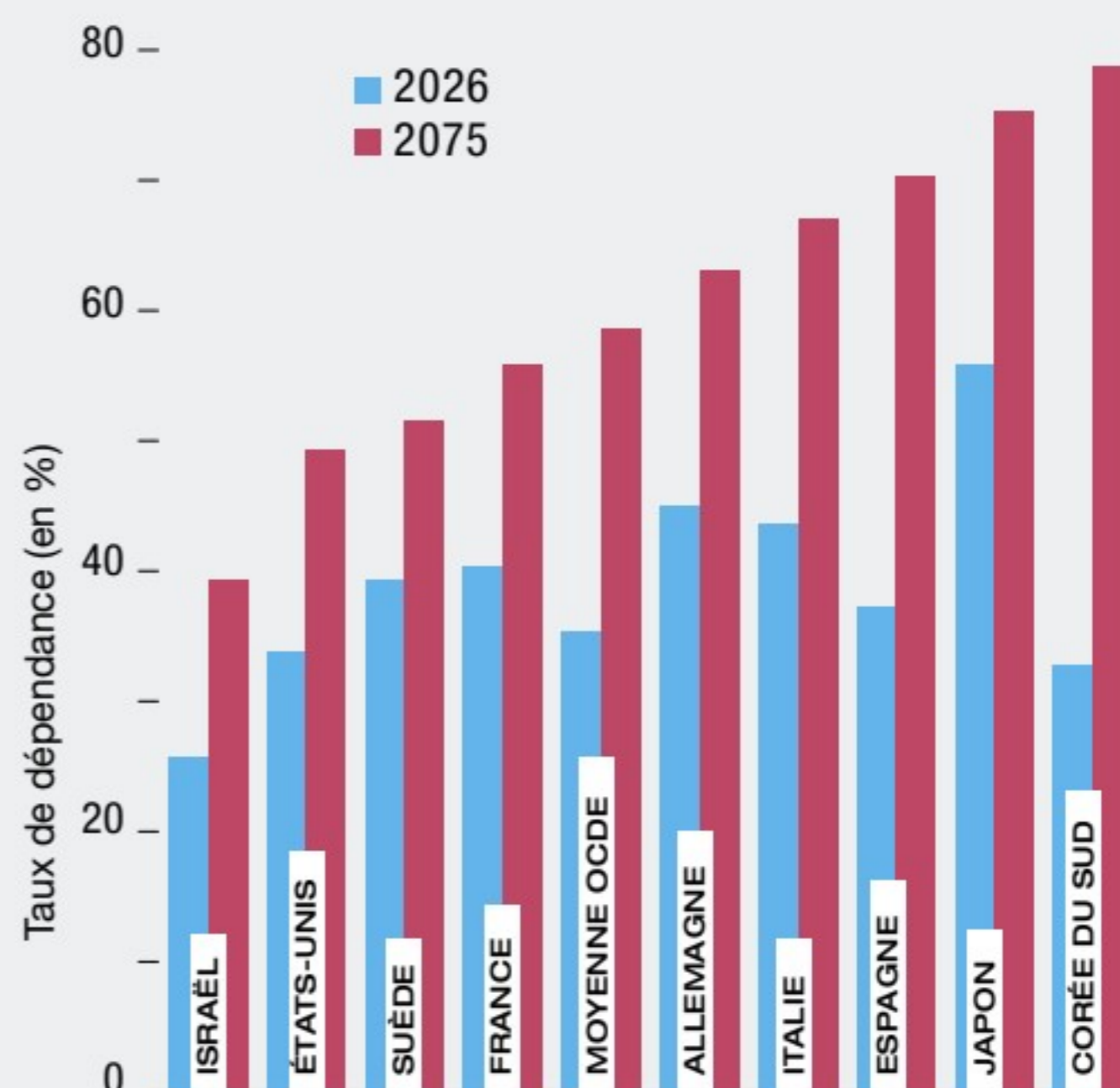
La population en âge de travailler décline déjà, après avoir atteint un pic en 2011. Le mouvement de dénatalité va mécaniquement entraîner une baisse de la population en âge de travailler dès 2026.



SOURCES: HAUT-COMMISSARIAT À LA STRATÉGIE ET AU PLAN

Moins d'actifs pour financer les retraités

Entre 2026 et 2075, le taux de dépendance des personnes âgées (c'est-à-dire le nombre de 65 ans et + pour 100 actifs) va croître dans de nombreux pays. L'écart se creuse en Corée du Sud.



SOURCE: OCDE

les infrastructures pour les exploiter sont maintenant, un effet 'rebond' est probable, prévient Emmanuel Pont, spécialiste des liens entre population et environnement à l'Inrae. Avec davantage de ressources disponibles par personne, la consommation individuelle pourrait augmenter et annuler en partie les bénéfices environnementaux. Il reste donc nécessaire de faire des efforts pour réduire nos émissions et notre consommation, quelle que soit l'évolution de la population."

Alors que faire ? Disons-le tout de suite, les mesures pour relancer la natalité, comme augmenter les allocations familiales, font

figure d'emplâtre sur une jambe de bois. De la Suède à Taïwan, en passant par la Hongrie, l'Allemagne ou la Corée du Sud, "de nombreux pays ont déployé depuis trente ans des politiques natalistes ambitieuses. Partout, les effets restent limités ou temporaires", note l'économiste Pauline Rossi, auteure du livre *Le Déclin démographique, une urgence économique?*

DES PISTE ÉMINEMMENT POLITIQUES

Ces mesures ne sont pas inutiles pour autant: "Si la France reste au-dessus de la moyenne européenne (1,61 enfant par femme contre 1,34 en 2024), c'est peut-être en par-

tie grâce à des politiques familiales anciennes et stables", souligne Gilles Pison. Mais elles n'inverseront pas la tendance à la dépopulation.

Plusieurs pistes sont donc déjà sur la table pour maintenir à flot les économies face à une dénatalité durable. Toutes sont éminemment politiques... et imparfaites. À commencer par l'immigration: "Elle assure déjà un solde positif d'environ 160 000 personnes par an en France et, à l'échelle européenne, a même permis de gagner 9 millions d'habitants depuis 2012, malgré l'excédent des décès sur les naissances", rappelle Gilles Pison. Des pays aux taux de natalité his-

toriquement bas, comme l'Allemagne ou l'Italie, y recourent en effet massivement, y compris dans des contextes politiques peu favorables.

Reste que ce levier est limité. "Les immigrés vieillissent eux aussi, ce qui ne fait que décaler le problème", souligne Pauline Rossi. Sans compter que la baisse de la natalité s'observe à l'échelle mondiale... Les États "pourvoyeurs" de main-d'œuvre migratoire pourraient ainsi rapidement se tarir – dans les pays du Maghreb ou encore en Inde, le taux de fécondité a déjà atteint des seuils proches de 2 enfants par femme.

D'autres leviers existent: accroître l'activité de la population →

en âge de travailler, par exemple. Cela passe en partie par l'allongement de la vie active, *“mais on ne repoussera pas indéfiniment l'âge de départ à la retraite”*, prévient Pauline Rossi. L'autre enjeu, au moins aussi décisif, est d'augmenter le taux d'emploi, grâce à la formation continue, la montée en compétences, une meilleure insertion des catégories plus éloignées de l'emploi comme les jeunes et... les plus de 55 ans. *“Ce sont autant de moyens de mobiliser pleinement le potentiel de la population active”*, rappelle-t-elle.

Dernière piste, peut-être la plus prometteuse : miser sur la productivité, grâce au recours à la robotisation et à l'IA notamment. Certains pays n'ont pas attendu : la Corée du Sud détient le record avec 1012 robots pour 10 000 employés dans l'industrie manufacturière, contre 186 en France. La Chine, elle, concentre à elle seule plus de 50 % des installations

mondiales, avec comme symbole extrême l'essor des “dark factories”, ces usines géantes 100 % automatisées qui tournent dans le noir complet. Un modèle que ces pays assument pleinement, combinant foi dans la technologie et large refus politique de l'immigration.

GARE AUX PROJECTIONS AU-DELÀ DE 30 ANS

Cependant, une automatisation rapide et massive supprimera aussi beaucoup d'emplois, au moins à court terme. Pour amortir cet effet et préserver les modèles de protection sociale, *“une piste de plus en plus évoquée consiste à taxer moins le travail, et davantage le capital, et d'envisager un revenu universel de base”*, souligne Pauline Rossi. Le problème ? La traduire en actes supposerait une coopération internationale sur la taxation des multinationales et des détenteurs des moyens de production. Une perspective qui, aujourd'hui, semble lointaine.

Face aux scénarios les plus sombres et aux discours déclinistes, beaucoup d'experts appellent cependant à la prudence, voire à l'optimisme. La démographie offre des projections solides sur 20 à 30 ans, car la prochaine génération de parents est déjà née, mais au-delà l'affaire se complique. *“Prolonger les courbes actuelles à l'infini relève d'un mirage de mathématiciens”*, souligne Éric Le Bourg, chercheur émérite au CNRS, qui rappelle qu'après-guerre, une explosion incontrôlée de la population mondiale à 80 milliards d'individus, fondée sur les chiffres du baby-boom et la baisse rapide de la mortalité liée aux progrès médicaux, était prédite. *“En réalité, les sociétés s'autorégulent : aucun pays ne se ‘suicidera’ démographiquement. Mais cela suppose de profondes évolutions, à commencer par de meilleures perspectives pour les jeunes et une transformation du rôle des femmes”*, avance-t-il.



PAULINE ROSSI
Économiste, professeure à l'École polytechnique

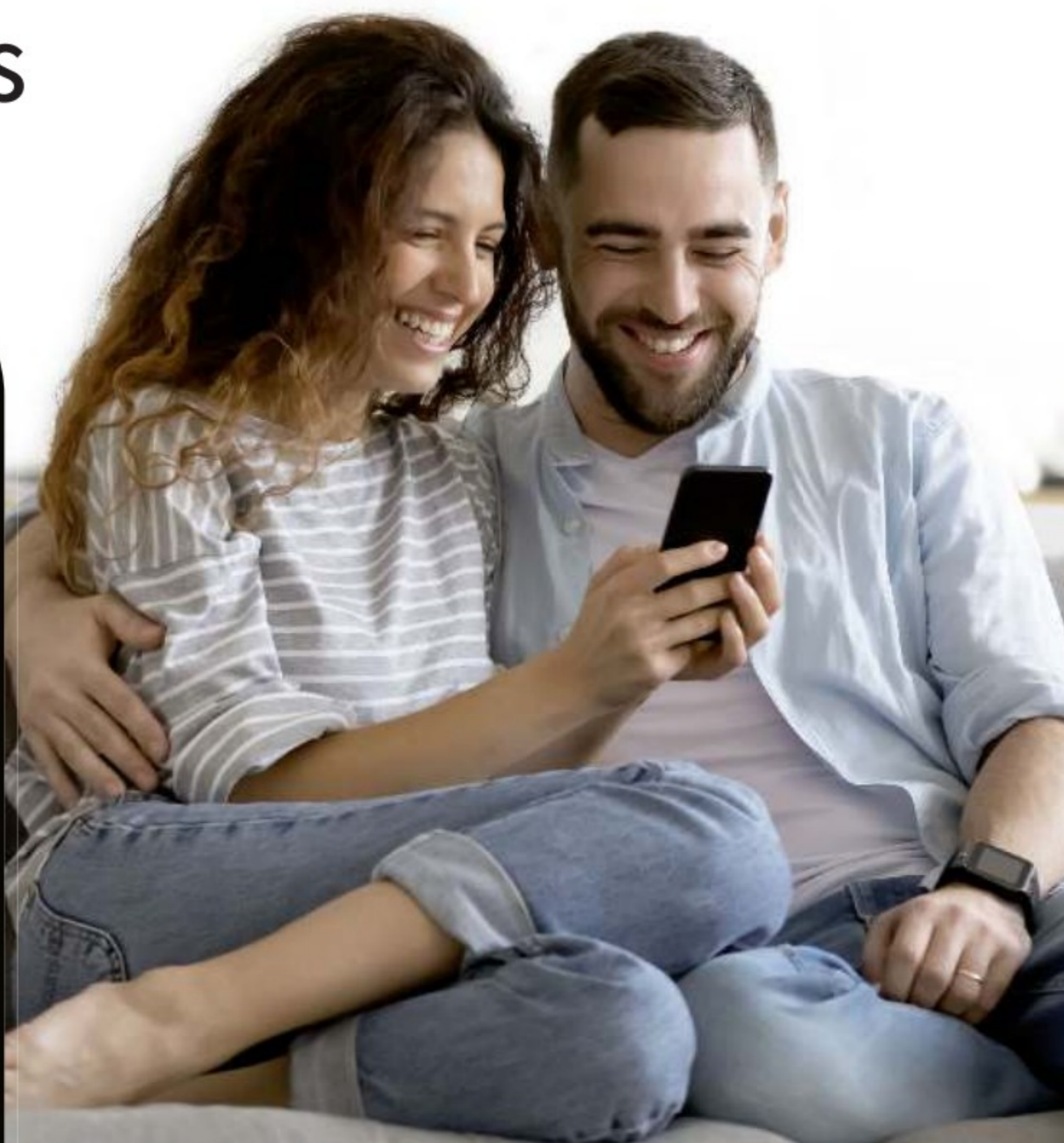
De nombreux pays ont déployé depuis 30 ans des politiques natalistes ambitieuses. Partout, les effets restent limités ou temporaires

“La Corée du Sud ou le Japon, parmi les pays les plus durement touchés par la dénatalité, sont des sociétés riches où les normes familiales ont évolué trop lentement, le modèle de la femme au foyer y demeurant très présent. Dès lors, avoir un enfant y représente encore un coût trop élevé, tant en termes de carrière que de liberté”, abonde David Duhamel. Enfin, les comportements peuvent évoluer : *“Les générations futures pourraient être moins tournées vers le matérialisme et davantage vers le lien social et le désir d'enfants”*, imagine Jacques Véron. Après tout, qui aurait anticipé le baby-boom au sein d'une société meurtrie et précaire tout juste sortie de la guerre ?

Infertilité : un faux coupable ?

La progression de l'infertilité est désormais bien documentée : en 50 ans, la concentration de spermatozoïdes a par exemple été divisée par deux dans les pays industrialisés. En cause ? Un cocktail de facteurs auxquels nous sommes exposés du fait de nos modes de vie et des pollutions environnementales. Pour autant, y voir la cause de la dénatalité serait précipité. *“Cette baisse de fertilité ne rend pas les couples stériles mais allonge le délai de conception, déjà de cinq à sept mois en moyenne chez l'humain”*, tempère le démographe Gilles Pison. Elle ne suffit donc pas à expliquer les chutes de fécondité drastiques dans certains pays. *“Les ressorts sont ailleurs”*, conclut le chercheur.

COMMANDEZ
VOS DOUBLES DE CLÉS
AVEC L'APPLICATION

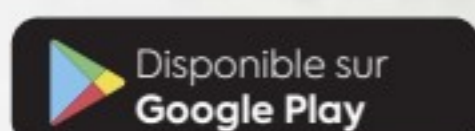


À partir de 5,90€

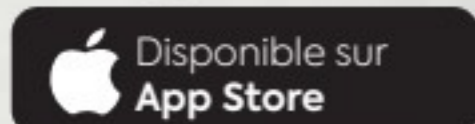
Expédié en 48h*

Jusqu'à 100% remboursée
par l'assurance CB*

(*) Selon les modèles - Voir votre devis en ligne.
Sous condition d'éligibilité assurantielle.



Télécharger
l'application



www.securcles.com

4.7/5 Google
★★★★★

Voici où il y a le plus de bâtiments dans le monde

France

Celle qui multiplie les villages

Malgré sa petite superficie, la France détient 2,4 % du volume mondial de bâtiments – 68 milliards de m³ –, ce qui la place en 7^e position devant l'Italie et le Japon. La raison ? L'Hexagone abrite une proportion très élevée de maisons individuelles, réparties au sein de nombreuses petites communes disposant de bâtiments publics. L'économie du pays, développée et diversifiée, s'appuie de plus sur de larges édifices – usines, entrepôts logistiques, bureaux, hangars agricoles, etc.

États-Unis

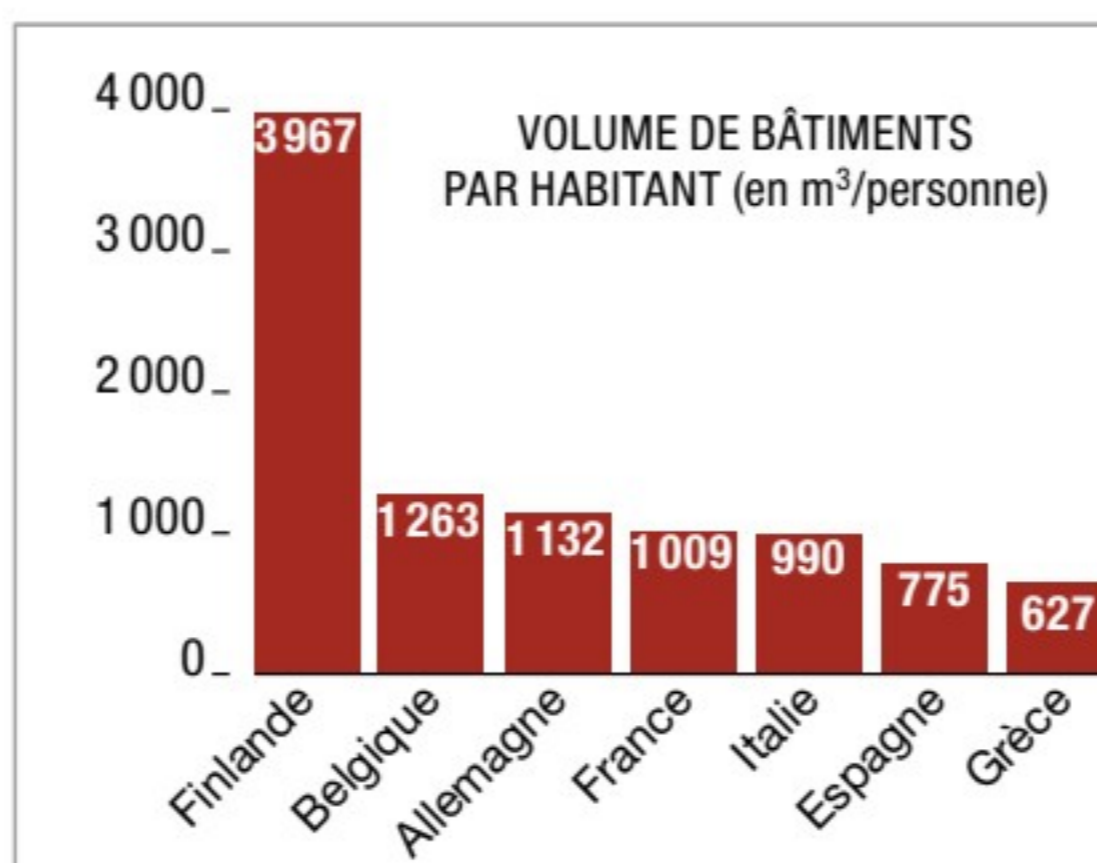
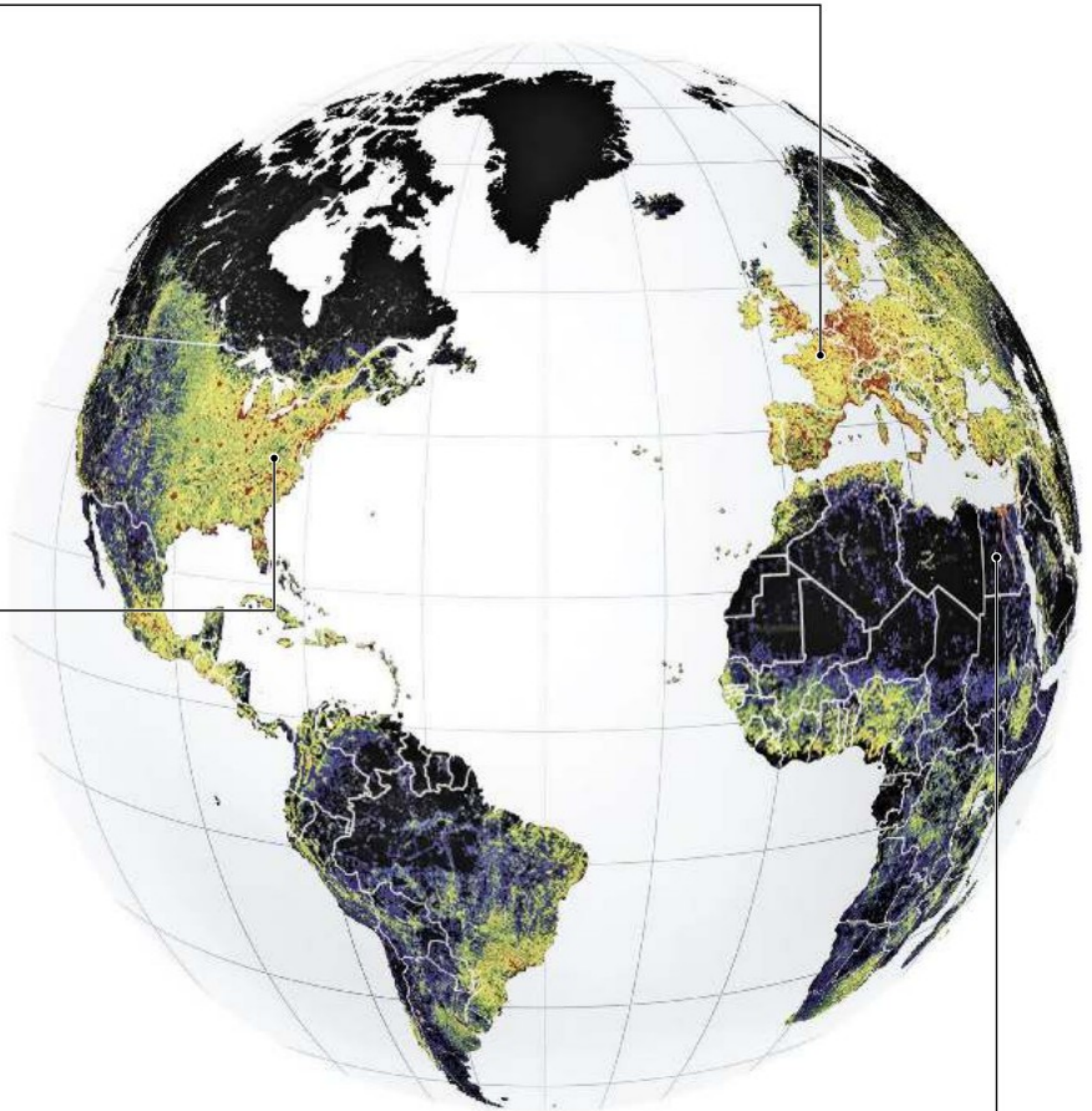
Ceux qui ont toujours un Far West

Avec 439 milliards de m³, les États-Unis détiennent le 2^e plus gros volume de bâtiments au monde – 15,4 % du total –, juste derrière la Chine. Les constructions sont inégalement réparties sur le territoire, l'Est étant bien plus bétonné que l'Ouest. Une situation qui s'explique par l'histoire du pays – la colonisation ayant débuté sur la côte Est – et sa géographie – la partie Ouest est majoritairement recouverte de déserts et de montagnes.

Égypte

Celle qui s'est construite le long d'un fleuve

La majorité des bâtiments d'Égypte tiennent sur la vallée du Nil et son delta, soit seulement 5 % du territoire. Ceci car le pays est majoritairement désertique : l'économie s'est ainsi concentrée le long du Nil (agriculture, tourisme, etc.) – 90 % des Égyptiens y vivent. Plus globalement, sur le continent africain, le volume de bâtiments est relativement faible – 117 milliards de m³ contre 763 milliards de m³ en Europe.



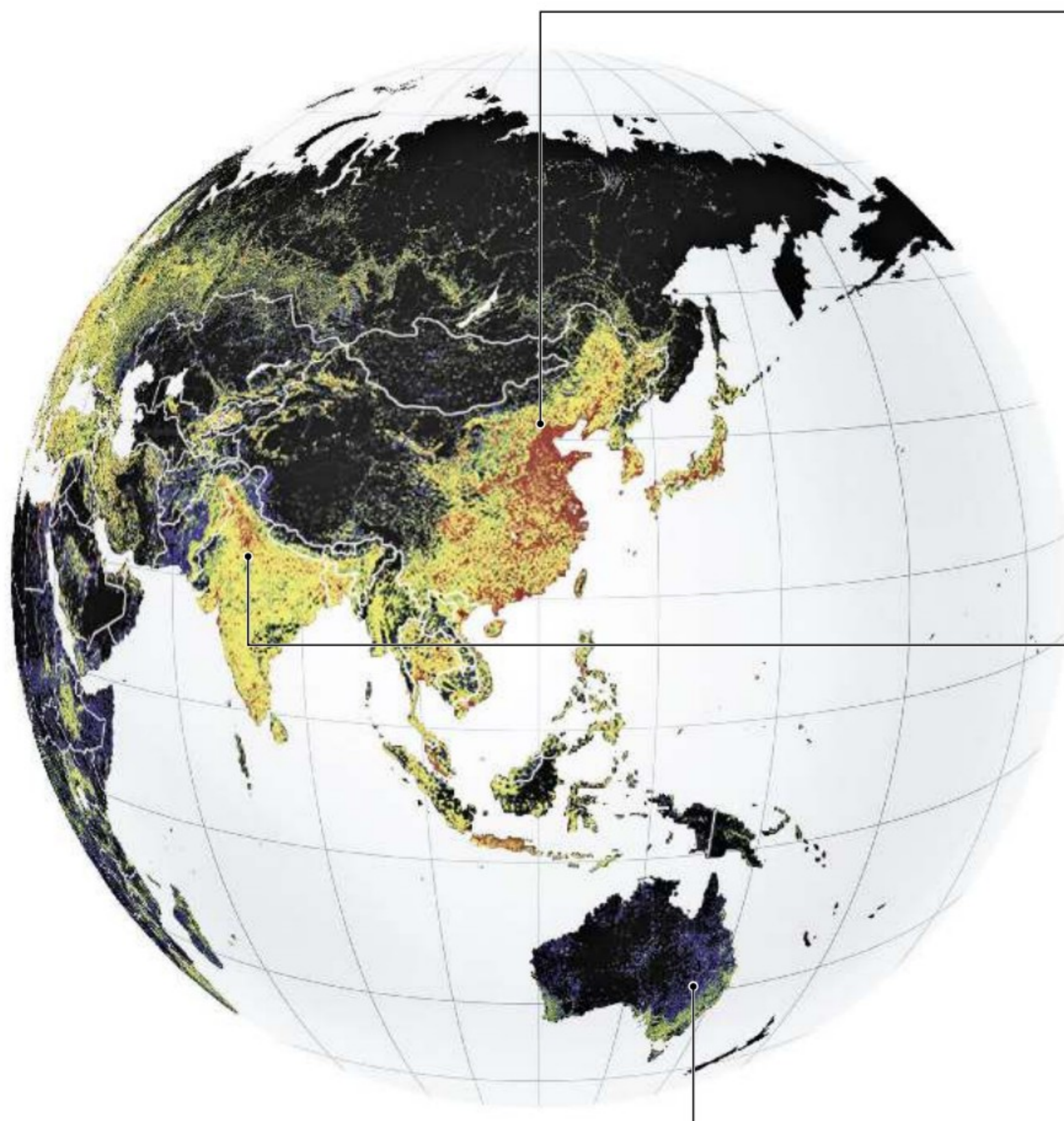
L'Europe présente de fortes disparités d'occupation

Rapporté au nombre d'habitants, le volume de bâtiments varie fortement en Europe et selon un gradient nord/sud : il y a 3 967 m³ de constructions en Finlande, contre 627 m³ en Grèce. Ce moindre volume de bâtiments à disposition de la population dans le Sud pourrait s'expliquer par le climat favorisant la vie extérieure.

SOURCE : ESSD, 2025

En compilant les données issues de près de 800 000 images satellite, des chercheurs de l'université technique de Munich, en Allemagne, ont dressé le Global Building Atlas, la carte mondiale des bâtiments la plus précise et la plus détaillée à ce jour. Elle révèle d'importantes disparités entre continents, mais aussi au sein des pays eux-mêmes.

PAR **CORALIE HANCOK**



Chine

Celle qui est championne en bâtiments

La Chine est, de loin, le pays qui possède le plus gros volume de bâtiments : 710 milliards de m³, soit 24,8% du volume mondial. Un chiffre qui s'explique par la superficie du pays (un peu plus de 2 fois celle de l'Union européenne), son poids démographique (1,4 milliard d'habitants), ses nombreuses usines manufacturières et ses mégapoles étalées horizontalement, mais aussi verticalement. Shanghai compte ainsi plus de 200 gratte-ciel, dont le 3^e plus haut au monde (632 m).

Inde

Celle qui reste rurale

Pays le plus peuplé au monde avec 1,465 milliard d'habitants, l'Inde n'est pourtant que 4^e en volume de bâtiments avec 139 milliards de m³, soit 9% du volume mondial. D'immenses villes abritant des millions d'habitants, comme Mumbai ou Delhi, concentrent l'essentiel de ces constructions. Mais 65% des Indiens vivent en milieu rural.

Australie

Celle où la nature a gardé une grande place

L'Australie a beau être le 6^e plus grand pays au monde, elle est peu peuplée (27 millions d'habitants) et peu bétonnée : près de 60% de la population se concentre dans 5 villes seulement. L'Océanie, principalement composée de micro-États insulaires, est ainsi le continent doté du plus petit nombre d'édifices (14 millions contre 1 220 millions en Asie), de la plus petite surface de construction et du plus petit volume de bâtiments.

2,75 milliards

C'est, selon l'étude, le nombre total de bâtiments sur le globe. Ils occupent une superficie de 506,64 milliards de m² et un volume de 2 850 milliards de m³.

45%

C'est, selon un rapport de l'ONU de 2025, la part de la population mondiale qui vit dans des villes – des agglomérations d'au moins 5 000 habitants et d'une densité supérieure à 300 pers/km².

DISTRIBUTION DU VOLUME DE BÂTIMENTS (en m³ par pixel, 1 pixel représentant 23 ha)

- > à 412 000
- de 96 000 à 412 000
- de 23 000 à 96 000
- de 5 000 à 23 000
- de 1 à 5 000
- 0

L'étrange affaire... des sangliers morts de Barcelone



Rappel des faits

Fin novembre 2025, 30 ans après son éradication d'Espagne, la peste porcine africaine est détectée chez des sangliers trouvés morts près de Barcelone. Cette souche n'a jamais été détectée ailleurs.

La macabre découverte a mis l'Espagne en état d'alerte. Le 28 novembre dernier, deux sangliers sont retrouvés morts dans le parc naturel de Collserola, dans l'arrière-pays barcelonais. L'analyse de leurs dépouilles révèle qu'ils ont été terrassés par la redoutable peste porcine africaine, pourtant éradiquée du pays depuis 1995. Si le virus n'est pas transmissible à l'humain, il est dévastateur pour les sangliers et les porcs d'élevage: très résistant et ultra-contagieux, il ne dispose ni de traitement efficace, ni de vaccin. Or l'Espagne est le 3^e producteur au monde de viande porcine: son industrie génère 11 milliards d'euros par an, dont 8,8 milliards à l'exportation. Las, ce

que craignaient autorités et éleveurs s'est réalisé: le virus s'est propagé, malgré le déploiement d'une centaine de militaires dans la zone chargés d'abattre les sangliers.

En parallèle, les autorités sanitaires enquêtent: *"Comprendre comment*



^ La peste porcine menace de se propager via les sangliers.

le virus est entré est de première importance, ne serait-ce que pour éviter que cela se reproduise", explique Cristina Massot, la secrétaire générale du ministère de l'Agriculture catalan. Son séquen-

çage génétique a d'abord montré qu'il était de génotype 2, donc issu de la souche ayant débarqué au port de Poti, en Géorgie, en 2007.

Cette dernière s'est ensuite propagée d'individus en individus, de mutations en mutations,

missions de maladies infectieuses entre faune sauvage et bétail. *Ce n'est pas par cette voie qu'il est arrivé en Catalogne."*

UN LABO PERQUISITIONNÉ

Alors comment? En décembre, coup de tonnerre: des soupçons de fuite se portent sur un institut vétérinaire, l'Irta-Cresa, où des vaccins de peste porcine africaine sont à l'étude. À 1 km seulement du lieu où ont été découvertes les premières carcasses! Le laboratoire est perquisitionné, mais aucune des souches conservées là ne correspond à celle des dépouilles.

Reste une possibilité: le sandwich accidentel. Il suffit qu'un sanglier avale

vers la Russie, la Chine, l'Europe de l'Est, l'Allemagne, l'Italie... mais elle n'a jamais été détectée en France. *"Si le virus y était présent, on le saurait,* assure Ferran Jori, spécialiste au Cirad des trans-

En bref



17%

C'est la part des Français de 15 ans et plus – près de 10 millions – qui pourraient adhérer au sexisme hostile – le fait de ressentir une animosité envers les femmes, les dévaloriser et/ou être agressif envers elles –, selon une enquête du gouvernement. Dans le détail, 23% des hommes et 12% des femmes y souscriraient.

20 000

C'est le nombre de Français âgés de plus de 65 ans décédés à cause d'une chute en 2024, selon un rapport de Santé publique France, soit 18% de plus qu'en 2019. Les spécialistes peinent encore à expliquer ce phénomène, le vieillissement de la population ne pouvant à lui seul le justifier.

un bout de saucisse contaminée jeté pour que le virus atteigne la faune. “De fait, la zone d’origine est bordée par une autoroute très fréquentée”, pointe Cristina Massot. Mais la piste s’arrête là: le sous-type génétique du virus est différent de celui de l’Italie, de l’Allemagne... et même des 28 mutations répertoriées depuis 2007. “En attendant plus d’informations, une enquête judiciaire a été ouverte sur le commerce illégal de charcuterie”, annonce la secrétaire générale.

À l’heure où nous écrivons ces lignes, le virus a atteint Barcelone, qui a en conséquence fermé certains parcs au public. Les autorités espèrent contrer sa progression en éradiquant les sangliers de la région – 1 100 d’entre eux ont été abattus depuis novembre, il en resterait un millier.

Benoît Rey

#FAKENEWS



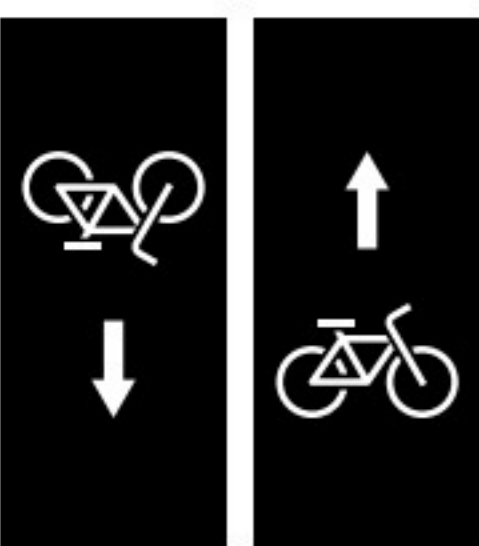
Non, éteindre l’éclairage public la nuit n’augmente pas la délinquance

Le sujet est revenu sous les projecteurs avec les élections municipales: alors qu’en 2025, 62 % des communes françaises avaient choisi d’éteindre leurs lampadaires une partie de la nuit pour économiser l’énergie, certains candidats affirment que cela favorise la délinquance et met en danger les riverains! Plusieurs pétitions réclamant de rallumer les lumières ont depuis rassemblé des milliers de signatures. Problème: éteindre les lampadaires n’entraîne pas de hausse générale des faits de délinquance. C’est ce que révèle la première étude menée sur ce sujet en France, qui passe au crible les statistiques du ministère de l’Intérieur concernant les communes de plus de 1 500 habitants

ayant, entre 2017 et 2023, éteint ou maintenu l’éclairage. “Aucun effet n’a été observé pour les dégradations et destructions volontaires, les violences sexuelles, les vols non violents, les vols de véhicules et d’accessoires ainsi que le trafic et usage de stupéfiants, confirme Chloé Beaudet, chercheuse à l’Inrae et autrice de l’étude. Une légère augmentation des cambriolages a toutefois été mise en évidence, de l’ordre de 0,35 pour 1 000 logements, mais elle se limite aux centres urbains.” En 2023, une étude britannique a quant à elle pointé une baisse des vols dans les voitures garées dans des rues éteintes, contre une hausse dans celles des rues adjacentes éclairées.

Lise Gougis

SHUTTERSTOCK - ILLUSTRATION TONWEN JONES/COLAGENE



63 390

C’est, en kilomètres, la longueur des pistes cyclables et des voies vertes en France en décembre 2025, selon le réseau Vélo et marche: 12 000 km de plus qu’en 2020! En parallèle, la pratique du vélo pour réaliser des trajets domicile-travail a augmenté de 40 % depuis 2019.



4,2

C’est, en milliards de tonnes, la quantité de CO₂ annuelle que les climatisations du monde entier émettront à partir de 2050, dans le scénario d’un réchauffement de +2°C. Soit une quantité équivalente à celle d’un pays comme les États-Unis (4,8 milliards de tonnes de CO₂ émises en 2024).

Le jour où un méthanier russe a menacé la Méditerranée

1 | Un navire-citerne russe a été endommagé par une attaque de drones...

Dans la nuit du 3 au 4 mars, le méthanier russe *Arctic Metagaz* a subi une attaque en Méditerranée, alors qu'il se trouvait au large de Malte. Long de 277 m, le navire transportait 60 000 t de gaz naturel liquéfié (GNL) depuis le port russe de Mourmansk. Le gazier, qui fait partie de la

"flotte fantôme" russe sous sanctions européenne et américaine, devait rejoindre Port-Saïd, en Égypte. Le Kremlin a annoncé que les 30 membres de l'équipage ont pu être évacués et a accusé l'Ukraine d'avoir mené l'attaque. Kiev n'a pour l'instant fait aucun commentaire.

2 | ... avec à son bord une cargaison de méthane liquéfié...

Malgré une brèche très importante sur son flanc gauche et un violent incendie – qui semble s'être éteint –, le navire s'est maintenu à flot et a commencé à dériver vers les côtes libyennes. Deux cuves de GNL ont été touchées et deux autres seraient encore intactes. D'après

les experts, le danger du GNL pour l'océan reste limité. *"C'est du méthane liquéfié à -163°C. Ce n'est pas un polluant marin persistant. En cas de fuite, il se dissiperait rapidement dans l'atmosphère"*, explique Nicolas Tamic, directeur adjoint du Centre de documentation, de

recherche et d'expérimentations sur les pollutions accidentelles des eaux (Cedre). En revanche, tout organisme vivant en contact direct avec ce gaz refroidi mourrait. Et le méthane sous forme gazeux étant hautement inflammable, un risque d'incendie et d'explosion demeure.

MIGUELA XUEREB/NEWSBOOK MALTA/AFP

Début mars, le navire russe *Arctic Metagaz* a été gravement endommagé par une série d'explosions d'origine non identifiée. Si le gaz naturel liquéfié qu'il transporte présente un danger limité pour l'environnement marin, le risque d'incendie et d'explosion, comme la présence de carburants à son bord, inquiètent les autorités européennes. Une solution semble cependant avoir été trouvée. PAR CÉCILE THIBERT

3

... ainsi que d'importantes quantités de fioul

Les inquiétudes portent aussi sur le carburant restant à bord. Dans une lettre adressée à la présidente de la Commission européenne, l'Italie, l'Espagne, Malte, Chypre et la Grèce ont alerté sur un risque imminent et grave de catastrophe écologique majeure au cœur de l'espace maritime de l'Union européenne (UE). Selon les autorités russes, il y aurait encore 450 t de fioul lourd et 250 t de diesel à bord.

Au moment où nous écrivons ces lignes, aucune fuite n'a été détectée. *"Si cela arrive, il faudrait récupérer ces hydrocarbures le plus vite possible car il s'agit de polluants marins persistants"*, alerte Nicolas Tamic. Rien à voir toutefois avec les 223 000 t de pétrole déversées par l'*Amoco Cadiz* en 1978, polluant 400 km de côtes bretonnes – la pire marée noire de l'histoire.

4

Le navire a été pris en charge par la Libye mais la question des risques n'est pas encore réglée

Mi-mars, Moscou a déclaré suivre la situation, tout en rappelant que les États côtiers étaient responsables de la gestion du méthanier (alors en eaux libyennes) et de la prévention des risques. Dans le même temps, l'Italie, l'Espagne, Malte, Chypre et la Grèce ont appelé l'UE à

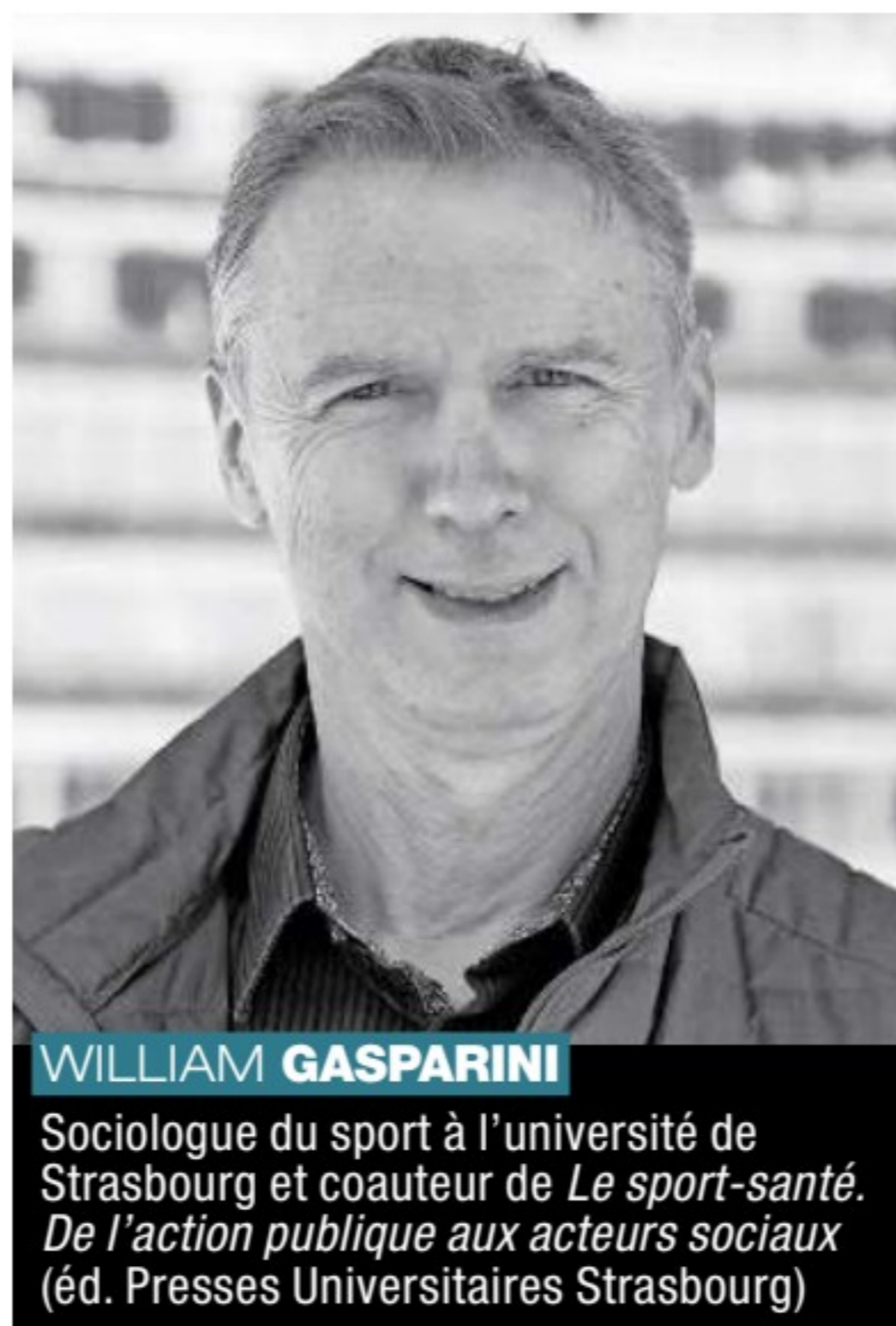
prévenir les dégâts environnementaux potentiels. Mais intervenir sur une telle bombe à retardement n'est pas simple, surtout en zone étrangère : cela pourrait créer un incident diplomatique dans un contexte de tensions internationales. Les autorités libyennes ont finale-

ment annoncé, le 24 mars, qu'elles allaient sécuriser le méthanier, puis le remorquer. *"En théorie, il devrait être déplacé dans une zone non sensible écologiquement, en eaux peu profondes, où il pourra être allégé de sa cargaison et de son fioul"*, indique Nicolas Tamic.



