BBC SCIENCE

MÉMOIRE : LES MAUVAIS SOUVENIRS SONT UTILES

SCIENCE

RECHERCHE • TECHNOLOGIE • ACTUALITÉ • FUTUR

RÉSEAUX FONGIQUES
CES ALLIÉS INVISIBLES DE LA PLANÈTE

SENIORS
LE RENFORCEMENT MUSCULAIRE POUR BIEN VIEILLIR

ET SI L'UNIVERS ÉTAIT UN HOLOGRAMME ?

SELON DES THÉORIES, L'ESPACE ET LE TEMPS POURRAIENT N'ÊTRE QU'UNE ILLUSION

AGRICULTURE



TOMATES EN PÉRIL : UNE MENACE BIEN RÉELLE

TECHNOLOGIE



LA VÉRITABLE INVISIBILITÉ EST ENFIN LÀ

ESPACE



LES EXOPLANÈTES ABRITENT-ELLES LA VIE ?

⊕

SANTÉ

TOUTES LES STRATÉGIES POUR ÉVITER LES MAUX DE SAISON

PSYCHIATRIE

LA PSYCHOPATHIE TOUCHE AUSSI LES FEMMES : COMMENT LA DÉTECTER

N.4 - ANNÉE 1 - BIMESTRIEL - OCTOBRE/NOVEMBRE 2026

L 11482 - 4 - F: 6,90 € - RD

DOM 8,9 € - BEL 8,9 € - CH 11,9 CHF - CAN 14,95 CAD - DEU 9,5€
ESP/GRC/ITA/PRT 8,9 € - LUX 9 €

Sprea FRANCE

CALENDRIERS-AGENDA 2027

en kiosque et sur sprea.fr/calendriers

Parfait pour Noël !
Un cadeau qui dure toute l'année





30 x 42,5 cm





15 x 50 cm

PAPIER SPÉCIAL pour écrire au stylo et au crayon



PEFC
PEFC/18-32-178
Certifié PEFC
Ce produit est issu de forêts gérées durablement, de sources recyclées et contrôlées
www.pefc.it

> ***Papier spécial*** parfait pour stylo et crayon
> ***Beaucoup d'espace*** pour les notes de tout la famille
> ***Informations utiles*** tous les mois

Scannez le QR Code

sommaire

LE PROCHAIN NUMÉRO DE *BBC SCIENCE* SERA EN KIOSQUE EN JANVIER



ARTICLES

28 *COVER STORY*
L'UNIVERS : UN HOLOGRAMME ?
Selon les dernières intuitions de Stephen Hawking, l'Univers pourrait n'être qu'une sorte de gigantesque « illusion d'optique ».

36 LA VIE SUR LES EXOPLANÈTES
Quelles formes de vie pourrions-nous trouver sur des planètes extérieures à notre Système solaire ?

41 L'ADDITION EST SALÉE
La salinisation des nappes phréatiques dans la plaine du Volturno menace les cultures traditionnelles du sud de l'Italie.

48 MAUX DE SAISON
Se prémunir efficacement contre le rhume et la grippe n'a rien de sorcier : voici quelques conseils utiles.

52 FURTIVITÉ
Dans un avenir peut-être pas si lointain, le rêve séculaire de l'invisibilité pourrait devenir une réalité tangible.

58 PSYCHOPATIE AU FÉMININ
On considère la psychopathie comme un trouble de la personnalité exclusivement masculin, mais la réalité est tout autre.

64 CÔLON IRRITABLE
Cette syndrome, un des plus répandus au monde, est souvent vecteur d'anxiété et de dépression : apprenons à mieux le cerner.

70 EFFACER LA MÉMOIRE
Supprimer les mauvais souvenirs ? Une fausse bonne idée.

78 LE REGARD DES AUTRES
La peur du jugement d'autrui peut lourdement handicaper le quotidien, mais on peut s'en libérer.

84 LE NOM EST-IL UN DESTIN ?
Cette croyance dépasse la simple superstition : des récentes études nous expliquent pourquoi.

RUBRIQUES

4 LES YEUX OUVERTS
Les images les plus spectaculaires.

11 DÉCOUVERTES
Nouvelles du monde de la science.

18 ANALYSES
L'actualité à la loupe.

35 BRÈVES DE SCIENCE
Un survol du monde.



46 INNOVATIONS
Un regard sur les nouveautés technologiques du moment.

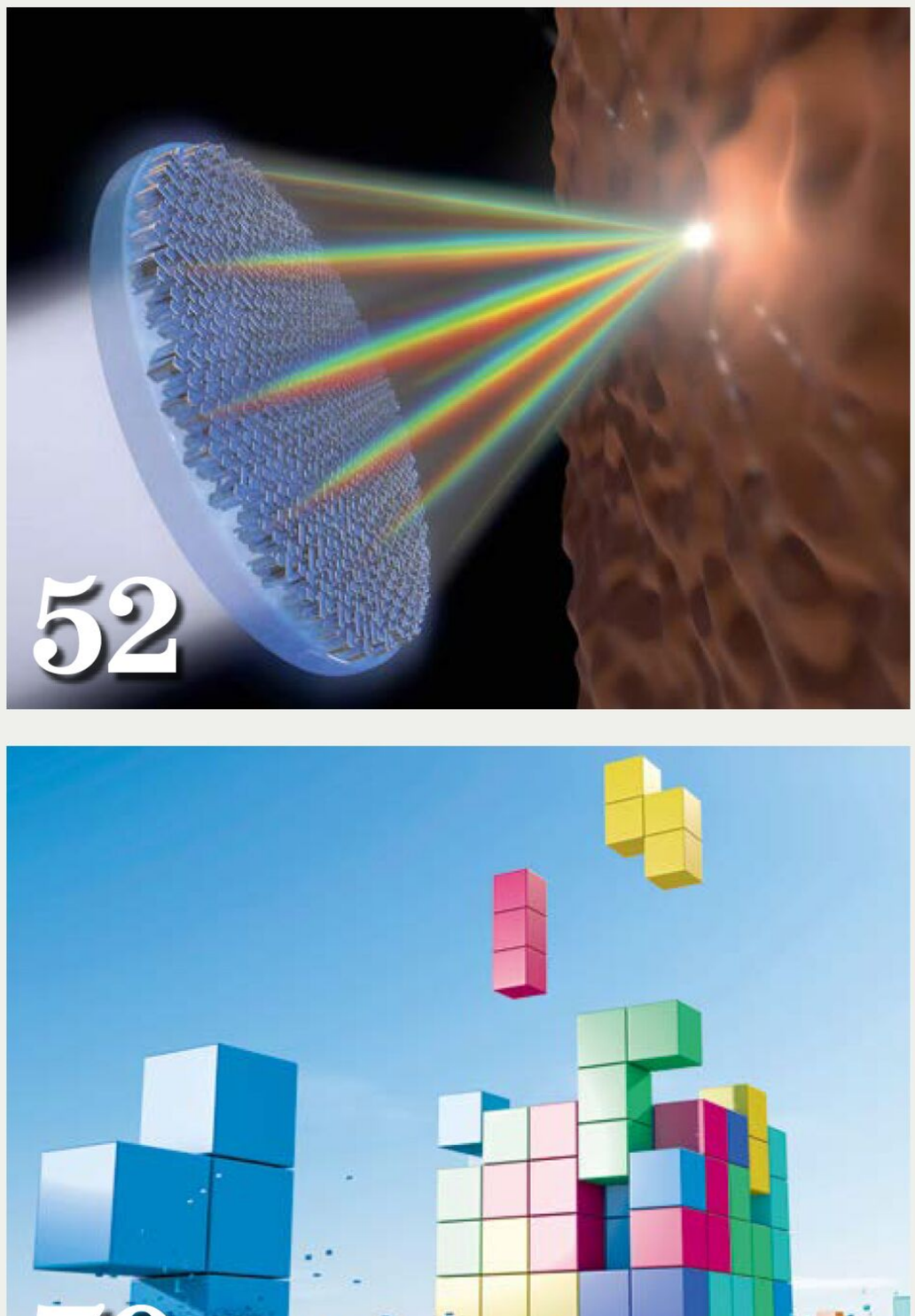
77 BRÈVES DE SCIENCE
Un survol du monde.

86 QUESTIONS ET RÉPONSES
La rubrique qui répond à toutes vos questions.

94 COIN DÉTENTE
Quelques jeux pour stimuler l'esprit.

96 VIVRE MIEUX
La science au service de la santé.









ÉGALEMENT EN DIGITAL !

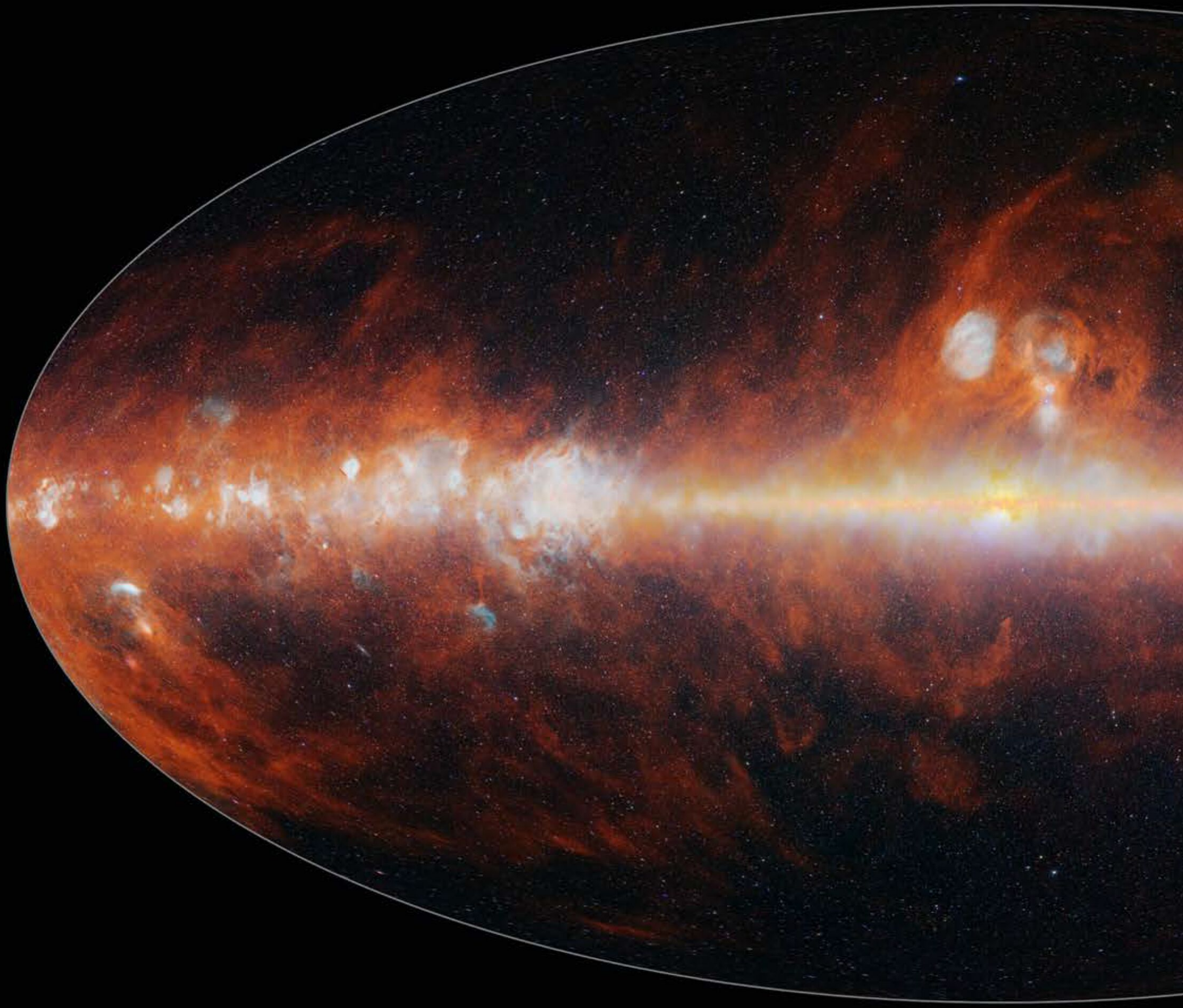
RETROUVEZ-NOUS SUR WWW.SPREA.FR

ENVOYEZ-NOUS VOS QUESTIONS ET REMARQUES À : SCIENCE@SPREA.FR

Certifié PEFC
Ce produit est issu de forêts gérées durablement et de sources contrôlées
PEFC/18-31-379
www.pefc-france.org

Imprimé sur papier :
HOLMEN
Produit à base de fibres vierges issues de forêts gérées durablement.
holmen.com/paper

BBC SCIENCE est un magazine à faible impact environnemental.



LES YEUX OUVERTS

La vie en… rouge

C’est la toute première carte intégrale de l’ensemble du ciel réalisée par le télescope spatial SPHEREx de la NASA, lancé en mars 2025. Aux côtés d’étoiles scintillantes aux nuances de blanc et de vert, cette image révèle de vastes étendues rouges de poussière cosmique, ainsi que de tourbillonnants nuages bleus d’hydrogène gazeux chauffé à blanc.

La mission de SPHEREx (Spectro-Photometer for the History of the Universe, Epoch of Reionization and Ices Explorer) est de répertorier et d’observer des centaines de millions de galaxies pour percer les origines de l’univers. Pour y parvenir, il s’appuie sur le phénomène dit « du décalage vers le rouge » (*redshift*). À mesure que l’univers s’étend, la lumière qui le traverse s’étire, augmentant sa longueur d’onde. Plus cette longueur d’onde s’allonge, plus la lumière glisse vers l’extrémité rouge du spectre électromagnétique – d’où le nom du phénomène.