Comment augmenter la pratique sportive chez les adolescents ?

En septembre dernier, 266 925 élèves de 6^e, soit 32 % des effectifs en France, ont été évalués sur leurs aptitudes physiques à travers trois tests : endurance, force physique et vitesse. Rendus publics en février, les résultats ne sont pas à la hauteur, en particulier en endurance : seuls 34,2 % des collégiens avaient un niveau jugé satisfaisant, c'est-à-dire qu'ils étaient capables de courir plus de 6 minutes à une vitesse imposée qui augmentait progressivement. À ce même test, une autre étude avait montré une baisse de performance de 7,5 % entre 1987 et 2022. Deux spécialistes font le point sur cette situation préoccupante.



WILLIAM GASPARINI
Sociologue du sport à l'université de Strasbourg et coauteur de *Le sport-santé. De l'action publique aux acteurs sociaux* (éd. Presses Universitaires Strasbourg)



Science & Vie : Êtes-vous surpris par ces résultats ?

Guillaume Dietsch : Non, ils confirment à la fois le ressenti des professeurs d'éducation physique et sportive (EPS) sur le terrain et les données de la littérature scientifique. Par exemple, une récente étude a montré que la capacité cardio-respiratoire des jeunes Français a diminué de 18 % entre 1999 et 2022 !

William Gasparini : Ils ne me surprennent pas non plus. Et ne croyez pas que le problème est uniquement français : alors que 65 % des Européens

déclaraient pratiquer une activité sportive il y a vingt ans, ce chiffre n'est plus que de 55 % aujourd'hui.

S&V : Ces évaluations nationales montrent aussi de fortes disparités. Les ados issus de milieux populaires et les filles obtiennent de moins bons résultats. Comment l'expliquer ?

W.G. : Si l'on excepte le football que les jeunes des quartiers populaires pra-

tiquent entre amis, ce sont plutôt les familles qui sont prescriptrices d'activités sportives. Or cela nécessite des moyens financiers non négligeables, mais aussi un certain capital culturel. Quant aux inégalités de genre, elles sont à la fois le fruit de stéréotypes et de politiques publiques : dans les quartiers, le sport a été pensé comme un moyen d'occuper prioritairement les garçons pour canaliser leur

énergie et éviter les éventuelles violences.

G.D. : L'une des conséquences de ces politiques publiques, c'est que les espaces sportifs gratuits, comme les skateparks, sont occupés majoritairement par les garçons. Pour autant, beaucoup de petites filles font du sport et sont motivées pour en faire. Mais à l'adolescence, elles sont plus nombreuses que les garçons à abandonner, parce que leur rapport au corps change, qu'elles sont soumises à des injonctions sociales et morales ou parce que le modèle sportif français, très com-

“Les activités sportives nécessitent des moyens financiers non négligeables ainsi qu'un certain capital culturel”

WILLIAM GASPARINI

Le constat de récentes études est sans appel: les aptitudes sportives des jeunes Français régressent d'année en année et sont aujourd'hui jugées insuffisantes. C'est un problème de santé publique majeur qui se dessine et contre lequel il va falloir trouver des solutions.

PAR CORALIE HANCOK



GUILLAUME DIETSCH

Enseignant agrégé d'EPS en STAPS à l'université Paris-Est Créteil Val-de-Marne et coauteur de *La France n'est pas un pays de sport ?* (éd. De Boeck Supérieur)

pétitif et performatif, ne leur convient plus.

S&V: Comment peut-on combler ces inégalités ?

G.D.: Il faut agir sur les causes et cela passe notamment par le développement d'infrastructures sportives, surtout dans les territoires défavorisés. Les Jeux olympiques de Paris ont permis quelques avancées – les habitants de Seine-Saint-Denis peuvent par exemple profiter de la piscine olympique – mais l'effort doit se poursuivre. Et pour encourager les jeunes filles à faire du sport, ou à ne pas arrêter

“Pour encourager la pratique chez les filles, il faudrait sécuriser des espaces sportifs réellement inclusifs et accueillants”

GUILLAUME DIETSCH

d'en faire, il faut leur permettre de pratiquer dans des espaces sportifs où elles se sentent compétentes, confiantes et respectées, et où leur corps n'est plus en permanence jugé. Il me semble ainsi important de sécuriser des lieux réellement inclusifs et accueillants. Il faudrait aussi diversifier l'offre sportive avec des créneaux de loisirs et d'entretien de soi, pas seulement de compétition.

W.G.: En plus de nouvelles infrastructures, la rénovation de celles existantes, souvent vieillissantes ou inadaptées aux nouvelles demandes, est nécessaire. Par ailleurs, n'oublions pas qu'aller à l'école à pied ou à vélo, c'est de l'activité physique. Aménager les villes pour favoriser les modes de transports doux constitue aussi un levier pour inciter les enfants et les parents à bouger. Enfin, pour

réduire les inégalités de genre, il faudrait féminiser l'encadrement sportif, encore majoritairement masculin.

S&V: Quid du rôle de l'école ?

W.G.: L'EPS qui y est dispensée ne pourra pas faire disparaître, à elle seule, ces inégalités. Elle n'en reste pas moins essentielle, d'autant plus qu'elle favorise la pratique sportive mixte – garçons et filles mélangés – et véhicule les valeurs républicaines. Et pour que l'EPS remplisse ce rôle, il faudrait augmenter le nombre d'heures de pratique (actuellement 3 h par semaine à l'école primaire, 4 h en 6^e, 3 h entre la 5^e et la 3^e, puis 2 h au lycée). G.D.: C'est une bonne idée, à condition que ces heures programmées soient réellement effectuées, ce qui n'est pas le cas aujourd'hui! Dans le premier degré – l'école primaire – en particulier, l'EPS constitue trop souvent la variable d'ajustement des enseignements. Dans nos sociétés devenues sédentaires, il est pourtant impératif que les jeunes apprennent par leur corps.

FIV à trois ADN : faut-il changer la législation française ?

Les bébés ont tout juste fêté leur premier anniversaire et sont en bonne santé. Nés au centre de fertilité de Newcastle, au Royaume-Uni, huit enfants issus de sept couples ont été conçus grâce à une technique de fécondation *in vitro* (FIV) innovante : le don de mitochondries – les centrales énergétiques de nos cellules. Une méthode qui fête ses 11 ans et qui permet d’obtenir une cellule-œuf possédant à la fois le patrimoine génétique des futurs parents ainsi que les mitochondries d’une donneuse (voir infographie).

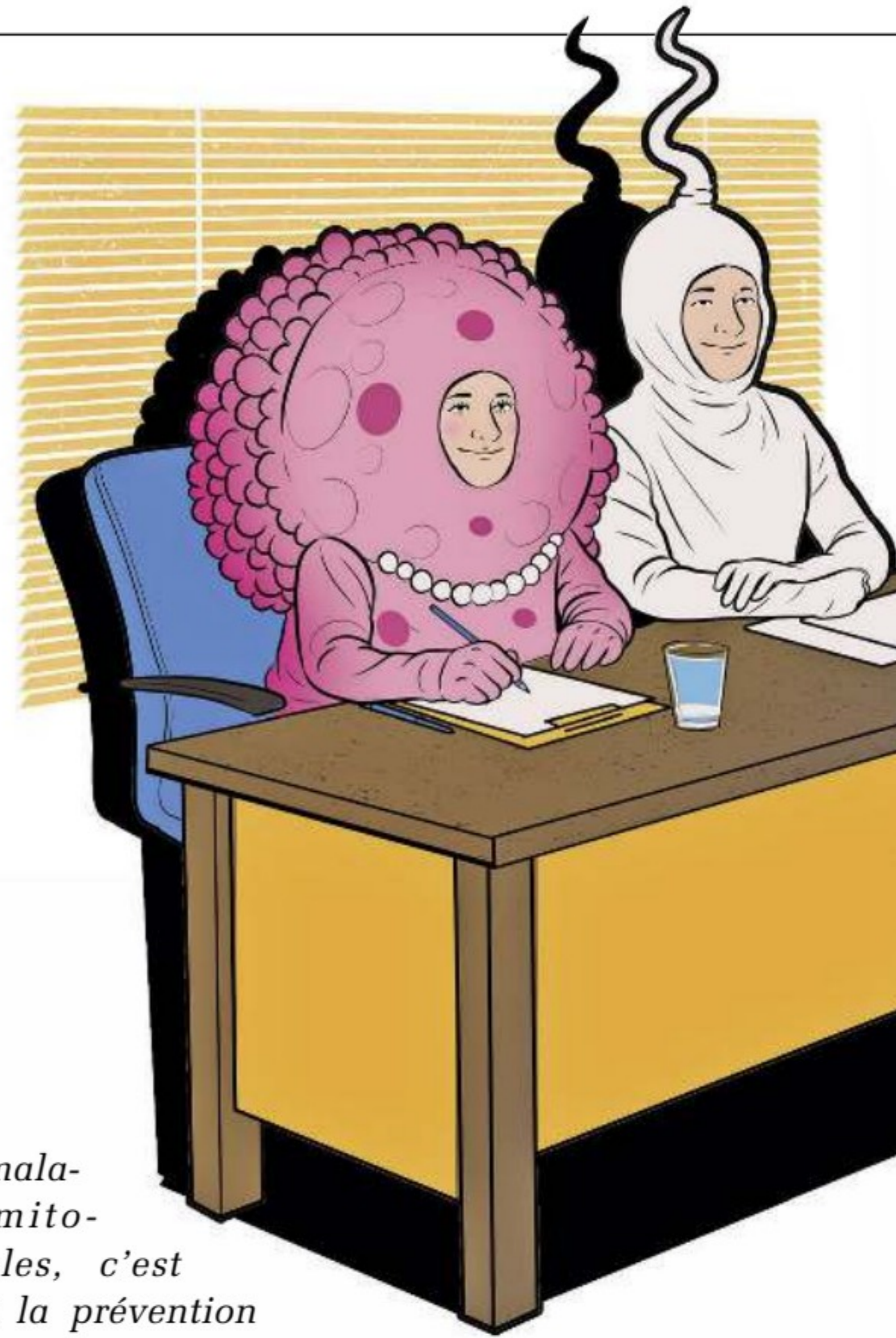
DAVI AUGUSTO/COLAGENE

Pourquoi un tel procédé ? Car les mères de ces enfants portent en elles un lourd fardeau : une muta-

tion de l’ADN des mitochondries qui aurait pu causer à leur descendance de graves maladies. Le plus souvent, ces pathologies se traduisent par une faiblesse musculaire et un sentiment d’épuisement à l’effort. Elles peuvent toucher plusieurs organes et engendrer des troubles de la vision, de l’audition, de l’élocution, de l’équilibre, voire des crises d’épilepsie ou des difficultés d’apprentissage...

“On considère qu’une maladie mitochondriale peut engendrer n’importe quel symptôme à n’importe quel âge”, avance Julie Steffann, chercheuse à l’Institut des maladies génétiques Imagine, à Paris. Elles sont souvent évolutives et, dans certains cas, elles peuvent même entraîner la mort. “Aujourd’hui, il n’existe aucun traitement cura-

tif des maladies mitochondriales, c’est pourquoi la prévention est une priorité”, pointe Andy Greenfield, chercheur à l’Institut des



sciences de la reproduction de l’université d’Oxford, au Royaume-Uni.

HÉRITAGE MATERNEL

Selon les estimations de l’Institut Pasteur, ces pathologies touchent environ 1 naissance sur 5 000 dans le monde. En France, cela représente quelque 200 nouveaux cas par an. “Mais ces chiffres sont probablement sous-évalués compte tenu de la

150

C’est le nombre de pathologies qui seraient associées à un dysfonctionnement des mitochondries.

Elles touchent des organes consommateurs d’énergie (cœur, muscles, cerveau...).

1/200

C’est la part de la population mondiale porteuse asymptomatique d’une mutation de l’ADN mitochondrial.

Les femmes touchées pourraient transmettre la maladie associée à leur enfant.

5 %

C’est le taux moyen d’ADN mitochondrial muté chez les 8 bébés conçus par FIV à trois ADN à Newcastle.

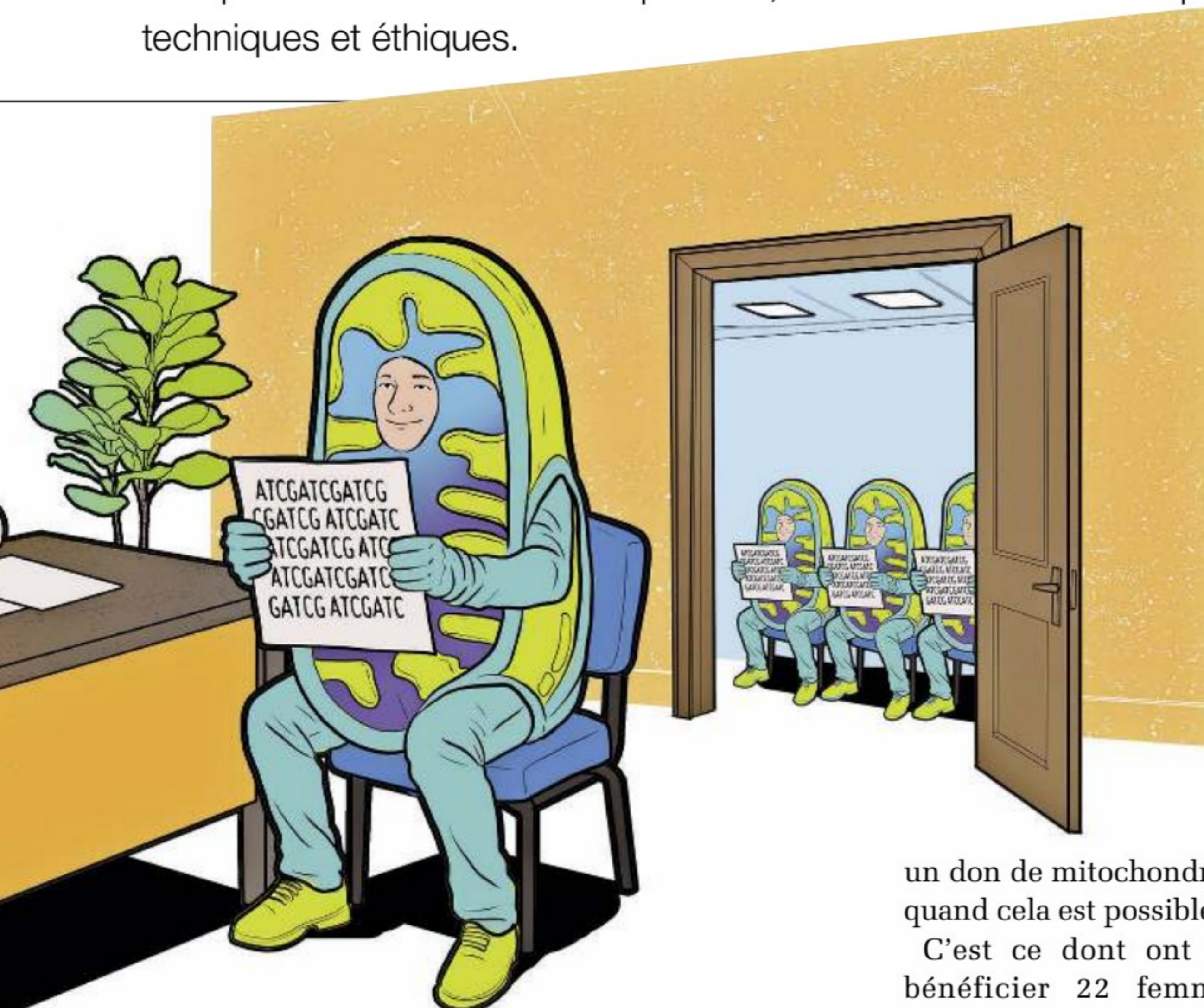
Ce taux était de 79 % à 99 % chez leur mère ; 60 % suffisent pour déclencher une maladie.

SOURCES : CHU LAUSANNE (SUISSE) - UNIVERSITÉ DE NEWCASTLE (ROYAUME-UNI) - UNIVERSITÉ VANDERBILT (ÉTATS-UNIS)

Autorisée depuis 2015 au Royaume-Uni, la fécondation *in vitro* à trois parents a récemment permis à sept couples dont la femme est porteuse d'une maladie mitochondriale d'avoir une descendance saine.

Si le procédé semble faire ses preuves, il soulève toutefois des questions techniques et éthiques.

PAR MARION LUBAC



les taux étaient trop faibles pour être mesurés. Chez les trois autres, ils oscillaient entre 5 % et 20 %. Des niveaux bien en dessous du seuil critique, estimé à 60 %, au-delà duquel des symptômes graves d'une maladie peuvent apparaître !

ENCORE PEU PRATIQUÉE

Ces résultats sont donc extrêmement encourageants. *“Le don de mitochondries représente une avancée majeure et novatrice en médecine reproductive, susceptible d'aider les femmes à haut risque de transmettre une maladie mitochondriale grave”*, se réjouit Louise Hyslop, chercheuse au Centre de fertilité de Newcastle ayant également participé au suivi. Mais encore peu de pays ne l'autorisent.

Développée au Royaume-Uni en 2015, la technique a permis de concevoir le tout premier bébé à trois ADN l'année d'après, au Mexique. Alors que la procédure était interdite aux États-Unis, une équipe new-yorkaise s'est rendue dans le pays frontalier – où la législation à ce sujet était floue – afin de réaliser une FIV avec don de mitochondries sur

difficulté du diagnostic”, souligne Julie Steffann.

En pratique, ces pathologies peuvent être dues à des mutations de l'ADN nucléaire, transmises par les deux parents, ou à des mutations de l'ADN mitochondrial. Dans ce cas, seules les mères peuvent transmettre la maladie à leurs enfants : lorsque l'ovocyte et le spermatozoïde se rencontrent, les mitochondries de ce dernier se dégradent ; seul son noyau – avec l'ADN qu'il contient – pénètre dans l'ovule. Résultat, les mitochondries de l'enfant

proviennent uniquement de la mère. Mais toutes celles qui sont touchées ne transmettent pas forcément la maladie à leurs enfants puisque d'une femme à l'autre, la proportion d'ADN mitochondrial muté peut varier. Sauf en cas d'homoplasmie, quand la totalité de l'ADN est altérée : la transmission des mutations à la descendance est alors quasi inévitable. Et pour ces femmes, il n'existe que peu d'options pour l'éviter : elles peuvent envisager l'adoption, recourir à un don d'ovocytes... ou à

un don de mitochondries quand cela est possible.

C'est ce dont ont pu bénéficier 22 femmes porteuses d'une mutation quasi totale de l'ADN mitochondrial, en 2025, à la clinique de Newcastle. Parmi les patientes, sept sont parvenues à tomber enceintes – dont une de jumeaux. Et force est de constater qu'un an plus tard, les bambins semblent en parfaite santé. *“Chez chacun des enfants, les niveaux d'ADN mitochondrial muté étaient bien inférieurs au seuil associé à la maladie”*, précise Mary Herbert, chercheuse au Centre de fertilité de Newcastle ayant participé au suivi. Pour cinq bébés,

une femme. Elle a depuis donné naissance à un garçon en bonne santé. Plusieurs pays se sont intéressés à cette approche. Huit enfants sont nés l'année dernière au Royaume-Uni. En 2022, l'Australie a commencé à mettre en place les infrastructures nécessaires pour proposer ces traitements, sans qu'aucune procédure n'ait été réalisée à ce jour. D'autres pays explorent le potentiel de cette technique pour traiter certaines formes d'infertilité: officiellement, deux bébés à trois ADN sont nés en Ukraine depuis 2017 et six en Grèce depuis 2019 dans ce cadre.

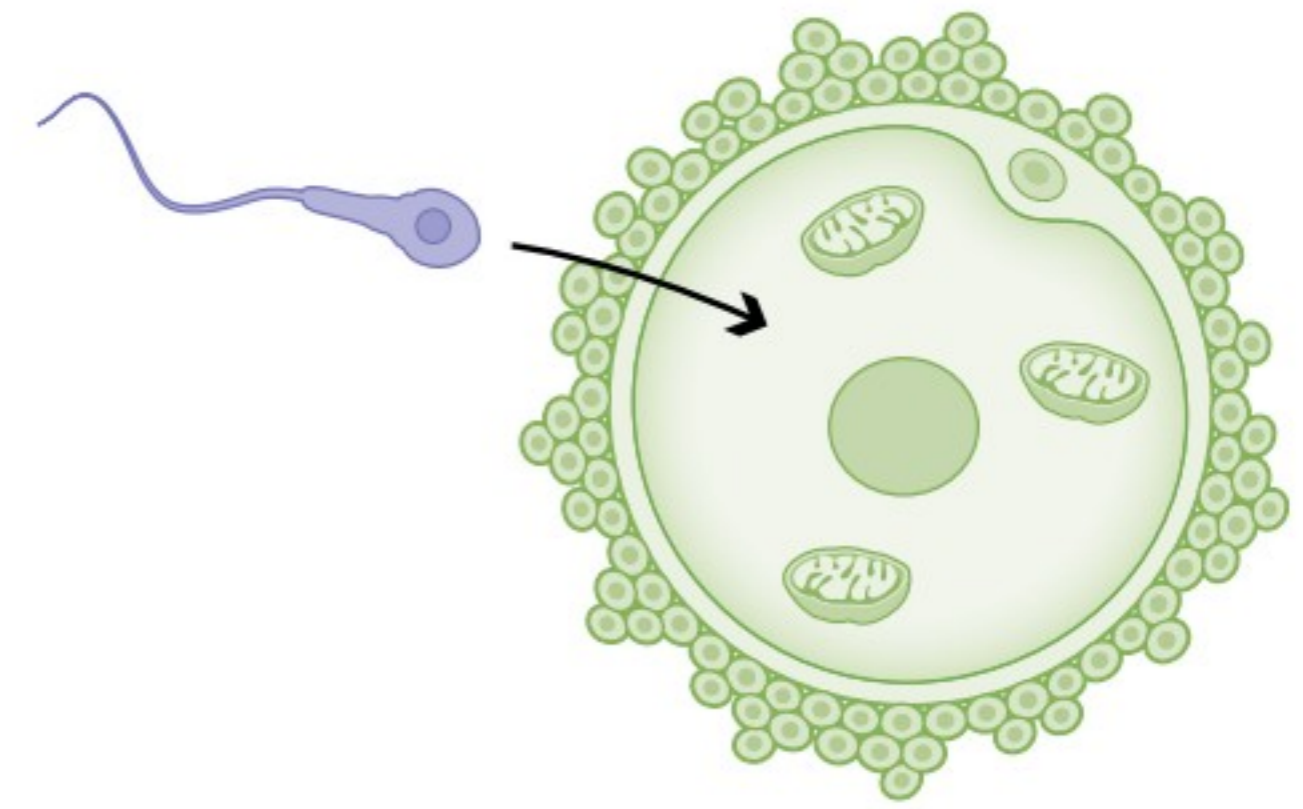
UN MANQUE DE RECUL

Et la France alors? Comme dans beaucoup d'autres États, ce genre de pratique est interdite car elle engendre des modifications génétiques difficilement contrôlables et qui sont transmissibles aux générations futures. En voulant permettre à des enfants de naître sans pathologie, ces derniers pourraient en réalité développer des anomalies

génétiques potentiellement plus graves encore. Mais voilà, la FIV à trois ADN semble porter ses fruits. Alors pourquoi ne pas l'autoriser, elle?

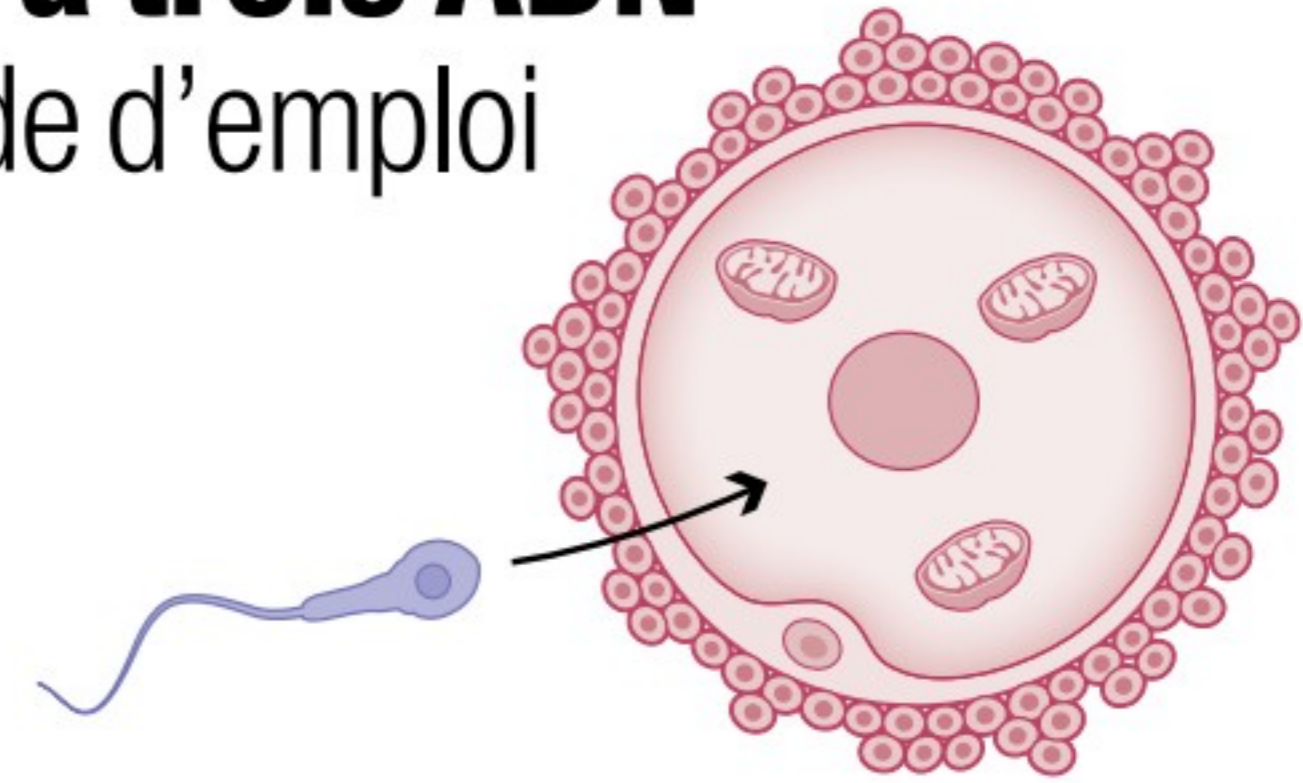
"Je pense que nous manquons encore de recul concernant l'innocuité de cette approche", indique Véronique Paquis-Flucklinger, cheffe du service de génétique médicale au CHU de Nice. Le plus vieil enfant à trois ADN n'a en effet que 10 ans: plusieurs inconnues sur ses effets à long terme demeurent. Le fonctionnement cellulaire reste-t-il optimal lorsque l'on associe les mitochondries d'une donneuse à l'ADN nucléaire de la mère? Ces deux éléments fonctionnent en étroite collaboration, *"toute modification de ces interactions est susceptible d'entraîner des dysfonctionnements, potentiellement à l'origine de pathologies"*, explique la chercheuse.

Le phénomène de réversion inquiète aussi: un ovocyte contient plusieurs centaines de milliers de mitochondries, et les techniques actuelles



FIV à trois ADN

Mode d'emploi



Deux ovocytes sont d'abord fécondés

On injecte un spermatozoïde du père simultanément dans un ovocyte de la mère atteinte d'une maladie mitochondriale (*en rouge*) et dans celui d'une donneuse saine (*en vert*), afin que les deux cellules-œufs soient au même stade de fécondation.

DR - BRUNO BOURGEOIS



ANDY GREENFIELD

Chercheur à l'Institut des sciences de la reproduction à Oxford (Royaume-Uni)

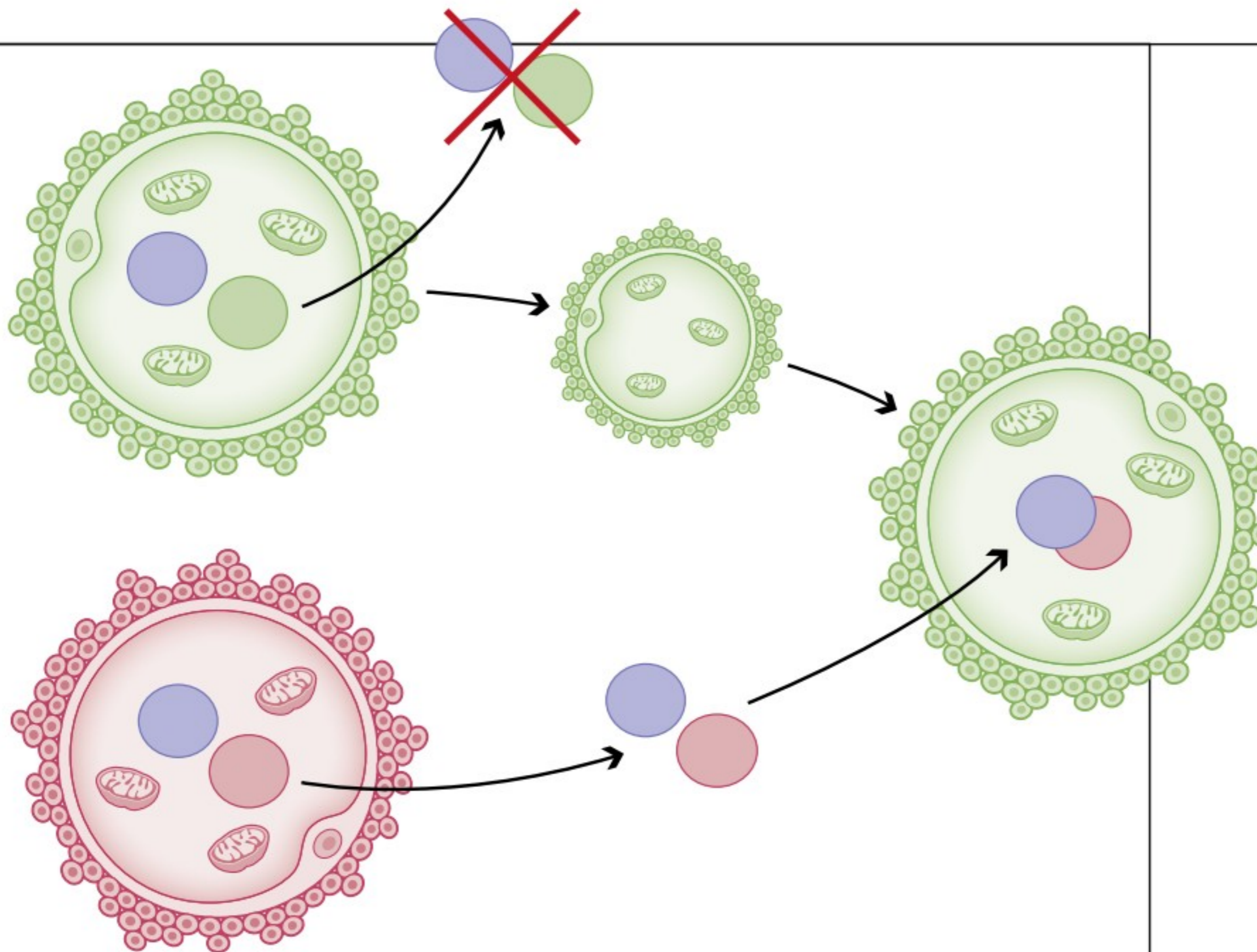
Les freins viennent de préoccupations éthiques, de convictions religieuses et d'idéologies politiques

ne permettent pas d'éviter totalement le transfert de mitochondries maternelles lors du déplacement des noyaux des parents dans l'ovocyte de la donneuse. Résultat: même en très faible quantité –moins de 2% en moyenne–, l'ADN mitochondrial muté pourrait, dans certains cas, se multiplier plus rapidement que celui des mitochondries saines et finir par être majoritaire. *"Malheureusement, les conséquences de cette contamination sont aujourd'hui impossibles à prévoir"*,

souligne Véronique Paquis-Flucklinger. Les enfants nés grâce à cette technique devront faire l'objet d'un suivi médical régulier toute leur vie. *"Dans le cadre des maladies mitochondriales, la balance bénéfice/risque est quand même assez claire, estime quant à elle Julie Steffann. Dans le traitement d'une infertilité, elle est moins évidente."*

SÉCURITÉ ET BIOÉTHIQUE

À cela s'ajoute l'encadrement de ces pratiques qui n'ont pas encore été



Les noyaux de la cellule de la mère sont prélevés...

Dans chaque cellule se forment deux noyaux : l'un avec le patrimoine génétique des gamètes mâles et l'autre des femelles. Les noyaux de la cellule de la donneuse sont retirés, seuls le cytoplasme et les mitochondries saines sont conservés.

... et transplantés dans la cellule de la donneuse

La cellule-œuf ainsi obtenue possède le patrimoine génétique des futurs parents et les mitochondries saines de la donneuse. Une fois suffisamment développé en laboratoire, l'embryon à trois ADN est transféré dans l'utérus de la mère.

ci jugeait que cela allait à l'encontre de la loi et qualifiait de transgéniques les embryons obtenus par le protocole de recherche. En 2021, la fondation obtenait gain de cause et les travaux avaient été suspendus. Depuis, la loi a été modifiée et les recherches ont pu reprendre mais elles sont régulièrement contestées en justice: "Les textes de loi sont trop facilement attaquables", déplore Julie Steffann.

VERS L'AUTORISATION

Mais les choses semblent tout de même bouger : en France et ailleurs dans le monde, les expérimentations génétiques sur des embryons se sont multipliées – notamment avec l'arrivée de nouvelles techniques comme CRISPR-Cas9. Les comités d'éthique commencent également à revoir leurs positions: "Personnellement, je suis plutôt favorable à l'autorisation de cette technique en France", affirme Tal Anahory, praticienne hospitalière au CHU de Montpellier et membre du comité d'éthique de l'Inserm.

Alors peut-être que dans les années à venir, de nouvelles lois seront écrites, donnant à de nombreux couples l'espoir de concevoir un enfant en bonne santé. Un souhait que partagent tous les parents, en somme.

réellement réfléchies en France et qui devront potentiellement faire l'objet de nouvelles lois bioéthiques. Au Royaume-Uni, les cliniques doivent démontrer qu'elles ont les compétences pour réaliser cette intervention en toute sécurité, en fournissant des données auprès de la HFEA, un organisme britannique indépendant chargé de réglementer les traitements utilisant des embryons humains. Il faut également que les cliniques leur prouvent que chaque patiente présente

un risque très élevé de transmettre une maladie grave. "Seule une réglementation stricte peut garantir que ces techniques ne sont pas proposées à des fins lucratives, par exemple", explique Andy Greenfield.

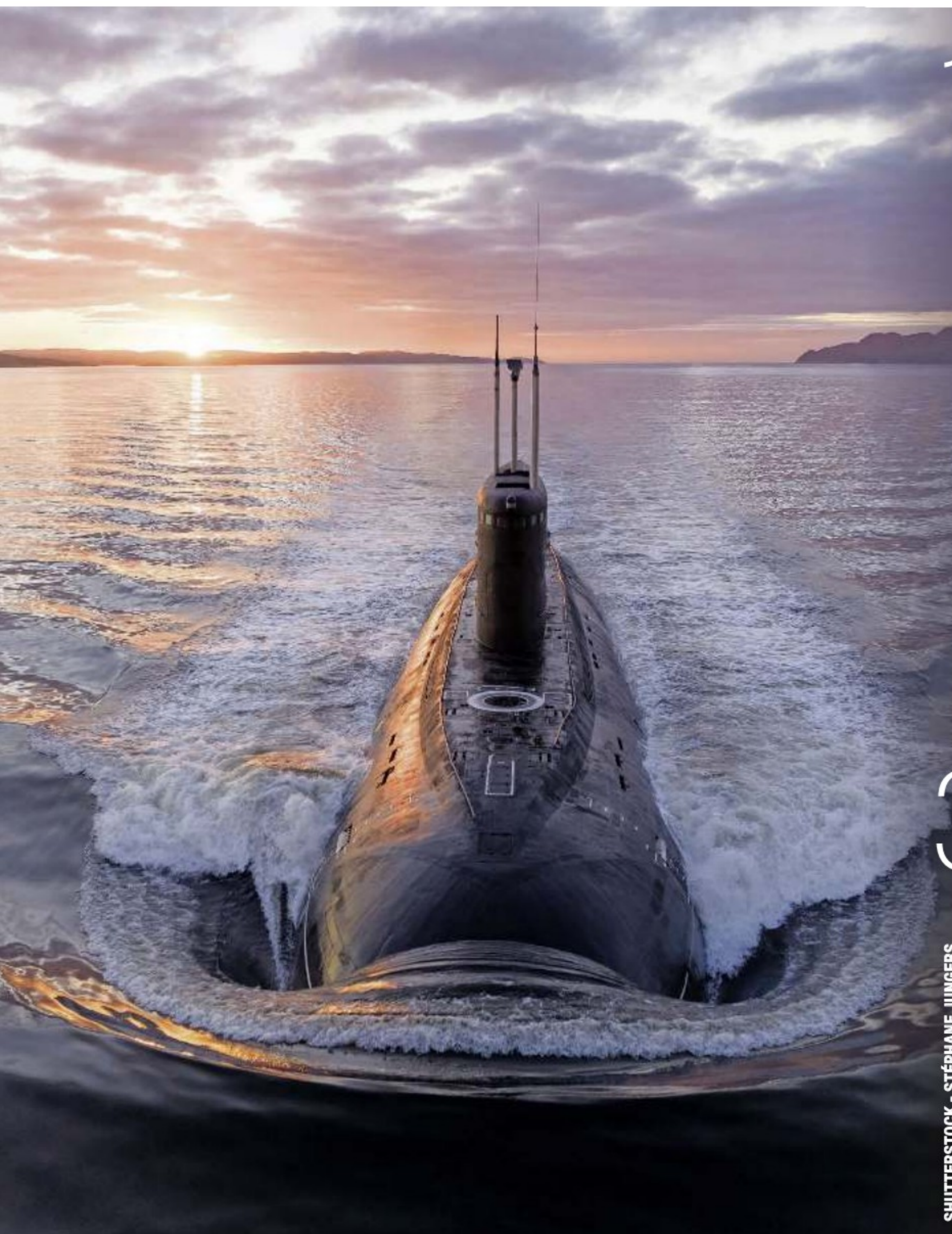
Et ce ne seraient pas les seuls freins: "Je ne pense pas que la sécurité soit la principale raison, il s'agit d'une science de pointe, rigoureusement encadrée. Je pense que les freins viennent plutôt de préoccupations éthiques, de convictions

religieuses et d'idéologies politiques", avance le chercheur. En France, l'Agence de la biomédecine avait notamment autorisé en 2016 l'équipe de Julie Steffann à mener des recherches sur le don de mitochondries, sans application clinique derrière. Or cette autorisation avait rapidement été contestée par des associations militantes, notamment la Fondation Jérôme-Lejeune, une organisation connue pour ses positions conservatrices sur le sujet. Celle-

Les clés pour comprendre l'arme nucléaire

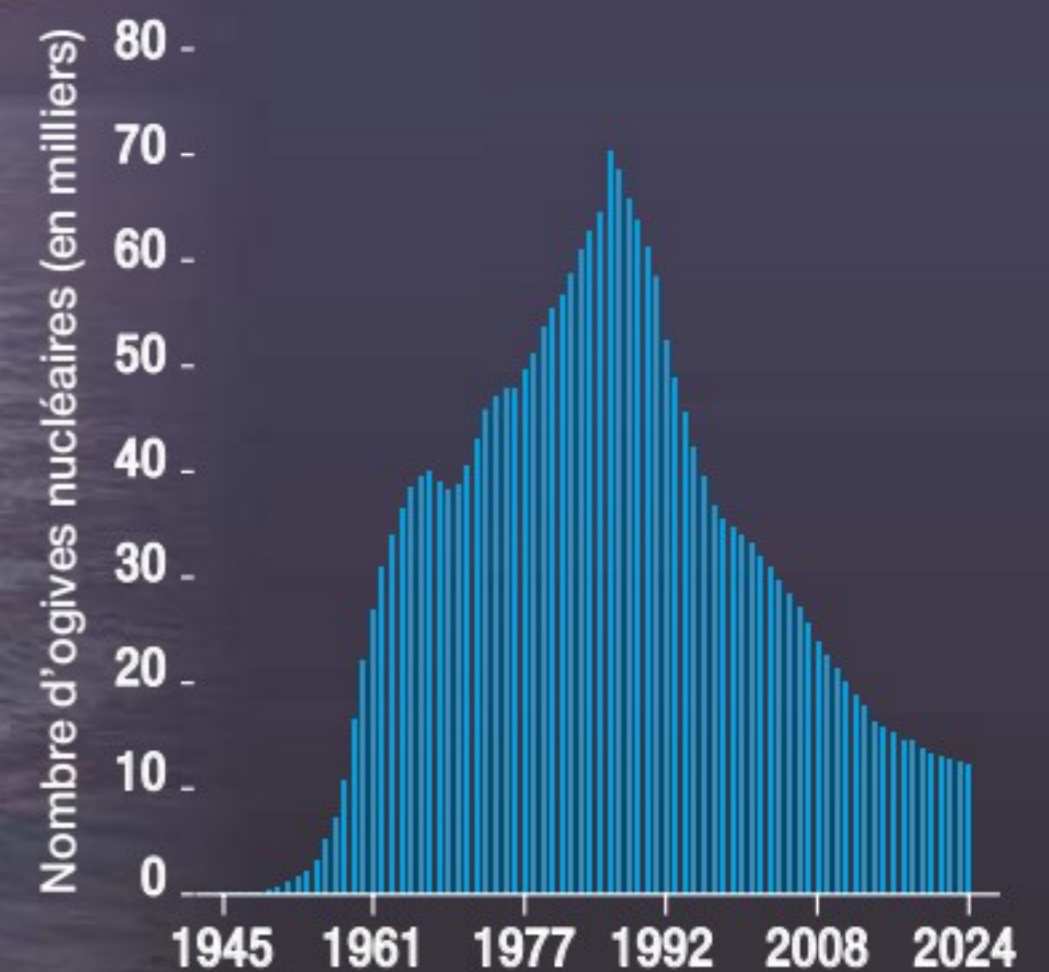
Déploiement d'armes russes en Biélorussie, triplement du stock d'ogives de la Chine, reprise des essais nucléaires aux États-Unis... En réponse à ce contexte international de plus en plus tendu, Emmanuel Macron a annoncé vouloir étoffer et moderniser l'arsenal français.

PAR HUGO LEROUX



1 Depuis 40 ans, le nombre d'armes nucléaires a été divisé par 6...

Les États-Unis et l'URSS ont été les premiers à réduire leur armement nucléaire dès 1987, rapidement suivis par l'Europe dès 1990.