Les astronomes comptent utiliser ces données pour évaluer la distance à laquelle les différents objets cosmiques s’éloignent les uns des autres depuis l’apparition de l’univers. Il convient également de préciser qu’il ne s’agit pas d’une simple image, mais de 102 cartes assemblées les unes aux autres. SPHEREx génère en effet ses relevés au moyen de six détecteurs, chacun équipé d’un filtre à gradient de 17 couleurs isolant 102 longueurs d’onde du rayonnement infrarouge (6 x 17 = 102).

NASA/JPL-CALTECH

LES YEUX OUVERTS

Un amour de crustacé

DÉTROIT DE TAÑON
PHILIPPINES

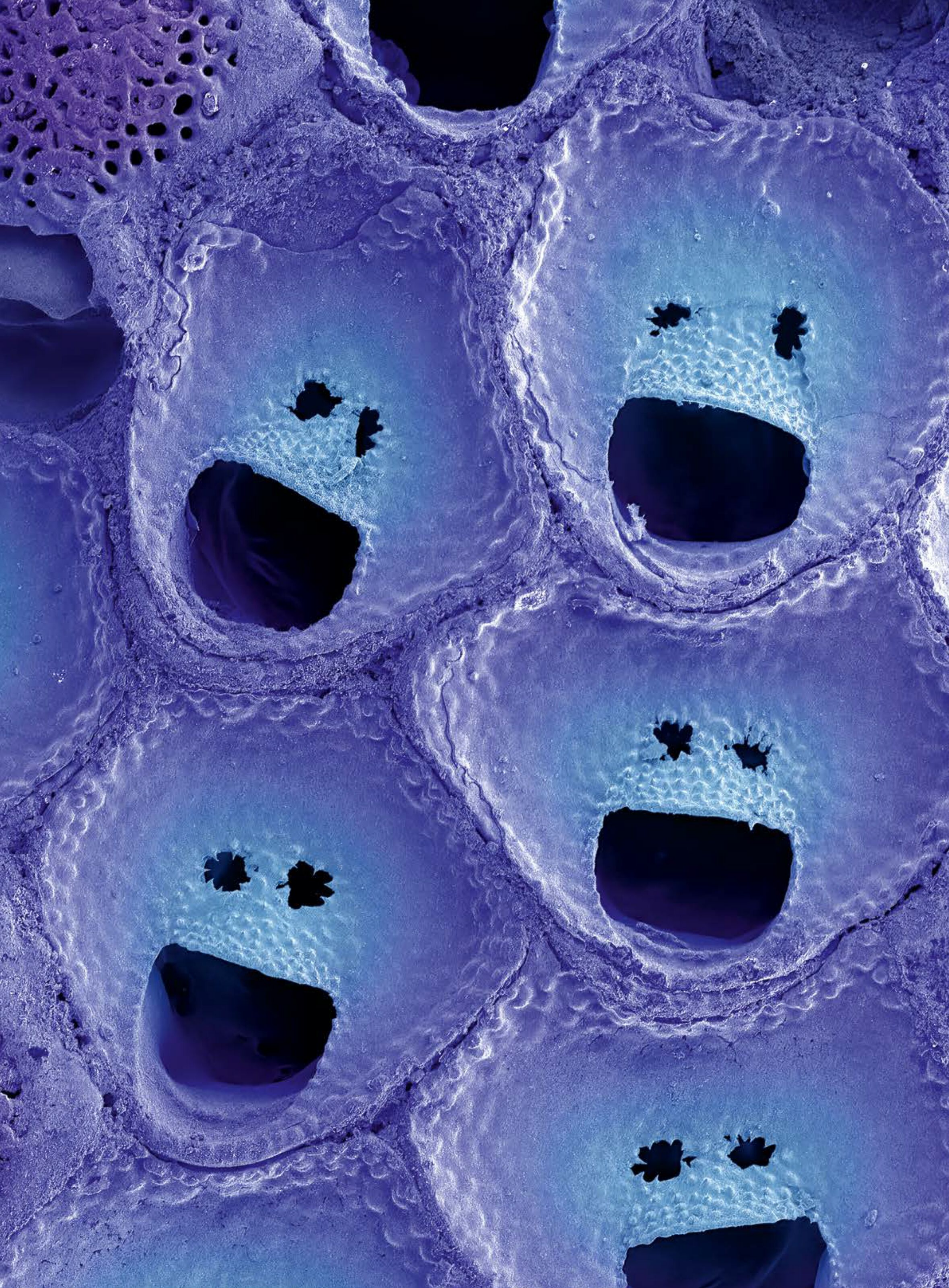
Si le rose bonbon ne semble pas être la couleur la plus discrète pour se camoufler, il réussit pourtant à merveille à ce minuscule crabe. Fort bien nommé, le crabe-bonbon (*Hoplophrys oatesii*) vit et chasse sur des coraux mous du genre *Dendronephthya*, tout aussi éclatants. Ces derniers tapissent les fonds des océans Indien et Pacifique d'une palette flamboyante de rouges, de jaunes, d'oranges et de roses.

En modifiant la couleur de son minuscule corps de tout juste 2 cm, ce crustacé haut en couleur parvient à se fondre dans son habitat pour échapper aux prédateurs. Par mesure de précaution supplémentaire, ce petit animal malin découpe des polypes de corail pour les fixer sur sa carapace, améliorant ainsi son illusion visuelle.

Le crabe-bonbon entretient avec le corail une relation de commensalisme : une forme de symbiose à sens unique où une espèce tire profit d'une autre sans pour autant lui nuire ni lui apporter de bénéfices. Dans ce cas précis, le crabe y gagne un logis, une protection contre les prédateurs et un perchoir idéal pour capturer sa nourriture favorite – le plancton porté par les courants marins –, tandis que le corail ne tire absolument aucun avantage de sa présence.

ADE HOKSBERGEN/OCEAN PHOTOGRAPHER OF THE YEAR





LES YEUX OUVERTS

J'ai faim !

OCÉAN INDIEN

CÔTE OUEST DE L'AUSTRALIE

C'est dans la nature humaine de voir des visages un peu partout. Dans le cas présent, ce que vous observez ressemble à des yeux suppliants et à des bouches béantes affamées. Il s'agit en réalité d'un bryozoaire australien (*Selenaria cognata*), une colonie d'animaux présentant de nombreuses similitudes avec le corail.

À l'instar des coraux, les bryozoaires sont reliés les uns aux autres, sécrètent leur propre squelette en carbonate de carbone et se nourrissent de particules de plancton.

Mais, alors que le corail utilise des cellules urticantes pour capturer ses proies, le bryozoaire déploie de petites couronnes de tentacules – appelées lophophores – pour balayer passivement les micro-organismes vers sa bouche.

Ces lophophores émergent de petites ouvertures appelés orifices zoécoliaux : ces bouches béantes que l'on distingue à l'image. Une fois rassasié, l'animal contracte de minuscules muscles situés au niveau des « yeux » de chaque face pour modifier sa pression hydraulique interne, ce qui réaspire les tentacules à l'intérieur.

Invisibles à l'œil nu, ces individus (zoïdes) ne mesurent que 0,5 mm. Pour révéler ce cliché saisissant, le photographe Andrew Paul Leonard a utilisé un microscope électronique à balayage.

ANDREW PAUL LEONARD

SCIENCE

RECHERCHE • TECHNOLOGIE • ACTUALITÉ • FUTUR



ABONNEZ-VOUS

Confortablement chez vous !

RÉDUCTION DE 37%

1 AN - 5 NUMÉROS

à seulement

21,90€

~~34,50€~~



Avec l'abonnement papier, la version numérique **EST GRATUITE !**

2 FAÇONS DE VOUS ABONNER

❶ Par virement, remplissez le bulletin ci-dessous et envoyez-le-nous ainsi que la preuve d'achat par:

WhatsApp
+39 329 3922420

E-mail
abonnements@sprea.fr

via Torino 51, 20063,
Cernusco S/N Milano, ITALIE

❷ Par carte bancaire, en flashant ce QR code
sprea.fr/science
Nous n'acceptons pas les règlements par chèque.

BULLETIN D'ABONNEMENT

☐ Oui, je m'abonne ou j'offre **Science** au **prix de 21,90€**

J'indique ici mon adresse

☐ Mme ☐ M. Nom :

Prénom :

Adresse :

Ville : Pays: Code Postal :

E-mail : N° Tél :

☐ J'accepte de recevoir par mail des offres

J'indique ici l'adresse du bénéficiaire si j'offre l'abonnement

☐ Mme ☐ M. Nom :

Prénom :

Adresse :

Ville : Pays: Code Postal :

E-mail : N° Tél :

Virement bancaire (merci de transmettre la preuve du virement) :
IBAN : IT40 H076 0101 6000 000 9154 0716
BIC/SWIFT BPPIITRRXXX
Motif : "Abonnement Science"
Bénéficiaire : Sprea S.p.a. Via Torino 51 - 20063 Cernusco S/N

Date et signature obligatoires

Contactez-nous via WhatsApp (messages uniquement) au +39 329 3922420 ou par e-mail à abonnements@sprea.fr



TEST DE STRESS
Les premiers animaux de la Terre ont eu du mal à se reproduire **(p. 14)**.



CHAOS AU CŒUR DE LA TERRE
Qu'est-ce qu'il arrive au noyau terrestre ? **(p. 16)**.



MONTÉE EN PUISSANCE
De nouvelles hypothèses sur la construction des pyramides **(p. 17)**.

LES DERNIÈRES NOUVELLES DU MONDE SCIENTIFIQUE

DÉCOUVERTES

SANTÉ

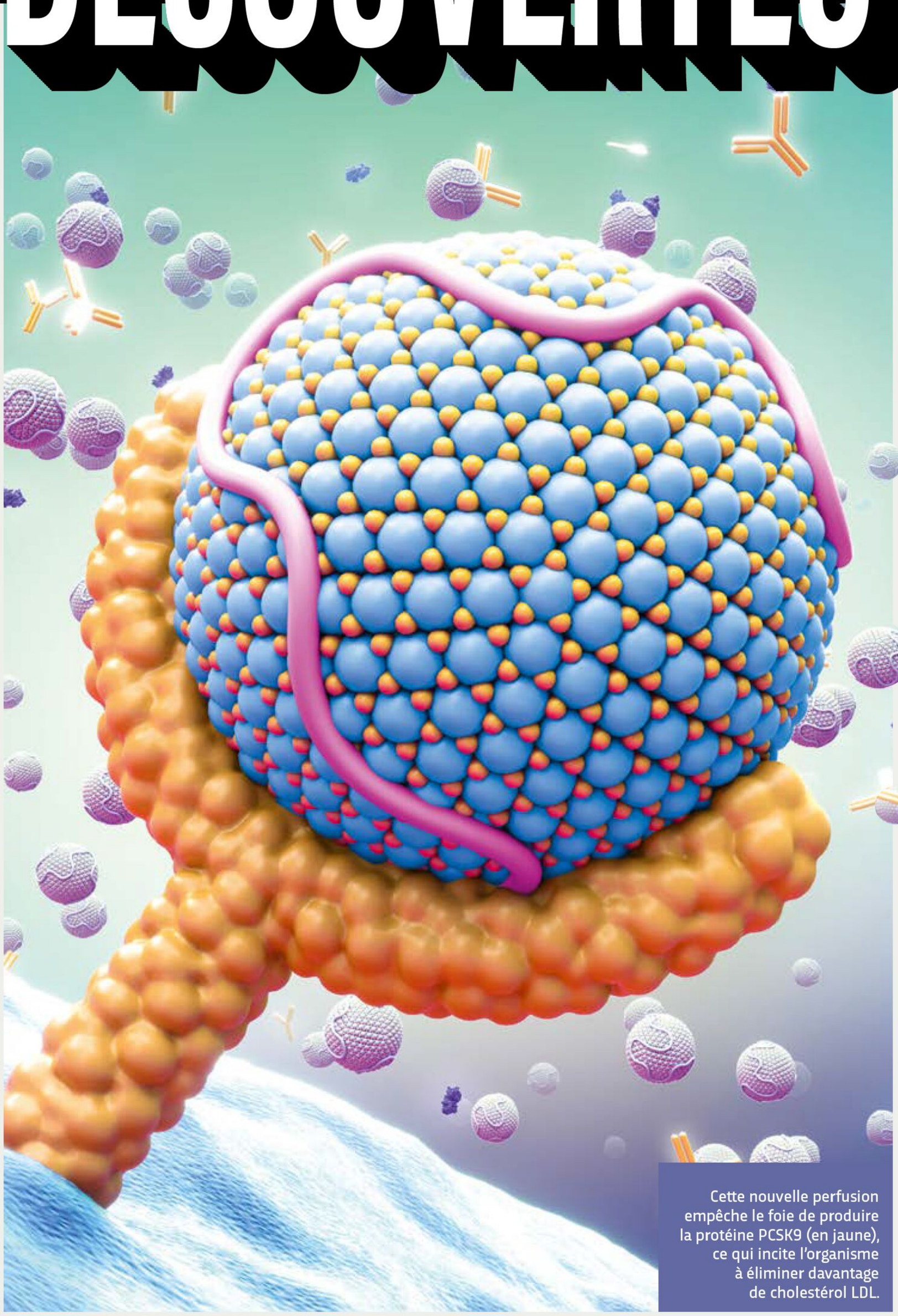
Un traitement en une seule injection pour vaincre le cholestérol ?

Lors d'un essai clinique décisif, une dose unique d'une thérapie génique expérimentale a réduit le « mauvais » cholestérol jusqu'à 62 %.

Un traitement ponctuel pourrait bientôt guérir l'hypercholestérolémie, selon des chercheurs en médecine londoniens. Au cours d'un essai clinique préliminaire, une seule dose d'une nouvelle thérapie expérimentale a réduit les taux de « mauvais » cholestérol LDL jusqu'à 62 %, maintenant cette baisse pendant près d'un an. Ces résultats suscitent l'espoir que les patients puissent un jour éviter la prise quotidienne de médicaments à vie.

Baptisé VERVE-102, ce traitement administré par perfusion intraveineuse agit en modifiant de façon permanente un gène impliqué dans la régulation du cholestérol. Dans leur étude publiée dans *The New England Journal of Medicine*, les chercheurs n'ont signalé aucun problème majeur de sécurité.

Réduire le cholestérol LDL permet de limiter l'accumulation de plaques de graisse dans les artères, diminuant ainsi le risque d'infarctus du myocarde et d'accidents vasculaires cérébraux (AVC). →



Cette nouvelle perfusion empêche le foie de produire la protéine PCSK9 (en jaune), ce qui incite l'organisme à éliminer davantage de cholestérol LDL.

SCIENCE PHOTO LIBRARY

Si les statines permettent d'obtenir des baisses similaires, elles nécessitent une prise quotidienne ininterrompue. Si des études à plus grande échelle confirment la sécurité et l'efficacité de VERVE-102, un traitement unique pourrait offrir une protection durable contre les maladies cardiovasculaires.

« Nous n'en sommes qu'aux débuts, mais c'est une étape franchie extrêmement enthousiasmante », a déclaré le professeur Riyaz Patel, chercheur à l'University College de Londres (UCL), cardiologue au Barts Health et à l'University College London Hospitals NHS Fondation Trust, et coresponsable de l'essai. « Ces résultats démontrent que la technologie fonctionne, qu'elle est sûre et qu'elle permet d'abaisser le cholestérol. »

POURQUOI C'EST IMPORTANT ?

Un taux élevé de cholestérol LDL constitue l'un des principaux facteurs de risque d'infarctus et d'AVC. En France, les maladies cardiovasculaires demeurent la deuxième cause de mortalité chez les hommes (et la première chez les femmes), provoquant plus de 140 000 décès chaque année. Pour réduire ce risque, les médecins prescrivent des statines, aujourd'hui utilisées par environ 7 millions de personnes en France.

Mais ces médicaments ne sont efficaces que s'ils sont pris avec assiduité. Or, les études montrent qu'environ la moitié des patients interrompent leur traitement contre le cholestérol dans l'année suivant sa prescription, soit en raison de la contrainte quotidienne, soit à cause d'effets secondaires (de douleurs musculaires mais aussi de complications plus sévères).

Si une dose unique garantit une baisse pérenne du cholestérol, elle permettrait de libérer définitivement les patients de toute médication quotidienne.

COMMENT AGIT-IL ?

L'étude, menée par les équipes de l'UCL et de l'UCLH, a suivi 35 adultes



CI-DESSUS
VERVE-102 est administré sous forme de perfusion intraveineuse unique.

souffrant soit d'une forme héréditaire d'hypercholestérolémie très sévère – l'hypercholestérolémie familiale hétérozygote –, soit d'une maladie coronarienne précoce.

Chaque patient a reçu l'une des six doses évaluées, allant de 0,3 mg à 1,0 mg d'ARN total par kilogramme de masse corporelle (l'ARN servant de messager génétique dans l'organisme). À la dose la plus élevée, la thérapie a réduit le cholestérol LDL jusqu'à 62 %. La baisse la plus faible (9 %) a été observée à la dose minimale de 0,3 mg/kg. Chez les participants suivis sur la plus longue période, la baisse s'est maintenue dans le temps.

Administré par perfusion unique, VERVE-102 agit de manière indirecte. Il désactive le gène qui ordonne au foie de fabriquer la protéine PCSK9. En temps normal, cette protéine empêche l'organisme d'éliminer le cholestérol LDL en circulation dans le sang. Une fois le gène réduit au silence, le corps filtre naturellement beaucoup plus de LDL.

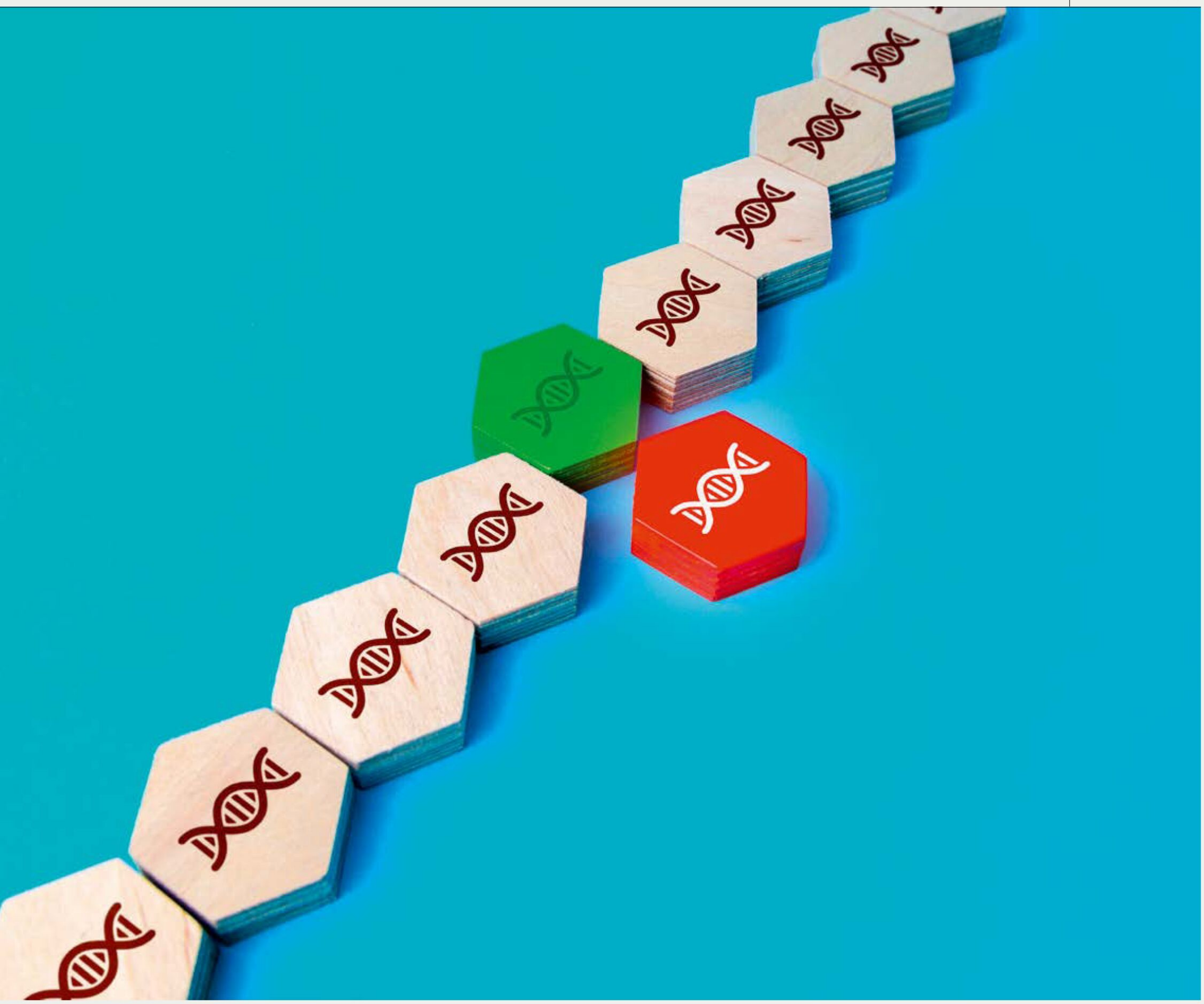
Cette approche vise à reproduire une particularité biologique naturelle : certaines personnes naissent en effet avec ce gène naturellement inactif. Elles bénéficient ainsi d'un taux de cholestérol très bas tout au long de leur vie et d'un risque cardiovasculaire considérablement réduit. L'objectif de cette thérapie est d'offrir ce même effet protecteur aux personnes à haut risque.

QUELLE EST SON INOCUITÉ ?

Malgré l'étiquette de « thérapie génique », ce traitement ne réécrit pas l'ensemble de l'ADN du patient. Il effectue une modification ciblée et unique sur un seul gène à l'intérieur des cellules hépatiques (le foie), et cette modification reste strictement limitée à ces cellules. Élément capital : il ne touche absolument pas aux gènes portés par les spermatozoïdes ou les ovules, et ne peut donc pas être transmis à la descendance. En pratique, il reproduit une variante génétique avec laquelle certains individus naissent naturellement. Néanmoins, comme pour tout nouveau médicament, son innocuité à long terme demeure sous observation.

Le professeur Bryan Williams, directeur scientifique et médical de la British Heart Foundation, souligne que : « Ces résultats sont très stimulants et témoignent de la rapidité des progrès accomplis dans le domaine des technologies génétiques et de leurs applications médicales. Les taux de cholestérol ont diminué de façon impressionnante – jusqu'à 62 % à la dose maximale – et cette réduction s'est montrée stable sur plusieurs mois. Bien que des études plus longues portant sur un plus grand nombre de patients soient nécessaires, il est envisageable qu'une seule

« Les résultats démontrent que cette technologie fonctionne et qu'elle baisse le cholestérol. »



SCIENCE PHOTO LIBRARY, ALAMY

dose réduise le risque cardiovasculaire d'un individu pendant des années. Si les essais de grande ampleur se révèlent concluants, cette thérapie génique innovante pourrait révolutionner la prise en charge des patients à très haut risque. »

Certains experts appellent toutefois à une plus grande prudence. Le docteur Kausik Ray, professeur de santé publique à l'Imperial College de Londres, estime qu'il ne faut pas survendre cette avancée. « En théorie, l'édition génique offre un traitement unique pour maintenir une baisse durable de PCSK9, mais nous ne disposons pour l'heure que de quelques mois de recul, explique-t-il. Pour des raisons de sécurité, les autorités réglementaires exigent un suivi sur 14 ans. Des effets indésirables peuvent mettre des années à émerger, que ce soit sur un autre organe ou sur un autre gène. Si cela devait arriver, il faudrait en évaluer les conséquences à long terme. »

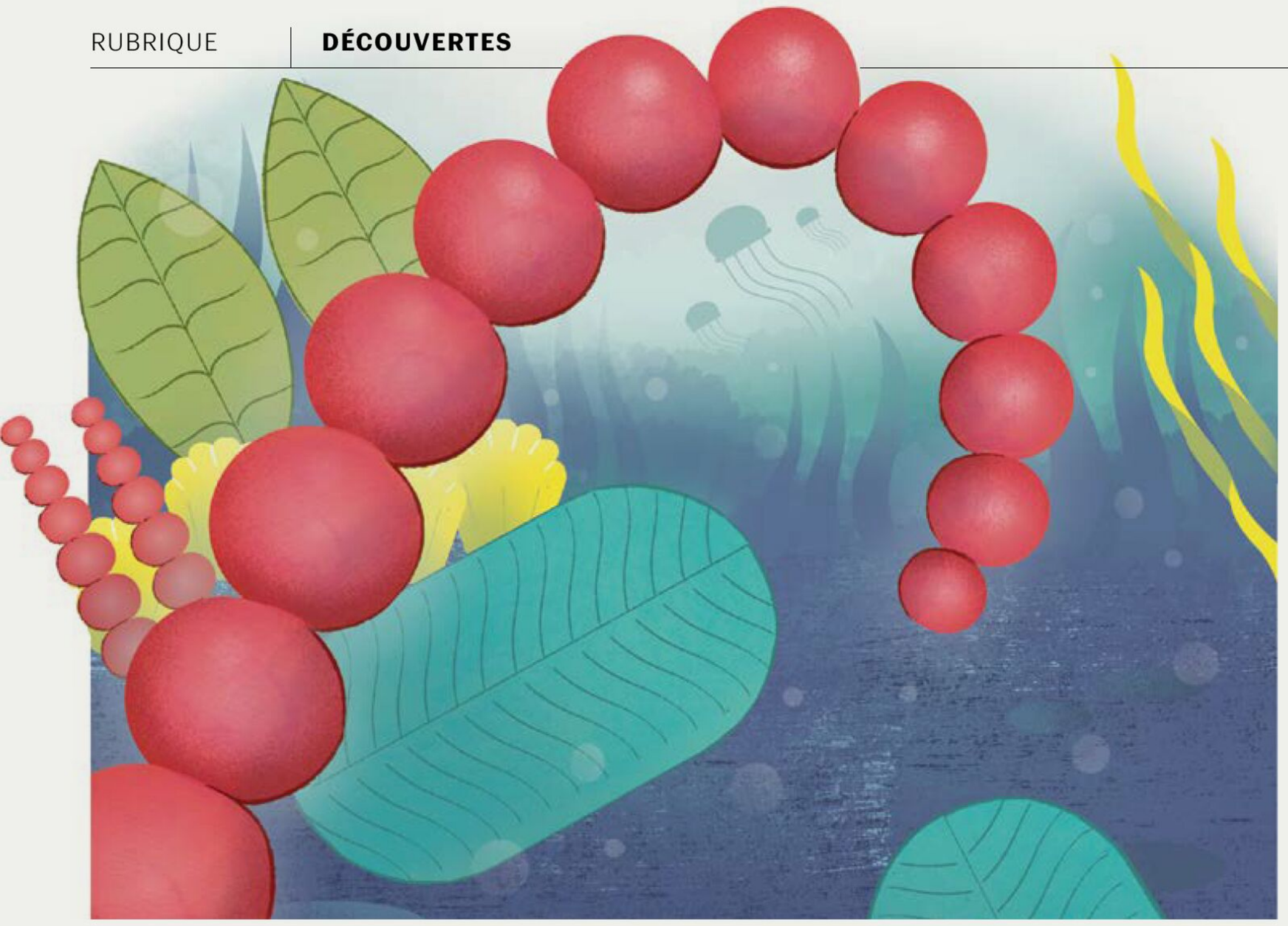
CI-DESSUS
Ce nouveau traitement illustre le potentiel de l'édition génique somatique, qui modifie les gènes des cellules ordinaires du corps plutôt que ceux des gamètes (ovules ou spermatozoïdes).