3 La puissance des ogives a été décuplée depuis 1945

Rayon d'action de la bombe d'Hiroshima (15 kt de TNT)
1,9 km

Rayon d'action des ogives actuelles (800 kt de TNT)
11,1 km



SHUTTERSTOCK - STÉPHANE JUNGERS

e futur sera nucléaire.” Après des décennies de baisse budgétaire et de désarmement, le discours d’Emmanuel Macron le 2 mars à la base de l’île Longue, à Brest, a marqué un tournant dans la doctrine nucléaire française. Le pré-

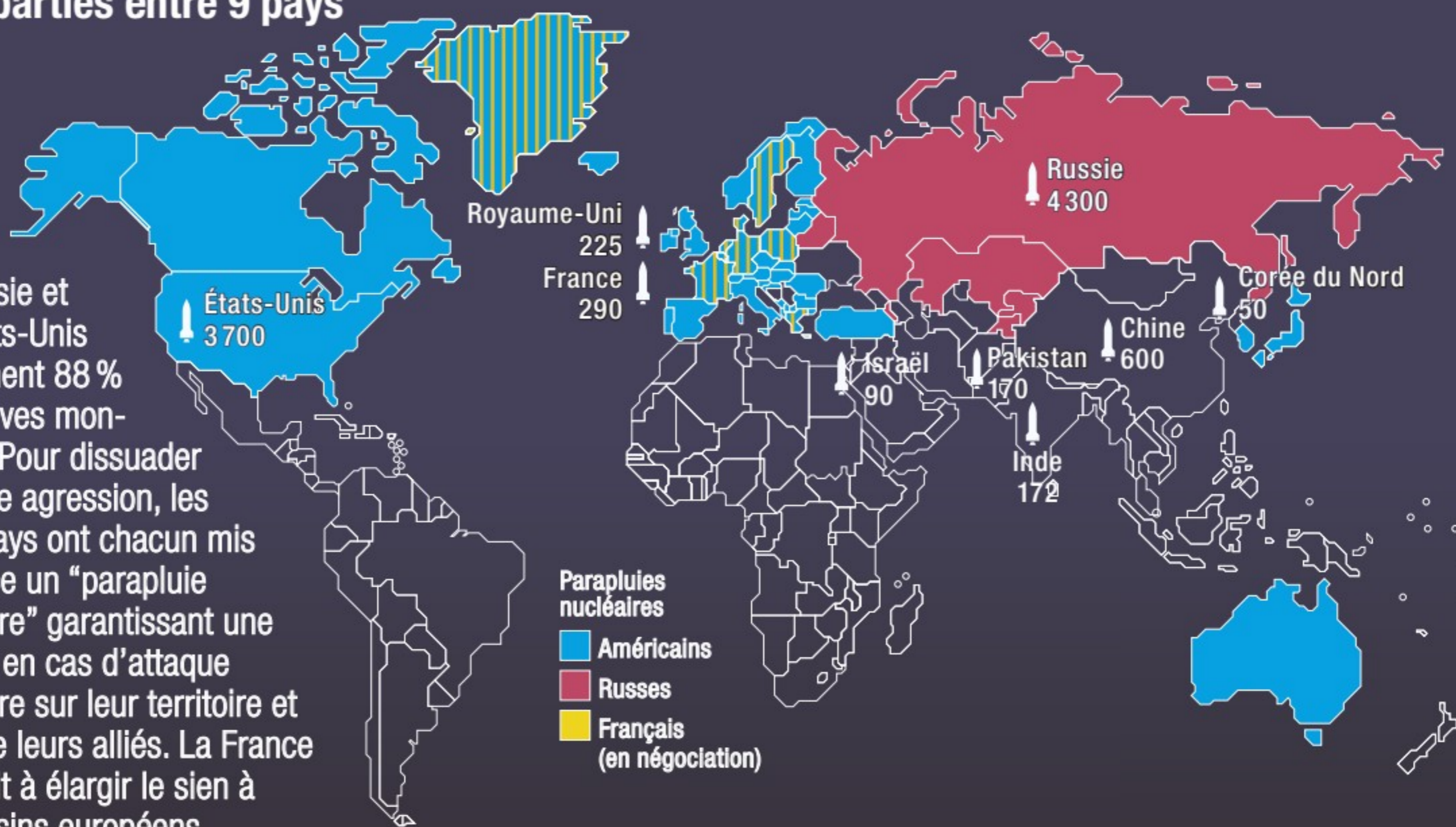
sident a annoncé une augmentation du nombre d’ogives – dans des proportions tenues secrètes – ainsi qu’un élargissement possible du parapluie nucléaire français à d’autres pays européens. En parallèle, Emmanuel Macron a insisté sur la modernisation des moyens de la

dissuasion en évoquant le sous-marin de prochaine génération, *L’Invincible*, dont la mise à la mer est prévue pour 2036, et le développement de missiles océaniques hypersoniques. *“La crédibilité de la dissuasion repose sur la doctrine, mais aussi sur les capacités : il faut*

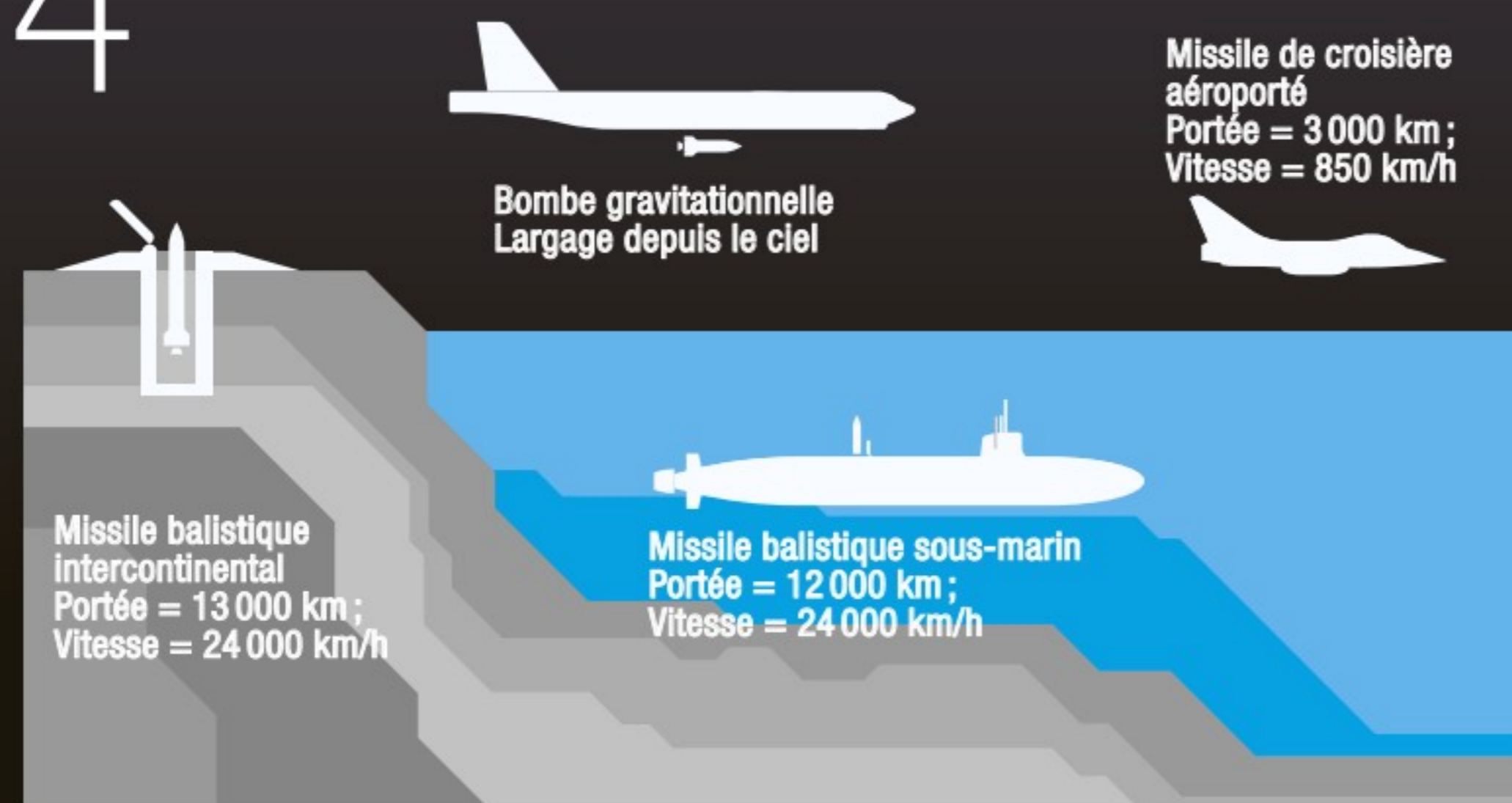
montrer que l’on peut infliger des dommages inacceptables – et inarrêtables – à l’adversaire en cas d’agression majeure”, indique Emmanuelle Maître, chercheuse à la Fondation pour la recherche stratégique. Faisons le point sur les forces en présence.

2 ... réparties entre 9 pays

La Russie et les États-Unis détiennent 88 % des ogives mondiales. Pour dissuader de toute agression, les deux pays ont chacun mis en place un “parapluie nucléaire” garantissant une riposte en cas d’attaque nucléaire sur leur territoire et ceux de leurs alliés. La France réfléchit à élargir le sien à ses voisins européens.



4 Les missiles ont plusieurs vecteurs de lancement



5 L'arsenal mondial repart à la hausse



C’est l’augmentation du nombre d’ogives que la Chine souhaite d’ici à 2035. La France et le Royaume-Uni vont aussi agrandir leur arsenal.

Que penser des Box médicales en zones rurales ?



Un nouveau dispositif...

La Box médicale est un nouveau dispositif de télémédecine qui permet de consulter un médecin sans rendez-vous, à distance. À la différence d'une consultation vidéo réalisée chez soi sur smartphone ou ordinateur, elle propose une téléconsultation "augmentée". Le principe est d'effectuer soi-même un examen plus complet grâce à une console dotée d'appareils médicaux connectés – thermomètre, stéthoscope, otoscope pour examiner le tympan, etc. *"Jusque-là, deux autres outils de consultation augmentée étaient disponibles: la borne, une console seule à placer dans un espace fermé dédié, et la télécabine, de 2 m², équipée d'une console et installée dans une pharmacie ou une mairie"*, précise Jordan Cohen, fondateur de Tessan, concepteur de dispositifs de téléconsultation. La Box, elle, est un *"conteneur de 15 m² verrouillable, installable sur un parking par exemple, à l'intérieur duquel se trouve une console"*, poursuit-il. Accessible grâce à un code reçu par SMS, elle permet de consulter 7 jours/7 un généraliste ou certains spécialistes.

SHUTTERSTOCK - DR



... utile dans les déserts médicaux...

Dans les régions où l'accès aux soins est limité à cause de la pénurie de médecins, *"ce dispositif est très utile car il évite aux patients de parcourir de grandes distances pour se faire soigner, voire de renoncer aux soins"*, estime Frédéric Pamoukdjian, gériatre à l'hôpital Avicenne, à Bobigny, et professeur à l'université Sorbonne Paris Nord. *"Les Box médicales devraient aussi aider à désengorger les urgences, où affluent de plus en plus de patients sans médecin*

traitant", précise-t-il. Les résultats d'une étude copubliée en 2022 par le chercheur, menée dans 28 télécabines installées à Paris et sa banlieue, et dans sept autres régions, ont montré que le nombre de téléconsultations était d'autant plus élevé que la densité en médecins généralistes dans la région concernée était faible. Avec, par exemple, six fois plus de consultations en banlieue parisienne que dans la capitale même, mieux dotée en médecins.

Lamnay dans la Sarthe en octobre 2025, Saint-Laurent-de-Mure à l'est de Lyon en décembre 2026, Cases-de-Pène près de Perpignan en février 2026... Depuis quelques mois, de plus en plus de communes rurales se dotent de cabinets médicaux d'un nouveau genre : La Box médicale. Mais est-ce une bonne idée ?

PAR KHEIRA BETTAYEB

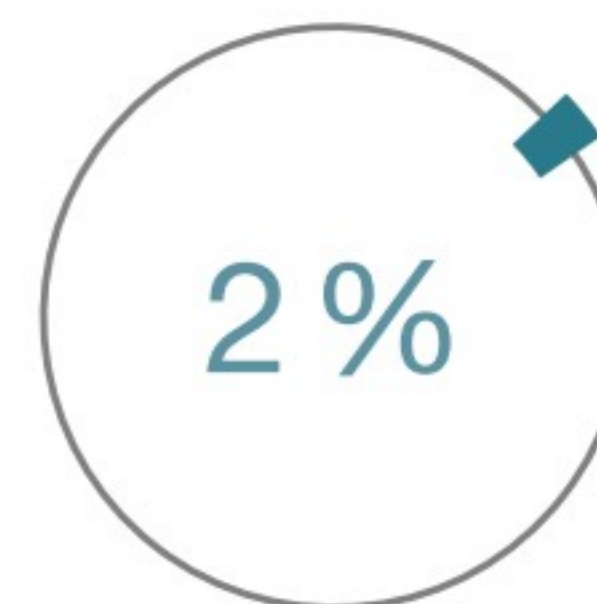
EN CHIFFRES



C'est le nombre de Box médicales en fonctionnement en France, selon Exo santé, seul fabricant en Europe ; contre plus de 1 600 cabines de téléconsultation en pharmacies, selon Tessan.

96 000 €

C'est le prix moyen d'une Box (achat et frais de fonctionnement) pour une durée de 4 ans. Au-delà, il faut payer 500 € par mois.



C'est le taux de consultations médicales réalisées à distance en 2024, soit 13,9 millions. Ce sont en majorité des téléconsultations sur smartphone, tablette ou ordinateur.

SOURCE : ASSURANCE MALADIE



... mais pas toujours adapté

"Qu'ils soient installés dans une Box ou une cabine, nos dispositifs de téléconsultation permettent de répondre à de nombreuses situations médicales : demande d'informations et de conseils médicaux, renouvellement d'ordonnances, infections ORL (angine, rhume, otite), analyse de résultats, etc.", souligne Jordan Cohen. Mais ils montrent leurs limites

lorsqu'un examen physique est nécessaire, par exemple pour palper une grosseur ou localiser une douleur. Aucun gant connecté ne permet encore au médecin de toucher le patient à distance. De même, *"pour les annonces difficiles, comme un cancer, la consultation en face-à-face reste essentielle"*, complète Frédéric Pamoukdjian. Par ailleurs, la question de

mal utiliser les appareils connectés se pose, même si le patient est guidé par le médecin. S'ajoute le problème de leur fiabilité. *"Le son transmis par un stéthoscope à distance ne sera jamais tout à fait identique à celui perçu en présentiel"*, explique Alexandre Mathieu-Fritz, sociologue à l'université Gustave-Eiffel, spécialiste de la télémédecine.



Et gare aux consultations de moindre qualité

"Ce risque est souligné par le Conseil national de l'Ordre des médecins (Cnom)", relève Alexandre Mathieu-Fritz. L'instance médicale redoute que la prise en charge d'un patient exclusivement en téléconsultation nuise à la qualité de son suivi médical, s'il consulte à chaque fois un praticien différent. Le Cnom pointe aussi le possible manque de connaissance du territoire de santé concerné si le médecin téléconsultant n'exerce pas en présentiel dans cette région. *"Il lui est alors difficile de connaître les risques auxquels*

le patient est exposé (pollution, addictions...) et les compétences des spécialistes près de chez lui, explique Alexandre Mathieu-Fritz. *Or ces informations sont indispensables à une prise en charge optimale."* L'idéal serait donc de privilégier les médecins téléconsultants qui connaissent le territoire concerné et que le patient voie le plus souvent le même médecin. Deux axes sur lesquels travaille Tessan, qui espère proposer une option "E-médecin traitant" dans quelques mois.

PAROLE AUX CHERCHEURS

ET SI LE SPORT CESSAIT DE NATURALISER LA DOMINATION MASCULINE ?

La sociologie montre que le sport de compétition demeure surtout encadré, dirigé, financé et médiatisé par des hommes et pour des hommes. En perpétuant la non-confrontation directe entre les sexes, il contribue à naturaliser les différences et à reproduire la domination masculine. Parallèlement, la physiologie de l'exercice révèle que les femmes disposent d'avantages significatifs pour les épreuves sportives d'ultra-endurance extrême (supérieures à 6 heures de course), de sorte que l'écart de performance entre les sexes tend à diminuer avec l'âge et la durée des efforts. Bien que les femmes soient particulièrement sous-représentées dans ces compétitions, il devient courant qu'elles surpassent les hommes. C'est le cas en ultracyclisme, y compris pour les courses majeures.

En 2019, Fiona Kolbinger a gagné la Transcontinental Race – une course de 4 000 km avec 40 000 m de dénivelé positif – en devançant de 10 heures son premier poursuivant ! En 2023, Laurianne Plaçais, 38 ans, a remporté le bien mal nommé Biking-Man, le championnat du monde d'ultracyclisme.

En dépit de ces constats, la non-confrontation directe entre les sexes reste la norme des courses de cyclisme sur route les plus médiatisées, dont les distances réglementaires sont en moyenne deux fois inférieures pour les femmes et favorisent les performances des jeunes. Cela permet par exemple un Tour de France Femmes trois fois moins long et au dénivelé trois fois inférieur à celui de l'épreuve "masculine". Les institutions et les médias naturalisent ainsi une supposée incapacité des femmes à rivaliser avec les hommes. Certes, la Fédération française de cyclisme et l'Union cycliste internationale ont mis en place des mesures visant à réduire les inégalités en matière d'entraînement, de visibilité et de rémunération.

Mais comment attirer autant de public que pour les courses des hommes et ériger des modèles inspirants pour les filles quand tout semble fait pour rendre l'épreuve moins extraordinaire ? Quand le monde du sport cessera-t-il de véhiculer l'idée que les capacités physiques des femmes seraient trois fois inférieures à celles des hommes ?



DAVID SAYAGH

Sociologue, maître de conférences à l'université Paris-Saclay et auteur de *Sociologie du vélo* (éd. La Découverte)

PLONGEZ DANS la science de demain

avec

SCIENCE&VIE

ABONNEZ-VOUS

pour

69€

au lieu
de 111,24€*

-37%



EN CADEAU

Votre caméra sport étanche

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** Votre caméra sport étanche : Caméra HD 720p haute qualité avec fonction Full HD 1080p. Compacte et résistante, conçue pour un usage intensif.



PROFITEZ-EN

en flashant le QR code
ci-dessus ou rendez-vous
sur bit.ly/abo1304



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 # D1654367

Formule annuelle : 12 numéros + l'accès illimité au site Science & Vie (dont TV) + la caméra étanche en cadeau (1)

69€
au lieu de 111,24€* -37%

Formule annuelle avec hors-séries : 12 numéros + 6 hors-séries + l'accès illimité au site Science & Vie (dont TV) + la caméra en cadeau (2)

89€
au lieu de 153,96€* -42%

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)

5,50€
par mois
au lieu de 9,27€* -40%

Je résilie quand je le souhaite. Après la première année, je serai prélevé de 6,50€/mois.

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/abo1304

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 (61,20€), des frais de port (8,64€), du site internet (41,40€). Le prix de référence à l'année de la formule avec hors-série se compose du prix kiosque (102,60 €), des frais de port (9,95 €), du site internet (41,40 €). (1) Formule annuelle avec engagement : abonnement automatiquement reconduit à date d'anniversaire. Le règlement s'effectue en une seule fois. Vous serez informé par écrit dans un délai de 3 mois avant le renouvellement de votre abonnement. Vous aurez la possibilité de l'annuler 30 jours avant la date de reconduction auprès du service client. A défaut l'abonnement sera reconduit pour une durée identique à votre abonnement initial. (2) Formule mensuelle sans engagement : je peux résilier à tout moment sur simple appel ou par courrier au service client. Je paie 5,50€/mois pendant 1 an. Après la première année, je serai prélevé de 6,50€/mois. Pour toute autre information, vous pouvez consulter nos CGV sur kiosquemag.com et contacter le service client par mail sur serviceabomag.fr 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 26/05/2026. 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.

Futur

Science
& société

MAI
2026

ÉTATS-UNIS

TURQUIE

ROYAUME-UNI

CHINE



© GLYDWAYS

ATLANTA
(ÉTATS-UNIS)



Les navettes autonomes auront des voies réservées

Pour désengorger les villes du trafic automobile, l'entreprise californienne Glydways croit au déploiement de dizaines, voire de centaines de navettes électriques autonomes. Mais à une seule condition : qu'elles circulent sur des voies qui leur soient entièrement dédiées. Accessibles à la demande, 24 heures sur 24 et 7 jours sur 7, au même prix qu'un ticket de bus, les véhicules – développés avec le constructeur japonais Suzuki – pourront transporter d'un à six passagers et atteindre jusqu'à 50 km/h sur des voies de la largeur d'une piste cyclable. Question

sécurité, ils seront équipés de 20 capteurs Lidar haute résolution, de radars avancés et de caméras haute définition. Le premier projet pilote, dont l'ouverture au public est prévue fin 2026, reliera la station de train de l'aéroport, au sud d'Atlanta, à la salle de spectacles Gateway Center Arena, située à environ 800 m. D'autres déploiements sont à l'étude, notamment à Dubaï et à Abu Dhabi, aux Émirats arabes unis. L.B.



Légère et ajustable sur mesure, cette attelle laisse la peau à l'air libre, évitant ainsi les odeurs et les démangeaisons.



ISTANBUL
(TURQUIE)



Le "plâtre" s'ajustera au bras du patient

Imprimée en 3D à partir de nylon de qualité médicale et renforcée par des câbles en Kevlar, cette attelle se règle grâce à des molettes et promet ainsi de s'adapter au bras blessé au fur et à mesure de sa guérison. D'après l'entreprise Osteoid, qui l'a conçue en analysant avec une IA plus de 600 clichés obtenus par scanner, sa géométrie la rend aussi plus confortable et plus hygiénique qu'un plâtre traditionnel. Sans compter qu'elle est réutilisable ensuite par d'autres patients. Ce dispositif est en phase d'essais cliniques. **L.B.**



OSTEOID DESIGN TEAM - ORBITAL MARINE POWER - PELLI CLARKE & PARTNERS



ÎLES ORCADES
(ROYAUME-UNI)



Des hydroliennes flottantes produiront de l'hydrogène

C'est une première mondiale: le Centre européen des énergies marines, en Écosse, a réussi à produire de l'hydrogène "vert" grâce à la plateforme marémotrice O2, développée par Orbital Marine Power. Longue de 72 m, celle-ci abrite deux imposantes turbines sous-marines qui exploitent l'énergie des marées pour générer de l'électricité, et ainsi alimenter un électrolyseur à terre. L.B.



YIBIN
(CHINE)



Ce nouveau quartier évoque le bambou

Pour aménager les alentours de la gare de Yibin (Sichuan), le cabinet américain Pelli Clarke & Partners s'est inspiré de la forêt de bambous voisine de Shu'Nan. Ainsi, autour d'un parc central, les toits végétalisés des magasins rappellent la courbure de leurs feuilles, tandis que les tours de logements et de bureaux imitent la forme de leurs tiges. Le projet, tout juste inauguré, prend vie. L.B.



ÉTATS-UNIS



Les hélicoptères voleront comme des jets

Le X76 du programme américain X-plane décollera et atterrira tel un hélicoptère, mais filera comme un jet. Pour cela, des nacelles au bout de ses ailes comporteront hélices et turboréacteurs. L'engin décollera grâce aux hélices, les nacelles orientées vers le haut, puis celles-ci s'inclineront pour que les hélices accélèrent l'appareil. À la vitesse de 300 km/h, elles se replieront le long de leur nacelle pour enclencher le turboréacteur, propulsant le X76 jusqu'à 830 km/h. Un prototype devrait voler vers 2027. S.F.



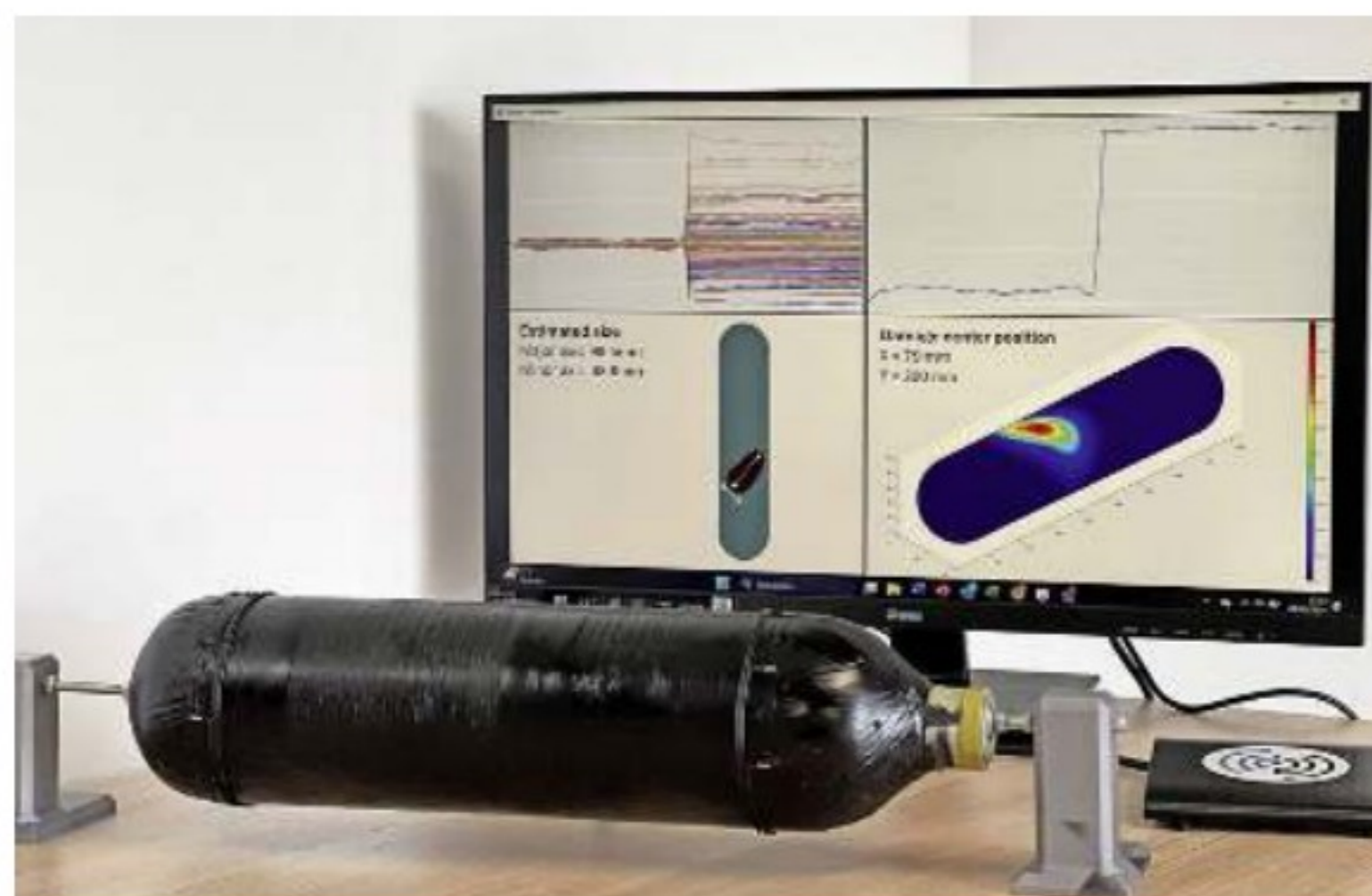
MEHDI EL HAFED

Cofondateur de
Touch Sensity

BORDEAUX



Avec davantage de certifications,
cette technologie pourra servir
dans l'aéronautique et le spatial



De la peinture intelligente pour prévenir la casse

Ce revêtement permet d'effectuer un diagnostic à distance et en temps réel de l'état d'une pièce mécanique.

PAR STÉPHANE FAY

Comment connaître l'état général d'une pièce mécanique, à l'intérieur d'un véhicule par exemple, sans devoir tout démonter ou la barder de capteurs onéreux et peu pratiques ? Partant de cette problématique, la start-up bordelaise Touch Sensity a développé un revêtement conducteur qui s'adapte à n'importe quel composant que l'on souhaiterait surveiller. Ce revêtement est connecté à un système électronique qui lui envoie un signal électrique. *"Le signal ne se propage pas de la même manière dans un matériau en fonction des contraintes et des dommages qu'il a subis,* explique Mehdi El Hafed, le cofondateur de l'entreprise. *Un modèle mathématique analyse ensuite le signal de retour pour déterminer*

l'état général de la pièce." Il est ainsi possible de détecter les interactions mécaniques qui la déforment ainsi que les possibles impacts ou fissures.

Ce bilan de santé en temps réel permet de réaliser une maintenance prédictive afin de régler un problème ou de remplacer une pièce au moment opportun – ni trop tôt par excès de prudence ; ni trop tard à la suite d'une rupture. Actuellement, cette technologie est testée sur le châssis d'une rame de la ligne 13 du métro parisien. *"Elle pourra également servir dans les domaines aéronautique et spatial, mais il nous faudra obtenir davantage de certifications"*, indique Mehdi El Hafed. La commercialisation est prévue pour fin 2027.



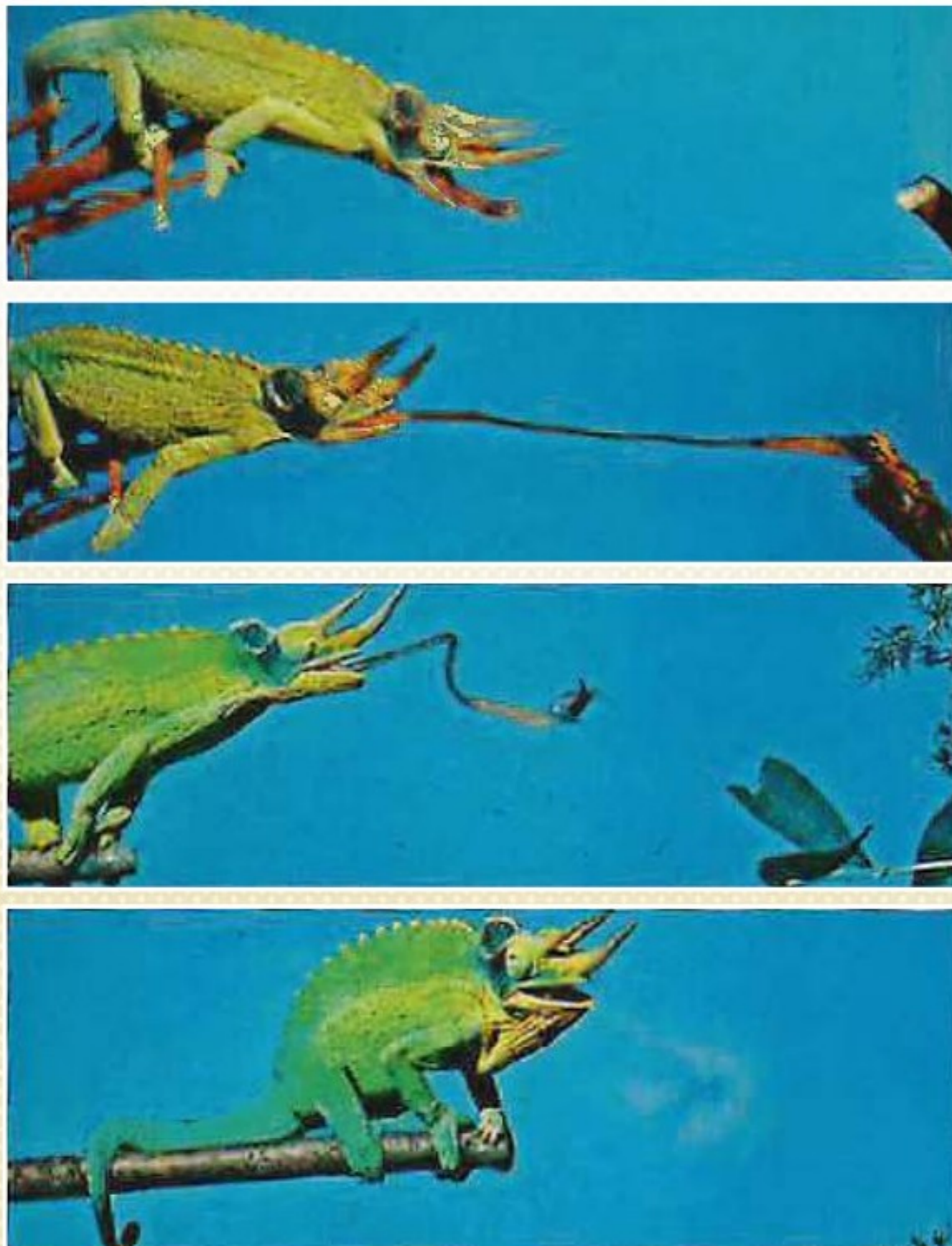
50 ans

On élucidait le coup de langue du caméléon

“Pendant quelques secondes le caméléon observe une immobilité totale, [...] la bouche s’entrouvre alors lentement et tout à coup, un éclair rose en jaillit, lequel en 1/25 de seconde englue l’in-

secte et le ramène entre les mâchoires!” En mai 1976, votre magazine s’émerveillait devant l’incroyable vitesse à laquelle le caméléon projetait sa langue. Comment y parvient-il ? Selon l’explication

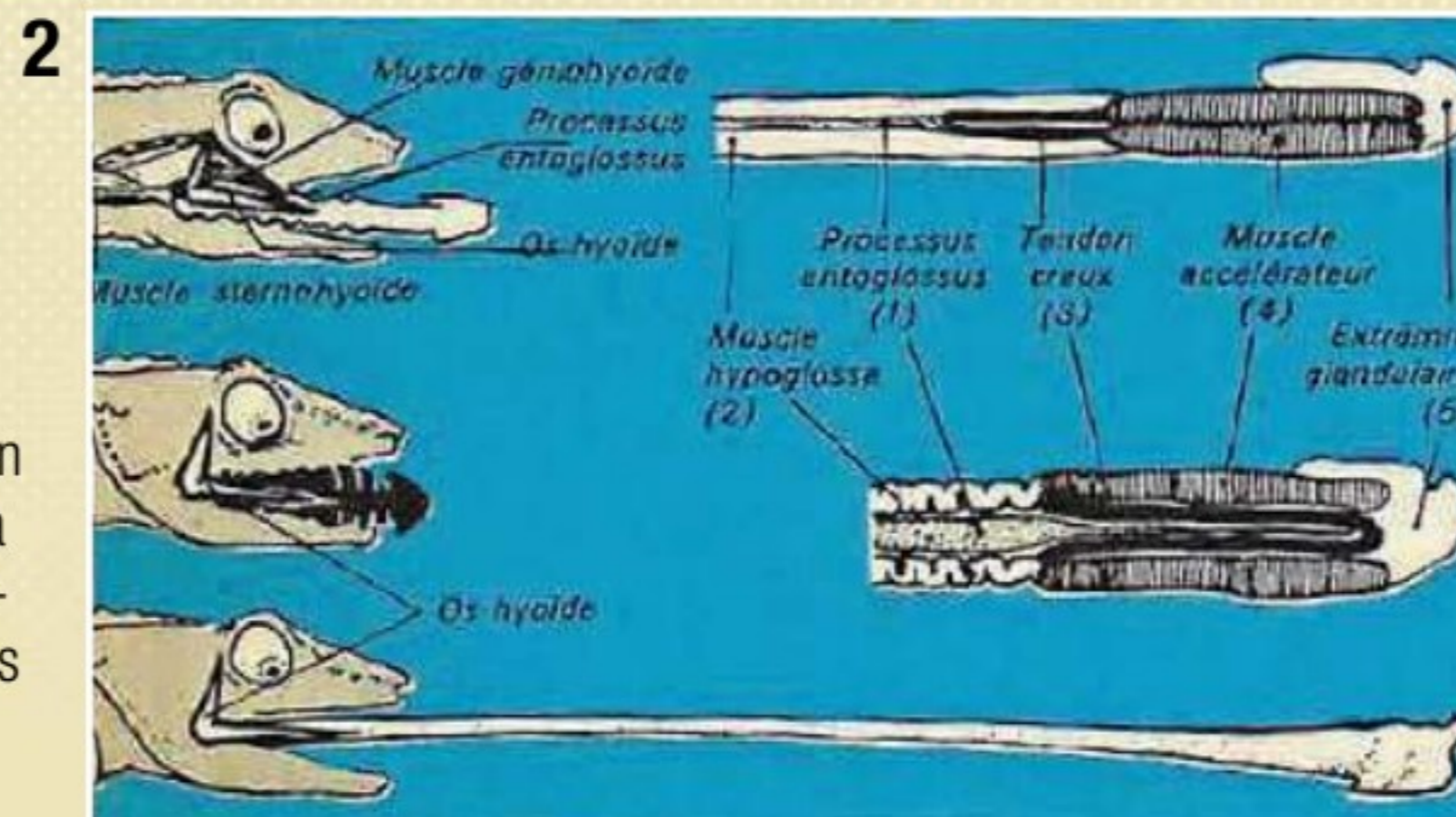
d’alors, un peu comme on souffle dans un “sifflet sans-gêne”, cet accessoire de fête qui se déroule en faisant du bruit. Sauf que de nouvelles expériences venaient contredire cette théorie. En réalité, le mécanisme de projection tient plus du ressort comprimé. La langue du caméléon est composée d’un tube creux aux parois musculuses et renfermant un tendon. Rétracté, le muscle hypoglosse se replie en accordéon autour d’un petit os pointu dans la bouche ; tandis qu’un deuxième muscle, accélérateur, se comprime autour du tendon, qui se retrouve ultra-tendu, telle la corde d’un arc bandé. Ainsi, quand le caméléon ouvre ses mâchoires, le muscle accélérateur se détend légèrement, le tendon se libère et se rétracte violemment, entraînant la partie en accordéon de la langue vers l’avant avec une accélération d’environ 50 g ! *“Cet organe est le plus perfectionné qui soit, et parmi les reptiles, le caméléon est le seul à posséder un tel avantage”*, s’émerveillait l’auteur. Il en possède un autre, peut-être plus fou encore : son système de visée.



1

1. Grâce à ce mécanisme ultra-sophistiqué, la pointe de la langue, rendue gluante par la sécrétion des glandes muqueuses, atteint en un éclair l’insecte convoité, pris au piège.

2. Un schéma en coupe montre la savante disposition des muscles et du tendon.



2

100 ans

On parlait déjà de véhicules électriques



En mai 1926, *La Science et la Vie* se projetait dans le futur de l'électricité... en l'an 2000. Pour certains, cette énergie était devenue la nouvelle panacée qui remplacerait le pétrole. D'ici à la fin du XX^e s., il faudrait donc en produire en grande quantité via "l'exploitation intensive des énergies

naturelles", en particulier les barrages hydrauliques, alors en plein essor aux États-Unis et en France. Pour son stockage, l'auteur de l'article imaginait des accumulateurs ultra-légers, appelés "wagons-accumulateurs", capables à l'avenir de transporter l'électricité de l'usine productrice jusqu'aux consommateurs. Dans quel but ? "La fée électricité, libre de toute entrave, s'installera à bord de l'automobile", ainsi que dans les avions et autres moyens de transport. Force est de constater que, s'il ne décrivait pas en détail le fonctionnement de cet accumulateur, il pressentait l'essor de la batterie électrique, devenue réalité 50 ans plus tard, et les usages qui en découlent.

25 ans

On envoyait une voile solaire dans l'espace



"Un voilier qui naviguerait dans l'espace, poussé par la lumière du Soleil, comme d'autres vogueraient sur l'océan mus par le vent." Voilà le futur qu'annonçait *Science & Vie* en mai 2001, avec le lancement dans l'espace de la première voile solaire de l'histoire par une fusée russe.

Constituée de huit pétales triangulaires

recouverts d'aluminium destiné à réfléchir la lumière, Cosmos 1 devait se déployer en juin 2005 à 800 km d'altitude pour un vol de quelques mois. Le but ? Vérifier qu'il était possible de pousser un objet réfléchissant grâce à l'impact de photons. De quoi espérer lancer un jour "des voiliers solaires partant à la découverte de planètes lointaines", indiquait l'auteur. Las, un problème moteur sur la fusée lors du lancement fit échouer le projet. Depuis, d'autres voiles solaires ont été testées avec succès, même si on est encore loin de pouvoir envisager des voyages au long cours.

#LACHRONIQUE



La chronique de
Gautier Depambour

Docteur en histoire des sciences
au laboratoire Sphere

Charcot vs Bernheim : qu'est-ce que l'hypnose ?

Comment expliquer que, sous l'influence de la parole, il est possible de plonger certaines personnes dans un étrange état de conscience qui les rend susceptibles de faire tout ce qu'on leur demande ? À la fin du XIX^e siècle, l'hypnose fascine autant qu'elle fait débat. Elle oppose notamment l'école de la Salpêtrière, à Paris, conduite par le célèbre neurologue Jean-Martin Charcot, et l'école de Nancy, représentée par l'éminent professeur Hippolyte Bernheim.

Pour Charcot, l'hypnose est un phénomène physiologique lié à une maladie : l'hystérie. Cela rend l'hypnose scientifiquement intéressante, car elle permet d'accéder aux causes neurologiques de ce mal et ainsi de mieux le comprendre. Le scientifique s'adonne aussi à des démonstrations d'hystérie sous hypnose à la Salpêtrière, suscitant la curiosité du grand public qui se presse pour

observer les réactions des malades.

Mais voilà, ces spectacles exaspèrent Bernheim, qui qualifie Charcot de "montreur de foire". Pour lui, l'hypnose n'a rien à voir avec l'hystérie : il s'agit d'un phénomène purement psychologique qui transporte les patients dans une forme particulière de sommeil, où l'hypnotiseur suggère des comportements spécifiques à l'hypnotisé. Ce qui, selon Bernheim, peut avoir de véritables vertus thérapeutiques grâce aux effets anesthésiants.

La polémique durera une quinzaine d'années, puis s'estompera avec la mort de Charcot, en 1893. Aujourd'hui, si l'hypnose n'est plus considérée comme la signature de l'hystérie, elle n'en demeure pas moins un phénomène mystérieux qui ne relève pas uniquement de la sphère psychologique, et dont les mécanismes neurologiques n'ont pas tous été élucidés.

M. TUMELAIRE

**INTÉROCEPTION &
AUTRES IMPACTS
DES ORGANES
SUR LE CERVEAU**

LE CŒUR INFLUENCE NOS PENSÉES!

PAR LISE BARNÉOUD

Un rythme cardiaque qui module les émotions, une respiration qui influence les performances cognitives, un intestin qui lance des alertes... Jusqu'ici, notre corps fonctionnait selon une hiérarchie simple : il y a le cerveau, et tous les autres organes qui lui obéissent. Cette vision est dépassée : ici et là, les chercheurs découvrent que le dialogue entre l'encéphale et les systèmes biologiques est loin d'être à sens unique. Mieux : les informations venues des organes participent à l'émergence même de nos pensées ! À tel point que la perception de ces signaux internes est aujourd'hui considérée comme notre véritable sixième sens. Tournez la page, et découvrez l'intéroception.



70

- Le cœur façonne aussi nos émotions
- Le rythme respiratoire joue sur nos performances cognitives
- Les tripes nous tiennent en alerte
- Tous les organes sont concernés

80

Intéroception : une nouvelle science pleine de promesses...

84

... Et riche de questionnements

LE CŒUR FAÇONNE AUSSI NOS ÉMOTIONS

C'est notre premier rythme interne. Notre activité organique initiale. Le cœur est en effet le premier organe à s'établir chez les mammifères comme chez les oiseaux. Notre tout premier battement survient dès le 16^e jour après la fécondation... pour ne s'arrêter qu'à la toute fin, après 3 milliards de battements en moyenne. Or ces derniers font bien plus qu'expulser le sang dans nos circuits sanguins... *"Ils influencent notre manière de percevoir le monde et nos interactions avec lui"*, pose Michael Gaebler, de l'Institut Max-Planck, en Allemagne. Dans une étude récemment publiée avec deux autres de ses collègues, ce chercheur en neurosciences cognitives vient d'analyser l'étroit et permanent dialogue qui s'opère entre le cœur et notre cerveau. Un phénomène appelé "intéroception cardiaque".

SCIENCE PHOTO LIBRARY/FUNG, K.H. C'est durant sa thèse, au début des années 2010, que Michael Gaebler a commencé à s'intéresser au cœur et à son influence sur nos émotions et sur notre cognition. *"Je travaillais en psychiatrie et je cherchais des signatures biologiques de certains troubles psychologiques*

comme l'anxiété ou le trouble de dépersonnalisation", se souvient-il. Ceci en soumettant des patients à toutes sortes de tests, tandis que leur cerveau était scruté grâce à différentes techniques d'imagerie cérébrale, afin d'y déceler des traces des troubles. *"Mais même avec des outils puissants, nous n'observons que de minuscules différences entre ces patients et notre groupe contrôle. J'ai commencé à penser que ces signatures biologiques pouvaient se trouver ailleurs que dans le cerveau"*, raconte Michael Gaebler.

Il s'intéresse alors de plus près aux données cardio-vasculaires, et bingo! Le chercheur déniché des biomarqueurs caractéristiques de ces maladies. Ainsi, les patients souffrant d'anxiété sociale présentent une variabilité de la fréquence cardiaque plus faible que les personnes en bonne santé au repos, découvre-t-il en 2013.

FLEXIBILITÉ CARDIO-VASCULAIRE

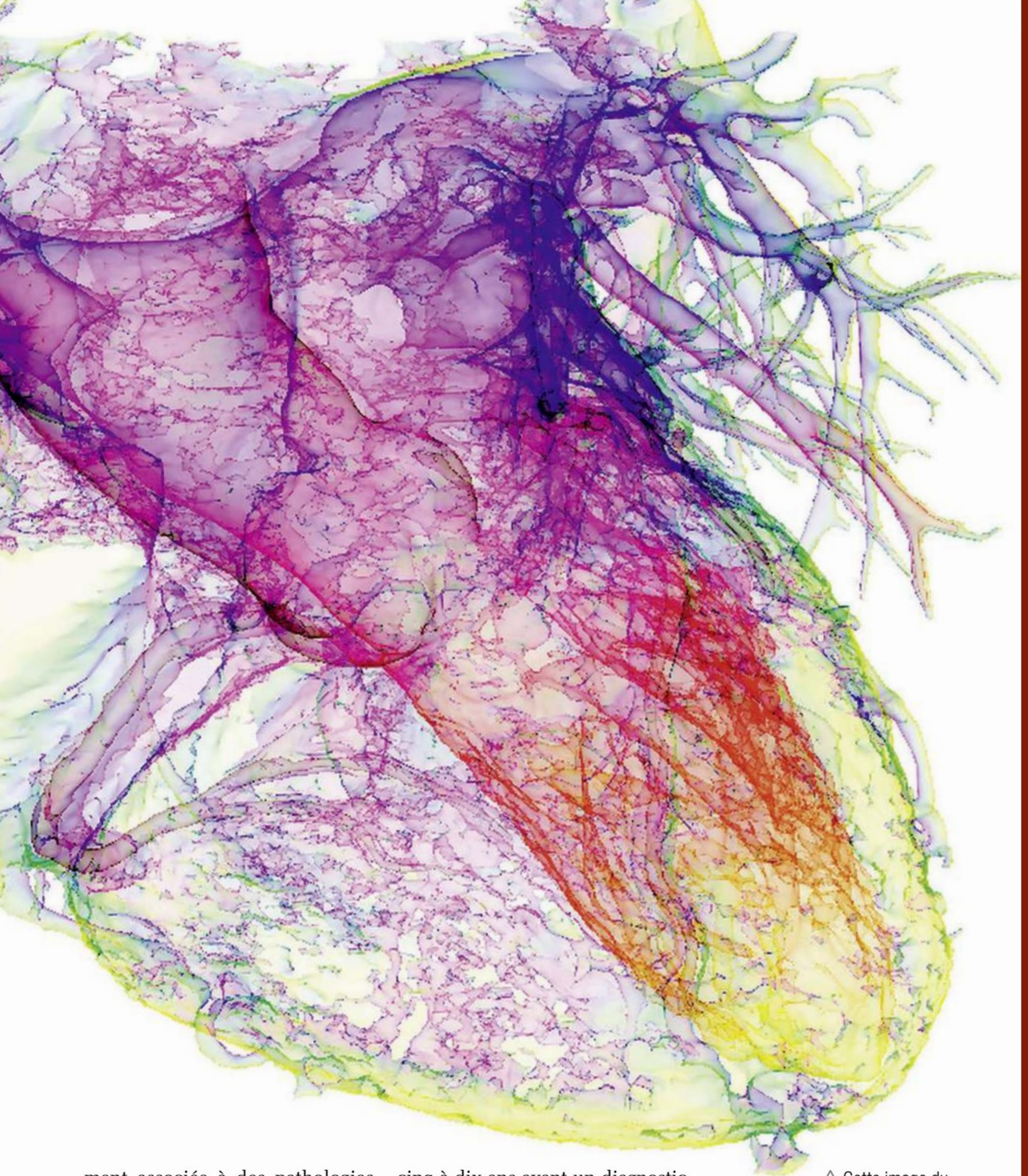
De plus, contrairement au groupe contrôle, la variabilité de leur fréquence cardiaque n'augmente pas lorsqu'ils sont soumis à un exercice d'appariement de visages expri-

mant la colère ou la peur – une différence qui ne survient pas lors d'une tâche d'appariement de formes géométriques. Ce qui dénote, chez les personnes atteintes d'un trouble anxieux, un manque de flexibilité du système cardio-vasculaire face à une menace sociale, suspectent les scientifiques. *"On sépare trop souvent le psychique et le corps, mais en réalité, les deux sont intimement liés. Il est temps de le prendre en compte pour traiter de manière globale ces patients"*, insiste Michael Gaebler.

Dit trivialement: le problème n'est pas seulement dans la tête. C'est d'ailleurs vrai pour d'autres troubles psychiques. La dépression, par exemple, est fréquem-

Cette spécialiste de l'intéroception en est persuadée: les signaux en provenance du cœur modifient bel et bien la dynamique cérébrale





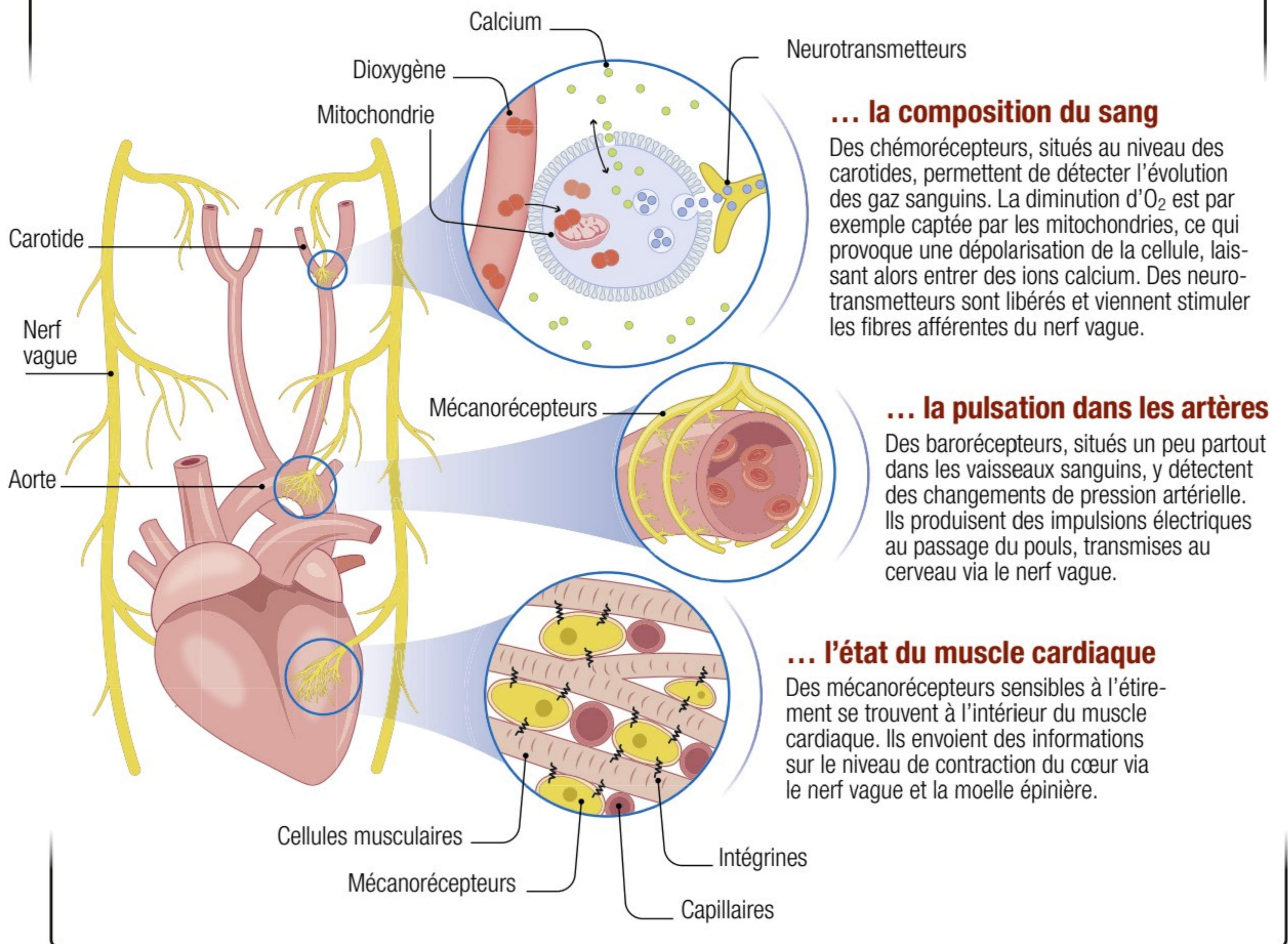
ment associée à des pathologies cardio-vasculaires, en particulier la maladie coronarienne: grâce à une base de données médicales britannique, des chercheurs ont même découvert que dans ce cas, les symptômes dépressifs sont présents

cinq à dix ans avant un diagnostic d'hypertension.

Les personnes qui souffrent de stress post-traumatique ont également un risque accru de développer de l'hypertension et d'autres maladies cardio-vasculaires →

^ Cette image du cœur (comme les suivantes, à l'exception des intestins) a été élaborée à partir d'un scanner.

Le cœur envoie des informations au cerveau sur...



à long terme. Enfin, et c'est une découverte particulièrement surprenante réalisée en 2019, le fait de traiter les patients aux premiers stades de la schizophrénie avec des statines (médicaments qui régulent le rythme cardiaque) réduit leur taux d'hospitalisation psychiatrique.

BRUNO BOURGEOIS - ULRIKE LACHMANN

Les affections mentales chamboulent donc le rythme du cœur... ou est-ce l'inverse qui se produit? En 2023, pour tester si l'accélération du cœur pouvait elle-même induire des réactions d'anxiété, des chercheurs ont mené sur des souris des

expériences durant lesquelles une accélération cardiaque était artificiellement provoquée par stimulation optogénétique. Résultat: comparativement au groupe contrôle, les rongeurs dont le cœur était artificiellement accéléré adoptent immédiatement un comportement anxieux, mais uniquement s'ils se trouvent dans un environnement dangereux –sur une structure en hauteur par exemple. En revanche, dans un environnement sûr et familier, l'accélération du cœur n'induit pas de comportement anxieux.

Morale de l'histoire: les émotions ne naissent pas seulement dans le cerveau, le cœur aussi a son mot à dire. Et c'est bel et bien un dialogue entre les deux organes qui fait naître telle ou telle émotion.

SELON LE CYCLE CARDIAQUE

D'autres influences se lisent à des échelles encore plus fines. Le cycle cardiaque, via ses deux phases –la systole, où le cœur se contracte et éjecte le sang, et la diastole, où le cœur se relâche et se remplit de sang– semble par exemple modu-

ler la façon dont notre cerveau traite les informations sensorielles. *“Les études montrent que lorsque notre cœur est silencieux, durant la diastole, nous sommes plus susceptibles de percevoir des stimuli tactiles fins”*, expose Michael Gaebler; et la sensation de douleur, elle, est plus forte. Durant la systole, *“il semble que nous soyons meilleurs pour bouger ou agir”*, poursuit le chercheur allemand; c’est d’ailleurs lors de cette phase que les participants à une expérience s’exécutent quand ils doivent appuyer sur des boutons. Et d’après une étude menée en 2014 sur une quarantaine de participants, les visages exprimant la peur seraient plus rapidement détectés et jugés plus intenses durant la systole.

EN PASSANT PAR LE NERF VAGUE

Attention, tout de même : ces résultats ne se retrouvent pas systématiquement d’un test à l’autre. *“Nous avons conduit ce genre d’expérience dans notre laboratoire et n’avons pas systématiquement trouvé de différence comportementale en fonction du cycle cardiaque”*, fait savoir Catherine Tallon-Baudry, qui dirige le laboratoire Subjectivité, cerveau et viscères à l’École normale supérieure. Reste que cette spécialiste française de l’intéroception en est persuadée : les signaux en provenance du cœur modifient bel et bien la dynamique cérébrale. Et l’on commence seulement à comprendre comment.

Tout commence à l’intérieur des muscles cardiaques, de l’aorte ou encore des artères carotidiennes, où se trouvent des mécanorécepteurs – des récepteurs sensibles à l’étirement et à la pression des tissus. À chaque contraction car-



On sépare trop souvent le psychique et le corps, mais en réalité, les deux sont intimement liés. Il est temps de le prendre en compte pour traiter les troubles anxieux



MICHAEL GAEBLER
Chercheur en neurosciences cognitives à l’Institut Max-Planck (Allemagne)



diacque ou passage du flux sanguin, ils envoient un signal électrique qui chemine notamment par le nerf vague, constitué de quelque 160 000 fibres nerveuses. Les messages en lien avec les battements cardiaques empruntent cette voie

jusqu’au cerveau, où on les retrouve non seulement dans les régions cérébrales enfouies, celles où se situe notamment le système limbique lié aux émotions, mais aussi dans les zones motrices et sensorielles, comme le cortex visuel ou auditif. *“On ne s’attendait pas à retrouver ces signaux dans autant d’aires cérébrales”*, souligne Catherine Tallon-Baudry.

DES RÉCEPTEURS DANS LE CERVEAU

Plus encore, en 2024, une équipe de chercheurs allemands a découvert d’autres récepteurs, situés à l’intérieur même du cerveau et capables de détecter directement les pulsations des vaisseaux sanguins induites par les battements cardiaques. Ce réseau de *“neurones sentinelles du rythme cardiaque”* aurait donc un effet quasi instantané sur l’activité électrique du cerveau. *“Il est possible que le rythme cardiaque influence nos pensées et nos émotions, et que, grâce à la présence de ces capteurs directement dans le cerveau, l’effet soit quasi immédiat”*, explique l’une des autrices Luna Jammal Salameh, désormais à l’université d’Haïfa, en Israël.

Reste à savoir quel effet, et dans quelle mesure. *“Ce tic-tac qui relie, sous un même rythme, la partie profonde et la périphérie de notre cerveau pourrait servir de colle qui assemblerait différentes informations”*, propose Catherine Tallon-Baudry. À partir d’informations qui proviendraient aussi bien de l’intérieur que de l’extérieur, ce travail de coordination permettrait *in fine* de faire émerger des ressentis, des émotions, des pensées. Qui pourraient ainsi fluctuer selon les états d’âme de notre cœur.



LE RYTHME RESPIRATOIRE JOUE SUR NOS PERFORMANCES COGNITIVES

Notre cœur n'est pas le seul organe à dialoguer avec notre cerveau : la perception, consciente ou non, de nos états corporels internes concerne aussi notre appareil respiratoire ! Logique : s'il est un organe à l'interface entre notre monde intérieur et l'extérieur, c'est bien lui. À chaque inspiration, 0,5 l d'air ambiant entre dans notre corps. Si la quantité d'oxygène acheminée vers les poumons ne suffit pas, ou si ce volume d'air contient des toxiques, il doit immédiatement réagir. D'où l'importance d'une communication précise et rapide.

"L'intéroception respiratoire est très particulière", démarre Thomas Similowski, directeur de l'unité de recherche Neurophysiologie respiratoire expérimentale et clinique (Inserm-Sorbonne Université). Ici, une multitude de messages différents sont envoyés au cerveau, en provenance de récepteurs sensibles à la pression, à l'étirement, aux températures, ainsi qu'à toutes sortes de substances. Ces récepteurs se trouvent à l'intérieur des poumons, dans les muscles concernés par la respiration, dans les articulations de la cage thoracique, dans la trachée, l'œsophage, le larynx, le pharynx, sans oublier le nez. D'ailleurs, une large part des

effets de la respiration sur l'activité cérébrale disparaît lorsque l'on court-circuite le nez et que l'on respire uniquement par la bouche.

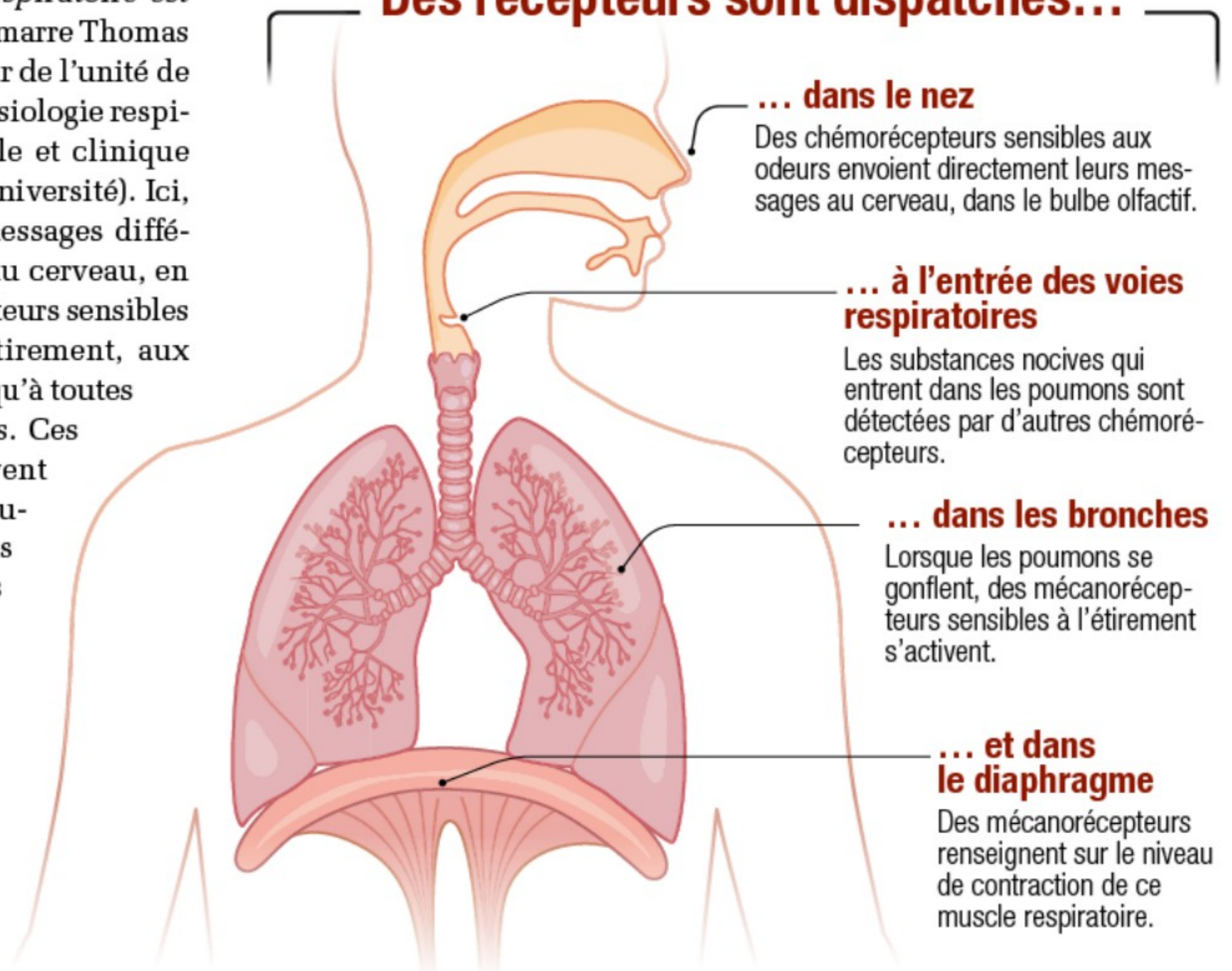
Autre grande différence avec le cœur : les poumons sont accessibles à la commande volontaire. *"C'est la seule fonction vitale que l'on peut modifier volontairement"*, insiste le pneumologue. Ainsi, de nombreux messages du cerveau vers l'appareil respiratoire transitent également : si vous vous apprêtez par exemple à plonger dans l'eau, vous allez remplir vos poumons puis bloquer

vos poumons. Ce qui aura un impact sur les informations qui remonteront vers le cerveau.

D'ABORD LE TRONC CÉRÉBRAL

Une des premières destinations majeures de ces messages nerveux venus de notre respiration est le tronc cérébral, porte d'entrée de l'intéroception : il intègre toutes ces données et assure l'automatisme respiratoire et les réflexes, comme celui de tousser si des poussières sont entrées. La plupart du temps, les messages générés par la respi-

Des récepteurs sont dispatchés...



ration “normale” sont filtrés par le thalamus pour éviter que la respiration ne fasse irruption dans la conscience. Mais en cas d’alerte, les messages vont franchir cette barrière et se retrouver ailleurs dans le cerveau. On prend alors conscience d’un essoufflement ou d’une respiration coupée.

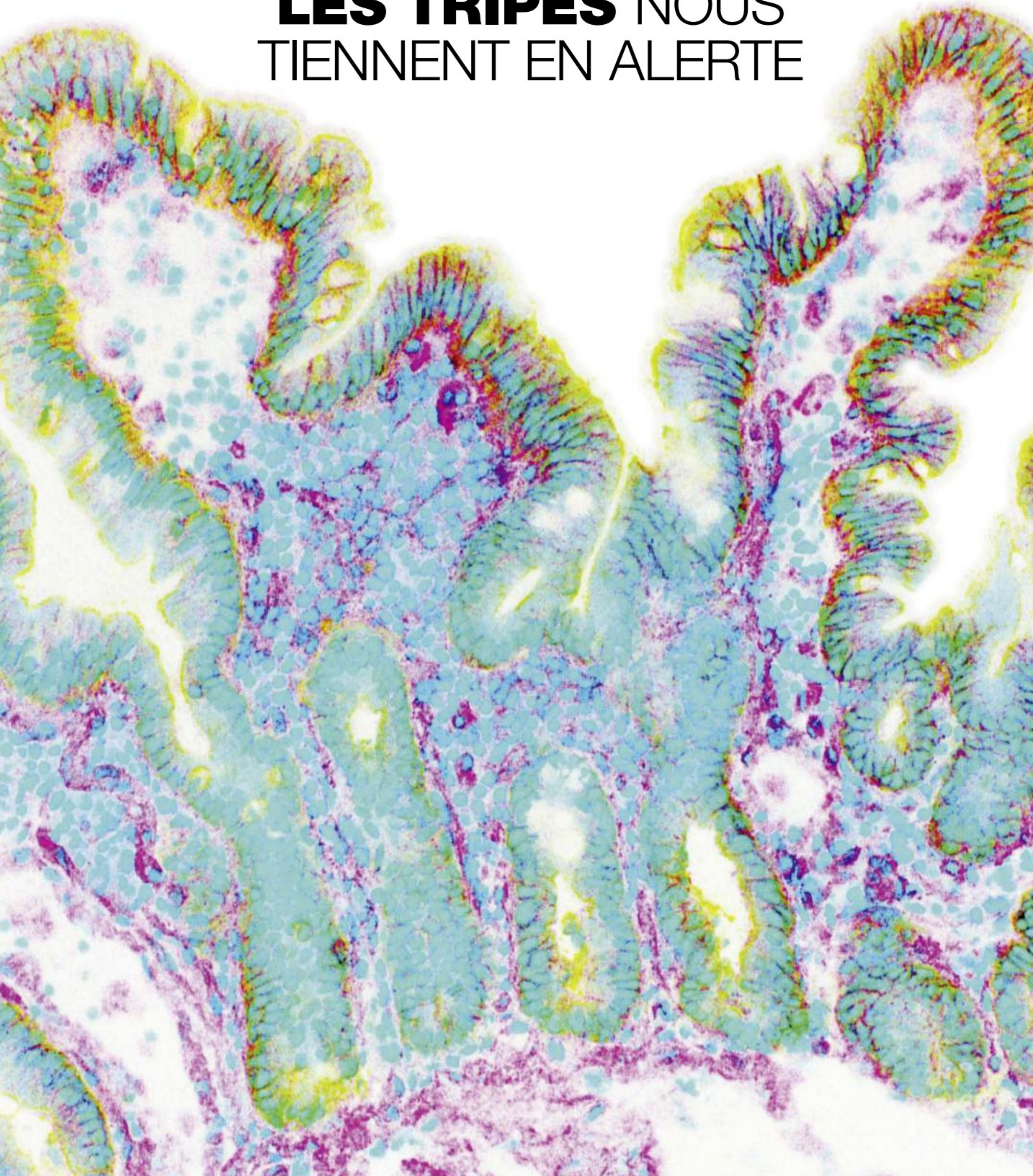
Toutefois, même lorsque ces informations n’atteignent pas la conscience, elles semblent avoir un effet. Des expériences menées en 2020 montrent qu’on déclenche plus fréquemment des actions volontaires pendant l’expiration. À l’inverse, on reconnaît plus vite une expression de peur sur un visage pendant l’inspiration. La détection de stimuli tactiles légers semble aussi facilitée au début de l’expiration, selon une autre étude de 2022. *“Les ondes cérébrales liées à la respiration influencent nos performances cognitives, nos émotions ou nos perceptions sensorielles car elles favorisent la connectivité des différentes aires corticales, explique Thomas Similowski. Vous comprenez maintenant pourquoi, lorsque la respiration est malade, on perd beaucoup plus que le souffle...”*

En effet, lors des expériences, les individus dont on gêne la respiration mettent plus de temps à réaliser des tâches simples, voient leurs capacités d’attention réduites... La bonne nouvelle, c’est que le contraire est aussi vrai : nous pouvons réguler volontairement la respiration... jusqu’à jouer sur nos performances cognitives et nos émotions? →



À la une

LES TRIPES NOUS TIENNENT EN ALERTE



Sans aucun doute, notre système digestif parle à notre cerveau. Très souvent, nous en avons même conscience : les sensations de faim, de satiété ou d'inconfort nous accompagnent quasi quotidiennement. Mais ce n'est là qu'une fraction infime du dialogue entre ces deux systèmes, car la plupart du temps nous n'en prenons pas conscience. Or, là encore, les découvertes récentes montrent à quel point ce dialogue permanent et bidirectionnel influence nos humeurs et notre perception du monde.

Notre système digestif a plusieurs canaux de discussion possibles avec notre cerveau. La voie lente emprunte le circuit sanguin et utilise les hormones comme messagères. Par exemple, la ghréline est sécrétée par les cellules de l'estomac lorsque celui-ci est vide ; elle voyage dans le sang puis vient activer des neurones au niveau de l'hypothalamus, qui vont déclencher la sensation de faim. La sensation de satiété emprunte quant à elle une voie plus rapide : elle est essentiellement provoquée par des récepteurs mécaniques sensibles à l'étirement de la paroi de l'estomac qui envoient leurs messages au cerveau via le nerf vague.

Cependant notre système digestif possède bien d'autres types de récepteurs, comme des thermorécepteurs sensibles à la température, et même des chimiorécepteurs, directement connectés au nerf vague, qui transmettent des informations au cerveau en quelques millisecondes. Ils sont capables de distinguer le pH ainsi que toutes sortes de molécules chimiques – nutriments (sucres, graisses, acides aminés), toxines, sécrétions des bactéries intestinales.

Comme pour le cœur ou les pou-

mons, le dialogue entre cerveau et digestion est bidirectionnel. Pour preuve : si on stimule une petite zone de l'insula, dans une partie enfouie du cerveau, on peut déclencher des sensations de nausée ou même des vomissements. Un stress entraîne des sensations d'estomac noué et peut amener le cerveau à mettre la digestion en pause afin de détourner toutes les ressources vers les muscles et les zones cérébrales critiques en situation d'urgence.

VISIONNAGE DÉGOÛTANT

Enfin, les expériences montrent que nos émotions ne naissent pas seulement dans notre cerveau, elles émergent aussi des signaux gastriques et intestinaux. En 2024, grâce à des petits capteurs à avaler, des chercheurs italiens ont pu mesurer le pH, la pression et la température du tube digestif d'une trentaine de participants. Ces derniers étaient en train de visionner des extraits vidéo induisant du dégoût (vomi, matière fécale, mutilations), de la peur (violence, vertige) ou encore de la joie. Résultat : le dégoût provoque des contrac-

tions plus fortes du système digestif et le rend aussi plus acide et plus froid. *“En outre, plus le pH était acide, plus les participants rapportaient des sentiments de dégoût et de peur ; à l'inverse, moins le pH était acide, plus ils exprimaient de la joie”*, commentent les auteurs. La preuve que nos signaux gastriques et nos états émotionnels s'influencent les uns les autres.

L'activité électrique de notre cerveau témoigne d'ailleurs de leurs échanges : les chercheurs ont identifié de nombreuses zones corticales dont l'activité est influencée par les signaux gastriques, même au repos, en dehors de toute activité digestive. Car, là aussi, certaines cellules, à l'instar d'un pacemaker, imposent un rythme électrique : environ 1 décharge toutes les 20 secondes dans l'estomac, un peu plus élevé dans les intestins. Or ce rythme dont on n'a pas conscience se retrouve dans de nombreuses aires du cerveau, *“y compris dans les cortex visuel, auditif et olfactif”*, insiste Catherine Tallon-Baudry. Nos pensées suivent donc nos tripes comme elles suivent notre cœur. →

Le microbiote, un interlocuteur majeur de l'intéroception

Les milliards de microbes (bactéries, virus, champignons, levures) qui habitent en nous participent grandement aux “conversations” intéroceptives. Et ces discussions peuvent aller très vite : les sécrétions de ces microbes sont en effet captées par certains chimiorécepteurs, les neuropodes, situés dans les intestins, dont les signaux électriques remontent au cerveau par le nerf vague en quelques millisecondes ! Ces signaux diffèrent selon ce que les neuropodes captent : lorsque notre microbiote est déséquilibré, ces messages sont perturbés, nous incitant par exemple à consommer plus de sucre. Des recherches montrent par ailleurs que les aliments ultra-transformés dérèglent ces messages intéroceptifs.

TOUS LES ORGANES SONT CONCERNÉS

La graisse gère nos stocks énergétiques

Longtemps considérée comme une simple réserve d'énergie, la graisse est désormais vue comme un organe sensoriel, participant à l'intéroception. Tout d'abord, les cellules adipeuses produisent une hormone, la leptine, qui informe le cerveau sur les réserves énergétiques et contribue à la sensation de satiété. Elles possèdent également des récepteurs à la pression, à l'étirement et même à la lumière ! Des expériences sur les souris montrent que lorsque ces récepteurs sont absents, les animaux éprouvent plus de difficulté à réguler leur métabolisme et leur température. Reste à savoir d'où peuvent bien provenir les signaux lumineux, et si cette caractéristique est présente chez l'humain.

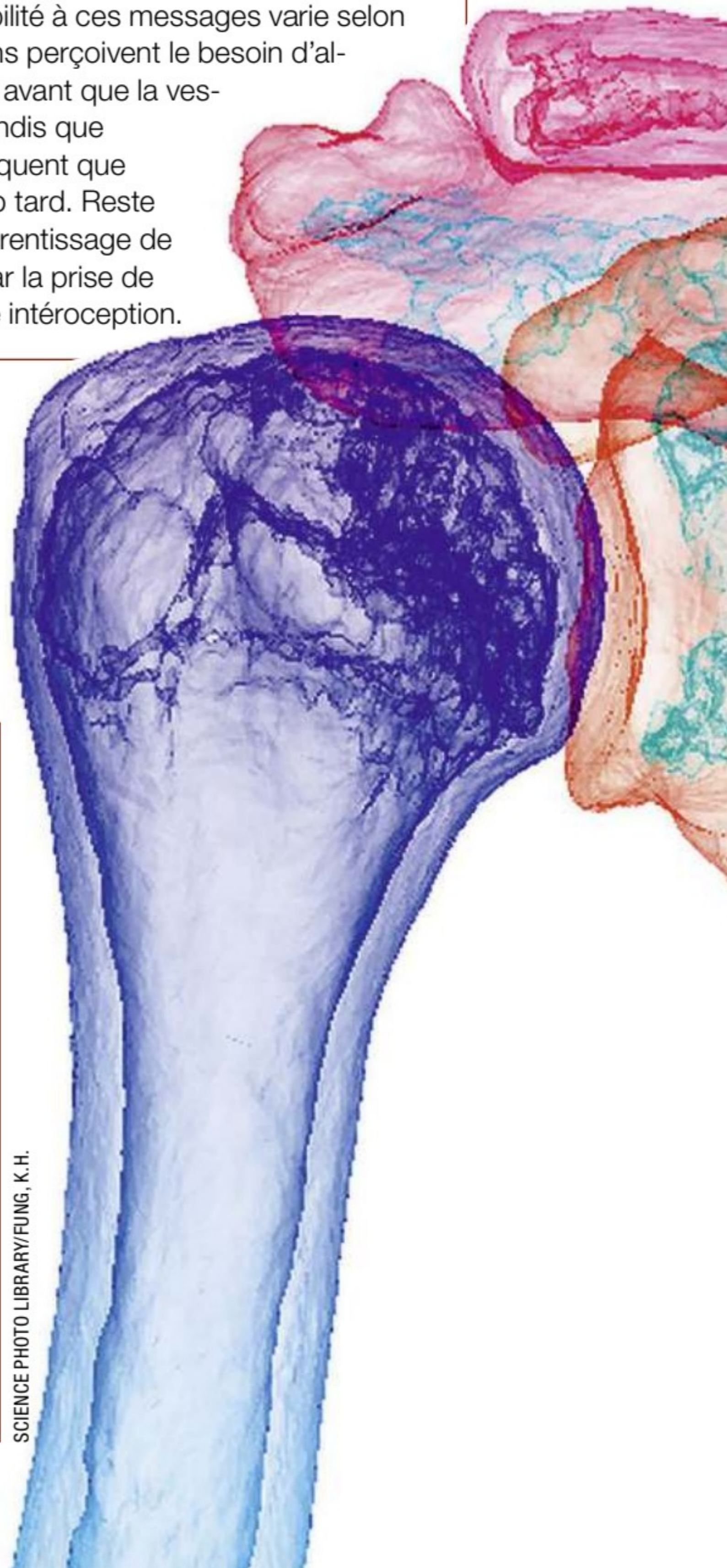
La vessie nous éduque à l'intéroception

Si l'on est conscient de l'état de remplissage de notre vessie, c'est grâce à des mécanorécepteurs présents dans l'organe. Leurs signaux transitent par la moelle épinière jusqu'au tronc cérébral, où certains neurones sont spécialisés dans le déclenchement de la miction volontaire. La sensibilité à ces messages varie selon les individus : certains perçoivent le besoin d'aller aux toilettes bien avant que la vessie ne soit pleine, tandis que d'autres ne le remarquent que lorsqu'il est déjà trop tard. Reste que chez tous, l'apprentissage de la propreté passe par la prise de conscience de cette intéroception.

Les fascias participent à notre conscience corporelle interne

Les fascias, tissus conjonctifs qui entourent nos organes et nos muscles, sont bardés de mécanorécepteurs et de chémorécepteurs, reliés à quantité de neurones sensoriels qui transmettent au cerveau des informations sur l'état mécanique (pression, étirement) et biochimique (température, inflammation, hormones) du corps. Ils sont de plus à l'origine de signaux de douleur en cas d'inflammation. Contrairement à ce qu'il se passe dans les systèmes cardiaque, respiratoire ou digestif, ces informations transitent uniquement par la moelle épinière, jamais par le nerf vague. Si la cartographie des aires du cerveau impliquées reste à découvrir, une chose est sûre : ces messages *"jouent un rôle important dans la perception globale de la conscience corporelle interne"*, affirme Hélène Langevin, qui dirigeait jusqu'en 2025 le Centre national pour la santé complémentaire et intégrative, un laboratoire des National Institutes of Health, dans le Maryland, aux États-Unis.

SCIENCE PHOTO LIBRARY/FUNG, K. H.



Les cellules immunitaires nous forcent à nous reposer

Lorsque les cellules immunitaires détectent des agents pathogènes, elles produisent des molécules chimiques appelées cytokines. Celles-ci peuvent atteindre le cerveau par la voie sanguine, mais également stimuler localement des neurones sensoriels qui apporteront l'information plus rapidement au cerveau via le nerf vague! C'est lorsque leurs messages atteignent l'encéphale que l'on se sent malade. En réponse, le cerveau nous place en mode "économie d'énergie": *"On va être fatigué, asocial, mélancolique, donc on va rester sur notre canapé et toute notre énergie sera disponible pour alimenter notre réponse immunitaire"*, illustre Gérard Eberl, immunologiste à l'Institut Pasteur.

Les os s'adaptent à nos états mentaux

Grâce à différents types de récepteurs (mécaniques et chimiques), les os envoient des informations sur leur état physiologique et pathologique (pression, intégrité, inflammation...) au cerveau. En retour, celui-ci envoie des signaux qui permettent de stimuler la formation osseuse ou au contraire provoquer une perte de densité. La découverte récente de ces circuits intéroceptifs squelettiques souligne le rôle crucial du système nerveux dans le contrôle de l'équilibre osseux. Cela expliquerait aussi pourquoi certaines maladies mentales, comme la dépression ou la schizophrénie, sont liées à une perte de densité osseuse.



INTÉROCEPTION: UNE NOUVELLE SCIENCE PLEINE DE PROMESSES...

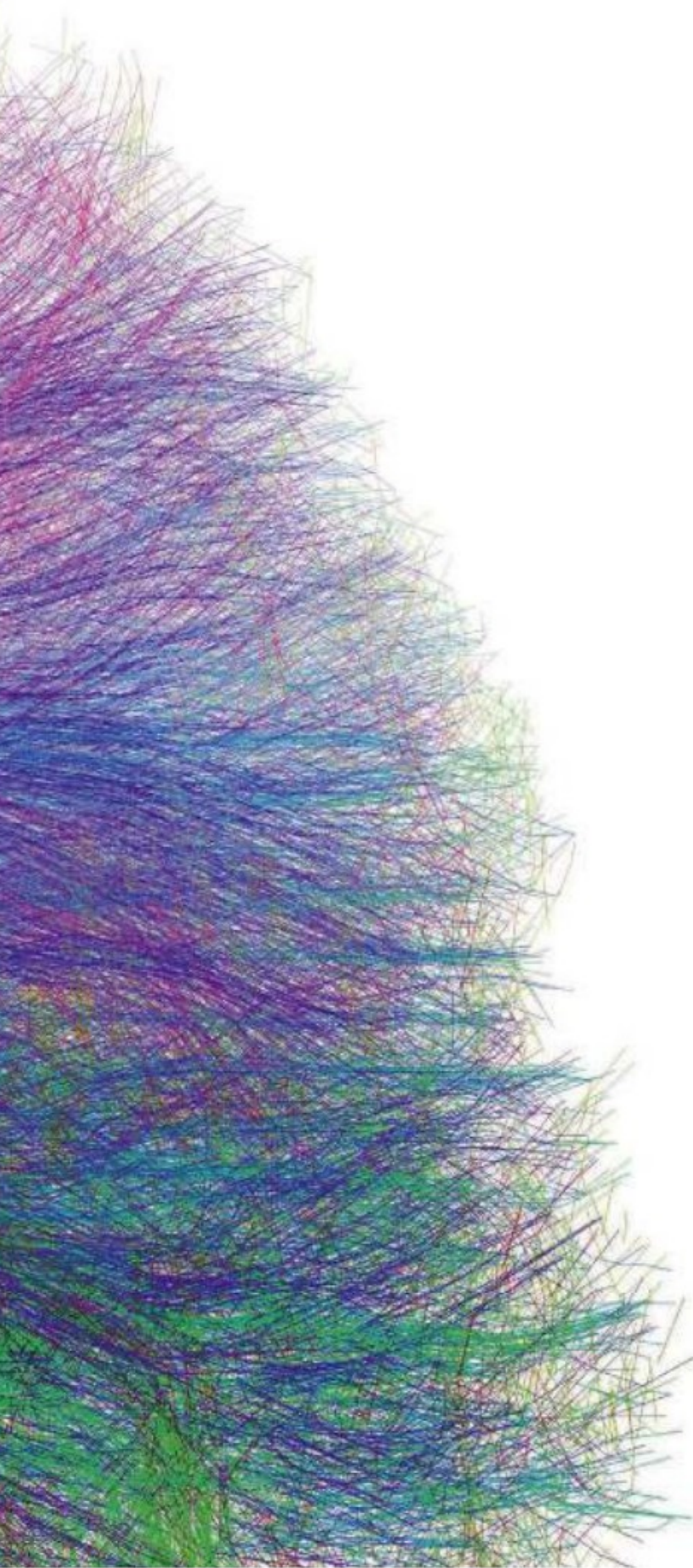
Les théories dualistes ont vécu! Démonstration est faite qu'il existe un dialogue permanent entre tous les organes et le cerveau... qui descend un peu de son piédestal.

Il y a le monde extérieur, celui que l'on perçoit avec la vue, l'ouïe, le goût, l'odorat, le toucher. Et puis il y a le tumulte de notre intérieur: nos intestins qui digèrent, nos poumons qui se remplissent, notre sang qui circule, notre estomac qui se noue... La perception de ces états corporels, en toute conscience ou non, est désormais considérée comme un véritable sixième sens – on l'appelle l'intéroception. Ce sens est essentiel à notre survie, c'est par exemple notre estomac qui

gargouille et nous pousse à trouver de la nourriture. Et il va bien plus loin que ce que l'on avait imaginé: ces signaux en provenance de notre corps modifient l'activité électrique de notre cerveau et influencent ainsi nos émotions, nos décisions, nos pensées...

De l'eau a coulé sous les ponts depuis Descartes et sa vision du corps machine, qui n'a aucun lien avec notre expérience mentale. Cette séparation entre la matière et l'esprit a dominé durant deux

siècles les sciences occidentales. Jusqu'à ce qu'elle soit une première fois remise en question par le philosophe américain William James et le médecin danois Carl Lange à la fin du XIX^e siècle. *"Leur idée, c'était que nos émotions émergent d'abord de la perception de notre corps,* explique Olivier Desmedt, spécialiste de l'intéroception à l'Institut de recherche en sciences psychologiques de l'Université catholique de Louvain (Belgique). *Nous vivrions la peur non pas*



Au-delà de la régulation corporelle, les signaux intéroceptifs jouent aussi un rôle de coordination de l'activité cérébrale

CATHERINE **TALLON-BAUDRY**

Directrice du laboratoire Subjectivité, cerveau et viscères à l'École normale supérieure de Paris



SCIENCE PHOTO LIBRARY/PASIEKA, ALFRED - AMÉLIE LAURIN

parce qu'on voit un ours nous courir après, mais parce qu'on sent notre cœur s'accélérer." Sans ces changements corporels internes, la peur n'existerait tout simplement pas.

NEUROLOGIE COMPORTEMENTALE

Si l'idée est séduisante, à l'époque, les preuves manquent. Elle est alors négligée durant un siècle avant de revenir sur le devant de la scène dans les années 1990, grâce à des chercheurs comme Antonio Dama-

sio. En s'appuyant sur des études de neurologie comportementale, ce neuroscientifique luso-américain parvient à démontrer que le corps est indispensable pour penser et s'émouvoir : les sentiments sont des *"hybrides d'esprit et de corps"*, écrit-il. Dans son sillage, le neuroscientifique américain Bud Craig popularise le terme d'intéroception, inventé en 1906 par le physiologiste Charles Sherrington pour désigner la perception de nos viscères. *"Les êtres humains perçoivent des sensations corporelles qui leur donnent une idée de leur état physique et sous-tendent leur humeur et leur état émotionnel"*, affirme-t-il en 2002 dans un article scientifique qui fera date. La jeune science de l'intéroception était née.