UNE CHANCE POUR LE FUTUR

Pour plusieurs spécialistes, cet essai marque un tournant majeur pour la médecine de demain. Ces travaux mettent en lumière le potentiel de l'édition génique somatique – la modification des gènes de cellules corporelles classiques plutôt que des cellules reproductrices – pour traiter des pathologies courantes.

Contrairement à la majorité des thérapies géniques développées jusqu'ici, qui ciblaient des maladies héréditaires rares, VERVE-102 s'attaque à une affection touchant des millions de personnes dans le monde. Le professeur Ewan Birney, directeur de l'Institut européen de bio-informatique près de Cambridge, qualifie ces résultats d'impressionnants et estime qu'ils ouvrent la voie à de nombreuses technologies similaires dans les années à venir.

« C'est une excellente application de l'édition génique somatique à une maladie majeure », a-t-il déclaré. Il ajoute qu'en plus de venir en aide au groupe de patients répondant mal aux statines ou souffrant de complications, cette étude trace la voie vers le traitement de maladies chroniques fréquentes par édition génique somatique, alors que cette technologie était jusqu'ici quasi exclusivement réservée aux pathologies génétiques rares. ■



ÉVOLUTION

Pour les premières formes de vie sur Terre, le sexe était un gros problème

La reproduction sexuée a été la réponse à des conditions de stress et de concurrence.

La faible efficacité reproductive des premiers animaux apparus sur Terre a freiné la diversification de la vie pendant des millions d'années. Le rythme de l'évolution n'a subi une accélération décisive que lorsque le stress environnemental et la compétition ont poussé les organismes vers l'avènement de la reproduction sexuée.

Dans une étude publiée dans la revue *Nature Ecology and Evolution*, les chercheurs de l'Université de Cambridge ont examiné les fossiles de certaines des plus anciennes créatures connues, ayant vécu il y a environ 574 millions d'années au cours de la période édiacarienne. Parmi elles figurait *Fractofusus*, plus semblable à une fougère qu'à un animal : dépourvu de bouche, d'organes ou de membres, il absorbait les nutriments directement de l'eau environnante. Pour se multiplier, il n'avait pas besoin de partenaire ; il se clonait lui-même par voie asexuée en émettant des stolons, tout comme le font les plants de fraises actuels. Grâce à cette stratégie, la progéniture était dotée du même patrimoine génétique qu'un seul parent, ce qui explique pourquoi la vie est restée presque identique à elle-même pendant très longtemps. « Durant l'Édiacarien, l'existence était plutôt paisible et la compétition faible, il n'y avait donc pas de véritable pression évolutive pour changer les choses », explique la docteure Emily Mitchell, auteure principale de l'étude.

En analysant les gisements fossilifères de Mistaken Point, à Terre-Neuve, l'équipe a observé que les premiers animaux prospéraient à l'origine dans des abysses océaniques stables et riches en nutriments. Cependant, au fur et à mesure que les espèces colonisaient des zones d'eau plus pelliculaires et peu profondes, le scénario a changé, les contraignant à faire face aux marées, aux tempêtes, aux écarts de température et à des ressources variables.

L'augmentation drastique du stress environnemental a mis le clonage en crise : lorsque les organismes sont génétiquement identiques, une perturbation soudaine de l'habitat menace toute la population. La reproduction sexuée est née comme une réponse évolutive à ce risque : en brassant l'ADN de deux individus, elle génère une progéniture diversifiée, augmentant ainsi les chances qu'au moins quelques spécimens possèdent les caractéristiques adaptées pour survivre aux nouvelles adversités.

« Le stress pousse vers la reproduction sexuée, affirme Emily Mitchell. Lorsque cela se produit, nous assistons à une augmentation massive des distances de dispersion des espèces, car les animaux cherchent à coloniser de nouvelles zones pour échapper à la compétition croissante. » En s'adaptant à de nouveaux habitats et à des dynamiques reproductives plus efficaces, la diversification biologique a pris son envol, préparant le terrain pour la grande explosion cambrienne qui allait suivre, également facilitée par l'apparition de la motilité animale. ■

SANTÉ

Fini les « 5 portions par jour »

Il convient plutôt d'absorber des quantités suffisantes d'un nutriment spécifique.

Atteindre l'objectif des cinq portions quotidiennes de fruits et légumes ne garantit pas automatiquement une santé de fer. Une nouvelle recherche a en effet démontré que les différents végétaux n'ont pas la même valeur nutritionnelle : la grande majorité des gens, tout en consommant la quantité recommandée, n'absorbe pas une dose suffisante d'un micronutriment clé, essentiel pour l'organisme mais présent uniquement dans des variétés spécifiques.

L'étude, réalisée avec la collaboration de scientifiques de la Harvard Medical School et de l'Université de Reading, a examiné le volume de consommation des flavanols (des composés végétaux de la famille des flavonoïdes, aux propriétés antioxydantes et anti-inflammatoires marquées).

Les flavanols sont un composant essentiel à intégrer dans notre alimentation, car ils exercent un « effet bénéfique sur la santé cardiovasculaire », explique le professeur Gunter Kuhnle de l'Université de Reading, l'un des

ILLUSTRATIONS: ROBIN BOYDEN

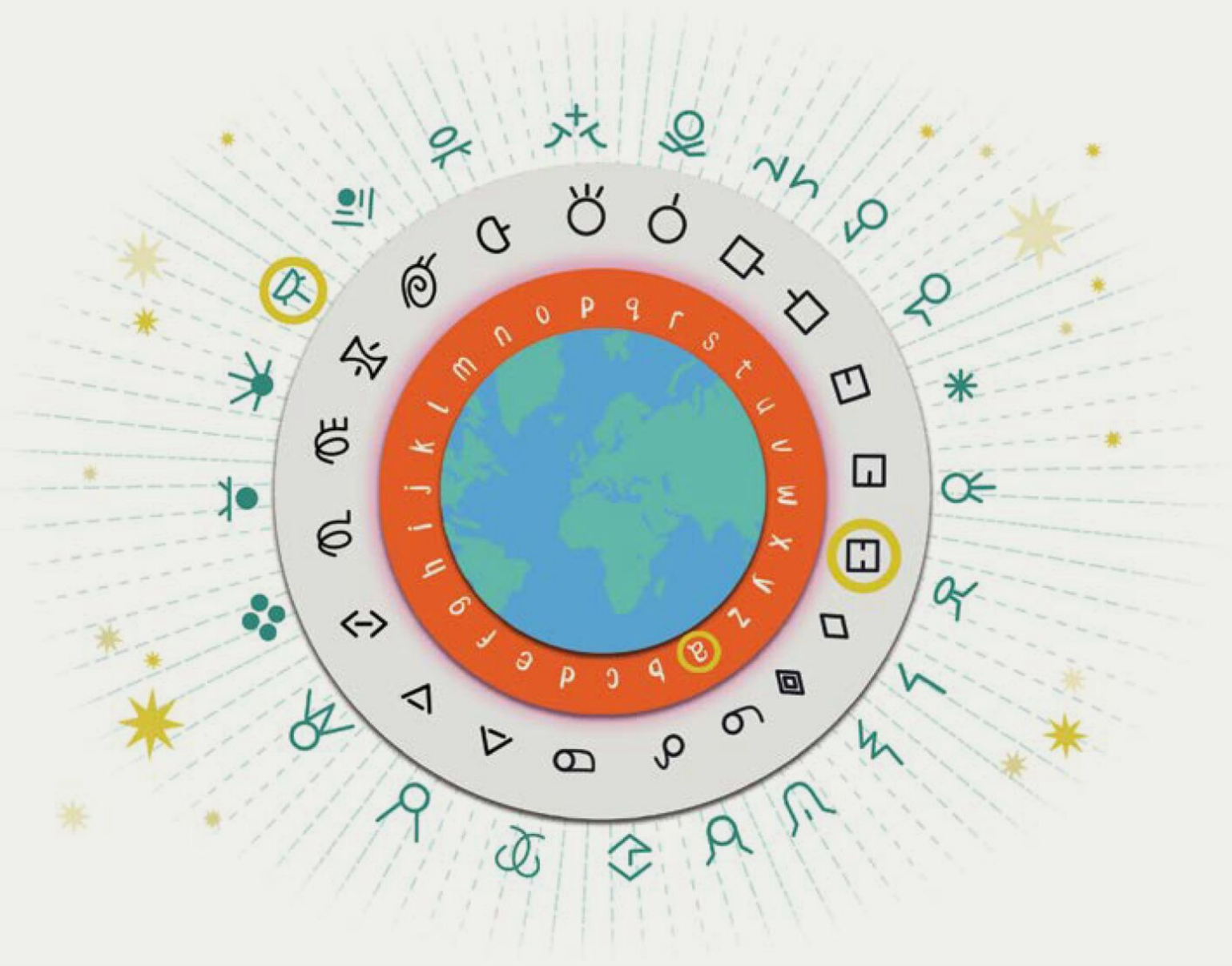
ESPACE

Une « pierre de Rosette » pour décoder les signaux de l'espace profond

Un système stellaire insolite pourrait se révéler être un « laboratoire naturel » pour étudier la physique extrême.

Ces dernières années, les astronomes ont été déconcertés par une série d'impulsions radio insolites provenant de la Voie lactée. Plus précisément, environ une douzaine de ces « transients radio à longue période » ont été interceptés, émanant de différentes régions de notre Galaxie. Aujourd'hui, dans les pages de la revue *Nature Astronomy*, les scientifiques de l'Université de Sydney rapportent avoir identifié un système stellaire binaire singulier qui pourrait être la source de l'un de ces signaux.

Baptisé par les experts « pierre de Rosette stellaire », ce système promet d'éclairer ces émissions bizarres, tout comme le célèbre vestige archéologique permit en son temps de déchiffrer les hiéroglyphes égyptiens. La structure qui vient d'être identifiée, nommée ASKAP J1745-5051, appartient à la classe des étoiles variables cataclysmiques, des systèmes binaires dans lesquels un astre compact arrache violemment de la matière à son compagnon.



En détail, il est composé d'une naine blanche (un dense résidu stellaire de la taille de la Terre mais avec une masse similaire à celle du Soleil) couplée à une naine rouge (une étoile plus volumineuse mais avec une masse égale à peine à un dixième de la masse solaire). Les deux étoiles orbitent l'une autour de l'autre à une distance très réduite, effectuant un tour complet en un peu plus d'une heure. Ce sont précisément les interactions entre leurs champs magnétiques qui génèrent des impulsions radio en des points spécifiques de l'orbite, faisant en sorte que le signal se répète à intervalles réguliers.

« Ce système nous offre la clé pour décoder ces impulsions, explique Kovi Rose, le doctorant qui a dirigé l'étude. Il nous aidera à déterminer si les autres transients à longue période ressemblent davantage à des pulsars ou à des systèmes de naines blanches. »

En plus d'émettre des ondes radio, le système « voit » la matière de l'étoile la plus légère constamment attirée vers la naine blanche ; ce processus provoque son échauffement et l'émission consécutive de rayons X. La découverte permet donc non seulement d'étudier les interactions magnétiques entre les astres, mais aussi d'analyser la physique des plasmas extrêmes dans des conditions impossibles à reproduire dans un laboratoire terrestre.

« Ces systèmes sont des laboratoires naturels, ajoute Kovi Rose. Ils nous permettent de vérifier comment se comporte la matière au sein de puissants champs magnétiques et sous l'effet de forces gravitationnelles intenses. » ■

chercheurs impliqués. Cependant, l'étude a révélé que beaucoup d'entre nous n'atteignent pas les niveaux de flavanols recommandés. Les chercheurs se sont appuyés sur des études existantes pour suivre le régime alimentaire de plus de 30 000 participants, en utilisant des biomarqueurs urinaires pour vérifier les niveaux effectifs de flavanols. Selon l'étude, l'apport optimal en flavanols se situe entre 400 et 600 mg par jour. Néanmoins, les chercheurs ont découvert que moins d'un participant sur cinq atteignait ce seuil – y compris ceux qui consommaient régulièrement les cinq portions quotidiennes de fruits et légumes.

Les chercheurs soulignent que le choix des fruits et légumes à consommer est plus important que le simple fait d'en atteindre le nombre total. Quelles variétés devrions-nous donc privilégier ? Parmi les fruits les plus riches en flavanols figurent les prunes (environ 450 mg pour 500 g), les canneberges (environ 300 mg pour 250 g) et les mûres (environ 250 mg pour 200 g). Il est possible de vérifier la teneur en flavanols des différents aliments en consultant la plateforme européenne Phenol-Explorer ou la base de données eBASIS gérée par le réseau EuroFIR.