Son exploration rencontre alors quelques difficultés. Contrairement à l'étude de l'extéroception – la perception des stimuli qui nous viennent de l'extérieur –, ici, aucun organe spécialisé n'existe. Prenez la vision : on peut isoler l'œil, ses récepteurs, le cheminement de ses signaux et même la zone dédiée dans le cerveau pour leur déco-

dage. À l'inverse, l'intéroception surveille une multitude de signaux internes en provenance d'organes difficilement accessibles, comme le cœur, les réseaux sanguins, l'estomac, les intestins... En outre, la plupart de ces informations ne franchissent pas les zones conscientes de notre cerveau, elles restent sous notre radar. Et pour compliquer le tout, lorsqu'elles parviennent à notre conscience, elles sont bien souvent floues, ambiguës et éminemment subjectives... bref, ardues à mesurer.

Loin de se décourager pour autant, les scientifiques ont redoublé d'ingéniosité pour construire des protocoles permettant de capter cette intéroception. L'un des tests pour évaluer notre exactitude intéroceptive (*voir p. 86*) consiste ainsi à demander aux participants de détecter leurs battements cardiaques, sans prendre leurs pouls et au repos. Problème : *"Les participants peuvent obtenir d'excellents résultats en estimant leur fréquence cardiaque plutôt qu'en se fiant à leurs sensations"*, note Olivier Desmedt. D'autres tests ont ainsi →

CHRONO

1630

Selon le savant français Descartes, le corps et l'esprit sont séparés. Un dualisme qui va persister plusieurs siècles.

1880

Le psychologue américain William James et le médecin danois Carl Lange stipulent que les émotions sont générées par la perception interne du corps.

1906

Invention du mot "intéroception" par le physiologiste britannique Charles Sherrington, pour désigner la perception de nos viscères.

Entre le corps et le cerveau, se tient un dialogue invisible et permanent

Les messages transmis par le corps atteignent le tronc cérébral ①

C'est la porte d'entrée des informations en provenance du nerf vague et de la moelle épinière. À ce stade, l'information n'est pas consciente.

été développés pour contourner ce travers, comme celui qui consiste à déterminer si nos battements cardiaques sont synchrones ou asynchrones avec un signal externe, un son ou une lumière.

ABSENCE DE CONSCIENCE

Le résultat? Seule une personne sur quatre y parvient en moyenne! Un premier enseignement: "Nous sommes très mauvais pour détecter de manière précise nos signaux internes", confirme Catherine Tallon-Baudry, de l'École normale supérieure à Paris. Ceci est vrai pour le cœur, et encore plus pour notre système gastrique: personne ne ressent le rythme d'un cycle toutes les 20 secondes environ généré par notre estomac. "Et c'est heureux, poursuit la spécialiste, car autrement, notre cerveau serait en surcharge! C'est seulement en cas de déviation majeure de la norme, lorsque ces signaux en provenance de nos organes sont très différents de ce qui est attendu, que l'information atteint le cortex conscient."

BRUNO BOURGEOIS

Puis arrivent au thalamus ② ...

Considéré comme le centre de tri des messages intéroceptifs, le thalamus redirige les informations vers d'autres zones.

... ainsi qu'à l'insula ③...

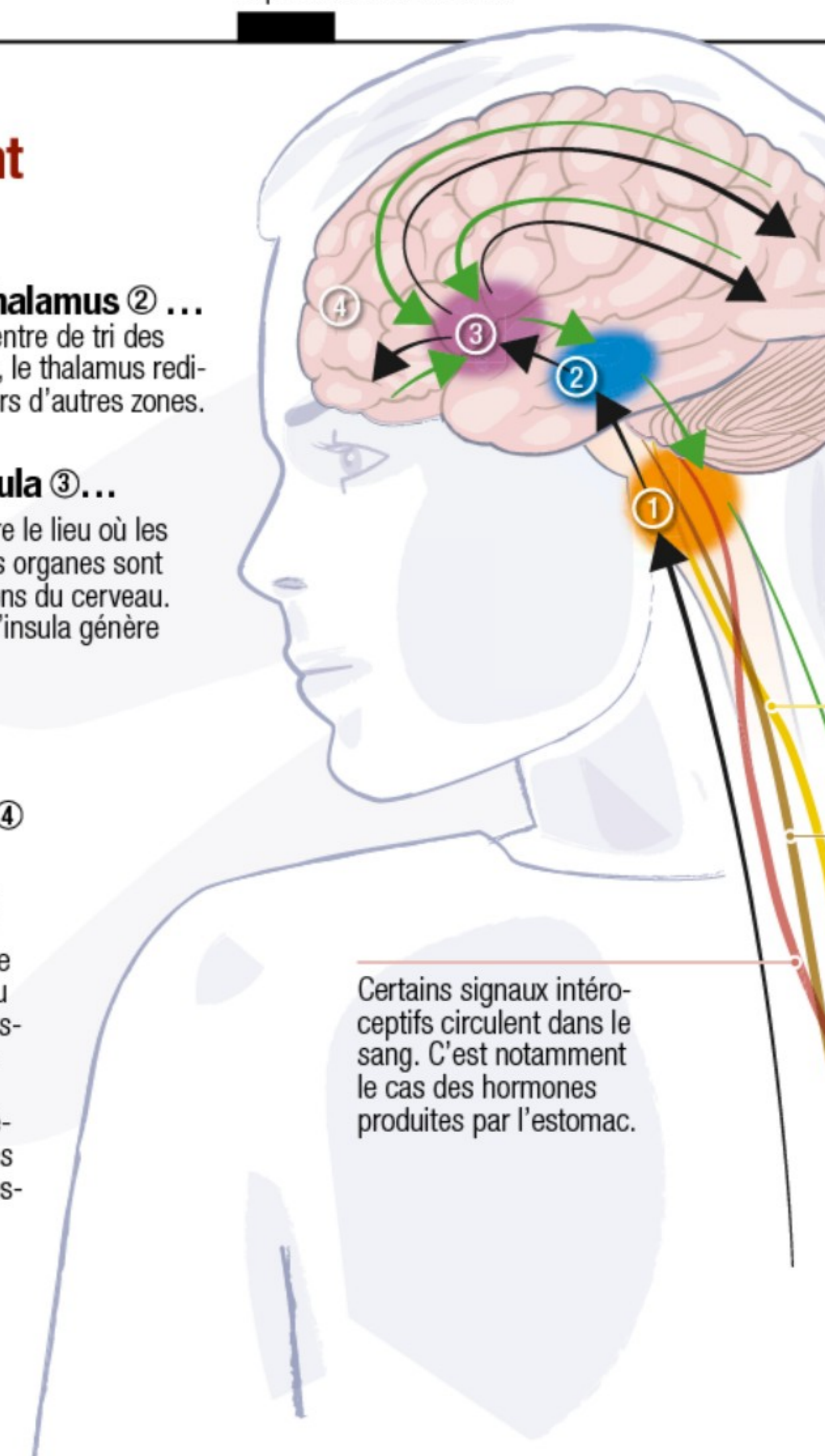
Cette région semble être le lieu où les signaux qui arrivent des organes sont comparés aux prédictions du cerveau. Si un décalage existe, l'insula génère un signal d'alerte.

... avant d'être relayés dans le reste du cerveau ④

L'information est alors traitée, ce qui nous fait prendre conscience de notre propre corps et de ses besoins. Le cerveau renvoie ensuite des messages vers les organes afin d'influencer leurs comportements (accélérer le cœur, relâcher des hormones dans les intestins, etc.).

Reste que – et c'est l'une des grandes découvertes de ces dernières années – ces messages venus du corps influencent l'activité de notre cerveau, et donc la perception que nous avons du monde extérieur et de nous-mêmes, sans pour autant atteindre notre

conscience. La myriade de récepteurs disséminés partout à l'intérieur de notre corps convertissent en effet les variations captées – déformations mécaniques, changements de pression ou de température, présence de molécules, etc. – en impulsions électriques,



1990

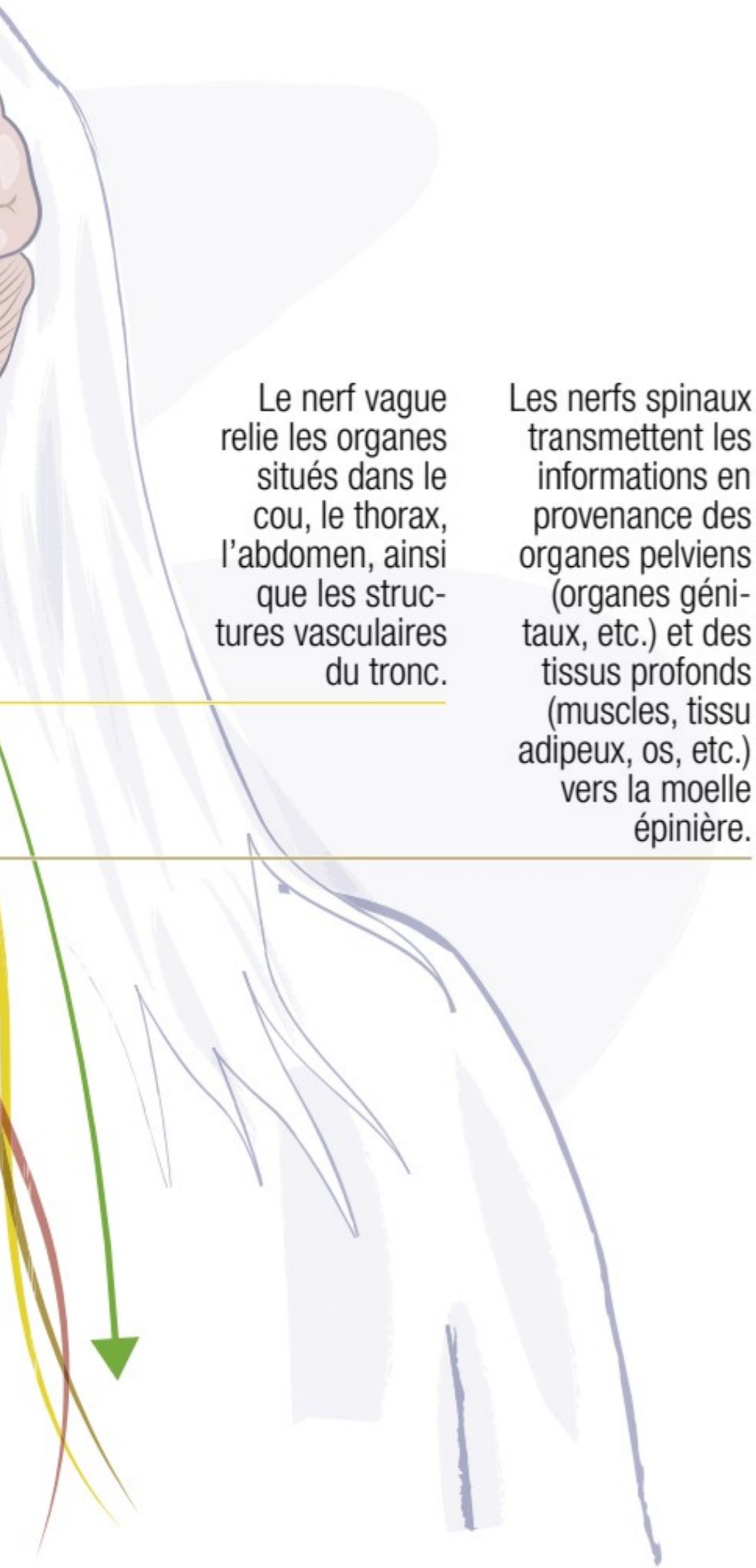
Le neuroscientifique António Damásio développe une théorie selon laquelle toute activité mentale est une conséquence des interactions entre le corps et le cerveau.

2014

On découvre que les signaux électriques en provenance de l'intéroception se retrouvent dans de nombreuses aires du cerveau.

2024

Des chercheurs allemands découvrent des récepteurs sensibles aux pulsations cardio-vasculaires à l'intérieur du cerveau.



Le nerf vague relie les organes situés dans le cou, le thorax, l'abdomen, ainsi que les structures vasculaires du tronc.

Les nerfs spinaux transmettent les informations en provenance des organes pelviens (organes génitaux, etc.) et des tissus profonds (muscles, tissu adipeux, os, etc.) vers la moelle épinière.

lesquelles vont voyager extrêmement rapidement par deux grandes voies nerveuses : le nerf vague et la moelle épinière (voir infographie). Ces signaux électriques convergent dans le tronc cérébral avant d'être envoyés ailleurs, d'abord dans d'autres régions sous-corticales,

puis dans des zones encore plus éloignées, au niveau des couches périphériques du cerveau.

Ainsi, contrairement aux signaux générés par l'extéroception que l'on retrouve uniquement dans certaines zones dédiées du cerveau, ceux venus de notre monde intérieur se propagent du cœur de notre cerveau à sa périphérie. *“Et on ressent au final l'intégration et l'interprétation de tous ces signaux intéroceptifs”*, explique Olivier Desmedt. *“Notre hypothèse, c'est que ces ondes permettent à différentes régions du cerveau de parler entre elles, de se synchroniser, abonde Catherine Tallon-Baudry. Au-delà de la régulation corporelle, l'intéroception joue aussi un rôle de coordination de l'activité cérébrale.”* En émergerait notre perception du monde extérieur, mais aussi notre conscience de soi, le sentiment qu'un seul *moi* perçoit le monde à travers un seul corps.

La réalité virtuelle permet de se faire une idée de la puissance de notre intéroception – tout en fournissant au domaine des preuves expérimentales. Dans des expériences où l'on montrait à des participants munis de casques dotés d'écrans l'image de leur propre corps de dos, sur lequel était projeté leur rythme cardiaque ou respiratoire, ils avaient l'impression d'être “aspirés” par l'image. *“Comme si l'avatar faisait tout à coup partie des éléments qui les*

constituent”, commente Thomas Similowski, de l'Inserm-Sorbonne Université. Autre observation : si l'on montre à des participants des photos d'inconnus qui vibrent au rythme de leur propre cœur, ils auront tendance à trouver que ces personnes leur ressemblent davantage que si ce clignotement s'effectue sur un rythme aléatoire.

PERSPECTIVES THÉRAPEUTIQUES

Que tirer de ces expériences ? D'abord, que le cerveau combine bien les signaux en provenance du monde extérieur et ceux du monde intérieur. Mais aussi que lorsque ces signaux suivent un rythme identique, un sentiment d'identité émerge. *“C'est fou à quel point le cerveau s'enrichit d'actes purement vitaux et fonctionnels, comme la respiration ou l'activité cardiaque”*, fait remarquer Thomas Similowski.

Ce ne sont que de premiers résultats, la science de l'intéroception est encore jeune. Mais, déjà, ils ouvrent de nouvelles perspectives, en particulier thérapeutiques, pour la compréhension des maladies et leur traitement (voir p. 85). Tout en faisant descendre le cerveau du piédestal où on l'avait placé : loin d'être le chef d'orchestre tout-puissant du corps, il apparaît désormais comme un organe parmi d'autres. Cœur, cerveau, tripes, poumons... Tous mêlent leurs voix à cette symphonie qu'est notre vie.

...ET RICHE DE QUESTIONNEMENTS

Peut-on agir sur notre intéroception ?

Oui ! D'ailleurs, sa modulation dans un but thérapeutique est de plus en plus explorée. Plusieurs approches existent. La première consiste à modifier les signaux en provenance de nos organes en stimulant artificiellement le nerf vague, d'où ils remontent.

En France, un premier essai clinique, démarré en 2024, vise par exemple à tester l'efficacité de l'électrostimulation, appliquée via une sorte de pacemaker implanté au niveau du cou, sur 166 patients atteints d'une dépression résistante aux traitements – à noter que des dispositifs non invasifs existent aussi. Les résultats sont encore disparates mais semblent converger vers des effets positifs sur la dépression, les douleurs chroniques ou le stress post-traumatique.

Autre méthode : jouer sur notre interprétation des signaux, notamment grâce à des systèmes de "feed-back". Dans une étude anglaise de

2021, 61 adultes autistes devaient détecter leurs battements cardiaques, à la suite de quoi un retour sur leur précision leur était donné. Résultat : après trois mois, un tiers ont vu leur anxiété réduire significativement !

Enfin, outre l'hypnose – "*qui permet de remettre à jour les interprétations des signaux intéroceptifs*", pointe Thomas Similowski (Inserm-Sorbonne Université) – et la respiration profonde – qui modifie naturellement l'activité du nerf vague jusqu'à réduire le stress et améliorer la concentration, selon des publications –, des protocoles dits hybrides sont actuellement testés. C'est le cas du caisson d'isolation sensorielle, dans lequel on flotte dans l'obscurité et le silence total. En supprimant au maximum les informations externes, il permet de se concentrer sur nos signaux internes. Avec des améliorations sur le niveau de stress ressenti, selon les études.

△ Les caissons d'isolation sensorielle aident à contrôler le stress en se focalisant sur nos signaux internes.



ALAMY/HEMIS

Y a-t-il des liens entre intéroception et maladies ?

Puisque le corps et le cerveau sont sans cesse en dialogue et que ce dialogue influence les dynamiques cérébrales, on peut imaginer que lorsque notre intéroception défaille, ce n'est pas seulement nos sensations internes qui sont bouleversées, mais notre équilibre général ! À commencer par notre santé mentale. *“La littérature scientifique converge vers la même hypothèse : il y a un lien entre l'intéroception et des maladies telles que la dépression, les troubles alimentaires, l'anxiété ou encore l'addiction”*, affirme Olivier Desmedt, de l'Institut de recherche en sciences psychologiques à l'Université catholique de Louvain. Les troubles anxieux, comme les crises de panique, ont en effet été associés à une attention accrue portée sur ses propres signaux internes. À l'inverse, le trouble de la personnalité limite et la schizophrénie apparaissent liés à une difficulté de notre cerveau pour y accéder.

D'autres travaux soulignent des liens entre l'intéroception et des pathologies physiques. Dans les cas de fibromyalgie, une maladie qui associe douleurs musculaires ou articulaires, fatigue et troubles du sommeil, le cerveau semble amplifier les signaux du corps et même interpréter comme une douleur des sensations normales. Le syndrome du côlon irritable apparaît aussi associé à une hypersensibilité des récepteurs intéroceptifs gastriques : les contractions de l'intestin sont alors perçues par le cerveau comme un inconfort permanent. Même certaines maladies cardio-vasculaires, telles que l'hypertension, pourraient être liées à une intéroception cardiaque défailante, selon certaines recherches.

Enfin, des études ont montré l'émergence de signes intéroceptifs avant-coureurs, au niveau du cœur ou des intestins notamment, parfois plusieurs années avant le diagnostic de maladies comme Parkinson, Alzheimer ou encore la dépression. *“Certaines affections considérées comme des troubles neuronaux pourraient donc finalement avoir des composantes extra-cérébrales”*, conclut Michael Gaebler, de l'Institut Max-Planck. Et vice-versa : des symptômes apparemment physiques, comme la nausée ou l'hypertension, pourraient venir, en partie, du cerveau.

Comment mesurer l'intéroception ?

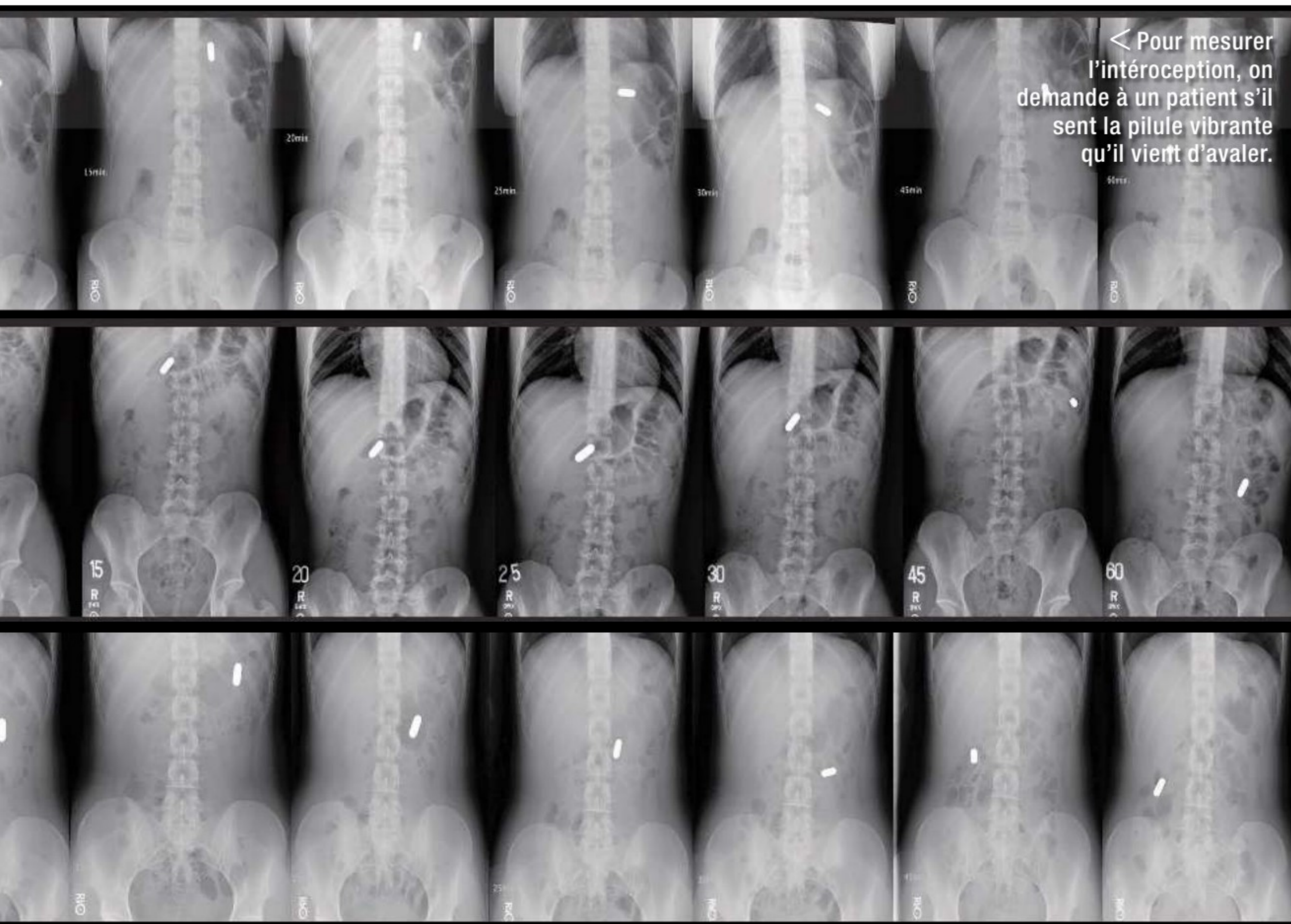
Différentes méthodes permettent de mesurer les trois grandes dimensions de l'intéroception. La précision intéroceptive, qui désigne la capacité objective qu'a une personne à percevoir ses signaux internes, est évaluée généralement par des tests de détection des battements cardiaques. Certaines études explorent également les perceptions ressenties au passage d'une pilule vibrante dans les intestins. Pour la sensibilité intéroceptive, qui correspond à l'évaluation subjective d'une personne sur ses propres capacités intéroceptives, différents types de questionnaires existent : ils explorent notre tendance à remarquer ces signaux, notre confiance dans ces informations, nos ressentis, etc. Enfin, à l'aide des deux premiers résultats, on peut estimer la conscience intéroceptive, soit la concordance entre nos capacités réelles et notre auto-évaluation.



Existe-t-il un "bon niveau" d'intéroception ?

Si un manque de conscience de ses états internes est clairement délétère, une sensibilité intéroceptive au plafond paraît source d'anxiété! *"On pourrait dès lors être tenté de chercher un niveau optimum,* analyse Olivier Desmedt, de l'Université catholique de Louvain. *Mais je n'ai pas connaissance d'études qui l'auraient trouvé."* Tout dépend en fait du contexte : se focaliser sur ses battements de cœur est problématique lorsqu'on est en pleine présentation orale, mais vital en cas de crise cardiaque *"Le mieux serait finalement de porter attention aux sensations corporelles lorsqu'elles sont utiles",* poursuit le chercheur. Ainsi, la question n'est pas tellement de savoir si l'on a le "bon" niveau d'interception, mais plutôt de se demander si le niveau dont nous faisons preuve à un instant précis est bien adapté. Et de pouvoir, si besoin est, le moduler...





✓ Les Moken de Birmanie contractent consciemment leurs pupilles quand ils pêchent sous l'eau.

L'interoception diffère-t-elle selon les individus ?

Oui, et ces différences ne concernent pas seulement la force des signaux interoceptifs, mais aussi notre capacité à les interpréter et l'importance qu'on leur accorde. Un exemple : nous sommes en moyenne assez mauvais pour distinguer avec précision les battements du cœur au repos. Mais certaines personnes peuvent atteindre des scores proches de 100 %, ont montré des études menées sur des traders ou un négociateur de crise ! À l'inverse, Michael Gaebler, de l'Institut Max-Planck, a, lui, observé que les personnes souffrant d'anxiété sociale étaient moins précises pour estimer leur pulsation cardiaque que les témoins sains.

Ces différences interindividuelles se retrouvent également dans les messages courants du cerveau vers nos organes : certaines personnes, en particulier le peuple Moken de Birmanie, peuvent par exemple moduler volontairement la taille de leur pupille – un réflexe involontaire pour la majorité des humains. Pourrait-on tous y arriver ? *"Il y a probablement à la fois un apprentissage et un déterminisme génétique. Nous ne sommes pas tous câblés de la même manière"*, répond Catherine Tallon-Baudry, de l'École normale supérieure, à Paris.

0 ÈRE DE PLANCK

Juste après le big bang, l'Univers échappe encore à notre compréhension.

10^{-43} s INFLATION COSMIQUE

L'Univers, en expansion, est un plasma de particules élémentaires (quarks et gluons).

10^{-12} s TRANSITION ÉLECTROFAIBLE

Les quarks et les gluons acquièrent leur masse.

Révélation sur L'UNIVERS

Comment la matière s'est-elle constituée à la suite du big bang ? Une prédiction théorique liée à la course des quarks à travers le plasma primordial a pu être observée au Cern. En voici le récit par le menu.

Admirez ces volutes flamboyantes. Nous voici 1 microseconde après le big bang (10^{-6} s). À cet instant, la toile parsemée de galaxies que l'on connaît aujourd'hui n'existe pas encore. L'Univers n'est alors qu'un plasma extrêmement dense et chaud, de l'ordre de plusieurs milliers de milliards de degrés Celsius. Une sorte de "soupe" de quarks et de gluons qui circulent librement. Recréer ce mini-Univers primordial en laboratoire, les chercheurs savent le faire depuis quelque temps au sein du grand collisionneur de hadrons (LHC), au Cern, près de Genève (Suisse). En revanche, la manière dont se comportent les particules élémentaires qui le constituent leur restait hors d'atteinte... jusqu'à tout récemment.

D. RADICE ET L. REZOLLA/MAX PLANCK INSTITUTE - M. TUMELAIRE

Une équipe internationale de physiciens réunis dans la collaboration CMS (Compact Muon Solenoid) a annoncé avoir observé le comportement d'un quark en direct. Selon elle, lorsque la particule traverse ce plasma à grande vitesse, elle laisse derrière elle un sillage, à l'image d'un bateau voguant à la surface de l'eau. L'énergie du quark met ainsi tout

le milieu en mouvement comme un fluide, et non comme un ensemble de particules réagissant indépendamment. Aux premiers instants de l'Univers, la soupe primordiale était donc un chaos absolu : des myriades de quarks ultra-énergétiques filaient dans tous les sens, créant d'intenses vagues de plasma derrière elles ! "C'est une prédiction théorique vieille de dix ans, mais c'est la première fois qu'on l'observe expérimentalement", se félicite Matthew Nguyen, physicien au laboratoire Leprince-Ringuet, à Palaiseau, et coauteur de ces travaux. Contempler ce sillage, c'est ouvrir une fenêtre sur les tout premiers instants de l'Univers et observer la matière dans l'un de ses états les plus primaires.

DES QUARKS ET DES GLUONS

Car les quarks et les gluons sont les tout premiers constituants de cette matière. Les quarks sont des particules élémentaires qui s'associent entre eux pour former les protons et les neutrons. Les gluons, également des particules élémentaires, sont respon- →



10⁻⁶ s FIN DU PLASMA PRIMORDIAL

Les quarks et les gluons se lient
pour former protons et neutrons.

3 min NUCLÉOSYNTÈSE PRIMORDIALE

Les premiers noyaux se forment : hydrogène,
hélium et lithium.

PRIMORDIAL

lorsqu'il n'était que plasma

^ Cette simulation
du plasma primordial
a été réalisée par
l'Institut Max-Planck,
en Allemagne.

Recréer les tout premiers instants de l'Univers

En provoquant des collisions entre ions ultra-énergétiques...

Au sein du LHC, les chercheurs propulsent des noyaux de plomb à des vitesses proches de celle de la lumière. En se fracassant les uns contre les autres, ils concentrent une immense énergie, recréant les conditions extrêmes qui régnaient dans l'Univers primordial.

... on génère un plasma primordial éphémère

Les protons et les neutrons qui forment les noyaux de plomb se disloquent. Leurs constituants, les quarks et les gluons, sont alors libérés, ce qui forme une goutte de plasma pendant à peine 10^{-23} s.

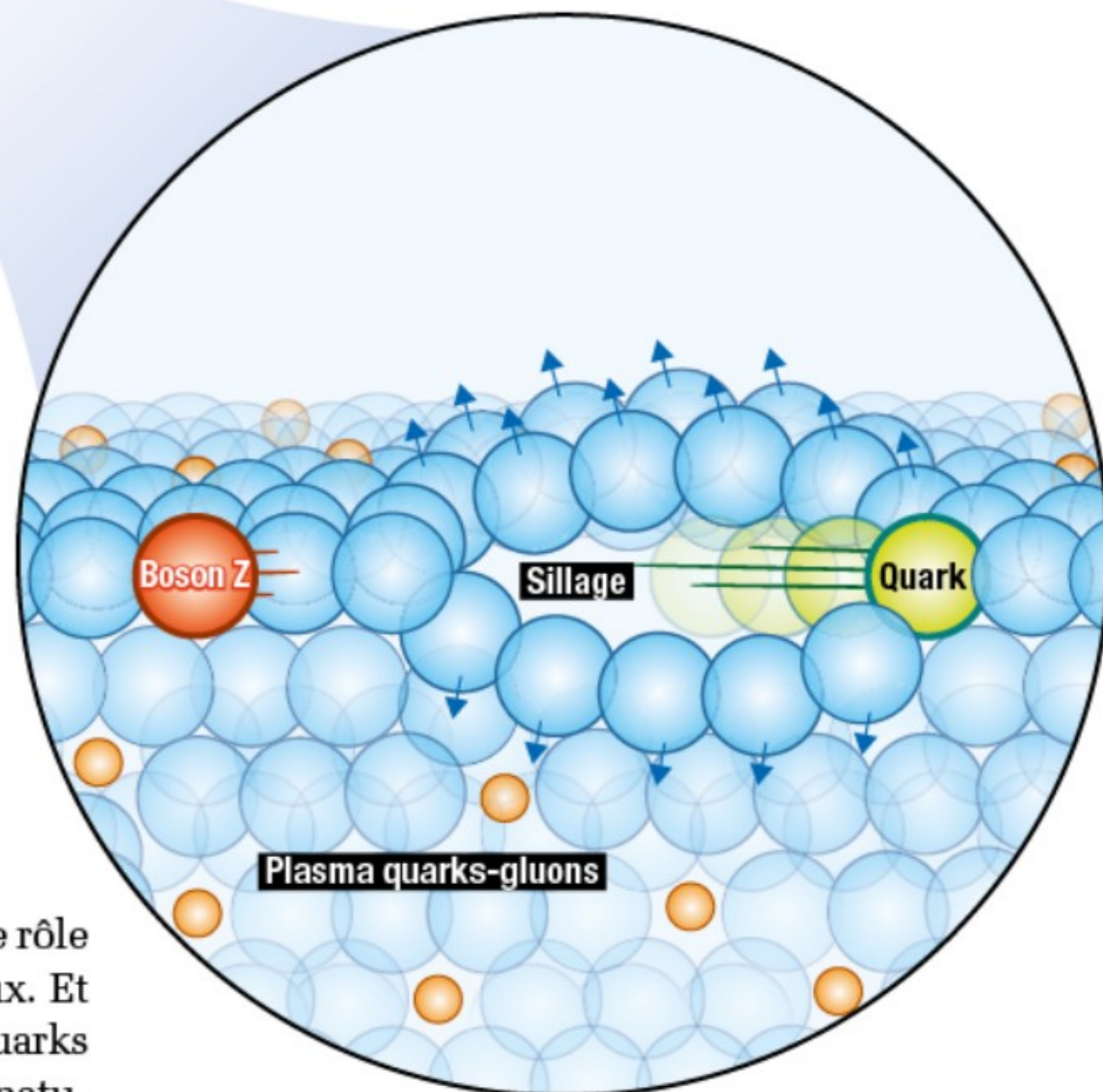
sables de l'interaction forte : ils jouent le rôle de glu en confinant les quarks entre eux. Et contrairement aux autres particules, quarks et gluons ne sont jamais isolés à l'état naturel. *"Plus on tente d'éloigner deux quarks, plus des particules de gluons vont apparaître entre eux pour les garder solidaires, explique Émilie Maurice, physicienne au laboratoire Leprince-Ringuet. Au bout d'un moment, l'élastique de gluons va casser et deux nouveaux quarks vont surgir et se lier aux quarks initiaux."* Le seul moment où ces particules ont pu être libres remonte donc à la première microsonde qui a suivi le big bang, quand l'Univers n'était que plasma.

BRUNO BOURGEOIS - JESSICA OSTER

Voilà maintenant plus de cinquante ans que les physiciens tentent de l'étudier. Las, cette soupe aurait totalement disparu du cosmos... Les théoriciens ont alors tenté de la modéliser

Les quarks laissent un sillage derrière eux...

Lors des collisions, un boson Z peut être émis en même temps qu'un quark ; ils filent alors dans des directions opposées. Seul le quark est soumis à la force forte et interagit avec le plasma : il y génère un sillage.



afin de décrire sa dynamique. Et les différents calculs ont tous brossé un portrait général pour le moins surprenant : un liquide presque parfait, dans lequel quarks et gluons s'écoulent à la manière d'un fluide sans frictions.

Tous les modèles ne sont cependant pas d'accord sur la manière dont se comporte chaque particule en son sein. Pour certains théoriciens, lorsqu'un quark se déplace, il entre en collisions successives avec les autres quarks et gluons. Dans cette vision, l'énergie se dissipe principalement par des interactions individuelles, et la réponse du milieu reste essentiellement locale, comme dans un gaz de particules. À l'opposé de cette approche, d'autres

... et le plasma répond d'un seul tenant

Le sillage observé révèle la nature même du plasma de quarks et de gluons. Il ne réagit pas de manière désordonnée : l'énergie déposée se propage à l'ensemble du système. Cette cohésion montre que le plasma se comporte comme un fluide et non comme un simple gaz de particules indépendantes.

théories adoptent une description plus collective du plasma. C'est le cas du modèle hybride développé en 2014 par le physicien Krishna Rajagopal, du MIT, aux États-Unis. Il prédit qu'un quark traversant le plasma primordial laisse derrière lui un sillage : l'énergie qu'il dépose ainsi est transmise au milieu environnant ; quarks et gluons se mettent alors en mouvement de manière collective.

Jusqu'à présent, il était impossible de trancher : *"Aucun modèle ne capture toute la complexité de la nature, confirme Krishna Rajagopal. Il fallait donc confronter ces prédictions à l'expérience pour vérifier si la nature se comporte réellement ainsi."* Pour observer ce milieu, les chercheurs l'ont recréé grâce au plus grand accélérateur de particules du monde, le LHC. *"La seule manière de produire un plasma, c'est de faire se collisionner des ions lourds"*, pointe Matthew Nguyen. En fracassant des noyaux de plomb à une vitesse proche de celle de la lumière, les physiciens concentrent une énergie colossale dans un volume minuscule. La température, qui atteint les 10^{12} °C, suffit pour disloquer les protons et les neutrons : durant un bref instant, environ 10^{-23} s, quarks et gluons sont libérés et forment une gouttelette de plasma.

Jusqu'ici, les expériences traquaient des paires quark-antiquark produites lors de ces collisions. En traversant le plasma, ces particules y déposent une partie de leur énergie

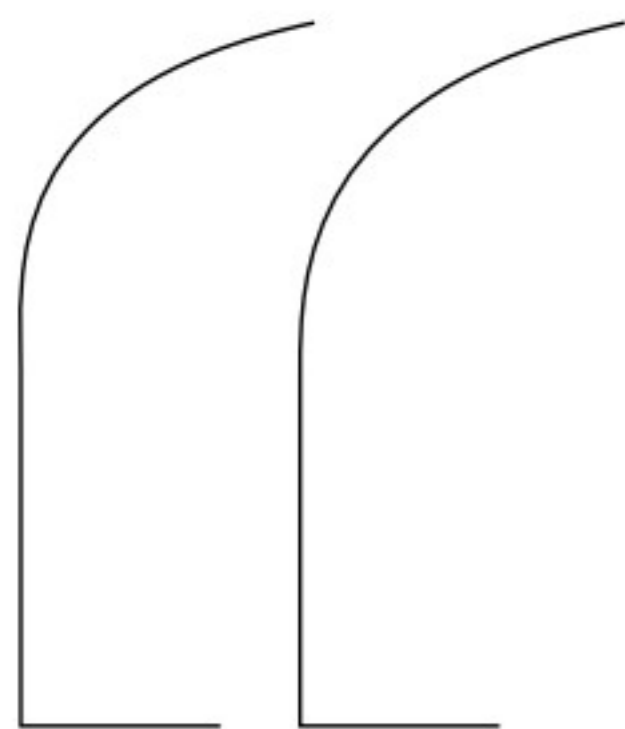
qui façonne le sillage. Mais il y a un hic : le quark et l'antiquark partent dans des directions parfaitement opposées à partir du point où ils se sont formés. *"Ainsi le sillage de l'un brouille celui de l'autre, ce qui rend difficile l'identification claire de la réponse du milieu"*, souligne Matthew Nguyen.

LA RUSE DU BOSON Z

Pour contourner cette difficulté, les chercheurs ont adopté une stratégie différente. Lors des collisions, ce ne sont pas toujours des paires quark-antiquark qui sont générées. Il existe aussi des événements où un quark est produit en même temps qu'un boson Z, une autre particule élémentaire. *"Contrairement aux quarks, le boson Z est insensible à la force forte. Il traverse donc le plasma sans produire de sillage"*, explique Matthew Nguyen. Il ne reste alors qu'à observer comment le quark perturbe le milieu.

En étudiant un ensemble colossal de 13 milliards de collisions enregistrées au LHC en 2018, les chercheurs ont pu isoler 2 000 paires quark-boson Z. Un travail de fourmi qui en valait la chandelle : le signal obtenu indique que l'énergie perdue par le quark ne disparaît pas simplement dans des collisions isolées avec des particules du plasma. Elle met le milieu lui-même en mouvement, comme l'avait prédit le modèle hybride ! *"J'ai été très impressionné par l'ingéniosité des membres de CMS pour détecter les sillages sans ambiguïté, applaudit Krishna Rajagopal. J'ai aussi été ravi de voir que les données étaient en cohérence avec le modèle hybride : durant sa première microseconde, l'Univers était un véritable liquide primordial, et non un milieu gazeux."*

Puis, 1 microseconde plus tard seulement, l'Univers s'est étendu et refroidi : le plasma a alors disparu quand les quarks et les gluons se sont liés pour former les protons et les neutrons. Ce sont ces briques qui, en s'assemblant, donneront ensuite naissance aux noyaux atomiques, le socle de toute la matière que nous connaissons aujourd'hui.



MATTHEW NGUYEN
Physicien au laboratoire
Leprince-Ringuet, à Palaiseau



Contrairement aux quarks, le boson Z est insensible à la force forte. Il traverse donc le plasma sans produire de sillage





^ À l'aide de lasers, ce dispositif traque le satellite chinois Micius pour recevoir les photons que celui-ci a intriqués depuis l'espace.



INTERNET

Et il devint quantique

Élaborer des appareils quantiques n'est pas tout : il faudra parvenir aussi à les mettre en réseau. D'autant plus que la technologie pourrait garantir aux échanges d'informations une sécurité inédite.

Après l'ordinateur et les capteurs quantiques, une nouvelle révolution technologique se profile avec... les réseaux quantiques. En Asie, en Europe, en Amérique, les racines d'un futur internet quantique commencent à pousser : des premiers tronçons sont construits entre des laboratoires de physique de plus en plus distants. L'idée à terme n'est pas tant de supplanter l'internet classique que de s'y greffer, avec deux objectifs majeurs : sécuriser les connexions, le plus urgent, puisque les clés de chiffrement actuelles sont de plus en plus vulnérables ; et interconnecter tous les appareils quantiques (ordinateurs, capteurs...) entre eux.

Quelle différence entre les informatiques classique et quantique ? Dans cette dernière, l'information n'est plus codée avec des →

bits (0 et 1), comme en informatique classique, mais avec des bits quantiques, ou “qubits”, qui peuvent être à la fois dans l’état 0 et dans l’état 1. Ce principe de superposition propre à la physique quantique explique qu’une particule peut se trouver simultanément à deux endroits ou dans deux états tant qu’on n’interagit pas avec elle, en effectuant une mesure par exemple. C’est sur cette propriété que reposent les prototypes d’ordinateurs quantiques actuels. Elle leur permet de réaliser des calculs en parallèle en consommant peu de ressources –un avantage majeur sur l’informatique classique.

EN PASSANT PAR LES FIBRES OPTIQUES...

Très bien. Mais comment l’appliquer sur le réseau internet? Concrètement, ces superpositions de 0 et de 1 peuvent être encodées dans des électrons, dont le spin est à la fois orienté vers le haut et vers le bas; dans des atomes, qui se voient alors dotés de deux niveaux d’énergie; ou dans des photons, dont la polarisation, c’est-à-dire l’orientation de leur champ magnétique, est en même temps verticale et horizontale. Or ces derniers sont des particules de lumière... C’est-à-dire celles qui voyagent déjà dans les fibres optiques actuelles.

Et ce n’est pas tout: l’intrication, un autre principe de la physique quantique, permet de lier les états de plusieurs particules quelle que soit la distance qui les sépare, si bien que si l’on en modifie une, l’autre l’est également. Ainsi, mesurer la polarisation d’un photon intriqué renseigne sur celle de sa jumelle –c’est un échange instantané d’informations. En somme, grâce à la superposition et à l’intrication des photons, les qubits sont non seulement transportables, mais transportables dans les fibres optiques de l’internet classique. Et déjà, des échanges de qubits ont été réussis entre des laboratoires à Pékin, Shanghai, Chicago, Singapour, Cambridge, Ljubljana, Paris et Nice, via les réseaux télécom.

Pour l’instant, ces réseaux se limitent à quelques dizaines, voire centaines de kilo-

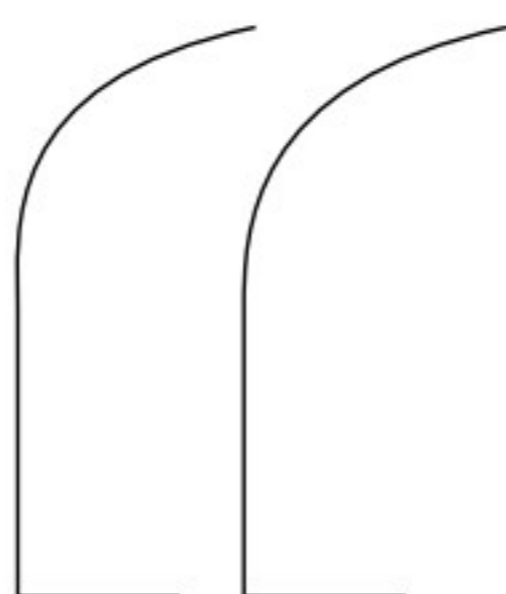
mètres... Car au-delà, un obstacle physique bloque leur expansion: les pertes de photons. Que ceux-ci soient porteurs de bits classiques ou de qubits, 99% du débit est perdu au bout d’à peine 100 km! Dans le premier cas, des répéteurs, installés à intervalles réguliers, redonnent un coup de fouet au signal, qui peut alors se propager dans les câbles par-delà les océans. Impossible en revanche de réamplifier les qubits: manipuler une superposition d’état quantique revient à la détruire –c’est le “théorème de non-clonage”, propre à cette physique.

Pour l’instant du moins: “Le développement de l’internet quantique global passera par la conception de répéteurs quantiques, estime Demitry Farfurnik, de l’Université d’État de Caroline du Nord (États-Unis). Des prototypes –à partir de gaz d’atomes froids en superposition ou de cristaux dopés en terres rares intriqués avec des photons porteurs de qubits– existent déjà, mais sont encore loin d’être déployés sur le terrain.

... OU LE RÉSEAU SATELLITE

Une alternative serait d’échanger, via des lasers, les qubits par la voie des airs –les pertes y sont bien inférieures. Dans ce domaine, la Chine a une longueur d’avance écrasante: dès 2017, leur satellite Micius a intriqué des photons depuis l’espace et les a envoyés vers une base chinoise et un laboratoire autrichien, ce qui avait sidéré la communauté internationale. En 2025, son successeur, le microsattellite Jinan-1, a reproduit l’exploit, en envoyant cette fois des photons superposés en Afrique du Sud, à une distance record de 13 000 km! Aucun autre pays n’est encore parvenu à reproduire une telle prouesse.

Il faut dire que le défi technologique est gigantesque. Il faut être capable de traquer avec une extrême précision le satellite qui file à grande vitesse dans l’espace, sous peine de perdre les photons. Et puis, les perturbations de la couche atmosphérique déforment le faisceau. Les récepteurs au sol utilisent donc l’optique adaptative inventée pour l’astronomie: ils tirent vers le ciel un laser qui cartographie les



En échangeant des qubits à grande distance, on pourrait créer un internet des objets quantiques



VIRGINIA D'AURIA
Chercheuse à l'Observatoire de la Côte d'Azur (Nice)



Trois premières applications de l'internet quantique

Des photons intriqués seront échangés entre des stations au sol et l'orbite, via des lasers.

Lier des capteurs quantiques...

... comme des gravimètres, des gyroscopes ou des magnétomètres, pour les faire gagner en précision et en sensibilité. Les réseaux de capteurs ouvriront la voie à des mesures inédites en géophysique, en navigation ou pour l'observation du cosmos.

Interconnecter des ordinateurs quantiques

Pour mutualiser leur puissance et effectuer à distance des calculs en parallèle, qui seraient trop complexes à implémenter sur une unique machine.

Les qubits seront transportables par des photons dans les fibres optiques de l'internet actuel. Des répéteurs quantiques devraient permettre de compenser les pertes.

Générer de la cryptographie ultra-sécurisée

Les clés quantiques rendent toute interception détectable instantanément. Elles sécuriseront en priorité les communications sensibles : préfectures, réseaux électriques, centrales nucléaires ou transactions financières.

perturbations, alors corrigées en temps réel par le récepteur (voir photo p.93). Enfin, la préparation du satellite en amont est un challenge à elle seule : les sources de qubits, lasers et appareils optiques, doivent être miniaturisées et assez robustes pour supporter les vibrations et les gradients de température extrêmes lors du décollage.

Le futur internet quantique sera donc vraisemblablement une combinaison de connexions terrestres et satellitaires, comme c'est le cas pour l'internet classique. "Une fois qu'on sera capable d'échanger des qubits à

grande distance et à haut débit, on aimerait créer un 'internet des objets quantiques'", projette Virginia D'auria, de l'Observatoire de la Côte d'Azur, à Nice. C'est l'un des deux grands enjeux actuels : "Connecter entre eux plusieurs ordinateurs quantiques géographiquement distants permettrait de faire du calcul distribué, prévoit Frédéric Magniez, de l'Institut de recherche en informatique fondamentale, à Paris. Ainsi, plutôt que de viser des machines individuelles à 1 million de qubits, dont on ignore encore si elles sont techniquement faisables, on atteindrait →

une même puissance en faisant coopérer de plus petits processeurs.”

Un autre domaine d'application pourrait profiter de la mise en réseau : les capteurs quantiques, accéléromètres, gravimètres, gyroscopes ou autres magnétomètres qui commencent à être déployés sur le terrain (voir S&V n°1301). Les interconnecter augmenterait leur précision et leur sensibilité. Horloges atomiques, antennes radio pour sonder le cosmos, détecteurs de matière noire, d'ondes gravitationnelles ou sismiques... tous pourraient en bénéficier.

Après les câbles, le casse-tête du code

Tandis que les ingénieurs s'échinent à la construction des infrastructures, les informaticiens ont un défi d'un tout autre ordre à relever : réadapter toute l'architecture logicielle de l'internet classique aux spécificités de la physique quantique, et tout standardiser. *“Les prototypes de réseaux actuels sont développés par des laboratoires et des entreprises qui ont chacun leur propre approche et leur interface, explique Ruo Zhou Yu. Pour l'internet classique, il a fallu une à deux décennies avant que les organisations de standardisation ne mettent de l'ordre dans ce chaos, poursuit-il. “Cela devrait également prendre dix ans pour le monde quantique.”*

“Mais avant toute chose, les réseaux sont d'un intérêt stratégique majeur à l'approche du Quantum Day, considère Christophe Coureau, directeur du laboratoire Lumière, nanomatériaux et nanotechnologies, à Troyes. Le Quantum Day ? C'est le jour où l'ordinateur quantique aura acquis la puissance suffisante pour casser les clés de chiffrement actuellement utilisées pour sécuriser les communications. Qui inventera un tel objet obtiendra d'un coup d'un seul l'accès à toutes les données sensibles – diplomatiques, de sécurité intérieure, de transactions financières...”

“Il est donc impératif de développer des méthodes de cryptage purement quantiques, par nature indéchiffrables, indépendamment de la puissance de calcul des ordinateurs”,

poursuit le chercheur. Ce qu'offre le fameux théorème de non-clonage, inhérent à l'internet quantique, une faiblesse dans son expansion mais une force dans son chiffrement : quiconque essaierait d'intercepter des qubits romprait la superposition, trahirait instantanément sa présence... et provoquerait l'arrêt immédiat du transfert de données.

ALGORITHME DE CHIFFREMENT

Si la technologie n'en est pas encore là, elle avance néanmoins à grands pas. *“Dans les premières versions de l'internet quantique,*

l'objectif sera de continuer à faire transiter les données sur les réseaux classiques, mais en les protégeant grâce à des clés de chiffrement quantiques”, précise Christophe Coureau. Pour ce faire, l'algorithme de référence s'appelle BB84, des initiales de ses inventeurs Charles Bennett et Gilles Brassard, récompensés le 18 mars dernier par le prestigieux prix Turing, l'équivalent du Nobel pour les informaticiens. C'est justement cet algorithme qu'exploitera le tout premier satellite quantique européen Eagle 1, dont le lancement est prévu pour la fin de l'année. *“Pour commencer, des clés seront envoyées entre le Centre*

allemand pour l'aéronautique et l'astronautique et un terminal en cours de construction aux Pays-Bas, annonce Alberto Rubio, le chef du projet à l'ESA. Puis 26 stations réparties sur toute l'Europe y seront connectées.”

Brique par brique, tronçon par tronçon, de plus en plus de réseaux métropolitains de fibres se relieront alors par connexion satellitaire. *“Ils sont les premiers jalons d'une interconnexion mondiale, de la même manière qu'arpanet a évolué en internet”,* compare Ruo Zhou Yu, de l'Université d'État de Caroline du Nord. De nouveaux fils continueront de se tisser en silence, et dans quelques années à peine, quand nous en prendrons soudainement conscience, la toile quantique planétaire sera en fait déjà là...

SCIENCE & VIE

CROISIÈRES

En partenariat avec **Hurtigruten**,
référence des croisières en Norvège

HURTIGRUTEN

Croisière EN NORVÈGE DU SUD AU NORD

A BORD DE L'EXPRESS CÔTIER
DU 23 AU 29 JUIN 2026 OU
DU 28 OCTOBRE AU 3 NOVEMBRE 2026

7 JOURS / 6 NUITS AU DÉPART DE PARIS

LES POINTS FORTS

- Un itinéraire mythique de 7 jours, de Bergen à Kirkenes, longeant toute la côte norvégienne au-delà du cercle Arctique.
- Un voyage au cœur des plus beaux paysages nordiques : le fjord de Geiranger, Trondheim, îles Lofoten, Cap Nord.
- Des navires chaleureux et confortables, au style authentique (300 cabines max).
- Une offre complète au départ de Paris avec accompagnement francophone à partir de 2 408 €* / personne

Avantages lecteurs : une réduction spéciale lecteurs jusqu'à 790 €/pers sur le prix public + un crédit à bord offert

* le tarif indiqué inclut la réduction spéciale lecteurs, Exemple de prix en cabine intérieure double départ du 28/10/2026



Cap Nord Honningsvåg



Le MS Nordlys

Téléchargez la documentation sur www.voyages-lecteurs.fr/sv

OU Infos & réservations **01 41 33 57 04** en précisant **SCIENCE & VIE** du lundi au vendredi de 9h à 19h et le samedi de 9h30 à 17h.

M086 # L1598556

Code article : 785311

OU Demandez votre brochure sans engagement à : Science & Vie - CROISIÈRE EN NORVÈGE - 59898 Lille Cedex 09

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 Hurtigruten 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, 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 - Photographies : ©Shutterstock.com, ©HURTIGRUTEN

**VOYAGES
LECTEURS**





À l'origine des yeux

En enquêtant sur nos ancêtres, des chercheurs ont retracé l'histoire de notre système visuel. Elle s'avère pleine de péripéties et emprunte même à la mythologie. Car au commencement fut un œil unique...

Et si nous étions les descendants d'un cyclope? Pas un de ces géants dont se joue Ulysse au cours de son Odyssée, bien entendu, mais une créature ayant réellement existé. Si l'idée paraît absurde, elle est pourtant l'hypothèse très sérieuse d'une équipe anglo-suédoise. Selon ces biologistes, l'ancêtre commun de tous les vertébrés aurait bien été doté d'un œil unique, planté au sommet de sa face. C'est même à cet endroit que seraient apparues les cellules spécialisées de notre rétine actuelle, avant de migrer sur les deux côtés du crâne pour nous offrir la vision binoculaire, ultra-précise et en trois dimensions, dont nous bénéficions aujourd'hui.

Comment l'équipe dirigée par Dan-Eric Nilsson, neuroscientifique à l'université de Lund (Suède), est arrivée à un tel scénario? En procédant à la manière de la police criminelle: les chercheurs ont rassemblé toutes les informations anatomiques, moléculaires →

ILLUSTRATION SOPHIE LECLERC D'APRÈS SHUTTERSTOCK - M.TUMELAIRE

lares et génétiques répertoriées sur les yeux de centaines d'espèces animales actuelles. Puis ils ont remonté le fil. "En nous laissant guider par ce que l'on sait de l'évolution des espèces et de certains gènes, une histoire s'est imposée à nous", raconte Dan-Eric Nilsson.

Les enquêteurs se sont focalisés sur les bilatériens, c'est-à-dire les animaux dont la silhouette présente un axe, avec de part et d'autre un côté droit et un gauche symétriques – logique, quand on cherche à découvrir l'origine de deux yeux. Les deux branches les plus représentatives de ce clade sont les arthropodes (insectes, araignées, crustacés...) et les vertébrés (poissons, oiseaux, mammifères...). Et chaque branche semble avoir inventé sa propre façon de voir le monde (voir infographie).

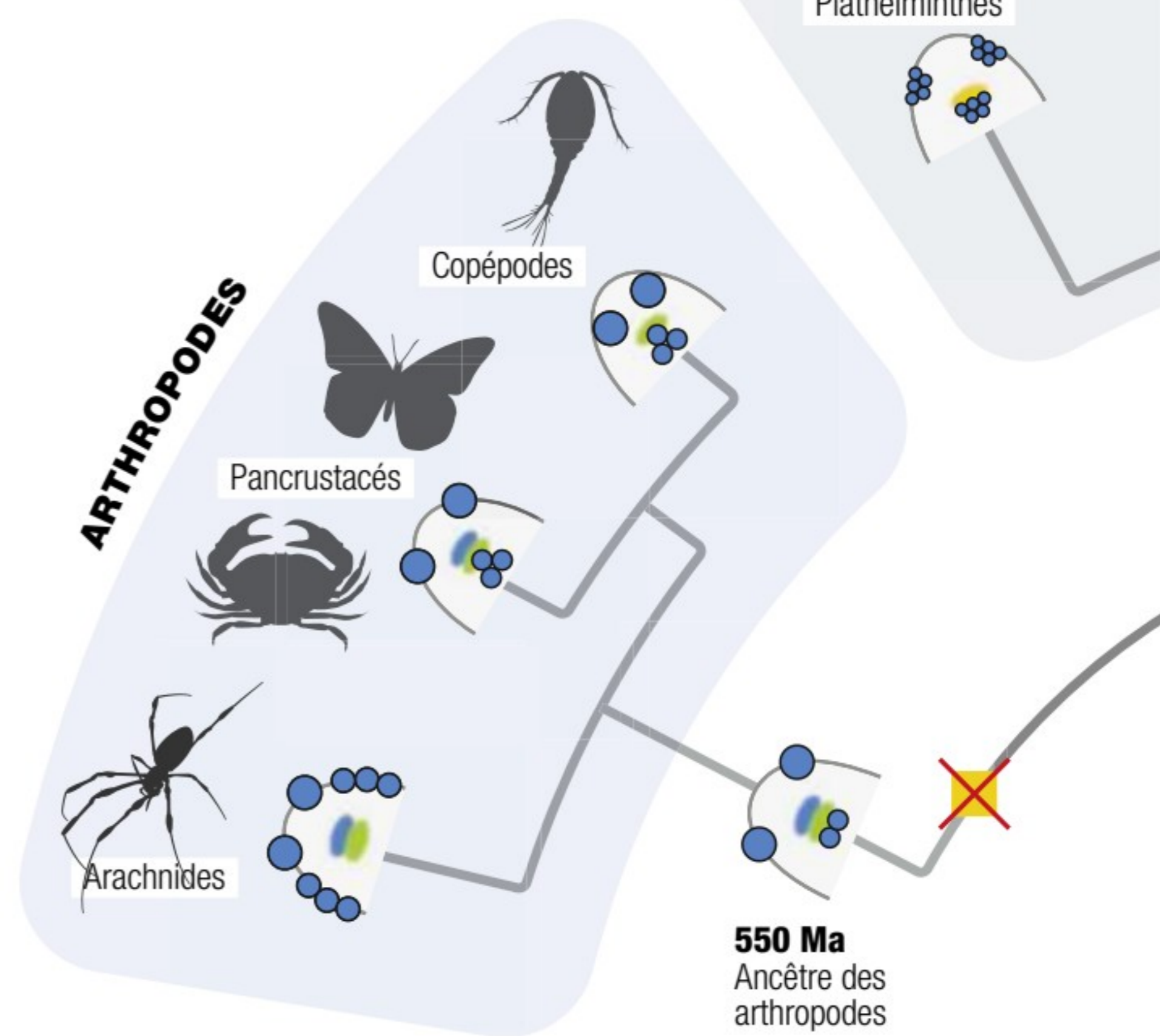
YEUX À FACETTES ET GLOBES OCULAIRES

Une différence remarquable distingue en effet les organes visuels des insectes et ceux des vertébrés. Les premiers disposent d'yeux à facettes qui regroupent des centaines d'yeux simples – les ommatidies –, chacun étant doté de sa cornée, de quelques cellules sensibles à la lumière et de son nerf optique. Les seconds possèdent des paires de globes oculaires, dont le fond tapissé de centaines de millions de cellules sensibles à la lumière forme la rétine. Ces différences suggèrent que les yeux des insectes et ceux des vertébrés sont apparus de manière indépendante au cours de l'évolution. Et pourtant, ils partagent beaucoup de caractéristiques.

En premier lieu, ces systèmes optiques fonctionnent sur le même principe. Quel que soit l'animal, de la lumière – sous forme de photons – atteint des cellules photoréceptrices dans ses yeux, qui émettent alors un signal nerveux jusqu'à son cerveau. Plus encore : les mêmes types de cellules photoréceptrices – les rhabdomériques et les ciliées – sont retrouvés dans tous les systèmes de perception de la lumière, bien qu'ils jouent des rôles différents. Chez les vertébrés, les cellules ciliées reçoivent les photons et passent le signal à des cellules rhabdomériques. Chez les insectes, c'est l'inverse : les cellules rhabdomériques sont en première ligne dans les yeux composés.

BRUNO BOURGEOIS

Mille façons de voir



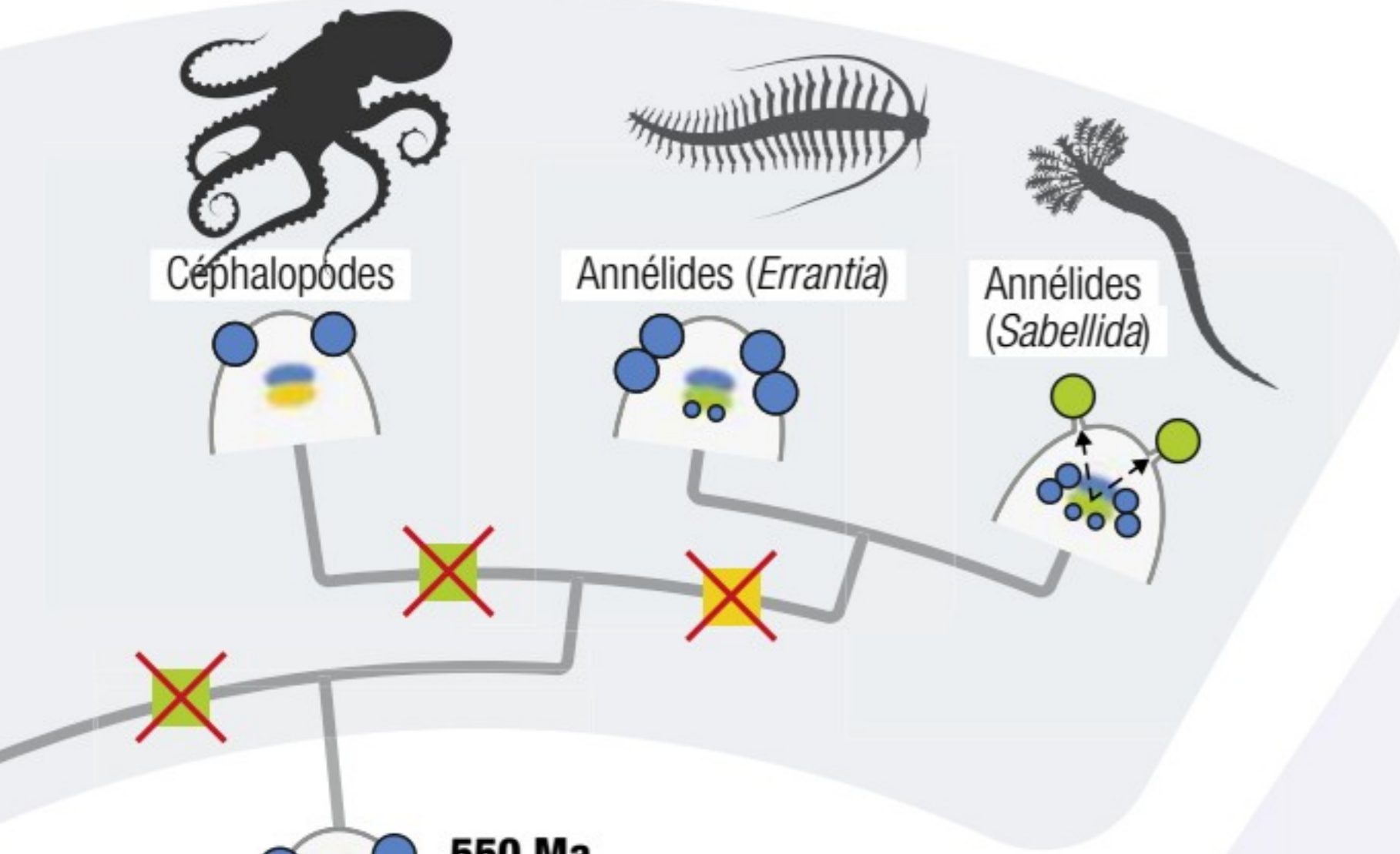
LES ARTHROPODES ONT MULTIPLIÉ LEURS YEUX

Les paires d'yeux simples (ocelles) des araignées ou composés des insectes participent à la formation d'images pixellisées et floues. Certains ocelles ne forment pas d'images mais captent l'intensité ou la polarité de la lumière.

- ■ ■ ■ Familles principales d'opsines (protéines sensibles à la lumière)
- ● ● ● Œil complexe (à rétine ou composé)
- ● ● ● Œil simple (ocelle)
- ● ● ● Récepteurs sensibles à la lumière (ne créent pas d'images)
- Glande pinéale
- ✗ Perte liée à l'évolution

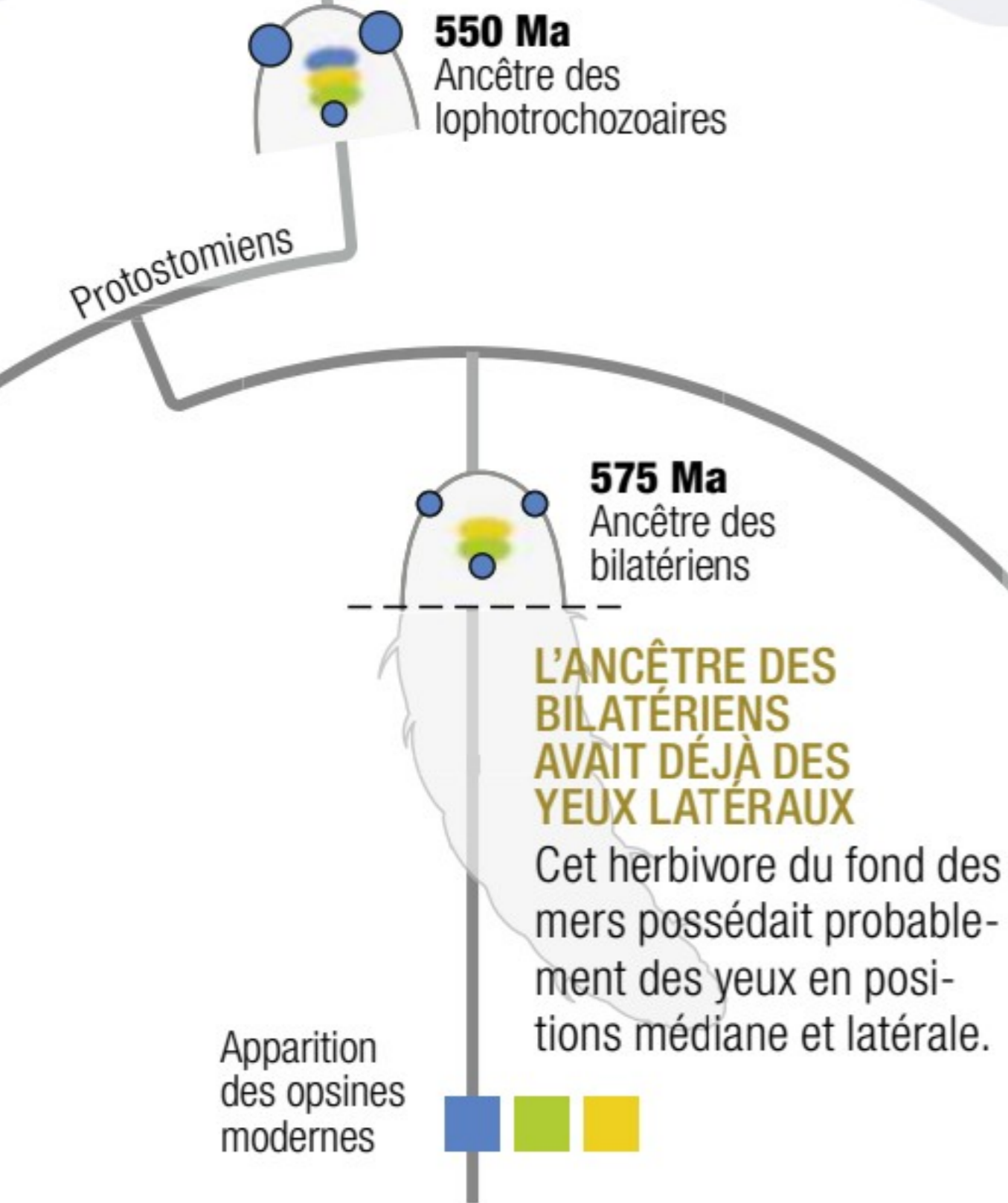
Dans l'écheveau de cette histoire évolutive, l'équipe a enfin ajouté un paramètre : l'emplacement de ces cellules photoréceptrices. "Chez tous les bilatériens, elles sont situées soit de part et d'autre de la face, soit au centre", constate Dan-Eric Nilsson. Celles au milieu du front ne donnent souvent qu'une information rudimentaire sur la présence de lumière et sur son intensité, et ne participent pas à la construction mentale d'une image – c'est le cas chez certains reptiles.

LOPHOTROCHOZOAIRES



LES VERS ET LES MOLLUSQUES ONT ADAPTÉ LEUR VISION

Si les poulpes et seiches profitent d'un système visuel sophistiqué, les bivalves et les vers n'ont pour la plupart pas d'yeux – à l'exception des 200 yeux de la coquille Saint-Jacques, qui perçoivent les variations de lumière.



L'ANCÊTRE DES BILATÉRIENS AVAIT DÉJÀ DES YEUX LATÉRAUX

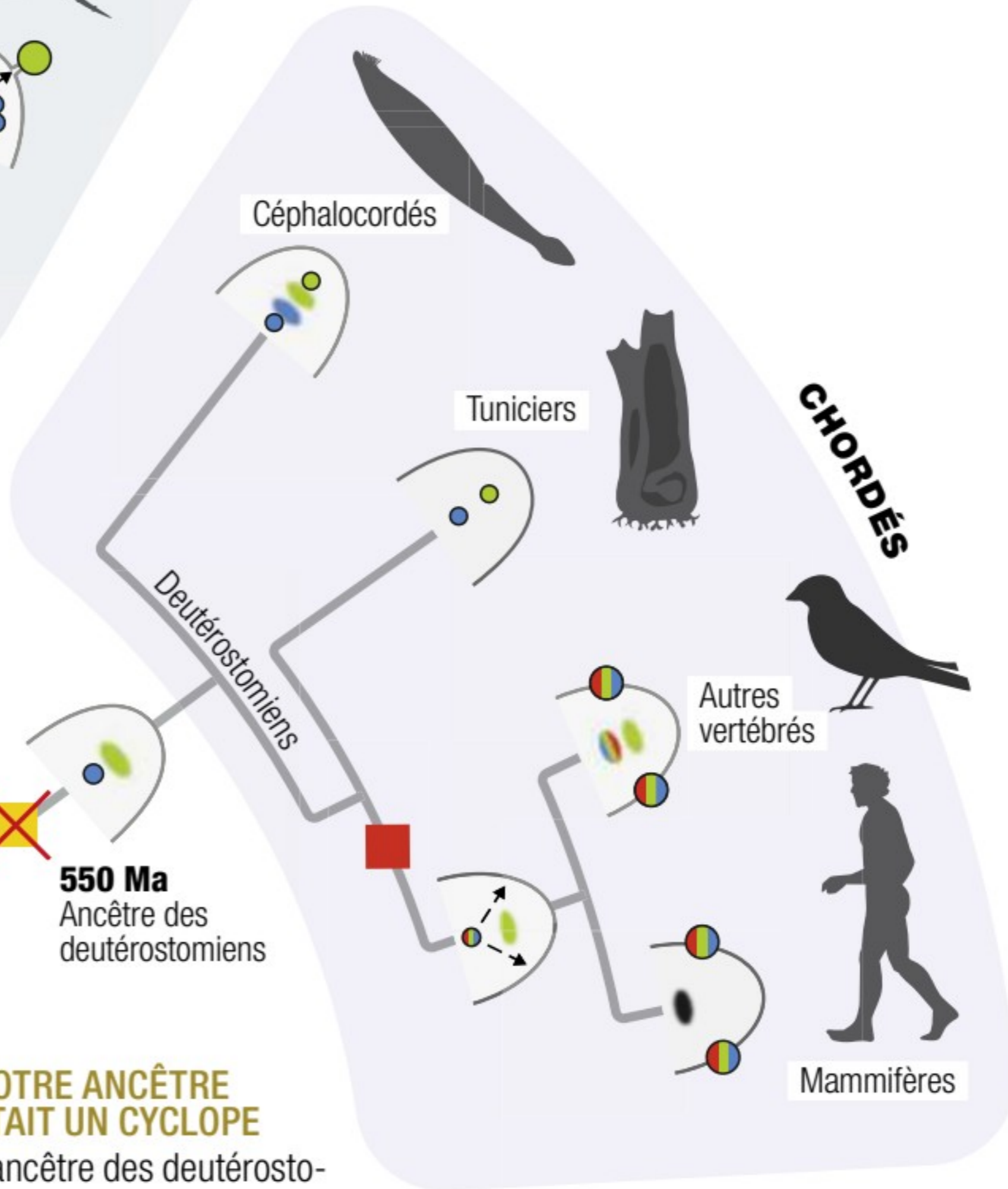
Cet herbivore du fond des mers possédait probablement des yeux en positions médiane et latérale.

NOTRE ANCÊTRE ÉTAIT UN CYCLOPE

L'ancêtre des deutérostomiens – nous y compris – était probablement sédentaire et se nourrissait de particules en suspension. Il a perdu ses yeux latéraux au cours de l'évolution et gardé un œil simple sur le front capable de détecter la lumière.

LES OPSINES CAPTENT LES PHOTONS

Apparues il y a 700 millions d'années, ces protéines transforment la lumière en signal photoélectrique.



LES CHORDÉS ONT TOUT OU RIEN

Les espèces les plus simples (comme le lancelet) n'ont pas de système visuel. Les vertébrés, en revanche, sont souvent dotés d'une paire d'yeux sophistiqués munis d'une rétine exploitant plusieurs types de cellules photoréceptrices spécialisées. Ils peuvent voir, souvent précisément et souvent en couleurs.

SOURCE : CURRENT BIOLOGY, 2025

En revanche, les cellules photoréceptrices de part et d'autre de la tête participent toujours à un système visuel sophistiqué à l'origine d'une reconstruction mentale de notre environnement : l'œil.

DESCENDANTS D'UN VER PLAT

Une fois cette masse de données récoltées, l'équipe s'est attelée à positionner, dans l'arbre évolutif des bilatériens, les caractéristiques optiques de tous les animaux étudiés.

Le but : retracer l'émergence de nouvelles capacités visuelles – et éventuellement leur perte – au fil de l'évolution. Le résultat fut sans équivoque : *“Le seul scénario qui rende cohérente cette répartition des caractéristiques visuelles aujourd'hui, c'est que nous, vertébrés, descendons d'un ancêtre ayant un seul œil”*, estime Dan-Eric Nilsson. Un cyclope, donc, probablement une sorte de ver plat, qui vivait il y a environ 560 millions d'années.



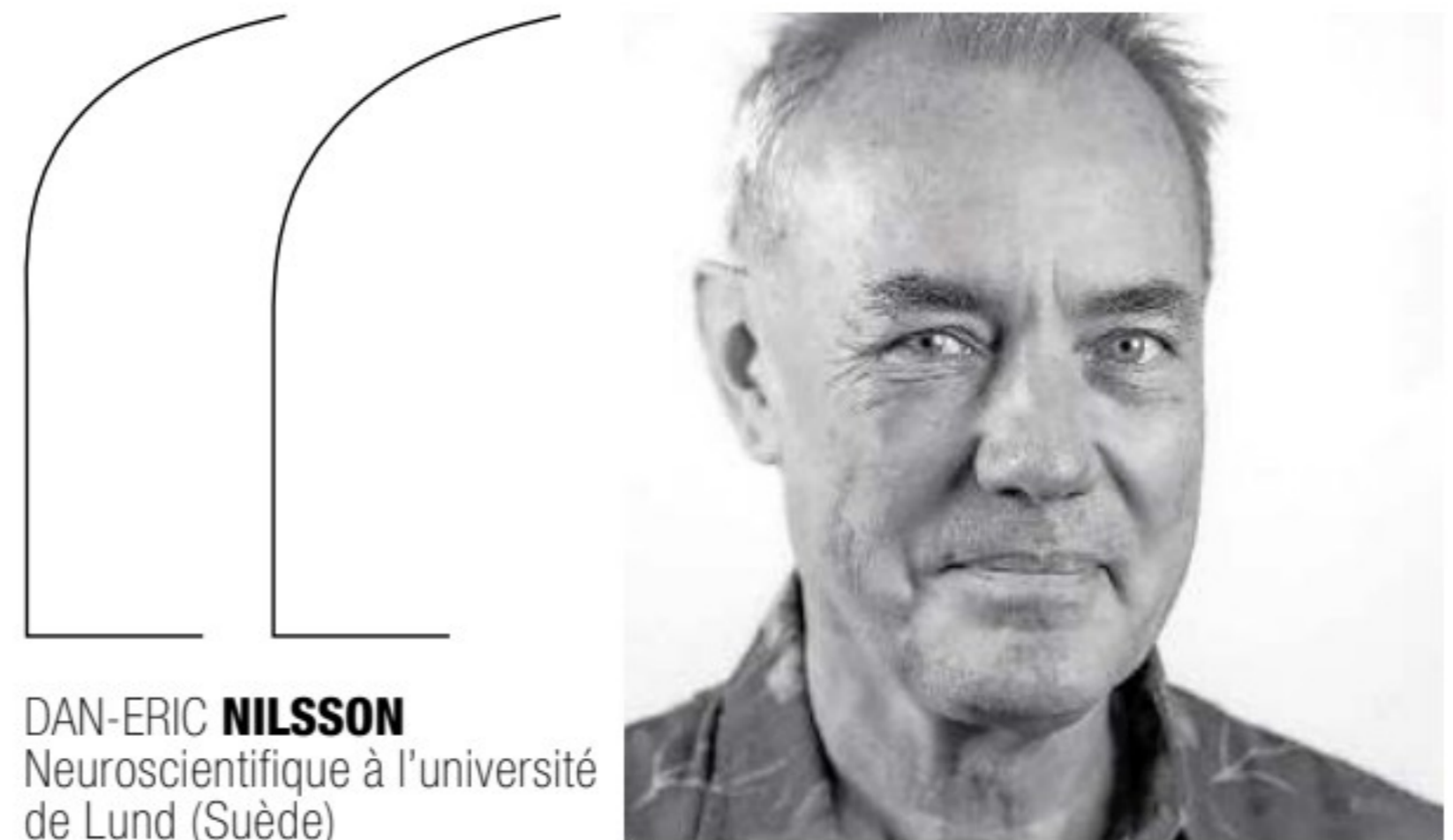
Mais ce n'est pas tout: en remontant l'arbre encore plus haut, jusqu'à l'ancêtre des insectes et des vertébrés, les chercheurs ont estimé que notre ancêtre cyclope descendait sûrement, lui, d'un organisme à trois yeux: deux latéraux, plus un amas de cellules photosensibles en position centrale! C'est de ces dernières que nos yeux actuels descendraient: devenu sédentaire, planté dans un trou dans le sable à avaler l'eau de mer, ce lointain ancêtre n'avait qu'à connaître la direction de la surface pour tenir son appareil filtreur dans la bonne direction afin de se nourrir. Ce dont son œil central s'acquittait très bien: ses latéraux auraient disparu avec les aléas de l'évolution.

UN VESTIGE SOUS LE CRÂNE

Puis ses descendants ont quitté leur trou et commencé à nager. Des zones sensibles à la lumière sont apparues de part et d'autre de l'œil central, octroyant à ces vers une vision plus fine. Au sein de ces protorétines, plusieurs types de cellules photoréceptrices se sont connectés les uns aux autres, se répartissant les tâches: la perception des photons pour les ciliées; la transformation et la conduction du signal vers le nerf optique pour les rhabdomériques. Jusqu'à ce que l'œil central se divise en deux organes, chacun descendant sur un côté de la face. Ce fut la réinvention de la vision 3D. *"Cette paire d'yeux a facilité l'orientation de nos ancêtres*

On a découvert un poisson à quatre yeux

La trouvaille tombait à pic! En janvier 2026, une équipe de paléontologues chinois et britanniques publiait l'étude de fossiles très spéciaux: ceux du plus vieux vertébré connu, un poisson doté de quatre yeux. Ce myllokunmingiidé a vécu il y a environ 518 millions d'années dans ce qui est aujourd'hui le sud de la Chine. Entre ses deux yeux latéraux, les chercheurs ont décrit deux globes riches en pigments dotés d'une lentille. Ces organes auraient été capables de former des images. Il pourrait s'agir d'une étape intermédiaire de la transition d'un ancêtre cyclopéen vers les vertébrés actuels disposant de deux yeux latéraux et d'un vestige d'œil central.



DAN-ERIC NILSSON
Neuroscientifique à l'université
de Lund (Suède)

Le seul scénario qui rende cohérents nos résultats, c'est que nous, vertébrés, descendions d'un ancêtre ayant un seul œil

aquatiques et leur a permis d'éviter les obstacles", poursuit Dan-Eric Nilsson.

Bien sûr, ce scénario n'est que le plus probable, rien ne dit que ce cyclope a réellement existé. *"La seule manière d'en être sûr serait de disposer d'une machine à remonter le temps! commente Patrick Pla, spécialiste du développement de la rétine à l'université de Paris-Saclay. Mais je trouve passionnant de réussir à faire ce lien entre mode de vie et évolution des organes."* Et puis cette histoire a été émaillée de nombreuses péripéties encore inconnues: *"On parle d'évolution sur des centaines de millions d'années. Or, par exemple, un poisson qui vit protégé dans une grotte peut perdre ses yeux en 200 000 ans. Ce scénario fait forcément des raccourcis",* pointe Claude Desplan, neuroscientifique à l'université de New York, aux États-Unis.

Mais l'on pourrait en garder quelques héritages aujourd'hui. *"Ce qui me fascine le plus, c'est que le cerveau des vertébrés pourrait abriter un vestige de cet œil cyclopéen sous la forme de la glande pinéale",* rebondit Patrick Pla. Cet organe en forme de pignon de pin, situé dans le cerveau, joue un rôle dans les rythmes biologiques. Chez de nombreuses espèces, notamment chez les oiseaux, il se cale directement sur la lumière du jour, qu'il perçoit faiblement à travers le crâne. Évoqué dans différentes mythologies, le "troisième œil" n'est donc peut-être pas qu'affaire de légende... C'est le don d'un cyclope.

MA THÈSE ▶▶ EN 180 SECONDES



FINALE NATIONALE

📍 **Lille**

Théâtre Sébastopol

Le 28 mai 2026

À 18h30



Inscription gratuite
et obligatoire sur mt180.fr

Un concours où les
sciences montent
sur scène ! Venez voter
pour votre prestation
préférée !

#MT180



 France
Universités

COORGANISÉ
AVEC

 Université
de Lille

EN PARTENARIAT
AVEC

 mgen
GROUPE vyv

 casden
BANQUE POPULAIRE

 MAIF

 GMF

 SCIENCE & VIE

 JUNIOR

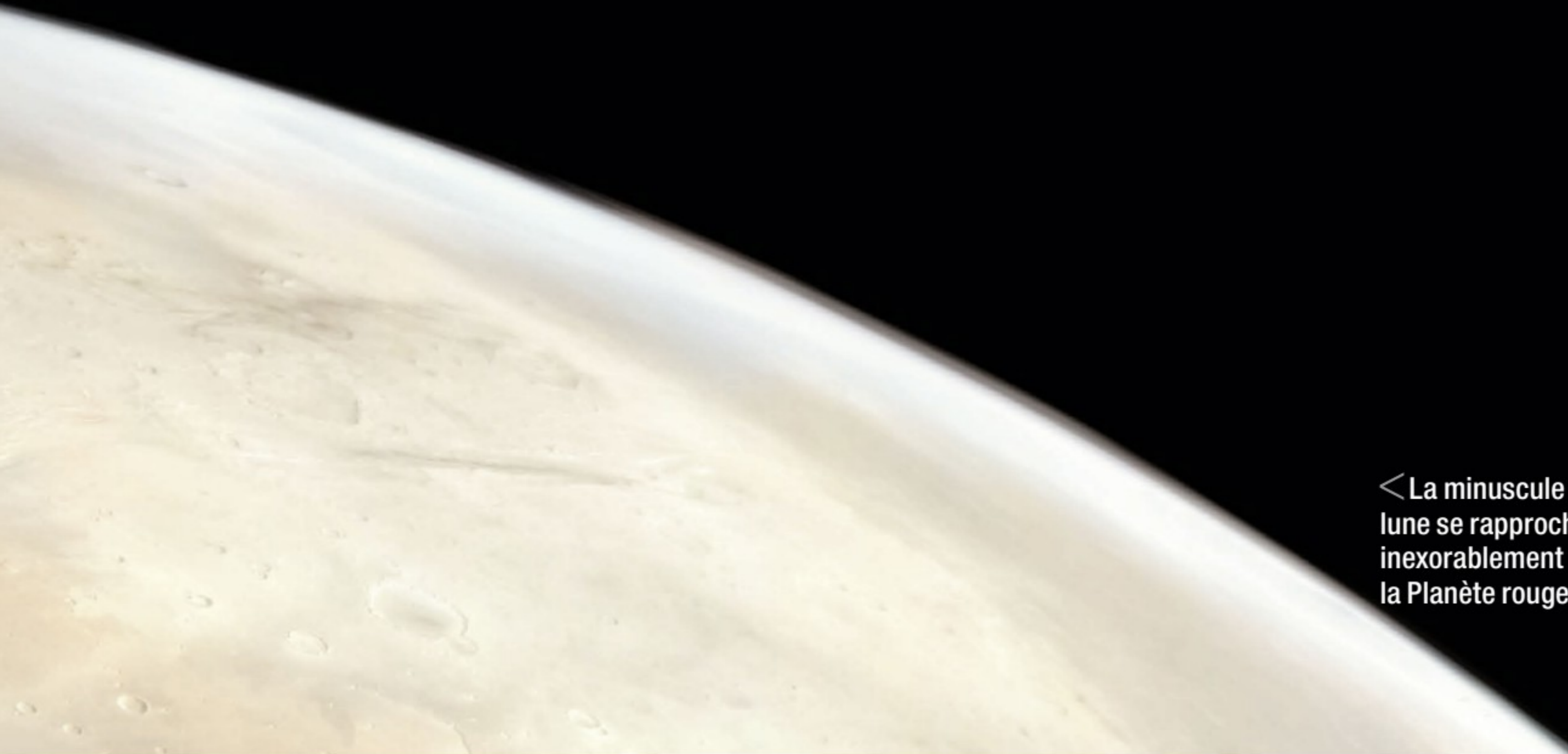
 Le Parisien
Étudiant



Phobos

Chronique d'une mort annoncée

On le savait, le plus grand satellite de Mars est voué à disparaître. Mais quand et comment ? Un nouveau scénario lui prédit une fin bien plus proche et chaotique que prévu...



< La minuscule lune se rapproche inexorablement de la Planète rouge.