« Intégrer dans son alimentation une poignée de mûres, une pomme entière ou boire une tasse de thé vert pendant les repas fait toute la différence », conclut le docteur Javier Ottaviani, auteur principal de l'étude à l'Université de Californie à Davis, aux États-Unis. ■

GÉOLOGIE

Une partie du noyau terrestre a inversé sa rotation. Et personne ne sait vraiment pourquoi

Il pourrait s'agir d'un cycle naturel dans les flux de fer qui génèrent le champ magnétique protecteur de la Terre.

Un immense flux de fer liquide, s'écoulant à 2 250 kilomètres de profondeur sous l'océan Pacifique, a pris la communauté scientifique par surprise en changeant soudainement de direction.

La découverte offre de nouvelles perspectives inédites sur le comportement instable du noyau externe de notre planète, la couche fluide qui joue un rôle crucial dans la génération du champ magnétique terrestre, le bouclier invisible qui nous protège des radiations solaires létales.

Les chercheurs de l'Université d'Édimbourg sont parvenus à cette conclusion en examinant les données géophysiques terrestres et satellitaires collectées entre 1997 et 2025. Dans l'étude, publiée dans la revue *The Journal of Studies of Earth's Deep Interior*, les experts expliquent qu'en 2010, une vaste portion de ce fluide ferreux, située sous le Pacifique équatorial, a inversé sa trajectoire, passant d'un lent mouvement vers l'ouest à une forte poussée vers l'est.

« Une inversion de flux à une si grande échelle soulève de nouvelles questions sur la dynamique des profondeurs terrestres », a déclaré Frederik Dahl Madsen, de l'École de géosciences de l'établissement et auteur principal de la recherche. « Notre objectif est désormais de comprendre si ce phénomène est une fluctuation passagère, s'il fait partie d'une oscillation cyclique ou s'il représente un nouvel équilibre stable dans la circulation du noyau. »

Jusqu'à présent, la communauté scientifique estimait que le noyau externe était dominé par un courant constant vers l'ouest. Cependant, selon Elisabetta Iorfida, spécialiste de l'étude du géomagnétisme à l'Agence spatiale européenne, l'anomalie du Pacifique remet en cause cette certitude. « L'étude démontre que les changements régionaux peuvent se manifester très rapidement, en l'espace d'une seule décennie, souligne l'experte.

Ces données aideront à étudier les interactions complexes entre le noyau externe, le noyau interne et le manteau inférieur, offrant des informations précieuses sur la frontière noyau-manteau, une zone critique pour la géodynamique profonde. » Les relevés les plus récents de l'ESA indiquent que le flux vers l'est, après avoir atteint un pic il y a quelques années, pourrait s'être à nouveau atténué. Ce comportement vient étayer l'hypothèse selon laquelle il s'agirait d'une oscillation temporaire ou d'un cycle naturel à long terme.

Bien que ces bouleversements se produisent à des profondeurs telles qu'ils ne comportent aucun risque immédiat pour la population ou le climat, leur compréhension reste fondamentale. Il est établi depuis longtemps que le champ magnétique terrestre n'est pas statique, mais qu'il évolue lentement au gré des mouvements du fer fondu dans le noyau : une dynamique qui influe non seulement sur l'orientation des systèmes de navigation et les opérations des véhicules spatiaux, mais aussi sur les conditions météorologiques de l'espace proche de la Terre. ■





PALÉONTOLOGIE

Voilà pourquoi les membres supérieurs du *T. rex* étaient si courts

Les « bras » minuscules de ce dinosaure résultaient du compromis évolutif lié au développement du crâne.

La communauté scientifique s'accorde depuis longtemps sur le fait que les membres antérieurs en miniature du *Tyrannosaurus rex* étaient presque inutiles, mais le déclencheur évolutif exact à l'origine de cette drastique réduction anatomique est longtemps resté un sujet de débat. Aujourd'hui, grâce à une nouvelle étude publiée dans la prestigieuse revue *Proceedings of the Royal Society B*, nous pourrions enfin avoir une réponse définitive.

Les chercheurs de l'University College de Londres (UCL) et de l'Université de Cambridge ont analysé 82 espèces de théropodes – le groupe varié de dinosaures bipèdes et principalement carnivores auquel appartient le *T. rex*

ILLUSTRATIONS : ROBIN BOYDEN

lui-même – et ont découvert que leurs « bras » avaient progressivement rétréci à mesure que la tête et les mâchoires devenaient plus imposantes et puissantes. « La tête a progressivement remplacé les membres antérieurs comme principal outil de chasse », explique l'auteur principal de la recherche, Charlie Roger Scherer, doctorant au Département des sciences de la Terre de l'UCL. « Il s'agit d'un exemple classique du principe évolutif "utilisez-le ou perdez-le" : lorsque les "bras" ont cessé d'être déterminants pour la survie, la sélection naturelle en a réduit la taille au fil du temps. »

Scherer précise en outre le contexte écologique de cette transition : « Ces adaptations se produisaient plus fréquemment dans les zones peuplées de proies gigantesques. Tenter d'agripper et de retenir avec ses griffes un sauropode de 30 mètres de long aurait été une tactique totalement inefficace ; porter une attaque létale et saisir directement la proie avec de puissantes mâchoires s'avérait en revanche être une stratégie nettement plus efficace. »

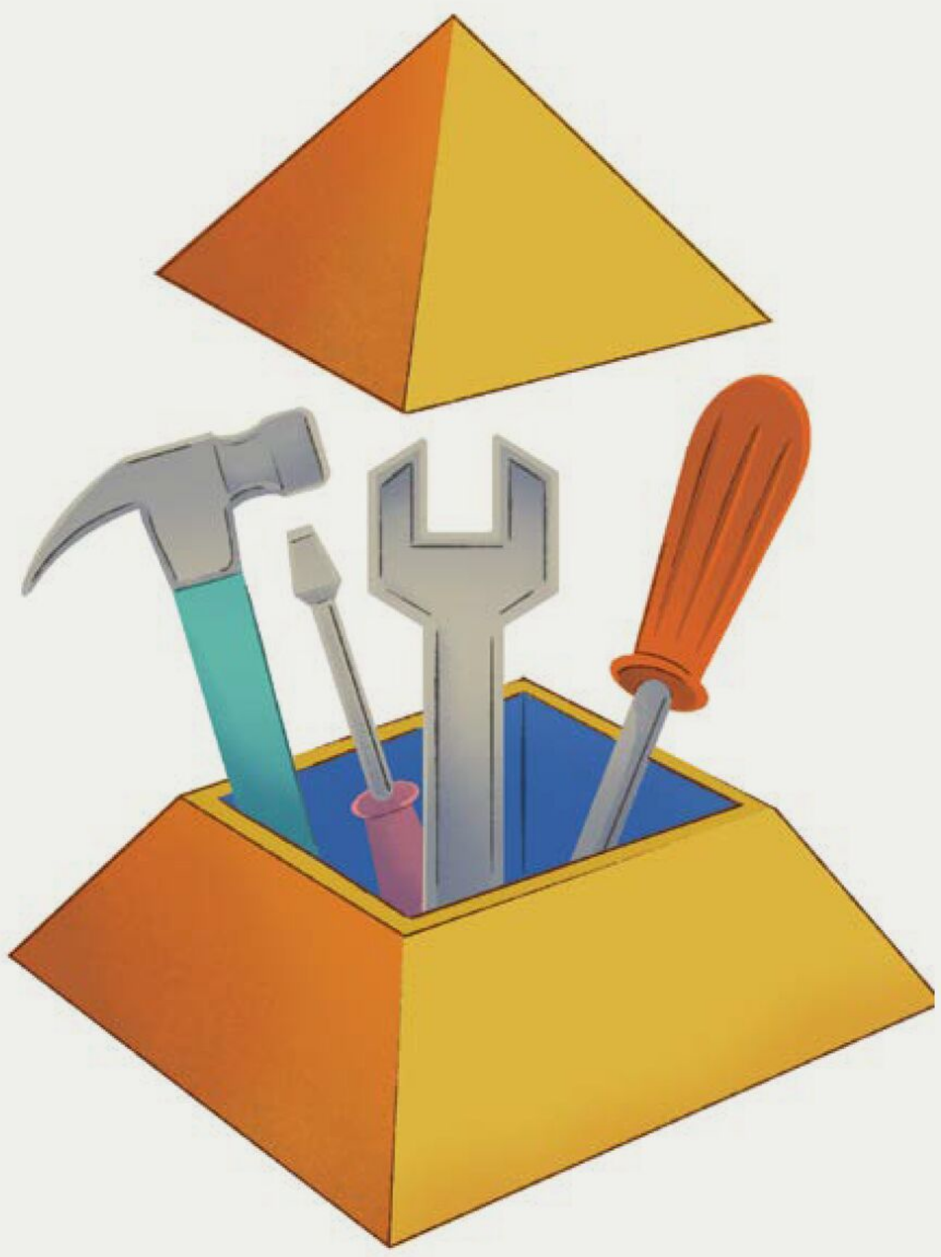
Le *T. rex* n'était d'ailleurs pas le seul théropode à présenter des membres supérieurs nettement sous-développés. Scherer cite par exemple le *Carnotaurus*, dont les « bras » étaient proportionnellement encore plus courts que ceux du tyrannosaure. Un élément qui, en revanche, ne semble pas avoir influencé ce parcours évolutif est la taille globale du reptile : plusieurs théropodes de dimensions nettement inférieures au colossal *T. rex* présentaient la même structure anatomique, caractérisée par des crânes imposants et robustes face à des membres supérieurs ridiculement minuscules. ■

« La tête étant devenue le principal outil d'attaque, les membres supérieurs se sont atrophiés. »

ARCHÉOLOGIE

Nous saurons peut-être enfin comment les pyramides ont été construites

Une nouvelle recherche remet en question les hypothèses historiques sur la construction de la Grande Pyramide de Gizeh, suggérant que la réponse a toujours été dissimulée à l'intérieur même de la structure.



La capacité extraordinaire des anciens Égyptiens à édifier la Grande Pyramide de Gizeh en l'absence totale de machines et de technologies modernes a fasciné – et désorienté – la communauté scientifique pendant des décennies. Aujourd'hui, cependant, le mystère pourrait avoir été enfin percé par le chercheur Vicente Luis Rosell Roig, qui a présenté dans la prestigieuse revue *Nature* une hypothèse innovante et vraisemblable.

La plus imposante des pyramides égyptiennes, érigée vers 2560 av. J.-C. comme tombeau pour le pharaon Khéops, abrite environ 2,3 millions de blocs de pierre, chacun d'une masse comprise entre 2,5 et 15 tonnes. Pour achever l'ouvrage au cours des 27 années du règne de Khéops, les ouvriers auraient dû positionner les blocs à la moyenne record et impossible d'un bloc toutes les trois minutes. C'est précisément la faisabilité d'une telle prouesse dans un laps de temps aussi restreint qui a fait l'objet d'un débat jamais éteint.

Par le passé, plusieurs spécialistes ont émis l'hypothèse du recours à des rampes externes, mais de telles structures auraient à leur tour nécessité une quantité énorme de matériaux pour être édifiées, et aucune preuve archéologique claire n'en a jamais été retrouvée. Une autre théorie célèbre soutient qu'une unique rampe ascendante en spirale aurait pu être aménagée à l'intérieur même de la pyramide, puis progressivement scellée de haut en bas au fur et à mesure de l'avancement des travaux. Cette thèse a toutefois été réfutée par Roig, qui a démontré qu'avec ce système, le chantier aurait nécessité près d'un demi-siècle.

Roig soutient au contraire que quatre rampes distinctes montaient simultanément en spirale depuis les différents côtés de la base. Une fois la pyramide achevée, ces voies étaient simplement scellées. Les modèles informatiques confirment que cette approche simultanée aurait permis de terminer les travaux dans les 27 ans prévus.

« Il s'agit d'une thèse extrêmement intéressante », a commenté le docteur Roland Enmarch, enseignant d'égyptologie à l'Université de Liverpool. « La théorie devra désormais trouver confirmation lors de vérifications ultérieures sur le terrain, afin d'identifier les anomalies structurales internes qu'un tel dispositif suppose. L'hypothèse apparaît néanmoins très plausible. De plus, la pyramide de Gizeh n'ayant été ni la plus ancienne, ni la dernière des pyramides, cette étude pourrait projeter une lumière nouvelle sur les techniques de construction des autres monuments de la vallée. » ■



Les médicaments anti-obésité pourraient réprimer bien plus que l'appétit

Les analogues du GLP-1 libèrent le cerveau du « bruit alimentaire » pour freiner l'envie de manger. Or, des recherches révèlent qu'ils pourraient également neutraliser d'autres pulsions.

par **SANDRINE CEURSTEMONT**

Les traitements contre le surpoids et l'obésité ont bouleversé le quotidien de nombreux patients. Plutôt que de s'astreindre à l'épreuve permanente d'un régime drastique et d'un programme d'activité physique contraignant, les personnes souhaitant perdre du poids peuvent aujourd'hui recourir à une simple injection hebdomadaire.

Cette avancée repose sur la capacité de ces molécules à inhiber l'envie de manger. En mimant l'action de l'hormone intestinale GLP-1 (glucagon-like peptide-1), ces médicaments – commercialisés sous les noms de Wegovy, Mounjaro ou Ozempic – réduisent l'appétit en envoyant au cerveau un signal de satiété précoce. Cependant, ces principes actifs semblent receler un potentiel thérapeutique bien plus vaste.

De multiples travaux étudient actuellement leurs effets bénéfiques sur le contrôle des impulsions au sens large. Nombre d'utilisateurs sous sémaglutide (la molécule d'Ozempic et Wegovy) ou tirzépatide (Mounjaro) constatent ainsi une disparition de leur appétence pour l'alcool. D'autres rapportent la diminution d'achats compulsifs, l'arrêt de l'onychophagie (se ronger les ongles) ou encore le désintérêt pour les jeux de hasard et d'argent.

« Nous avons encore beaucoup à apprendre sur l'impact comportemental de ces molécules », souligne le docteur Daniel Semenza, professeur associé au département de santé publique urbaine et mondiale de l'université Rutgers, dans le New Jersey. L'hypothèse d'une action globale sur la maîtrise des pulsions est particulièrement cohérente. Ces traitements sont réputés pour faire taire les pensées obsédantes et récurrentes liées à la nourriture – ce que les spécialistes nomment le *food noise* (le bruit de fond alimentaire), une forme de parasitage mental qui alimente les comportements compulsifs. Les mécanismes cérébraux sous-jacents demeurent toutefois partiellement élucidés.

Ces dernières années, les données suggérant leur intérêt dans la prise en charge des addictions se sont multipliées : plusieurs études ont démontré que des rongeurs dépendants à l'alcool réduisaient significativement leur consommation compulsive après avoir reçu du sémaglutide. Dès lors, les chercheurs cherchent à déterminer si ces molécules peuvent également tempérer des comportements associés, comme les conduites agressives et violentes.



CI-DESSUS
Les patients sous traitement par agonistes du GLP-1 rapportent une diminution significative de leur appétence pour l'alcool.

FREINER L'ATTRAIT DE L'ALCOOL

Les médicaments GLP-1 agissent sur le système de récompense du cerveau, responsable de la motivation et du désir ; il n'est donc pas surprenant qu'ils puissent influencer d'autres pulsions que l'impulsion alimentaire.

Lorsque quelque chose nous procure du plaisir, une substance chimique appelée dopamine est libérée dans le cerveau. Cela suscite un sentiment de bien-être, qui pousse l'organisme à désirer une quantité plus importante de tout ce qui a produit cette sensation. Manger un hamburger, par exemple, entraîne généralement la libération d'une petite quantité de dopamine ; boire de l'alcool, en revanche, en inonde le cerveau. C'est la raison pour laquelle l'alcool peut engendrer une dépendance aussi forte.

Fait intéressant, les études sur les rongeurs ont démontré que les niveaux de dopamine n'augmentent pas si l'on administre aux animaux un médicament GLP-1 avant qu'ils ne consomment de l'alcool. « Les médicaments GLP-1 atténuent la libération de dopamine induite par l'alcool », explique le docteur →

« Manger un hamburger ne libère qu'une faible quantité de dopamine ; l'alcool, en revanche, en inonde littéralement les circuits cérébraux. »

GETTY IMAGES X2

Lorenzo Leggio, médecin et chercheur aux National Institutes of Health de Baltimore.

Un cas clinique récent décrit par la docteure Hannah Kelly, neurologue au Vanderbilt University Medical Center de Nashville, dans le Tennessee, suggère que les médicaments GLP-1 peuvent atténuer la réponse de la dopamine dans le cerveau. Kelly et un confrère ont documenté le cas d'un homme de 46 ans qui avait développé un trouble du contrôle des impulsions – un état caractérisé par l'incapacité à réprimer des pulsions néfastes – à la suite de la prise d'un médicament prescrit pour le traitement de la maladie de Parkinson.

Le médicament contre la maladie de Parkinson augmente les niveaux de dopamine dans le cerveau, dans la mesure où les personnes atteintes de cette pathologie en produisent trop peu. Toutefois, avec une quantité accrue de dopamine en circulation, cet homme s'était mis à éprouver des pulsions sexuelles incontrôlables, qui l'avaient conduit à une liaison extraconjugale. Il s'était également senti poussé à effectuer des achats compulsifs, dépensant en peu de temps environ 30 000 euros. Mais lorsqu'il a commencé à recevoir des injections hebdomadaires de sémaglutide pour traiter une affection sans lien avec la première, l'homme a constaté que celles-ci bloquaient ses comportements impulsifs.

Leggio ajoute que la régulation de la dopamine n'est pas l'unique mécanisme par lequel les médicaments GLP-1 peuvent favoriser le contrôle des impulsions. Des recherches récentes ont montré qu'ils jouent un rôle dans l'amélioration du bien-être émotionnel, ce qui pourrait avoir un impact indirect. Tout le monde ne boit pas de l'alcool pour éprouver du plaisir ; certaines personnes en consomment pour apaiser le stress ou l'anxiété. Par conséquent, si les médicaments GLP-1 aident les patients à se sentir plus calmes et plus sereins, ceux-ci pourraient développer un meilleur rapport à l'alcool.

RÉDUIRE LES PULSIONS VIOLENTES

Ces molécules pourraient également aider à atténuer des comportements plus complexes, y compris par des voies indirectes. Semenza et un collègue ont publié dans la revue *Criminology* une étude consacrée à l'hypothèse selon laquelle la prise de médicaments GLP-1 aiderait à freiner les pulsions violentes.

Les deux chercheurs ont examiné l'impact des médicaments GLP-1 sur l'impulsivité et l'abus d'alcool, deux des principaux facteurs de risque d'actes violents, en s'appuyant sur une enquête menée en 2025 aux États-Unis auprès de 821 adultes qui avaient pris un traitement pour la perte de poids à un moment donné. L'enquête demandait aux participants

« Les analogues du GLP-1 peuvent agir sur un large éventail d'impulsions. »

s'ils avaient commis une infraction violente au cours des douze derniers mois, telle que menacer quelqu'un avec une arme ou prendre part à une rixe. Elle comportait en outre une série de questions destinées à évaluer leur niveau d'impulsivité ainsi que leur consommation d'alcool.

Les deux universitaires ont constaté que, chez les personnes qui prenaient des médicaments GLP-1 par rapport à celles qui n'en avaient jamais pris ou qui en avaient interrompu la prise, le lien entre impulsivité et crimes violents était réduit de 62 %, tandis que le lien entre consommation d'alcool et crimes violents était inférieur de 52 %.

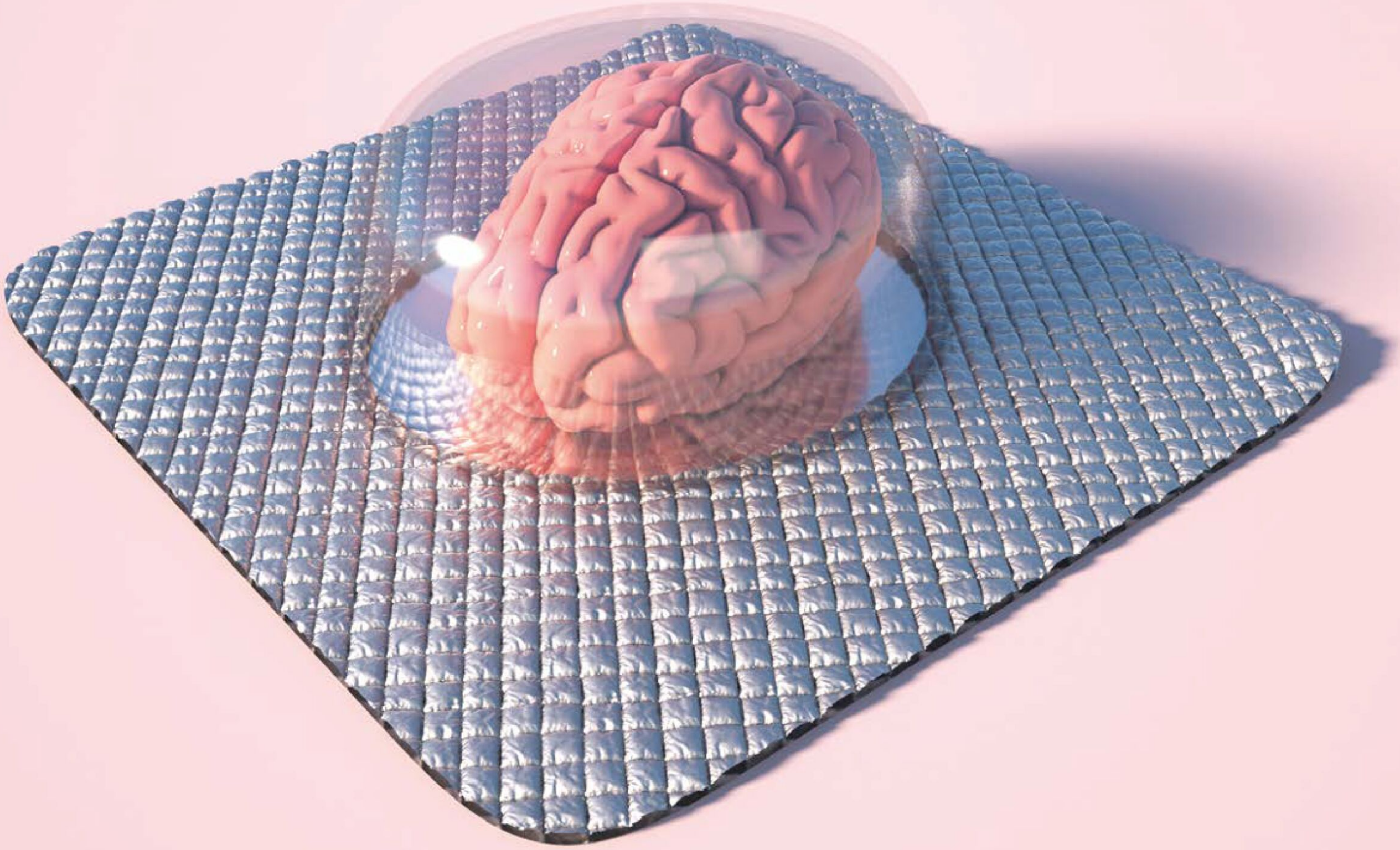
Cette étude ne constitue toutefois qu'une première étape, et Semenza souligne que des recherches complémentaires sont indispensables. Les données utilisées, par exemple, ont été recueillies sur une seule période et n'ont donc pas permis de distinguer nettement la cause de l'effet. Kelly, qui n'a pas participé à ces travaux, ajoute que les facteurs contribuant au comportement violent sont si nombreux que le fait de n'en analyser que deux ne suffit pas pour affirmer que les médicaments GLP-1 exercent un impact direct.

Semenza et son équipe préparent désormais une analyse quasi expérimentale qui examinera différentes sources de données, comme des dossiers médicaux et des registres d'arrestations, afin d'obtenir une vision plus claire de l'existence d'un lien dans la durée entre médicaments GLP-1 et violence. Si d'autres éléments de preuve viennent suggérer un lien direct, ces molécules pourraient devenir un outil précieux de plus pour prévenir les comportements violents.

À l'heure actuelle, les personnes enclines à ce type de comportements sont fréquemment prises en charge par la thérapie cognitivo-comportementale, qui leur apprend à appréhender différemment les situations susceptibles de déboucher sur de la violence, de manière à ne pas agir sous le coup de l'impulsion : elle leur enseigne à ralentir, à analyser le déroulement de leur propre réaction et à anticiper afin d'éviter l'agression.

« Ces interventions se sont révélées réellement efficaces lorsqu'elles sont menées correctement,

GETTY IMAGES



en particulier auprès de personnes vivant dans des communautés où le taux de violence est élevé aux États-Unis, indique Semenza. Mais ce sont des démarches coûteuses, il est difficile d'obtenir une assiduité régulière et leur déploiement sur le terrain s'avère complexe. »

Semenza pense que les GLP-1 pourraient potentiellement produire un effet analogue en diminuant l'impulsivité et en accordant aux personnes davantage de temps pour réfléchir à leurs actes, comme cela semble se produire pour l'envie de nourriture. Il estime en outre important d'identifier les individus chez lesquels ces médicaments auraient l'impact le plus déterminant. « Cela pourrait constituer une intervention véritablement significative pour les personnes qui ont été violentes par le passé ainsi que pour leur entourage », ajoute Semenza.

FACILITER LA DEMANDE DE SOINS

Au sein de la communauté scientifique, un consensus émerge : les analogues du GLP-1 pourraient transformer la prise en charge des troubles du contrôle des impulsions avec la même ampleur qu'ils ont révolutionné le traitement de l'obésité. Une perspective susceptible de redessiner l'offre de soins en addictologie et en psychiatrie.

CI-DESSUS
L'action centrale des molécules ciblant le récepteur du GLP-1 ouvre de nouvelles pistes thérapeutiques pour la prise en charge des troubles du contrôle des impulsions.

La docteure Kelly rappelle le dénuement thérapeutique face aux troubles du contrôle des pulsions, qui touchent pourtant près d'un patient sur six sous traitement dopaminergique. Chez les malades parkinsoniens, la seule réponse consiste souvent à suspendre ou à réduire le traitement dopaminergique – une issue délétère qui majore les tremblements et les troubles moteurs. L'adjonction d'un traitement par GLP-1 changerait radicalement le pronostic.

« Il serait précieux que de futurs essais cliniques valident formellement cette indication afin d'obtenir une autorisation de prescription ciblée », espère la praticienne.

Sur le front des addictions, le docteur Leggio estime que l'impact d'une telle validation serait sans précédent. En premier lieu, ces molécules pourraient contribuer à déstigmatiser la dépendance – comme elles l'ont fait pour l'obésité –, incitant les personnes concernées à consulter sans crainte du jugement moral.