Suspendu à seulement 6 000 km du sol martien, Phobos dérive en silence. Ce petit caillou sombre et cabossé, cette lune de Mars d'un diamètre d'à peine deux fois Paris –entre 18 et 25 km–, dessine dans le ciel de la Planète rouge un ballet qui semble perpétuel. Mais il n'en est rien : s'il est une chose dont les scientifiques sont sûrs, c'est qu'un destin funeste l'attend. Phobos –dont le nom issu de la mythologie grecque signifie "peur"– est voué à se rapprocher de plus en plus de sa planète, jusqu'à être broyé par les interactions gravitationnelles. La manière exacte et la date fatidique, en revanche, font débat. Et voilà qu'une étude menée par des chercheurs de l'Observatoire de la Côte d'Azur, à Nice, propose un tout nouveau scénario, celui d'une "fin prématu-

ESA/DLR/FUBERLIN/ANDREA LUCK - M.TUMELAIRE

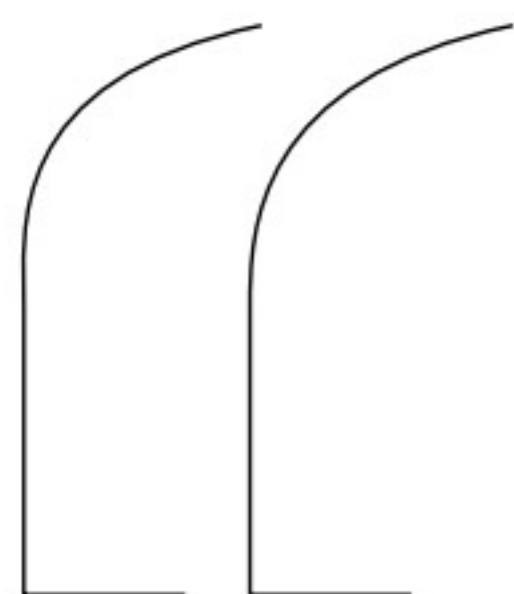
Repères

Phobos et Déimos, les deux lunes de Mars, ont été découverts en 1877 par l'astronome américain Asaph Hall. De tous les satellites naturels du Système solaire, Phobos est celui qui orbite le plus près de sa planète (6 000 km).

l'astre est condamné, il faut scruter son orbite. Comme notre Lune, Phobos présente toujours la même face à sa planète, Mars, dont les journées durent 24 h 36 min. Sauf que contrairement à notre satellite, Phobos tourne plus vite autour de Mars que cette dernière ne tourne sur elle-même : il ne →

rée et chaotique", annonce Harrison Agrusa, astrophysicien et coauteur des travaux. Phobos devrait mourir quelques millions d'années plus tôt que prévu. Pour comprendre pourquoi

met que 7 h 39 min pour boucler sa ronde. Conséquence : l'interaction gravitationnelle entre Mars et son satellite fluctue constamment. Cet effet dit de marée ralentit alors la lune, comme un boulet à sa cheville, l'attirant lentement mais sûrement vers la Planète rouge d'environ 1,8 cm par an. *"Phobos sera détruit en se disloquant dans l'espace avant même de toucher le sol*, affirme Patrick Michel, astrophysicien à l'Observatoire de la Côte d'Azur et coauteur de l'étude. *Mais à quelle altitude exactement ? Tout dépend de ses propriétés internes, qui résultent de la façon dont il s'est formé.*" Impossible de trancher sur les circonstances de sa mort sans connaître celles de sa naissance.



Une fois que Phobos aura commencé à se disloquer, il ne lui restera que quelques années

AGGLOMÉRAT DE ROCHES

Pour les déterminer, les scientifiques du monde entier se sont lancés depuis plusieurs décennies dans une collecte géante de données sur Phobos et Déimos – l'autre lune de Mars qui, à l'inverse de sa sœur, s'éloigne de sa planète. Des mesures de leur spectre lumineux et plusieurs survols par des sondes spatiales ont notamment permis de modéliser leur forme, leur taille, leur masse, leur densité, et d'élaborer deux théories de leurs origines.

Selon la première, Phobos et Déimos habitaient tous deux la ceinture d'astéroïdes située entre Mars et Jupiter, avant que Mars ne les en arrache. Or leurs orbites sont presque parfaitement circulaires et alignées sur un même plan, alors que les captures d'astéroïdes par les planètes sont généralement des événements chaotiques... D'où cette autre possibilité : les deux lunes seraient toutes deux issues d'un impact géant entre un corps céleste et Mars – comme la Lune est

née d'un choc entre Théia et la Terre. Elles seraient alors composées de morceaux d'astéroïdes et de roche martienne.

Sur la base de ces théories, des chercheurs ont alors tâché de déterminer la structure de Phobos. Résultat : dans les deux cas, cette petite lune serait constituée d'un agglomérat de roches solidaires les unes des autres,

elle posséderait même une certaine cohésion interne. De quoi calculer, connaissant sa composition et son agencement, qu'elle ne commencera à se désagréger qu'à environ 2 000 km de la surface martienne. C'est là que les forces de marée se feront plus fortes que la cohésion interne du satellite – une frontière appelée "limite de Roche".

Fin de l'histoire ? Pas sûr : *"Pour ces calculs, la composition de Phobos était déduite de l'analyse de météorites tombées sur Terre"*, indique Patrick Michel. Or ces objets s'embrasent et se disloquent lors de leur entrée dans l'atmosphère : seuls leurs morceaux les plus solides atteignent ainsi le sol ! Plus encore, de récents travaux sur les échantillons de Ryugu, un astéroïde d'un peu moins de 1 km de diamètre filant à la vitesse de 100 000 km/h à 340 millions de kilomètres de nous, montrent qu'il est structuré comme un empilement de cailloux sans réelle cohésion interne... *"D'autres études menées sur des géocroiseurs, comme Dimorphos avec la mission Dart, ont aussi révélé de faibles cohésions"*, indique Pierre Vernazza, chercheur au Laboratoire d'astrophysique de Marseille, qui n'a pas participé à l'étude niçoise. Bref, Phobos pourrait être bien moins dur que prévu.

BOMBARDÉ PAR SES PROPRES DÉBRIS

Enfin, une dernière donnée est à prendre en compte : ce satellite n'est pas sphérique. *"Il est plutôt allongé, car il a dû se former sous l'influence des marées"*, explique Harrison Agrusa. Et cela change tout : à un moment lors de son rapprochement de Mars, la gravité sur Phobos tombera à zéro en son point le plus proche de la Planète rouge. À cet instant, des blocs rocheux commenceront à s'arracher, sans que la structure interne de la lune ne soit perturbée. Les débris se mettront en orbite autour de Mars... mais reviendront rapidement percuter le satellite ! Bombardé par ses propres décombres, Phobos s'effritera alors progressivement jusqu'à sa destruction complète.

Quand tout ceci se déroulera ? Un premier arrachement devrait survenir à environ 4 000 km de Mars, soit 2 000 km plus loin que selon les modèles précédents. Ce qui



HARRISON AGRUSA

Astrophysicien à l'Observatoire de la Côte d'Azur (Nice)



Le nouveau récit des derniers instants de Phobos

1 EN S'APPROCHANT DE MARS...
Lorsque Phobos arrive à environ 4 000 km au-dessus de Mars, la gravité tombe à 0 au point le plus proche de la Planète rouge : la matière s'y trouvant commence à s'élever du sol.

PHOBOS

Diamètre 27x22x18 km
Masse $1,07 \times 10^{16}$ kg
Révolution 7 h 39 min

2 ... LES COUCHES EXTÉRIEURES DE PHOBOS SE DISLOQUENT...
Quelque temps plus tard, la gravité de Phobos n'est plus suffisante nulle part : ses couches externes s'échappent et se mettent en orbite autour de Mars. Le phénomène est encore plus marqué sur la face tournée vers la planète.

4 ... JUSQU'À LE DÉTRUIRE COMPLÈTEMENT

En quelques années, le satellite est entièrement démolí. Une partie des décombres tombe sur Mars, tandis que le reste forme un anneau. Ce dernier pourrait à terme se réagglomérer en une nouvelle lune plus petite.

3 ... ET REVIENNENT LE BOMBARDER...

Régulièrement, certaines roches en orbite croisent celle de Phobos et viennent le percuter de plein fouet, créant de nouveaux débris. Plus ces derniers sont nombreux, plus le processus s'emballe.

laisse tout de même à Phobos le temps de se préparer : "Il reste environ 40 millions d'années avant que le processus ne s'enclenche, estime Harrison Agrusa. En revanche, une fois amorcé, ce ne sera qu'une question d'années – de décennies tout au plus – avant que l'astre ne soit complètement démolí." La lune ne sera alors plus que gravats dans le ciel martien.

Son calvaire ne serait pas fini pour autant : une fois disloquée, la matière de l'astre, dispersée en anneau autour de la Planète rouge,

pourrait progressivement étendre son orbite et se réagglomérer en un nouveau satellite plus petit... et surtout voué au même sort funeste. Phobos lui-même pourrait donc n'être que le maillon éphémère d'une longue lignée de satellites mourant et se régénérant sans cesse, un mythe de Sisyphe revisité. "C'est une hypothèse qui est compatible avec nos données, mais de nouvelles simulations seront nécessaires pour l'examiner", commente Harrison Agrusa. Cette lune porte décidément bien son nom.

SCIENCE HISTORY IMAGES/ALAMY/HEMIS - M. TUMELAIRE

^ Le robot sous-marin Deep Discoverer explore les Samoa américaines à la recherche de nodules polymétalliques.



OXYGÈNE NOIR

Le nouveau mystère des profondeurs

Non seulement les abysses, à – 4 000 m, regorgent de métaux, mais il s'en dégagerait par endroits du dioxygène ! Sans lumière ni photosynthèse... De quoi ébranler les théories du développement de la vie sur Terre.

Cela n'a aucun sens !" Ces mots, ce sont ceux d'Andrew Sweetman, chercheur en écologie et biogéochimie des fonds marins à l'Association écossaise pour les sciences marines. Nous sommes en 2018 sur un navire au milieu de l'océan Pacifique, dans la zone Clarion-Clipperton, entre le Mexique et Hawaï. C'est la troisième fois que le spécialiste et son équipe se rendent sur place pour récolter des données : en 2013 puis en 2015, elles les avaient laissés circonspects. Alors, cette fois, ils sont équipés de tout nouveaux capteurs. Qui, stupeur, rendent une même conclusion : à 4 000 m de profondeur, à l'interface entre eau et sédiments, il y a une production de dioxygène (O₂).

Cela n'a aucun sens, en effet. Dans les abysses, l'absence de lumière rend a priori toute photosynthèse et donc production d'oxygène impossible – on devrait plutôt y constater une diminution du gaz, qui est consommé par les espèces vivant là. Pourtant, au niveau des galets de métaux qui tapissent une partie des abysses, appelés "nodules polymétalliques", la concentration en dioxygène mesurée par les scientifiques va jusqu'à tripler en l'espace de deux jours ! "À ce moment-là, je me suis dit qu'il fallait jeter les capteurs à la poubelle", raconte Andrew Sweetman. Et ce n'est qu'en 2021 que le chercheur accepte ses propres résultats : "Sur les 60 expériences réalisées au même endroit, nous avons relevé une hausse d'oxygène dans environ 90 % des cas. J'ai compris que ce que j'observais depuis huit ans était réel, même si cela allait à l'encontre de tout ce que j'avais appris", souffle-t-il.

AUX SOURCES DE LA VIE SUR TERRE

L'équipe publie ses résultats à l'été 2024 et le retentissement est international. Il faut dire que la production de dioxygène sans photosynthèse questionne jusqu'aux théories du développement de la vie sur Terre. Plus concrètement, elle interroge aussi →

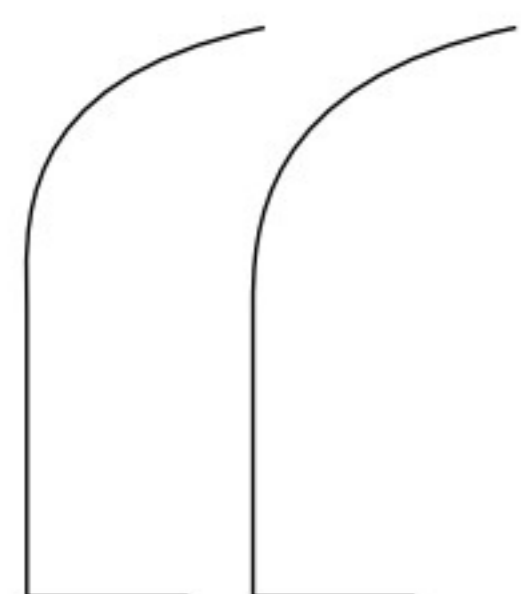
les impacts potentiels d'une exploitation minière des abysses : les nodules polymétalliques contiennent du manganèse, du fer, de l'aluminium, ainsi que des métaux stratégiques –cobalt, nickel, cuivre–, dont les besoins pour l'industrie ne cessent de croître. Mais ces nouveaux résultats suggèrent qu'ils pourraient aussi participer au cycle de l'oxygène de l'océan : en les exploitant, on risquerait de bouleverser un mécanisme crucial à la vie sur notre planète.

Forcément, le sujet s'est vite enflammé. L'entreprise minière The Metals Company, qui avait financé les recherches, s'est opposée aux résultats, arguant d'une absence de preuve crédible et de l'existence d'autres études contradictoires. Plusieurs expéditions scientifiques ont en effet été menées au même endroit, dès 1986, et toutes ont constaté une consommation d'oxygène, pas une production.

Les données d'Andrew Sweetman ont ainsi été questionnées par la communauté : *“Ce qui est surprenant, c'est que la production de dioxygène mesurée est très forte, notamment au début de l'expérience”*, explique Olivier Rouxel, géochimiste à l'Ifremer. Ce qui détonne dans l'écosystème abyssal, à l'activité d'ordinaire lente. *“Et elle n'est pas linéaire. En fait, ces résultats ne ressemblent pas à un processus naturel. Ils me font penser à ceux d'une étude publiée en 2021 par le chimiste suédois Mikhail Kononets, qui détaillait ce qu'il se passe lorsqu'une bulle d'air provenant de la surface reste piégée dans les instruments de mesure.”*

QUID DU DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL ?

L'instrument en question est une chambre benthique : un système composé de cloches bardées de capteurs et déposées sur le plancher océanique. Elles permettent d'isoler des éléments particuliers dudit plancher tout en les maintenant dans leur environnement, et donc d'étudier au plus près leur comportement naturel (voir infographie, ci-dessus). Qu'une bulle d'air de la surface se retrouve piégée lors de la descente de la cloche est ainsi théo-



J'ai compris que ce que j'observais était réel, même si ça allait à l'encontre de tout ce que j'avais appris



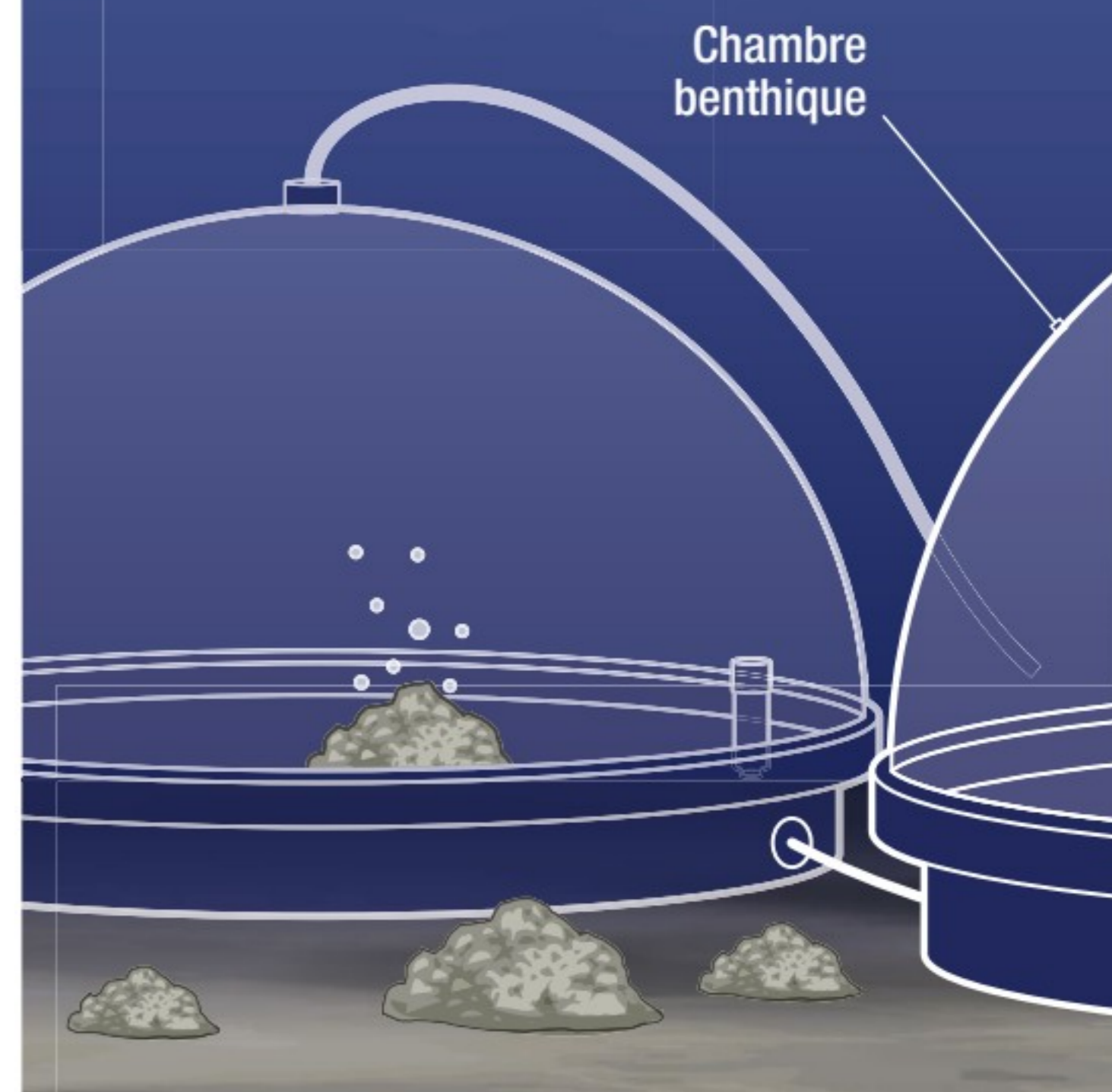
ANDREW SWEETMAN
Chercheur à l'Association écossaise pour les sciences marines



Deux scénarios pour expliquer la production d'oxygène noir

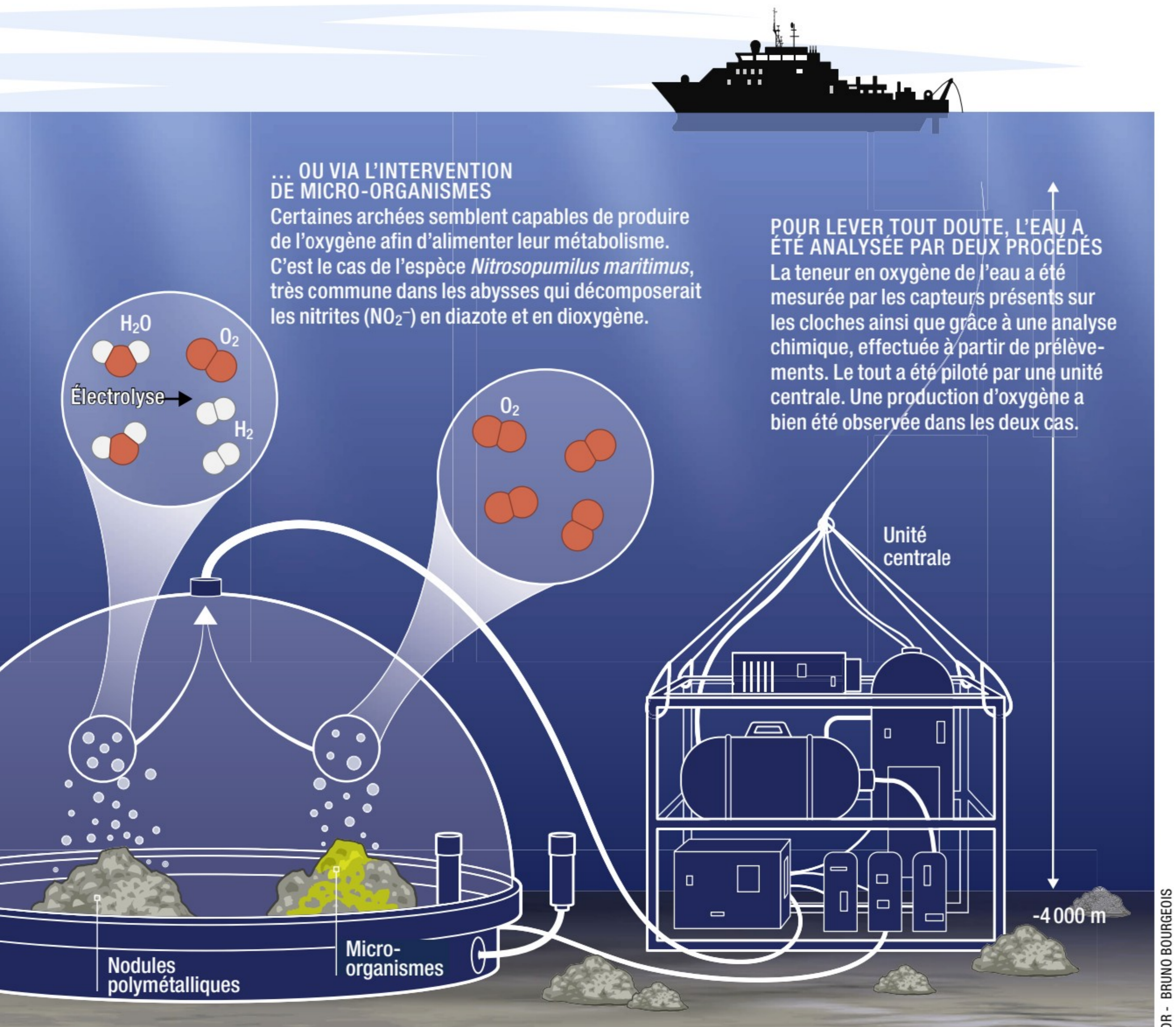
L'OXYGÈNE NOIR SERAIT PRODUIT PAR ÉLECTROCHIMIE...

En réagissant avec l'eau salée, l'oxyde de fer présent à la surface des nodules polymétalliques produirait un courant électrique déclenchant une réaction d'électrolyse : les molécules d'eau seraient ainsi décomposées en molécules de dihydrogène et de dioxygène.



riquement possible, mais Andrew Sweetman est formel : cela n'a pas pu se produire lors de ses expériences. *“Chaque chambre est équipée de deux valves qui purgent l'air, justifie-t-il. Et des mesures avec un matériel et un protocole similaires ont été effectuées ailleurs, dans des zones dépourvues de nodules polymétalliques, sans qu'aucune hausse d'oxygène n'ait été observée.”*

L'argument de la bulle restée bloquée dans le système a également été réfuté grâce à une observation similaire réalisée ailleurs sur le globe, cette fois avec l'aide non pas d'une chambre benthique, mais d'une sonde qui ne souffre pas de problème de bulles piégées. En 2012, le chercheur Alexandre



Ganachaud, de l'Institut de recherche pour le développement, était à bord d'un navire de la Flotte océanographique française, pour une expédition dans la mer des Salomon, non loin de la Papouasie-Nouvelle-Guinée. Le site est connu pour sa topographie particulière: "Il présente un bassin fermé, comme une cuvette, décrit-il. Si les grands fonds sont normalement rechargés en dioxygène grâce aux courants marins, ici, aucune ventilation n'est possible au-delà de -4000 m: l'eau est stagnante jusqu'au fond." Le chercheur y a pourtant détecté une augmentation très claire de l'oxygène en profondeur – sans courant, donc. Ne sachant alors que faire de cette information, il l'a laissée de

côté... Aujourd'hui, il s'en saisit pour lancer de nouvelles recherches: "Dix ans plus tard, la publication sur l'oxygène noir remet notre observation sur la table..."

MICRO-ORGANISMES OU ÉLECTROCHIMIE

Bon, l'hypothèse d'une source d'oxygène en profondeur n'est donc pas tombée. Mais dans ce cas, quels en seraient les ressorts? Plusieurs possibilités sont avancées. La première, c'est que le gaz serait produit par des micro-organismes, un phénomène qui a déjà été observé dans les abysses. Pour la tester, Andrew Sweetman et son équipe ont reproduit l'expérience en laboratoire à partir de carottes de sédiments stérilisées →

par des produits chimiques. Une hausse de l'O₂ a quand même été détectée, l'option a donc été écartée. *“Reste que nous ne pouvons garantir l'élimination totale des microorganismes en profondeur, une contamination a pu subsister”*, prévient le chercheur.

Une deuxième hypothèse a ensuite été avancée avec l'aide du chimiste américain Franz Geiger, connu pour avoir démontré que la rouille produisait de l'électricité en présence d'eau salée. Les nodules polymétalliques pourraient-ils générer un courant électrique suffisant pour provoquer une électrolyse de l'eau, c'est-à-dire

la pose de la chambre benthique a pu déloger les sédiments, déclenchant la réaction”, propose Andrew Sweetman.

Enfin, une interrogation subsiste: *“Si les nodules fonctionnent comme des batteries, d'où vient cette énergie et comment se fait-il qu'elle n'ait toujours pas été dissipée vu que ces minéraux sont exposés depuis plusieurs millions d'années?”* pointe Olivier Rouxel. *L'énergie n'est pas spontanée, elle naît d'un déséquilibre chimique. Un minéral riche en fer s'oxyde et apporte de l'énergie lorsqu'il rouille. Mais le fer des nodules est déjà oxydé.”*

Un argument que reconnaît Andrew Sweetman. *“Nous ne misons pas à 100 % sur l'hypothèse électrochimique”*, admet le chercheur.

Et si la vie s'était développée grâce à l'oxygène noir ?

L'étude d'Andrew Sweetman a jeté un pavé dans la mare: certains spécialistes ont estimé qu'elle mettait au défi les hypothèses de l'émergence de l'oxygène sur Terre et pourrait aussi être un argument en faveur de la vie extraterrestre. Sur notre planète, il est en effet admis que la vie s'est développée grâce à l'oxygène produit par la photosynthèse des cyanobactéries, il y a environ 3 millions d'années. Mais pour Olivier Rouxel, de l'Ifremer, il y a un hic: *“L'oxyde de manganèse des nodules polymétalliques, potentiellement à l'origine de l'oxygène noir, a forcément eu besoin de beaucoup d'oxygène pour se former. C'est un peu la théorie de l'œuf et de la poule.”* L'O₂ pourrait donc avoir eu deux émergences distinctes.

la décomposition des molécules H₂O en dihydrogène (H₂) et dioxygène (O₂)? Il semblerait: les chercheurs ont détecté à la surface d'un nodule une tension allant jusqu'à 0,95 V, et ils ont calculé qu'un groupe de ces galets pouvait atteindre une tension supérieure à 1,23 V, suffisante pour enclencher le processus.

Dans ce cas, alors, pourquoi les expériences menées sur les nodules polymétalliques de la zone Clarion-Clipperton n'auraient-elles pas toutes détecté une production d'oxygène? *“Si les nodules sont recouverts de sédiments, le centre réactif peut ne pas être exposé en continu. Lors de nos expéditions,*

DÉSÉQUILIBRES EN CHAÎNE

Davantage d'expériences seront nécessaires pour confirmer –ou infirmer– la réalité de l'oxygène noir. Les répercussions en seraient énormes: *“Si ces résultats sont vérifiés et liés à un bouleversement du milieu, en cas d'exploitation minière la perturbation sur l'océan serait plus importante encore, risquant de créer des réactions chimiques qui n'existaient pas auparavant”*, soulève Olivier Rouxel.

D'autant plus que la potentielle production d'oxygène n'est pas le seul paramètre à

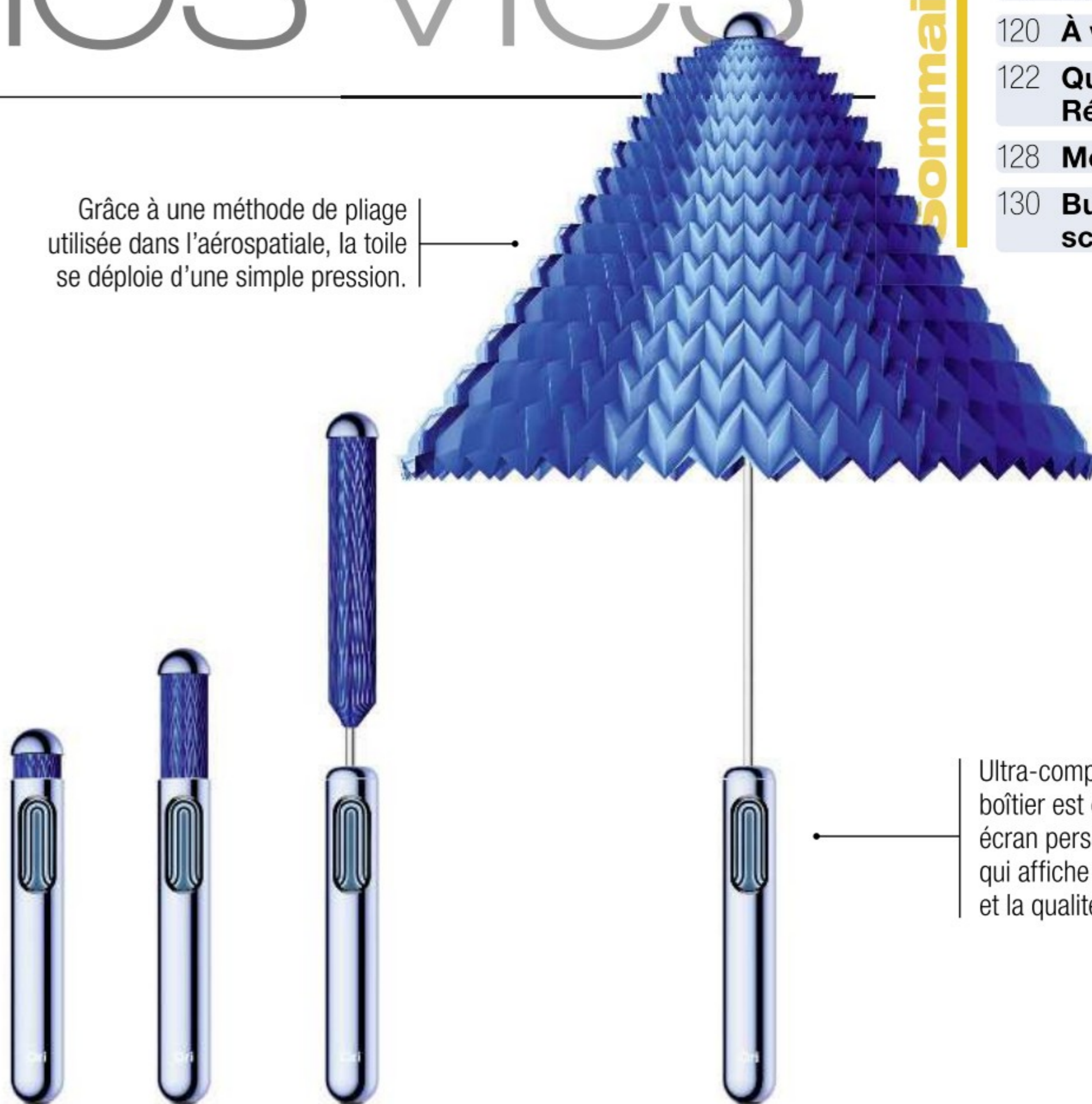
considérer: pour Andrew Sweetman, l'hydrogène pourrait aussi tenir un rôle majeur. *“Les abysses sont si pauvres en nourriture que si de l'hydrogène est libéré, il est consommé par des organismes. Cette molécule pourrait donc constituer la base d'une chaîne alimentaire”*, souligne le chercheur. *“Il faut absolument répondre à ces questions”*, ajoute Olivier Rouxel. En janvier dernier, Andrew Sweetman a annoncé le lancement d'une nouvelle expédition pour l'automne 2026: il espère faire la lumière sur le mystère de l'oxygène noir une fois pour toutes. Espérons que la voix des scientifiques calmera les ardeurs des industriels jusque-là.

C'est dans nos vies

Sommaire

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

Grâce à une méthode de pliage utilisée dans l'aérospatiale, la toile se déploie d'une simple pression.



Ultra-compact, le boîtier est doté d'un écran personnalisable qui affiche la météo et la qualité de l'air.

Le parapluie inspiré de l'origami

Prix: env. 215 €
Rens. : <https://oriworld.co/>

Pas moins de quatre brevets ont été déposés par des ingénieurs américains pour cette nouvelle version du parapluie, plus durable. L'Ori –c'est son nom– ne possède pas d'armature métallique, tient dans un cylindre de 23 cm de long une fois fermé, tout en résistant au vent ! Son secret ? Sa toile composite

constitue à elle seule sa structure : elle intègre un anneau de tension qui verrouille la position ouverte en un dôme rigide de 1 m de diamètre. Des centaines de lignes formant un modèle de pliage, inspiré de celui de Miura, permettent de compresser le tout en un seul geste lors de la fermeture. L'Ori a été testé avec succès sur 400 à 500 cycles de pliage, soit bien plus que la durée de vie d'un parapluie traditionnel. Sa commercialisation est prévue cette année. **L.B.**



✓
TESTÉ
par la rédaction



La balance qui traque l'hypertension

Prix : env. 500 €
Rens. : withings.com/fr/fr/landing/body-scan-2

Technofolies

Cette Bodyscan 2 de l'entreprise française Withings ne se contente pas de vous peser, elle analyse également votre santé cardiaque et votre tension. Pour cela, l'appareil est bien sûr bardé de capteurs, mais il demande aussi de participer : en plus de monter pieds nus sur la balance, il faut tenir fermement une poignée des deux mains pendant 30 secondes à 1 minute. Des électrodes peuvent alors mesurer le courant électrique qui nous traverse, puis transmettre ces informations à un logiciel

capable de les traiter. La Bodyscan 2 rend un bilan cardio-vasculaire et métabolique composé de 60 biomarqueurs différents – oxygène sanguin, volume d'éjection systolique, graisse viscérale. Elle en profite même pour donner "l'âge réel" de notre cœur, de notre système vasculaire et de nos cellules, ainsi qu'un score d'impact glycémique permettant de détecter les premiers signes d'insulino-résistance, et donc de diabète.

Attention, cependant, ces données sont à prendre avec

recul : dans le lot, seuls l'électrocardiogramme et la mesure de l'hypertension sont certifiés médicalement. Et même pour ces dernières, la balance ne remplacera jamais un diagnostic établi par un professionnel.

Reste qu'elle permet aux patients de suivre leur santé au quotidien et de multiplier les données – que l'on peut transmettre à son médecin traitant via une application. Quid du bilan de santé de notre journaliste ? Visiblement, tout va bien. Ouf.

T.D.



Le violon en fibre de carbone

Prix : env. 1 300 €
Rens. : <https://forte3d.com/>

Pour rendre les violons plus abordables et résistants dans le temps, la marque américaine Forte3D a décidé d'en imprimer en 3D. Et non pas à partir de résine ou de plastique comme cela se fait déjà : les instruments sont pour leur grande partie en fibre de carbone – seuls les côtés (éclisses), le manche et son extrémité (volute) sont imprimés à partir d'un polymère plastique. En résulte un violon plus léger que son homologue en bois (486 g), beaucoup plus facile à entretenir et qui ne se déforme pas avec l'humidité. Reste le plus important, sa sonorité : d'après le fabricant, l'instrument sonne aussi bien qu'un modèle en bois professionnel d'entrée de gamme – tout en étant deux fois moins cher. **L.B.**



L'appareil portable pour nager à contre-courant

Prix : env. 600 à 2 070 € (selon le modèle)
Rens. : <https://www.igarden.ai>

Accroché au bord d'une piscine, le Swim Jet X du fabricant américain iGarden génère un fort courant grâce à sa pompe de 300 à 1 000 W. Six vitesses de débit d'eau sont disponibles et l'engin peut fonctionner jusqu'à 10 heures grâce à sa batterie externe – de quoi nager longuement sans enchaîner les longueurs ou juste s'amuser dans les vagues. **L.B.**

Le téléphone sans écran pour enfants



Prix : env. 60 € (sans abonnement)
Rens. : <https://karri.io/fr>

Comment communiquer avec nos enfants et les faire gagner en autonomie sans les doter d'un smartphone ? Avec le Karri Messenger 2 : cet outil a beau être connecté aux réseaux mobiles ou wi-fi, il ne sert qu'à envoyer des messages vocaux. Les parents peuvent aussi le localiser à tout moment grâce à son GPS intégré, et sa batterie dure environ 4 jours. **L.B.**



La cafetière qui tire son eau de l'air

Prix : env. 700 €
Rens. : karapod.com

Kara Pod, de la société américaine Kara Water, est la première machine à café au monde qu'il ne faut pas remplir d'eau : elle l'extrait directement de l'humidité de l'air à l'aide d'un matériau absorbant, la zéolite. Par jour, 3,2 litres d'eau en moyenne sont ainsi récupérés, filtrés, minéralisés, et prêts pour vos cafés. **S.F.**

En lisant une histoire à votre enfant, posez-lui des questions

Sa créativité en sera décuplée! C'est la conclusion d'une étude de l'université de Virginie, aux États-Unis: les chercheurs ont demandé à 38 familles ayant des enfants âgés de 6 à 8 ans de leur lire un album tous les soirs pendant deux semaines. Dans un groupe, les parents devaient lire d'une seule traite; les autres devaient, de temps à autre, pousser leurs bambins à réfléchir en leur posant des questions du type: "À ton avis, que ressent ce personnage?" ou "Que ferais-tu à sa place?" L'empathie et la créativité des petits ont été évaluées avant et à l'issue de l'expérimentation.

Le verdict est sans appel: si les résultats des premiers tests étaient similaires entre les deux groupes, lors des tests finaux, les enfants auxquels on avait posé des questions ont produit plus d'idées originales que les autres. "Quand on leur demande ce qu'ils feraient dans la situation de tel ou tel personnage, les enfants doivent imaginer des actions et des scénarios possibles: c'est un entraînement structuré et répété à la génération d'idées, pointe Erin Clabough, neuroscientifique et coautrice de l'étude.

Le timing des questions aurait son importance. "Il faut s'arrêter à un moment de tension, quand un personnage est confronté à un dilemme", précise-t-elle. Et surtout, éviter de commenter la réponse de son enfant. "Écoutez-le, puis poursuivez la lecture. S'il ne réagit pas quand vous posez une question, attendez une trentaine de secondes avant de continuer. Il ne s'agit pas de donner une leçon ni d'obtenir la bonne réponse, mais d'ouvrir une fenêtre qui lui permette de réfléchir", poursuit Erin Clabough.

Quid de l'empathie, aussi testée? Aucune différence entre les groupes n'a été relevée: elle s'est dans les deux cas améliorée. "Les enfants adoptent probablement le point de vue des personnages de manière naturelle, sans qu'une question explicite soit nécessaire. Il est aussi possible que deux semaines soient insuffisantes pour révéler des écarts mesurables", commente la chercheuse. Elle entend maintenant poursuivre l'expérimentation sur un temps plus long, et investiguer une potentielle variabilité selon le milieu social.

Lise Gougis

"PLoS One", jan. 2026



On n'apprend pas de ses erreurs

Une étude française menée sur 510 personnes a montré que recevoir un retour sur nos choix ne rend pas nos décisions ultérieures plus rationnelles. Les volontaires devaient choisir entre une option raisonnable (gagner 20 points à coup sûr) ou risquée (50% de chances de gagner 40 points et 50% rien du tout). Les chercheurs commentaient ensuite les résultats de leurs choix, puis offraient de rejouer. Que les retours aient été positifs ou négatifs, les volontaires ont à chaque fois augmenté leur prise de risque suivante, d'environ 40%. *"Nat. Commun.", jan. 2026*



Le cerveau doit fournir plus d'efforts en open space

Pour une étude espagnole, des volontaires équipés de casques EEG mesurant l'activité cérébrale ont réalisé des tâches de bureau (lecture et écriture de mails, etc.), soit dans un open space, soit dans un bureau fermé. Les ondes liées aux processus mentaux complexes et à la fatigue psychique étaient plus importantes chez ceux en open space, signe qu'ils devaient fournir plus d'efforts pour se concentrer. *"Buildings", déc. 2025*

Vous voulez savoir si une personne vous écoute ?

Regardez ses yeux ! Selon une étude canadienne, la fréquence des clignements de nos yeux diminue quand nous écoutons attentivement notre interlocuteur. C'est aussi le cas quand on se concentre sur une conversation dans un environnement bruyant. *"Trends in Hearing", sep. 2025*

Varier les sports augmente l'espérance de vie

Des chercheurs de l'École de santé publique de Harvard, aux États-Unis, ont analysé les données de 110 000 personnes recueillies pendant plus de trente ans, incluant notamment le temps que chacun consacrait à diverses activités physiques, des plus intenses (tennis, natation...) aux plus tranquilles (marche, jardinage...). De quoi observer qu'à niveau d'activité comparable, ceux qui pratiquaient une plus grande variété d'exercices présentaient un risque de décès prématuré inférieur de 19% par rapport à ceux focalisés sur une seule activité. *"BMJ Medicine", jan. 2026*



SHUTTERSTOCK

Vous avez gaffé? Optez pour l'autodérision

Tomber en public, casser un produit dans un magasin, se tromper de prénom... en cas de bourde, mieux vaut rire de soi! L'humour fait paraître plus sympathique et sûr de soi, affirme une étude internationale menée sur 3000 participants. Sauf si la maladresse heurte quelqu'un: dans ce cas, montrer de l'embarras reste la réaction la mieux perçue par les autres. *"J. Pers. Soc. Psychol."*, fév. 2026

Le jeûne intermittent n'est pas le régime miracle promis

Une méta-analyse de 22 études regroupant 2000 personnes montre que chez celles en surpoids ou obèses, le jeûne intermittent (sauter des repas ou ne pas manger tous les jours) n'est pas plus efficace pour maigrir que les conseils diététiques habituels. *"Cochrane"*, fév. 2026



Les vêtements en polyester recyclé polluent plus

Des chercheurs de l'université Çukurova, en Turquie, ont mesuré le nombre et la taille des fibres libérées lors du lavage en machine de vêtements issus de cinq marques: Adidas, H&M, Nike, Shein et Zara. Pour des articles similaires, ceux en polyester recyclé ont libéré en moyenne 55% de particules de microplastiques en plus que ceux en polyester vierge, moins fragile. Pire: leurs particules étaient près de 20% plus petites, donc plus susceptibles de contaminer l'environnement et les êtres vivants. *"Changing Markets Foundation"*, déc. 2025



Voici les races de chiens qui ont du mal à respirer

Tête plate, narines étroites, silhouette ramassée... Les chiens qui présentent ces traits ont un risque augmenté de syndrome obstructif des voies respiratoires, une affection à l'origine d'une respiration difficile, d'un essoufflement rapide et de complications pouvant conduire à la mort précoce. En examinant 898 chiens, des chercheurs britanniques ont établi qu'en plus du bouledogue et du carlin, ce syndrome touche fréquemment le chin japonais et le pékinois. Et dans une moindre mesure, l'épagneul King Charles, le griffon bruxellois, le terrier de Boston, le dogue de Bordeaux et le shih tzu. *"PLoS One"*, fév. 2026

Tournez la page, pénétrez sous la canopée, et voyez la forêt comme jamais auparavant !

NOUVEAU



19,90€
seulement

L'environnement forestier dans le monde et la forêt française sont entrés dans une nouvelle ère, avec un écosystème en transformation : croissance qui ralentit, mortalité en hausse, équilibres climatiques en évolution.

- Que disent réellement les chiffres ?
- Comment fonctionne une forêt aujourd'hui ?
- Quelles solutions pour accompagner son évolution ?

Un ouvrage essentiel pour comprendre les mécanismes invisibles qui orchestrent la forêt et explorer les solutions scientifiques pour son avenir.

Hors-série Science&Vie. Couverture cartonnée. 148 pages. Dimensions : 19,5 x 27 cm.

PLUS RAPIDE !

Je commande cet ouvrage en quelques clics en flashant ce code



Photos non contractuelles.

Envoyez le bon de commande ci-dessous avec votre chèque

ou



01 46 48 48 03 - Paiement par CB uniquement du lundi au samedi (prix d'un appel local)

ou



www.kiosquemag.com/boutique

BON DE COMMANDE À RENDRE À :
LA BOUTIQUE DE SCIENCE & VIE - 59898 LILLE CEDEX 9

OUI JE COMMANDE :	Réf.	Qté	Prix	Prix Total
REINVENTER LA FORÊT	434118		19,90€	
Envoi en colis simple. Livraison : 1 à 2 semaines après enregistrement de ma commande.				+ 4€
MONTANT TOTAL DE MA COMMANDE				€

Je règle par chèque à l'ordre la boutique Science & Vie



Vous souhaitez régler par carte bancaire ?
Rendez-vous sur www.kiosquemag.com
c'est rapide, simple et 100% sécurisé !

Offre valable France Métropolitaine valable jusqu'au 31/12/2026 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, de rectification, d'effacement de vos données ainsi que d'un droit d'opposition en écrivant à RMM-DPD, c/o service juridique, 40 avenue Aristide Briand - 92220 Bagneux, ou par mail à dpd@reworldmedia.com. Vous pouvez introduire une réclamation auprès de la CNIL - www.cnil.fr. Pour en savoir plus sur la gestion de vos données personnelles, vos droits et nos partenaires, consultez notre politique de Confidentialité sur www.kiosquemag.com.

Mes coordonnées (*A remplir obligatoirement)

M091 # V1661990

Nom* :

Prénom* :

Adresse* :

Code Postal* : Ville* :

E-mail : (Votre adresse e-mail ne sera pas communiquée à des partenaires extérieurs à des fins commerciales)

N° de téléphone : Date de votre anniversaire :

- Je ne souhaite pas recevoir les offres Privilège de 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 !



ÉVÉNEMENT

Un Festival du sol pendant la Fête de la nature !

Du 20 au 25 mai aura lieu la 20^e édition de la Fête de la nature : des milliers d'événements scientifiques se tiendront partout en France, afin d'offrir au public un temps d'émerveillement avec le vivant. Cette édition anniversaire explore particulièrement la préservation des sols, en partenariat avec l'Association française pour l'étude du sol (Afes). Son président Alain Brauman nous guide dans ce milieu méconnu.

PROPOS RECUEILLIS PAR **CORALIE HANCOK**



Science & Vie : Pourquoi fêter la nature ?

Alain Brauman : L'objectif de la Fête de la nature est de sensibiliser le grand public à ce vaste sujet grâce à des actions menées en extérieur et qui sollicitent les sens plutôt que l'intellect. En invitant le public à observer, à toucher ou à sentir la nature, cette opération fait le pari que les événements proposés auront un impact différent et susciteront davantage d'engagement dans la protection de la nature. La Fête de la nature participe également à la cohésion sociale : chaque Français et Française,



ÉVÉNEMENT

- Fête de la nature**
- Du 20 au 25 mai, partout en France
- Festival du sol**
- 22 et 23 mai, à Angers

quel que soit son âge ou son milieu, peut, en participant, rencontrer ses voisins mais aussi des passionnés qui les guideront dans les espaces naturels près de chez eux. En 2025, lors de la précédente édition, plus de 10348 animations ont été organisées dans 2273 lieux à travers toute la France.

S&V : Cette année, l'association que vous présidez, l'Afes, s'est associée à la Fête de la nature. Pourquoi cette thématique ?

A.B. : Le sol concerne tout le monde : on marche dessus tous les jours,

il produit 95 % de notre alimentation, l'essence que nous mettons dans nos voitures en est issue. Il façonne les paysages, héberge 60 % de la biodiversité terrestre et contribue à lutter contre le réchauffement climatique en stockant du carbone. Mais en dépit de tous les services écosystémiques qu'il rend, le sol est encore largement méconnu, voire dénigré : on l'associe à la fin de vie – et même, dans le christianisme, aux enfers – et on est plus souvent invité à lever les yeux vers le ciel qu'à regarder sous nos pieds. Nous souhaitons pallier cette méconnaissance.

À voir à lire

Nous voulons montrer que le sol est un monde fascinant

ALAIN BRAUMAN

Président de l'Association française pour l'étude du sol

artistique. Dans le cadre de ce projet, nous allons organiser un Festival annuel du sol : la première édition aura lieu cette année dans deux endroits, au Portugal et en France. Nous avons choisi, pour la France, de le programmer au cours de la Fête de la nature, les 22 et 23 mai à Angers, dans la région Pays de la Loire. La première journée sera dédiée aux scolaires et la seconde au grand public, avec de nombreuses animations (spectacles, théâtre d'improvisation, musique, peinture...). Nous creuseront également une grande fosse afin de permettre au public d'observer le terrain en surface mais aussi en profondeur. Des animations autour de la biodiversité du sol sont aussi prévues.

S&V : Le Festival du sol sera-t-il reconduit l'année prochaine ?

A.B. : Oui, c'est notre objectif. En 2027, 8 des 11 pays participant à Soilscape devraient organiser chacun leur festival. En France, il aura lieu ailleurs qu'à Angers. Chaque année, en décembre, l'AFES s'associe également à la Journée mondiale des sols : à cette occasion, nous changeons de ville afin de toucher tout le territoire. Nous procéderons de la même manière pour le Festival du sol.

sance, montrer qu'il s'agit d'un monde fascinant. C'est pourquoi insérer notre association dans le grand dispositif de la Fête de la nature nous a paru pertinent. Cela a du sens et nous permet de bénéficier du vécu et de la visibilité de cet événement.

S&V : Concrètement, quelles actions allez-vous mener pendant la Fête de la nature ?

A.B. : Notre association porte, en France, le projet Soilscape, un programme européen qui fédère 11 pays et vise à sensibiliser le public aux enjeux de la préservation des sols par la médiation

Le choix de la rédaction

EXPOSITION

Byblos, cité millénaire du Liban

- Institut du monde arabe, à Paris
- Jusqu'au 23 août 2026
- Tarif plein : 15 € ; réduit : 13 €

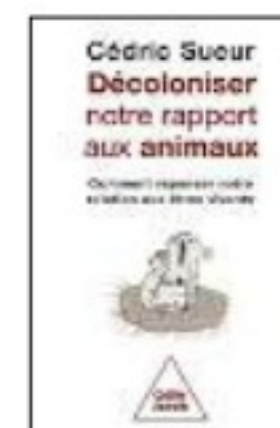


Plongez dans les 9000 ans d'histoire de Byblos, l'une des plus anciennes villes au monde ! À travers plus de 400 objets – figurines divines, vestiges du port antique, parures, etc. –, cette exposition explore les liens forts que cette cité tissait avec l'Égypte, la Mésopotamie et le monde égéen, sa contribution à la diffusion de l'alphabet phénicien, et son impact sur tout le bassin méditerranéen.

LIVRE

Décoloniser notre rapport aux animaux

- De Cédric Sueur
- Éd. Odile Jacob
- 288 pp., 23,90 €



Depuis des siècles, l'être humain s'est placé au-dessus du vivant et octroyé le droit de transformer, dominer, exploiter les autres espèces. Ce constat, c'est celui de nombreux chercheurs, dont Cédric Sueur. Mais il n'est pas une fatalité : ainsi l'éthologue invite à déconstruire ce mode de pensée encore très tenace. Jusqu'à envisager animaux et plantes comme des partenaires à part entière. Une lecture nécessaire.

EXPOSITION

Frontière

- Cité des sciences et de l'industrie, à Paris
- Jusqu'au 2 janvier 2028
- Tarif plein : 15 € ; réduit : 12 €

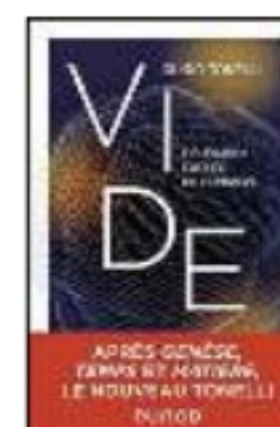


Elle peut être naturelle ou artificielle, zone de conflits ou de paix... À grand renfort de cartes, photographies, et œuvres diverses, cette exposition nous propulse sur dix frontières existantes, pour découvrir les enjeux sociétaux et politiques dont elles font l'objet. Une expérience qui questionne notre rapport à l'espace et à l'autre.

LIVRE

Vide

- De Guido Tonelli
- Éd. Dunod
- 240 pp., 19,90 €



Quel est le point commun entre un atome et l'Univers ? Les deux semblent essentiellement constitués... de vide ! Mais ce dernier le serait-il réellement ? Dans ce livre passionnant et accessible, l'auteur raconte comment les révolutions scientifiques ont complètement bouleversé notre conception du vide : loin d'être une absence, c'est une entité riche en énergie qui influence tout !

Quels risques si les pôles magnétiques s'inversent ?

Question de Lisabel Charrant, Québec (Canada)

Pour notre santé, a priori, aucun. Certes, une inversion du champ magnétique terrestre affaiblirait la magnétosphère, ce bouclier invisible qui contribue à nous protéger des particules énergétiques du vent solaire hautement cancérigènes. Mais les modèles scientifiques indiquent que cela ne devrait pas en laisser passer assez pour provoquer une flambée de cancers. *“L’atmosphère reste le filtre le plus important contre le rayonnement spatial”*, pointe Norbert Nowaczyk, du Centre de recherche pour les géosciences de Potsdam, en Allemagne. D’ailleurs, par le passé, aucune extinction de masse n’a été

associée aux inversions du champ magnétique. Elles sont pourtant relativement fréquentes – environ une tous les millions d’années –, et les perturbations temporaires du champ, appelées excursions géomagnétiques, le sont plus encore : il y en a eu sept au cours des 800 000 dernières années.

Pics de haute tension

“Certaines études ont suggéré que le déclin des Néandertaliens aurait été déclenché il y a 41 000 ans par une excursion durant laquelle l’intensité du champ est tombée à environ 5% de sa valeur actuelle, souligne le chercheur. Mais les épisodes répétés de réchauffe-

ments et de refroidissements rapides d’alors ont probablement joué un rôle bien plus grand.”

En revanche, une inversion des pôles magnétiques pourrait avoir de graves effets sur nos systèmes électriques. *“Les technologies sont vulnérables aux rayonnements cosmiques, qui peuvent induire des pics de haute tension dans les réseaux électriques”*, confirme Norbert Nowaczyk. Comme nos civilisations modernes dépendent d’elles, leur destruction serait catastrophique. La dernière inversion date de 780 000 ans ; la dernière excursion de 33 000 ans. Et les prochaines ? Mystère... **L.G.**



> Nos systèmes électriques subiraient de graves dommages si la magnétosphère était affaiblie.

Questions Réponses



△ Flint (à g.), un chimpanzé étudié par Jane Goodall, se serait laissé mourir de faim à la mort de sa mère.

D'autres espèces animales

Question de Julien Leclercq, Avignon (84)

“Impossible de répondre à cette question, assure Emmanuelle Pouydebat, directrice de recherche au CNRS et au Muséum national d’histoire naturelle. Le sujet du suicide chez l’animal est complexe, car cela sous-entend que celui-ci aurait

conscience de sa propre mort et de celle de ses congénères.” Or cette théorie fait débat dans la communauté scientifique...

Certains chercheurs ont tout de même constaté des comportements complexes associés à la



pratiquent-elles le suicide ?

mort d'un proche chez des mammifères. Comme le chimpanzé Flint, observé par la célèbre éthologue Jane Goodall. Selon cette dernière, peu de temps après la mort de sa mère Flo, Flint, prostré à proximité du nid maternel, se serait laissé mourir de chagrin en arrêtant de s'alimenter. Sauf que de tels témoignages

sont encore trop rares pour valider l'hypothèse d'un suicide conscientisé.

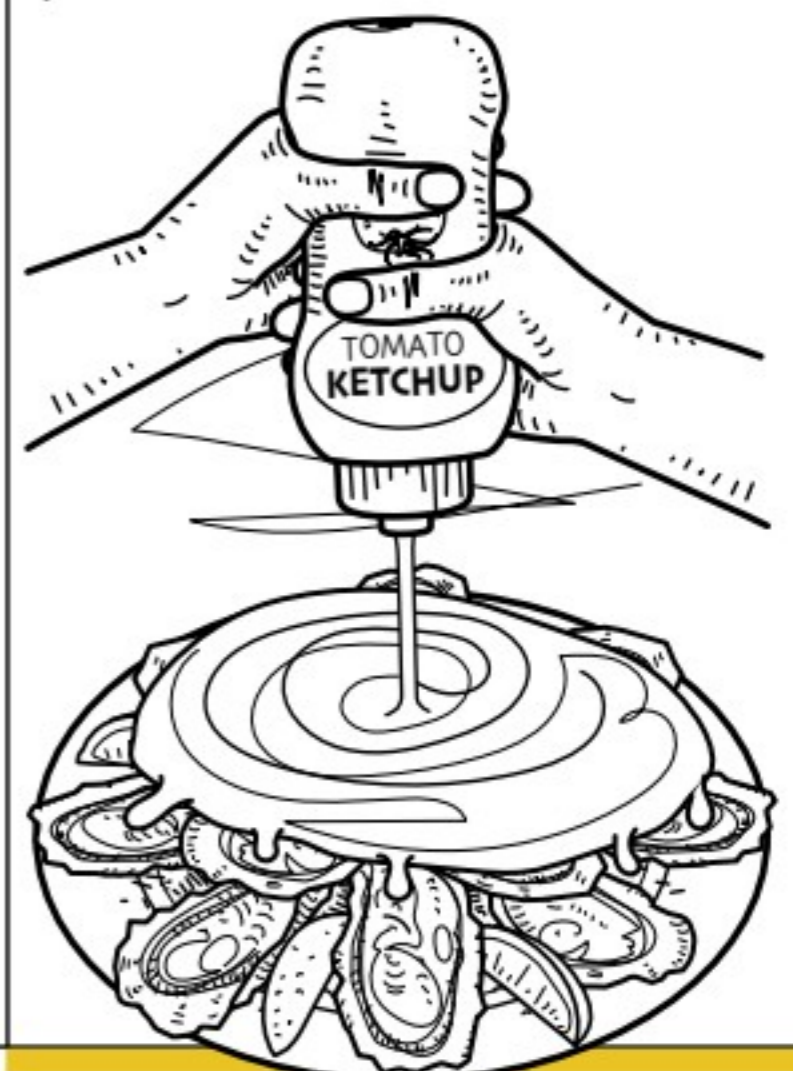
Le cas des sacrifices gratuits, assez courants chez les animaux, pourrait aussi s'apparenter au suicide. *"Lors de confrontations entre certaines fourmis, des individus dont les mandibules ne sont plus efficaces contre leurs ennemis peuvent*

exploser pour les détruire, indique Emmanuelle Pouydebat. Il s'agit là d'autodestruction, une sorte de suicide altruiste. Mais sont-ils pour autant conscients de leur propre mort ? Le mot suicide dans le sens où on l'imagine est sans doute trop anthropomorphique." Au vu des connaissances actuelles, en tout cas. F.C.

Pourquoi nos goûts alimentaires changent-ils avec l'âge ?

Question de Maxime Ragot, Charenton-le-Pont (94)

C'est avant tout une histoire de papilles gustatives ! À la naissance, un bébé en possède plus qu'un adulte : il perçoit les saveurs de manière plus intense, et aura tendance à rejeter les goûts amers et acides pour leur préférer ceux sucrés, plus doux. Avec les années, l'exposition répétée à un aliment déplaisant et la baisse du nombre de papilles font évoluer les goûts. De plus, notre odorat – très lié au goût – se détériore avec l'âge. *"La production de salive diminue et le mucus dans lequel baignent les récepteurs olfactifs s'assèche, perturbant la détection des molécules aromatiques",* indique Claire Sulmont-Rossé, directrice de recherche à l'Inrae. Ainsi notre perception globale des aliments peut évoluer. **C.M.**



À quoi est due l'apparition de verrues sur la peau ?

Question de Marion Jolivet, Saint-Leu (97)

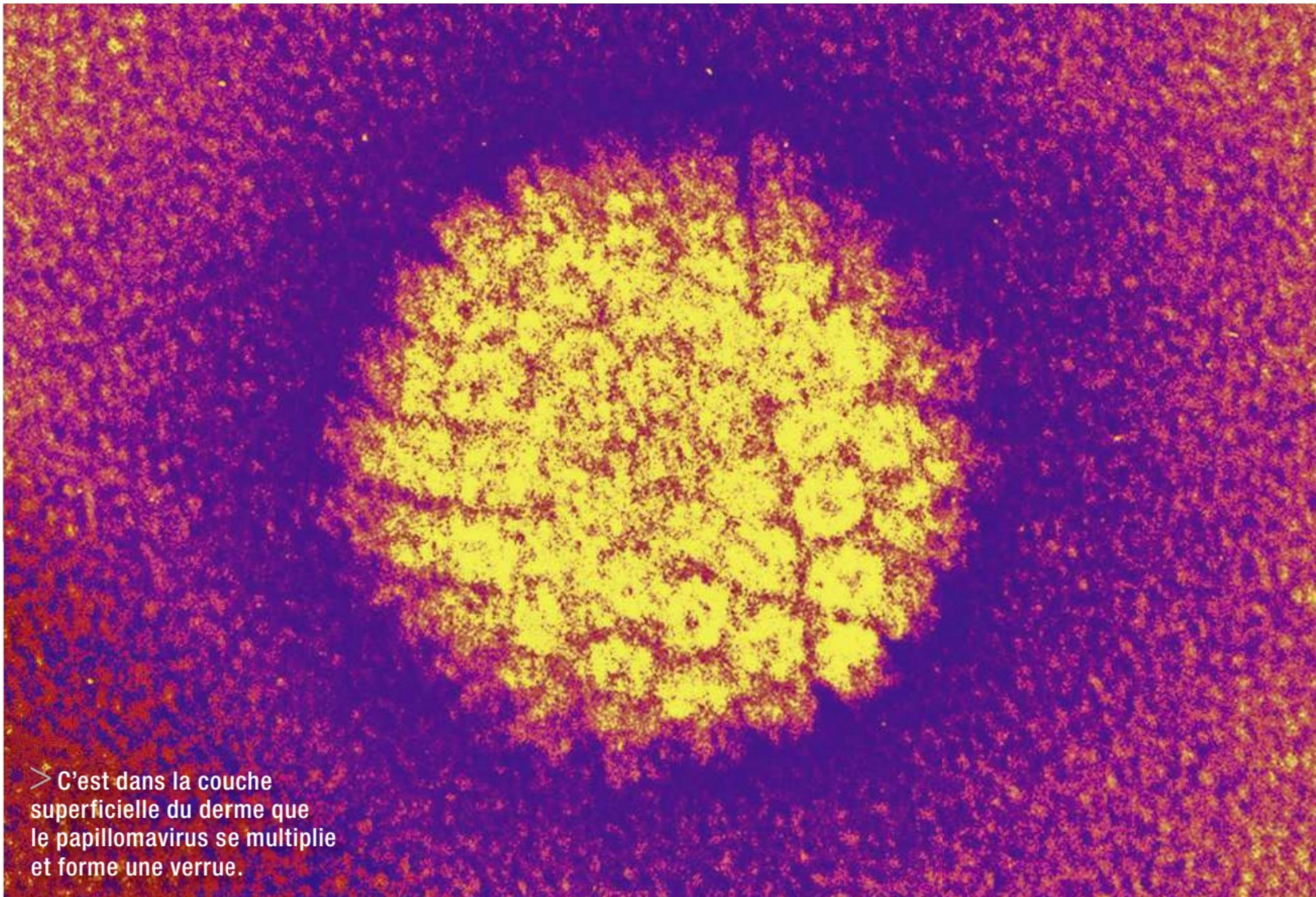
Ces tuméfactions, qui touchent une personne sur quatre en France, sont provoquées par une contamination de la peau par des papillomavirus humains (HPV). Si certains d'entre eux, notamment les HPV 16 et 18, favorisent des cancers (du col de l'utérus, de l'anus, de la gorge...) quand ils sont transmis lors des rapports sexuels, "les verrues sur la plante

des pieds, les mains ou le visage sont liées à d'autres sous-types, comme les HPV 1, 2 et 4", expose Johan Chanal, dermatologue à l'hôpital Cochin, à Paris. Relargués dans l'environnement par des personnes présentant déjà des verrues, ces micro-organismes sont très résistants. "Ils peuvent rester contaminants pendant plusieurs jours à

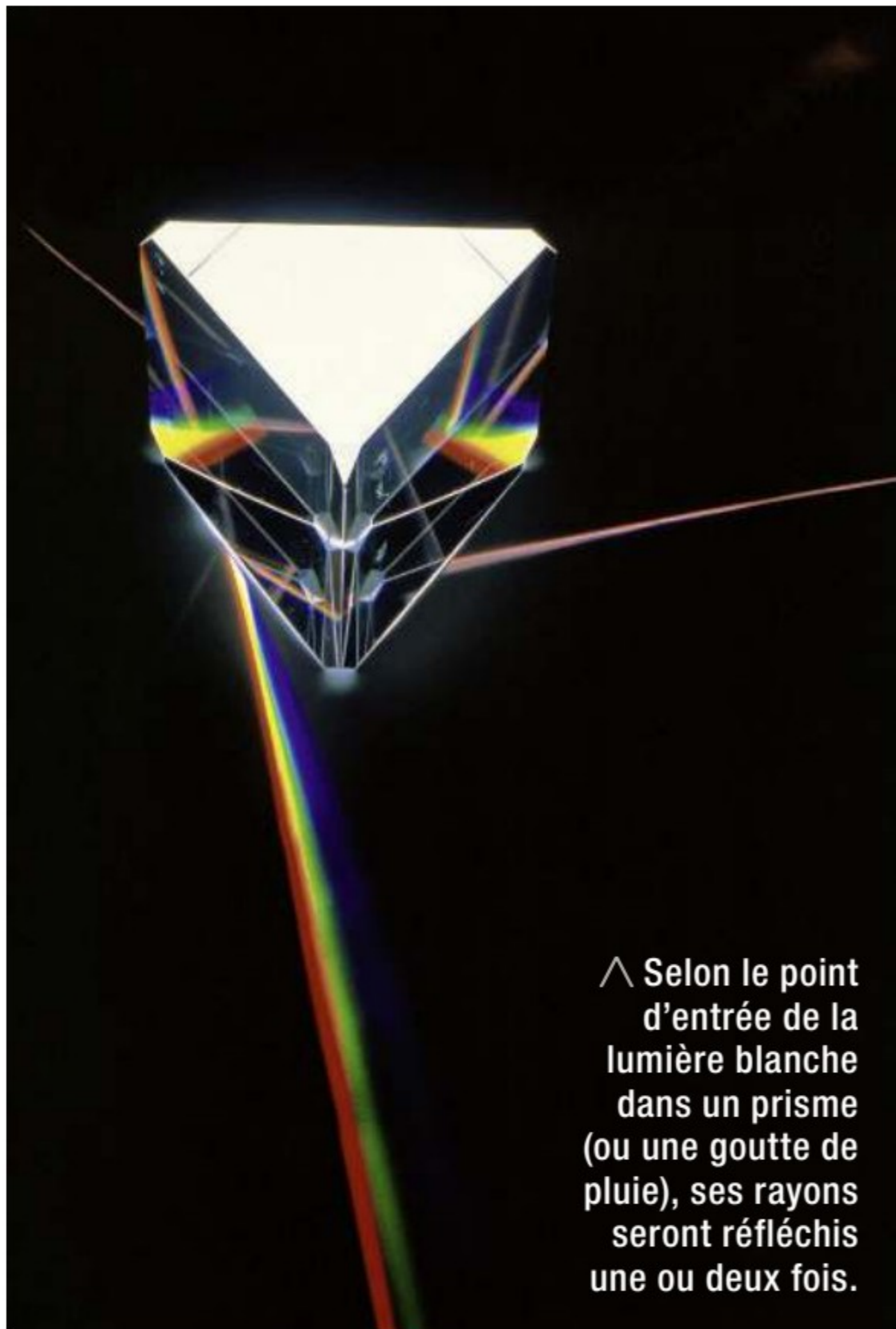
plusieurs semaines", souligne le spécialiste.

Gare alors si l'on passe par là et que l'on présente une lésion – même microscopique – au niveau de la peau. "Les HPV pénètrent dans les kératinocytes basaux – les cellules de la couche superficielle du derme – puis utilisent leur machinerie pour se dupliquer et donner une excroissance plus ou moins bombée : une verrue. Laquelle est en fait une petite tumeur bénigne", développe

Johan Chanal. Et le risque de contamination augmente en cas d'immunité affaiblie : chez les personnes avec une maladie ou un traitement (infection par le VIH, immunosuppresseurs, etc.) ou chez les enfants dont le système immunitaire est encore immature. Enfin, les fumeurs auraient également plus de risques – le tabac pouvant affaiblir l'immunité. "Mais cela n'est pas encore prouvé formellement", précise le médecin. **K.B.**



> C'est dans la couche superficielle du derme que le papillomavirus se multiplie et forme une verrue.



^ Selon le point d'entrée de la lumière blanche dans un prisme (ou une goutte de pluie), ses rayons seront réfléchis une ou deux fois.

Comment se forme un double arc-en-ciel ?

Question de Pénélope Gleyze, Gentilly (94)

Comme un arc-en-ciel simple : c'est la lumière du soleil qui est réfléchiée en traversant des gouttes de pluie. Sauf qu'elle l'est deux fois ! Le spectre solaire est composé de presque toutes les couleurs – les longueurs d'onde – que nos yeux sont capables de percevoir. Mélangées, elles forment la lumière blanche, mais si celle-ci pénètre une goutte d'eau, voilà que les couleurs se réfractent et se dispersent : elles sont réfléchies puis quittent la goutte avec un angle différent selon leur longueur d'onde. Le violet, par exemple, sort toujours avec un angle de 40° par rapport à son point d'entrée ; le rouge avec un angle de 42° . Et un arc-en-ciel se forme. Sauf dans un cas particulier, qui tient à l'endroit où la lumière frappe la goutte : les rayons peuvent alors être réfléchis deux fois à l'intérieur. *"Ils ressortent avec un angle entre 50 et 53° ",* précise Thomas Alan Clark, physicien à l'université de Calgary (Canada). Conséquence : un deuxième arc apparaît au-dessus du premier. *"La double réflexion inverse l'ordre des couleurs et leur fait perdre en intensité",* pointe le physicien. Si bien que le deuxième arc, bien que fréquent, passe souvent inaperçu. **O.D.**

Toutes les planètes du Système solaire peuvent-elles s'aligner ?

Question de Geneviève Brisebois, Vesoul (70)

Jamais parfaitement : les huit planètes de notre Système n'orbitent pas toutes dans un même plan autour du Soleil, il y aura donc nécessairement un petit décalage. *"Elles peuvent toutefois être plus ou moins alignées",* indique Philippe Robutel, du Laboratoire temps-espace (CNRS). Mais d'après les calculs de

l'astronome français Jean-Eudes Arlot, ce quasi-alignement ne surviendrait environ qu'une fois tous les 150 milliards d'années, soit bien plus que l'âge du Système solaire (4,6 milliards d'années) et de l'Univers lui-même (13,8 milliards d'années) ! Autrement dit : il n'est sans doute encore jamais arrivé. En ne prenant que

six planètes – Mercure, Vénus, la Terre, Mars, Jupiter et Saturne –, l'événement devient plus probable : ces astres étaient quasiment alignés en mai 1058, en février 1952 ; ils le seront à nouveau en septembre 2040. Vues depuis la Terre, les cinq autres planètes seront alors regroupées dans un cercle d'un diamètre d'un peu plus de 9° – soit environ 20 fois la taille apparente de la Lune. **S.F.**

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

Comment certains verres de lunettes peuvent-ils foncer au soleil ?

Question d'Édouard Dandonneau, Drancy (93)

Grâce à des composés chimiques qui sont appliqués sur les verres, en surface ou directement en leur cœur. Ces molécules – l'halogénure d'argent, les naphthopyranes, les oxazines et bien d'autres – ont la particularité de réagir en présence de rayons ultraviolets (UV). Leurs liaisons chimiques se rompent et

leurs atomes se réorganisent en d'autres molécules capables d'absorber efficacement non seulement les UV, mais aussi la lumière visible – ce qui protège nos yeux. Et comme ils absorbent une grande partie des longueurs d'onde, les verres changent de couleur et paraissent plus foncés.

Or cette réaction chimique est réversible : une fois à l'abri des UV, les liaisons rompues se reforment, les molécules reviennent à leur état initial... et les verres redevennent transparents. *"C'est la chaleur naturelle de l'environnement qui apporte l'énergie à cette réaction. C'est pour cette raison que les verres mettent plus de temps à redevenir transparents l'hiver, car il fait plus*

froid", explique Julien Hubert, directeur de projets chez EssilorLuxottica, entreprise spécialisée dans les produits ophtalmiques. À noter que toutes les molécules ne réagissent pas à la même vitesse et aux mêmes longueurs d'onde. Pour concevoir un verre photochromique au changement de teinte rapide et harmonieux, un bon mélange de composés doit être concocté. **C.M.**

Questions Réponses

Pourquoi les éoliennes ne se sont pas démocratisées chez les particuliers ?

Question de Jean-Philippe Mulders, internet

Parce que dans un jardin, une éolienne se révèle peu rentable, bruyante... bref, inadaptée. Les arbres, les bâtiments et les reliefs des zones pavillonnaires créent en effet des turbulences et ralentissent les flux d'air. Or le rendement d'une éolienne dépend du vent ! *"La puissance générée varie avec le cube de la vitesse : si cette dernière est divisée de moitié, la puissance l'est par huit"*, pointe Cyril Voyant, chercheur à Sophia-Antipolis (Alpes-Maritimes). Pour être efficace, une éolienne de jardin doit donc échapper aux turbulences en culminant à une dizaine de mètres – à la vue de tout le voisinage. *"Elle peut de plus engendrer des vibrations et du bruit, et donc des nuisances potentielles pour les habitants"*, ajoute le chercheur. Enfin, le vent étant variable, difficile d'anticiper la production d'électricité, tandis que les systèmes de stockage d'énergie restent onéreux. *"Le photovoltaïque s'est ainsi davantage démocratisé : la production solaire suit le cycle du jour, qui coïncide avec la majeure partie des usages domestiques"*, conclut Cyril Voyant. **O.D.**



< Imposantes et bruyantes, les éoliennes représenteraient trop de nuisances chez des particuliers.

PROFITEZ D'UNE REMISE DE 20% SUR L'ACHAT DE VOTRE TICKET AVEC LE CODE SVVT26

VIVATECH

17-20.JUIN.2026

PORTE DE VERSAILLES

WE
DON'T
PREDICT
THE
FUTURE.
WE HOST IT.*

L'évènement start-up et tech n°1 en Europe.
180 000 participants, 160 000 connexions.
Ne manquez pas la 10e édition de VivaTech.

RÉSERVEZ MAINTENANT
SUR [VIVATECH.COM](https://www.vivatech.com)

10 ANS
VIVATECH

— Co-organisateur —



— Partenaires fondateurs —



LVMH



Depuis 2026

— Partenaires médias —

franceinfo



Bloomberg



france.tv

SCIENCE&VIE

webedia/



* Nous ne prédisons pas l'avenir. Nous l'organisons.

À vous de jouer !

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

HORIZONTALEMENT

- I.** Trouble de l'identité séparant le docteur Jekyll de mister Hyde.
II. La France l'a eu dans le nez voilà déjà six ans. **III.** Répondu à l'appel de la gravité. Très gratin et crème. **IV.** Montez près du roi Louis I^{er} de Bavière. François en politique, Philippe au cinéma.
V. Après Marteau de minuit, il a pris Fureur épique. Untriennium, hypothétique numéro 139. **VI.** La Gavote peut y danser la gavotte. Escargot d'eau douce tatoué. **VII.** Une poutre y passera quand le maçon l'aura décidé. Extractions de tumeurs par le chirurgien.
VIII. Musée d'art moderne à Manhattan. Diminutif pour Isabelle. Prétentieux chez nous, gras ailleurs. **IX.** Augmente une surface. Soulèvement canin ou canon. **X.** Haddock voyait double cette pièce soutenant la quille. Plus malléable. **XI.** Pièce bien ficelée. Ses nuits sont courtes. Trouble obsessionnel compulsif souvent handicapant. **XII.** Constitué de. Qui a abandonné tout optimisme.

SOLUTION DE LA GRILLE S&V 1303

de David Cornélien

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

VERTICALEMENT

- 1.** Boussole de Gauss pour corriger le Nord magnétique. **2.** Sang purulent, mais divin chez Homère. Soupe à effets magiques.
3. Mal parti. **4.** Appris et retenu. Mine de sel. Dernier en date. *Idem* en Idaho. **5.** Ornement plus coco que rococo. Essence verte. Accord de tsar. **6.** Fait les yeux de biche. Éloignés des tout premiers rangs.
7. On les trouvera à Pâques ou à La Trinité. Soustrait. **8.** Création de luthier. Fournisseurs de bon sirop canadien.
9. Comble de la folie, à la campagne. Article catalan. **10.** Déçue et en droit de se plaindre.
11. Un seul ne suffit pas en dessous de table. Valeur refuge qui grimpe. **12.** *All You ... Is Love*. Il vieillit en fut. Point de non-retour.

Le mois prochain dans **SCIENCE&VIE** En kiosque le 27 mai

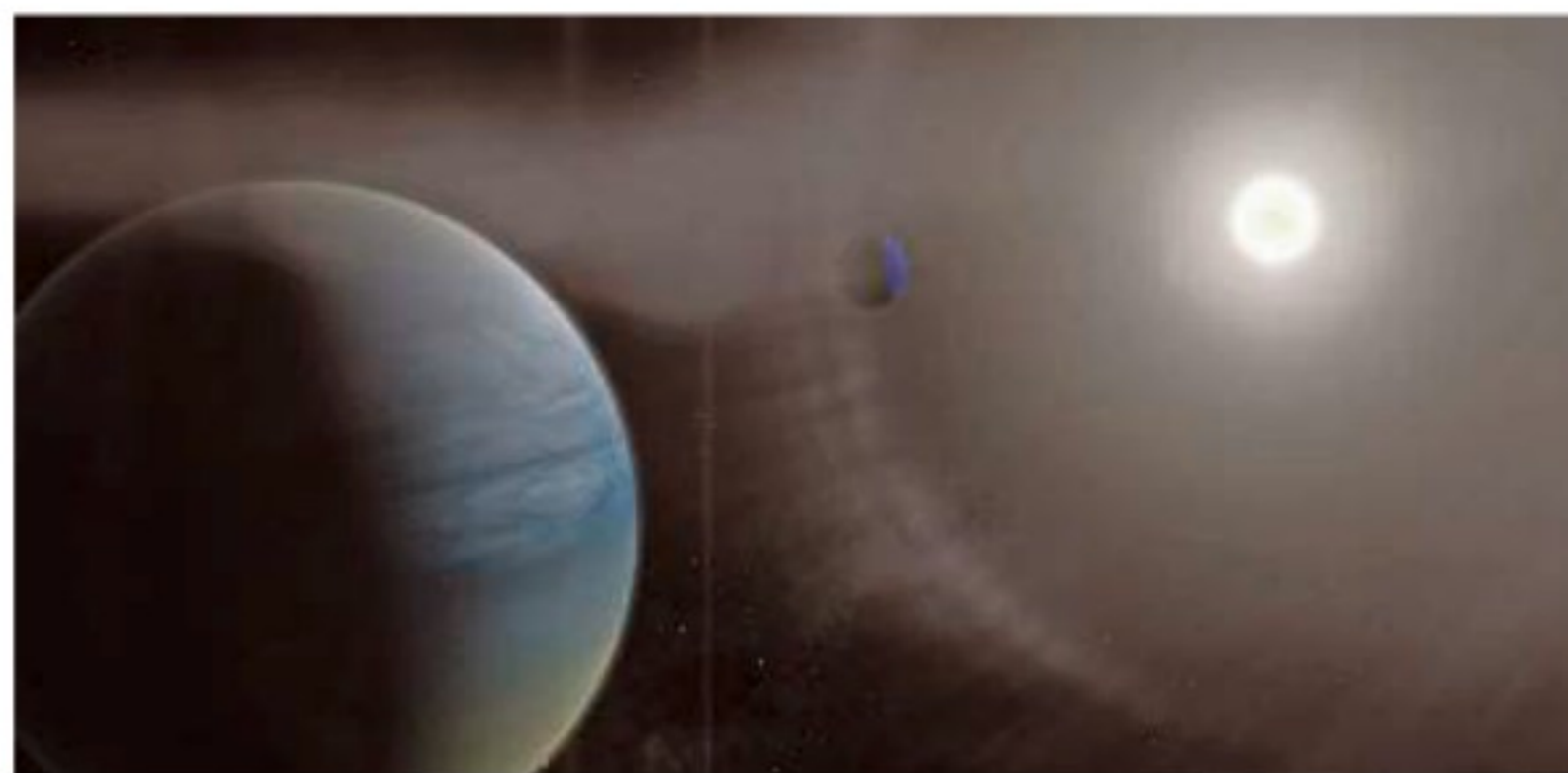
À LA UNE

Bâtiments, robotique, transports...

Le futur sera mécanique

DOSSIER

L'étonnant cas du système solaire monté à l'envers



SHUTTERSTOCK - NASA/S.WIESSINGER

SCIENCE&VIE

T. Jones, S. Jungers, M. Lachaud,
A. Le Duigou, H. Leroux, M. Lubac,
C. Mauger, A. Périnet, B. Rey,
C. Thibert, M. Tumelaire

DIRECTION-ÉDITION

ÉDITEUR
Germain Périnet

ÉDITRICE ADJOINTE
Charlotte Mignerey

DIRECTRICE DES RÉDACTIONS
Danielle McCaffrey

PÔLE DIGITAL

RÉDACTEUR EN CHEF DU SITE
Thomas Delozier

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
Florence Dubois Vanel
(06 75 02 08 05)

INTERNATIONAL
NICK ALEXANDER, Sales dept.
REORLD MEDIA
nalexander@reworldmedia.com
Tél. : 07 717 664 657
33 Cavendish Square,
London W1G 0PW

MARKETING

RESPONSABLE: Giliane Douls

ABONNEMENTS ET DIFFUSION

DIRECTRICE MARKETING DIRECT
Catherine Grimaud

CHEF DE PRODUIT MARKETING DIRECT
Laure Letellier

RESPONSABLE SERVICE DIFFUSION
Philippe Merrien

RESPONSABLE DES VENTES
Arthur Marec

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

REORLD 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: mai 2026
Date de parution: 24/04/26
N° ISSN: 0036-8 369
N° CPPAP: 1025 K 79977

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

RÉDACTEUR EN CHEF ADJOINT

Dylan Beiner-Molière

RÉDACTRICE EN CHEF ADJOINTE

Aurélia Lieberherr

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, D. Cornélien,
V. Delchambre, G. Depambour,
L. Develay, O. Donnars,
E.-O. Eljaouhari, S. Fay, P. Fricot,
V. Genest, L. Gougis, C. Hancock,

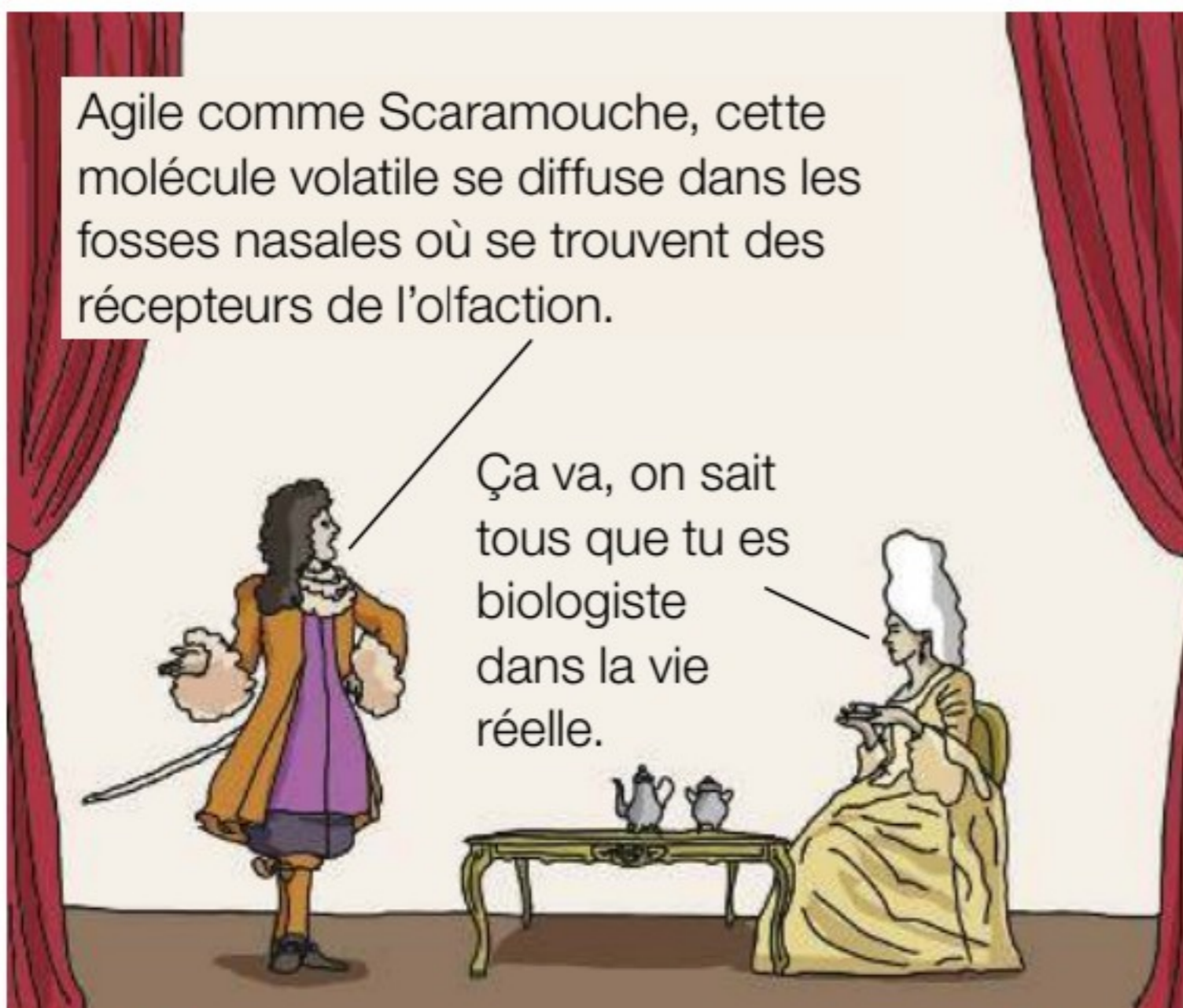


LE TRI
+ FACILE



ACPM

D'après une question de **Basile Leclerc, Paris (75)**



PARTOUT EN FRANCE

GRATUIT



la
20^E

FETE DE LA NATURE

DU 20 AU 25 MAI 2026

FETEDELANATURE.COM

Financé
par



Avec le soutien
de



C'est dans votre intérêt.

5%

**C'est le taux d'intérêt annuel brut
de notre Livret +, pendant 3 mois.**

Pour toute première ouverture jusqu'au 29/05/2026.
Dans la limite d'un Livret + par personne et 100 000 euros de dépôt.
Taux de base contractuel de 1,60% en vigueur au 31/03/2026.



J'aime ma banque

Réservée aux clients majeurs, résidents fiscaux en France, sous réserve du maintien du Livret + jusqu'au 31 décembre 2026. Sous réserve de détenir un compte de dépôt Fortuneo. Les versements nets effectués jusqu'à 100 000 € seront rémunérés au taux annuel brut promotionnel de 5% pendant 3 mois à compter de la quinzaine suivant la date d'ouverture du Livret +. Au-delà de 100 000 € ainsi qu'à l'issue de la période de bonification de 3 mois, les versements nets seront rémunérés au taux de base contractuel, susceptible de modification selon les Conditions Générales Fortuneo. Délai de rétractation de 14 jours. Les intérêts sont soumis aux prélèvements fiscaux et sociaux. Fortuneo est une marque commerciale d'Arkéa Direct Bank. Société Anonyme à Directoire et Conseil de Surveillance au capital de 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.