« L'immense majorité des personnes souffrant d'addiction ne bénéficie d'aucun suivi médical, rappelle-t-il. L'espoir est que ces traitements fassent bouger les lignes : non seulement par leur efficacité propre, mais en incitant un nombre bien plus vaste de patients à franchir le pas d'une demande d'aide. » ■

par **SANDRINE CEURSTEMONT**
Journaliste scientifique freelance. Elle collabore avec BBC Future, National Geographic *et d'autres magazines.*

Les immenses réseaux fongiques de la Terre se désagrègent. Faut-il s'en inquiéter ?

Ce réseau vital, véritable puits de carbone, compte parmi les organismes vivants les plus vastes et les plus anciens de notre planète et il est aujourd'hui menacé.

par **MICHAEL DAY**



En ce moment même, sous presque chaque motte de terre de la planète, se déploie l'une des structures vivantes les plus singulières de la Terre. Il s'agit d'un champignon, bien qu'il n'ait rien de commun avec ceux que nous mettons habituellement dans nos assiettes. Il se développe sous la forme de filaments microscopiques, plus fins que du coton, qui s'entremêlent étroitement dans le sol et pénètrent à l'intérieur des racines de la plupart des plantes.

Il existe différents types de ces organismes qui colonisent le système racinaire de la flore terrestre. Les plus répandus – aujourd'hui au cœur d'une nouvelle étude majeure – sont les champignons mycorhiziens à arbuscules (MA), également appelés champignons MA. Leur présence sur notre planète remonte à plusieurs centaines de millions d'années, bien avant l'apparition des premiers arbres.

Les scientifiques savent depuis plus d'un siècle que ces organismes contribuent à maintenir les écosystèmes en vie en acheminant l'eau et les nutriments essentiels jusqu'aux végétaux. Pourtant, une question étonnamment élémentaire était restée sans réponse jusqu'à présent : quelle est, exactement, l'étendue de ce réseau dissimulé sous terre ?

La réponse, tout juste apportée par une étude menée par la Society for the Protection of Underground Networks (SPUN), donne le vertige : mis bout à bout, indiquent les chercheurs, les filaments des champignons MA du monde entier s'étendraient sur plus de 110 millions de milliards de kilomètres. Une distance suffisante pour traverser environ un dixième de la Voie lactée, ce qui équivaut à près de 11 000 années-lumière. On estime par ailleurs que ces mêmes filaments emprisonnent environ 300 mégatonnes de carbone, soit une quantité quatre à six fois supérieure à la masse corporelle cumulée de l'ensemble des êtres humains vivant sur Terre.

Mais cette étude fait bien plus qu'attribuer des chiffres astronomiques à ce monde souterrain. Elle soulève une interrogation autrement plus profonde et urgente : si une structure aussi colossale s'est développée sous nos pieds depuis tout ce temps, quel est son rôle dans notre survie, et que se passerait-il si ce maillage venait à céder ?

CI-DESSUS
L'équipe de SPUN a prélevé des échantillons de sol à travers le monde entier, notamment au Bhoutan (en photographie), afin de mesurer l'étendue du réseau de champignons mycorhiziens à arbuscules.

À DROITE
Échantillons de sol collectés en Mongolie (en haut) et dans le désert des Mojaves, en Californie (en bas).







THOMÁS MUNITA/SPUN X2, GABRIEL DE LA ROSA/SPUN

DES RACINES, MAIS PAS SEULEMENT

Les scientifiques qualifient souvent ces réseaux fongiques de système circulatoire de la Terre, et l'on comprend aisément pourquoi.

Pour le dire simplement, ils s'entremêlent intimement aux racines des plantes et agissent comme une extension naturelle de celles-ci, s'enfonçant bien plus profondément dans le sol que ne pourraient jamais le faire les seules racines. Ils captent l'eau ainsi que les sels minéraux pour les délivrer à la plante ; en retour, celle-ci leur cède les sucres issus de la photosynthèse.

On sait que les champignons MA sont associés à environ 70 % de l'ensemble des espèces végétales terrestres. Détruire cette trame souterraine revient à couper les lignes de ravitaillement vitales de la majeure partie de la végétation mondiale. Et avec elle disparaîtraient les cultures, les forêts et les pâturages dont dépend la subsistance de l'humanité tout entière.

Nourrir les végétaux ne représente pourtant que la moitié du tableau. Ces associations symbiotiques entre plantes et champignons participent également à la régulation du climat mondial. Tandis que les végétaux absorbent le dioxyde de carbone (CO_2) atmosphérique, ils en transfèrent une partie sous terre à leurs partenaires fongiques, favorisant ainsi son stockage durable dans le sol. Une étude a estimé qu'environ quatre milliards de tonnes de CO_2 sont ainsi acheminées chaque année vers les champignons MA – un volume qui surpasse même l'empreinte carbone annuelle globale de l'ensemble des pays de l'Union européenne.

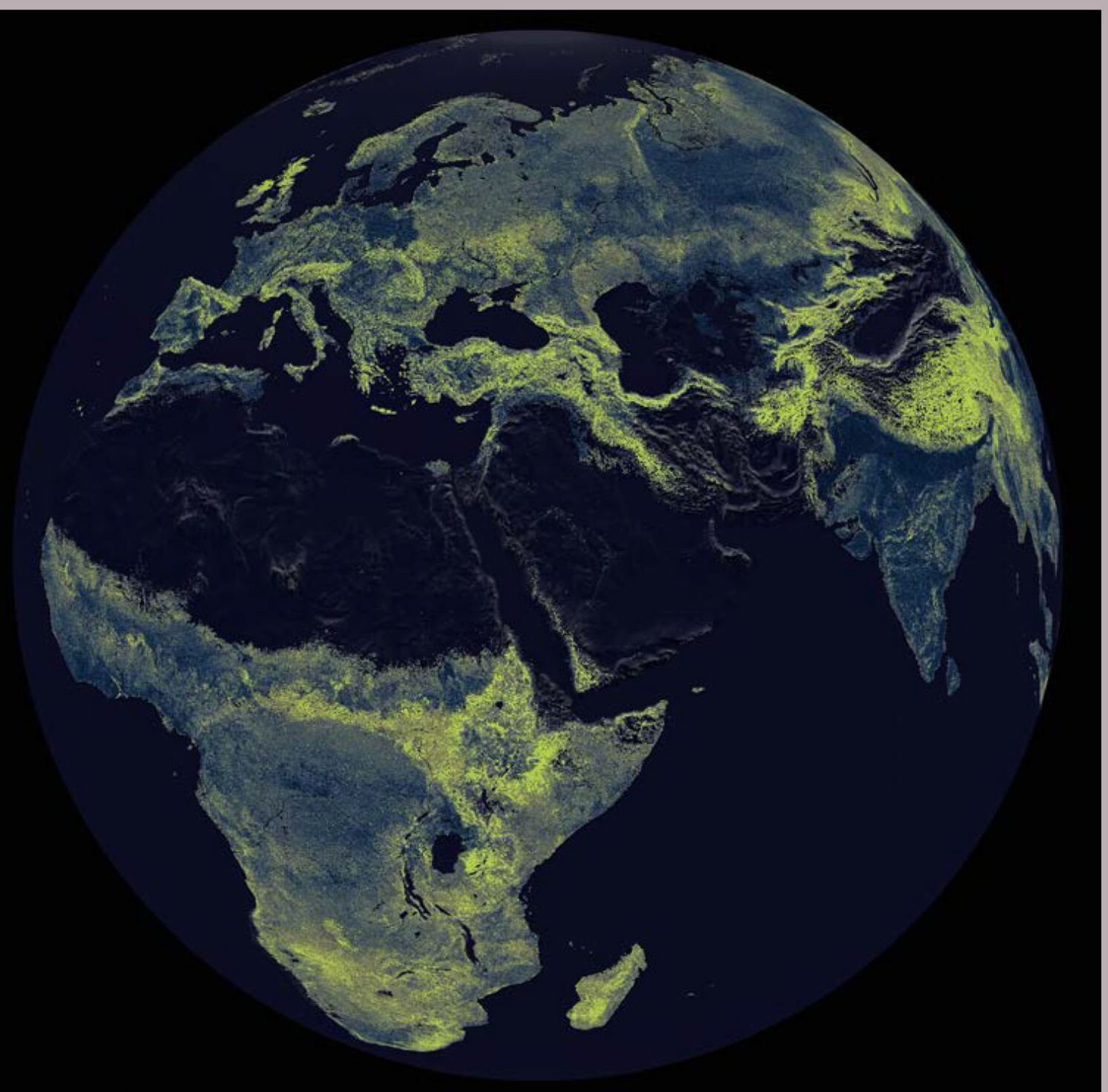
Pourtant, alors que nous consacrons des moyens colossaux et une attention soutenue à la plantation et à la préservation des forêts en surface, l'immense réseau souterrain dans lequel finit une part majeure de ce carbone a suscité un intérêt bien modeste en comparaison. « Il est difficile d'exagérer l'importance et l'immensité de ces champignons », souligne l'auteur principal de l'étude, le docteur Justin Stewart, écologue évolutionniste au sein de la fondation SPUN. « Une simple cuillère à café de terre peut renfermer jusqu'à 10 mètres de ce réseau dense. »

« L'importance de ce réseau fongique mondial est peu connue. »

On pourrait croire qu'un système d'une telle ampleur, si profondément ancré dans le vivant terrestre, est à l'abri de toute menace. Il n'en est rien. En réalité, l'étude même qui a révélé son échelle démesurée a mis en lumière un constat bien plus alarmant : nous sommes en train de le détruire, et ce à un rythme effréné.

RASÉS AU SOL

Lorsque l'on imagine la nature sauvage à préserver, l'esprit se tourne presque spontanément vers les forêts tropicales. Pourtant, les prairies naturelles – ces paysages ouverts et discrets devant lesquels la plupart d'entre nous passent en voiture sans y prêter attention – abritent en réalité environ 40 % des champignons MA de la planète. Selon les modèles prédictifs, les plaines inondables du Soudan du Sud, les Everglades en Floride et le plateau tibétain constituent des zones particulièrement riches en la matière. →



« Dans les terres agricoles, il n'y a qu'environ la moitié du réseau fongique des milieux naturels. »

CI-DESSUS
L'équipe de SPUN a conçu une cartographie mondiale révélant la distribution des réseaux de mycorhizes à arbuscules à la surface du globe.

C'est précisément là que les difficultés commencent. Les prairies figurent parmi les biomes les moins protégés du globe et sont converties en terres agricoles à un rythme quatre fois supérieur à celui de la déforestation.

Il s'agit d'une catastrophe pour la biodiversité souterraine, car l'agriculture intensive se montre impitoyable envers ces réseaux. Le labour mécanique déchiquette les délicats filaments, tandis que les engrais chimiques rendent inutile la raison même pour laquelle la plante nourrit le champignon. Privés d'échanges, les réseaux dépérissent. L'étude de la fondation SPUN a révélé que les sols cultivés ne renferment que la moitié de la densité fongique observée dans les sols sauvages.

L'alerte lancée par les experts extérieurs au projet est plus sévère encore. Le professeur Martin Bidartondo, spécialiste de l'écologie des champignons à l'Imperial College de Londres et aux Jardins botaniques royaux de Kew, rappelle que deux siècles d'activité industrielle bousculent un système dont l'évolution a nécessité des centaines de millions d'années, le projetant dans des conditions pour lesquelles il n'a jamais été conçu.

« L'espèce humaine est apparue il y a environ 300 000 ans et, au cours des deux derniers siècles, nous avons dilapidé cet héritage à une vitesse stupéfiante, observe le chercheur. Nous sommes en train de créer à un rythme accéléré des conditions artificielles que les plantes et les champignons n'ont jamais appris à affronter au cours de leur évolution. »

Si ces réseaux venaient à subir une dégradation majeure, explique le professeur Bidartondo, les préjudices ne resteraient pas confinés au sous-sol. Les plantes peineraient à s'implanter et à croître – et de là, les fissures se propageraient en cascade : vers nos ressources alimentaires et le bois d'œuvre, vers la faune herbivore, mais aussi vers la capacité des sols à retenir l'eau et le carbone ou à résister à l'érosion. Éliminer les champignons revient à déstabiliser un pan considérable de la vie en surface.

LE DÉFI DE DEMAIN

La vérité dérangeante qui traverse l'ensemble de ces travaux est que nous sommes appelés à sauvegarder un monde que nous commençons à peine à appréhender. Le biologiste Merlin Sheldrake, coauteur de l'étude, abonde dans ce sens : « Nous comprenons encore bien trop mal la manière dont s'articule et se répartit l'infrastructure de ces voies de transport vivantes à l'échelle du globe. »

D'ordinaire, un déficit de connaissances incite à l'attentisme. Ici, c'est l'exact inverse qui s'impose. Nous savons désormais que ce réseau est titanesque, qu'il soutient en silence la quasi-totalité de la flore terrestre et que nous l'érodons à grande vitesse.

En marge de la publication de son étude, l'équipe de SPUN a mis en ligne une Carte des infrastructures mycorhiziennes – le tout premier atlas mondial cartographiant précisément l'implantation de ces réseaux – et exhorte les gouvernements à l'intégrer dans leurs stratégies de conservation : en protégeant en priorité les prairies les plus denses, en repensant les pratiques agronomiques et en considérant le sol comme un patrimoine vivant à préserver plutôt que comme une simple ressource à exploiter. ■



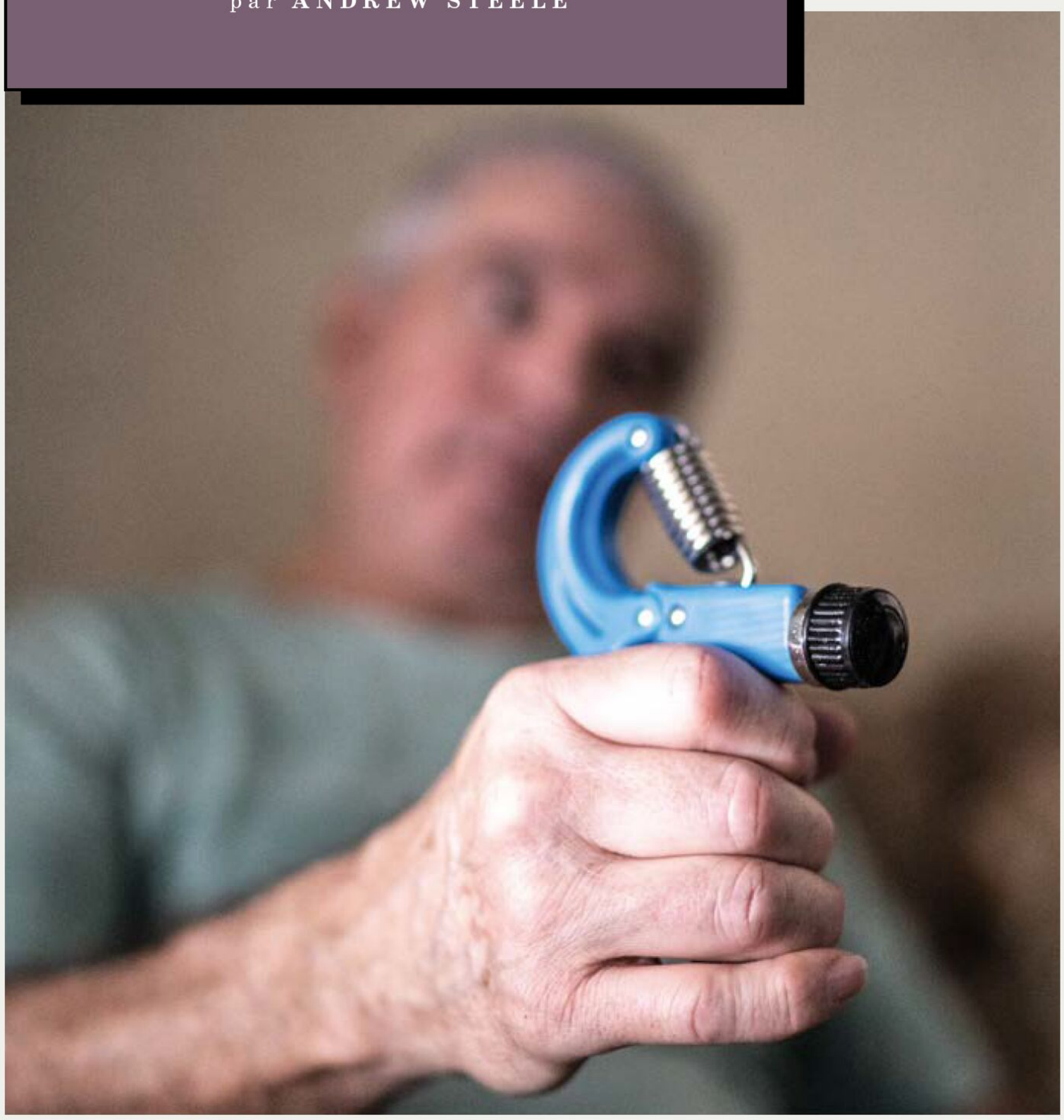
par **MICHAEL DAY**
Journaliste freelance primé et essayiste.

MORITZ STEFANER/TRUTH & BEAUTY/ SPUN, GETTY IMAGES

Renforcer sa masse musculaire pour mieux vieillir

Inutile d'être un adepte inconditionnel des salles de sport pour profiter des bienfaits de la musculation. Voici les clés essentielles à connaître.

par ANDREW STEELE



La force de préhension manuelle pourrait constituer un indicateur de longévité plus fiable que la pression artérielle. Avec l'intérêt grandissant pour la mesure de l'âge biologique, ce sont souvent les tests à la pointe de la technologie et à l'allure la plus « scientifique » qui retiennent l'attention. Pourtant, un modeste instrument mesurant la force de préhension – le dynamomètre – s'avère tout aussi pertinent, voire supérieur, aux analyses sanguines et aux horloges épigénétiques. Le principe est élémentaire : il suffit de serrer l'appareil de toutes ses forces pour obtenir une valeur exprimée en kilogrammes. Un score élevé par rapport à sa tranche d'âge est un excellent indicateur de la durée de vie en bonne santé et de l'espérance de vie globale.

Cette valeur prédictive de la force de préhension éclaire l'engouement actuel pour le renforcement musculaire. Longtemps assimilée aux seuls cercles du culturisme, la musculation est désormais recommandée à un très large public : des personnes diabétiques aux patients sous traitement oncologique, jusqu'à quiconque souhaite optimiser son vieillissement.

De solides études de cohortes viennent étayer cette approche, s'appuyant sur le suivi de vastes panels d'individus durant plusieurs décennies afin d'établir des corrélations entre mode de vie, alimentation et survenue de pathologies. Une vaste recherche a ainsi démontré que la formule idéale pour prolonger l'existence repose sur une association équilibrée d'activité cardiovasculaire et de renforcement musculaire. Consacrer entre une heure et demie et deux heures par semaine au travail de force est associé à une baisse de 13 % du risque global de mortalité. Cet effet protecteur est encore plus marqué face à certaines affections précises, se traduisant par une réduction de 19 % du risque de mortalité cardiovasculaire et de 27 % pour les maladies neurodégénératives telles que la démence. Il s'agit d'un bénéfice complémentaire à celui du cardio : à moins d'atteindre déjà le seuil maximal d'activité aérobie (équivalant à environ cinq heures de course à pied ou dix heures de marche par semaine), intégrer des exercices de renforcement procure un gain net en matière de longévité.

POURQUOI LE MUSCLE EST IMPORTANT

Pour comprendre les mécanismes par lesquels la stimulation musculaire favorise la longévité, il convient de dissiper une idée reçue : il n'est nullement nécessaire de soulever des charges extrêmes ni de manipuler les barres d'haltères des salles de fitness. Le renforcement musculaire se pratique aisément à domicile au moyen d'exercices au poids du corps, tels que le gainage (plank), les abdominaux et les flexions de jambes (squats).

Sur le plan biologique, le muscle squelettique (l'ensemble des muscles rattachés au squelette et sensibles à l'effort physique) constitue le plus →

CI-DESSUS
La force de préhension est un bon indicateur de longévité potentielle. Toutefois, s'entraîner uniquement dans le but de l'accroître ne permet pas de vivre plus longtemps.

grand organe du corps humain, représentant 30 à 40 % de la masse corporelle chez un adulte en bonne santé. Une telle proportion explique son influence déterminante sur le vieillissement.

Le tissu musculaire joue un rôle fondamental dans l'assimilation du glucose : il stocke environ 80 % du sucre circulant dans le sang après les repas. Pour prévenir les pics glycémiques postprandiaux, développer sa masse musculaire constitue l'une des stratégies les plus probantes. Chez les personnes atteintes de diabète, une affection caractérisée par une glycémie élevée, les exercices de renforcement permettent de réduire cette concentration de manière directement proportionnelle au gain de force obtenu. Plusieurs travaux suggèrent même que, dans la régulation glycémique des patients diabétiques, le travail musculaire surpasse l'entraînement d'endurance, bien que l'approche optimale demeure la combinaison des deux.

Par ailleurs, le muscle squelettique sécrète une grande quantité de myokines, des molécules de signalisation exerçant une action systémique majeure sur l'organisme. À titre d'exemple, un tissu musculaire stimulé libère de l'interleukine 6 (IL-6). Bien que cette cytokine soit généralement associée aux processus inflammatoires, elle déploie dans ce contexte précis une action anti-inflammatoire et réduit la graisse viscérale, un facteur de risque étroitement lié au diabète et au vieillissement prématuré. Un essai clinique a validé ce mécanisme en démontrant que l'activité physique perdait sa capacité à résorber la graisse viscérale lorsqu'un agent pharmacologique bloquant l'action de l'IL-6 était administré.

DES OS PLUS SOLIDES

L'entraînement de résistance confère également des bénéfices majeurs sur la densité minérale osseuse. Cet aspect s'avère déterminant pour les femmes ménopausées, une période où les fluctuations hormonales peuvent entraîner une déperdition accélérée de la résistance osseuse. L'effort musculaire permet d'enrayer ce déclin physiologique.

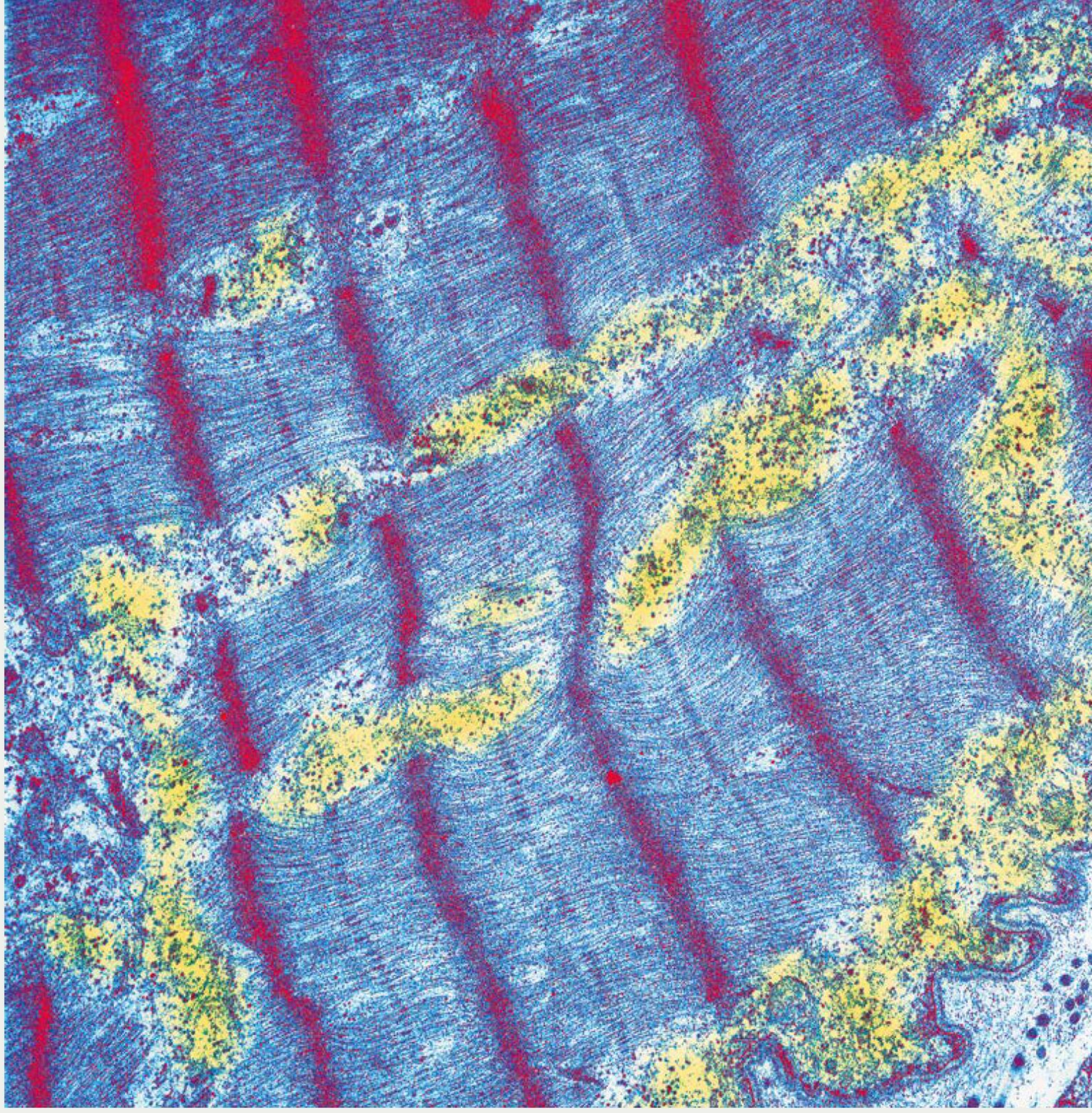
L'essai clinique LIFTMOR a ainsi soumis des femmes d'une soixantaine d'années présentant une faible densité osseuse à huit mois d'entraînement supervisé à haute intensité (deux séances par semaine) ou à des exercices modérés à domicile. Le premier groupe a enregistré une nette augmentation de sa densité osseuse au niveau de zones critiques telles que le rachis lombaire et le col du fémur. Des résultats comparables ont été mis en évidence au sein de la population masculine.

Cet enjeu est crucial : les chutes entraînant une fracture du col du fémur figurent parmi les premières causes de dépendance et de mortalité chez les personnes âgées. Alors qu'une fracture se résorbe en quelques semaines d'immobilisation chez un sujet jeune, la rupture du fémur chez une personne âgée s'accompagne d'un taux de mortalité situé entre 15 et 30 % dans l'année qui suit l'accident. L'activité physique réduit drastiquement ce risque.

Les exercices d'équilibre limitent le risque de chute, tandis que le renforcement fonctionnel consolide les muscles et affine la coordination neuromusculaire, procurant la vélocité et la puissance requises pour réagir lors d'un déséquilibre. Enfin, une ossature plus robuste augmente les chances qu'une chute ne se solde par aucune fracture.

REPÈRES POUR DÉBUTER

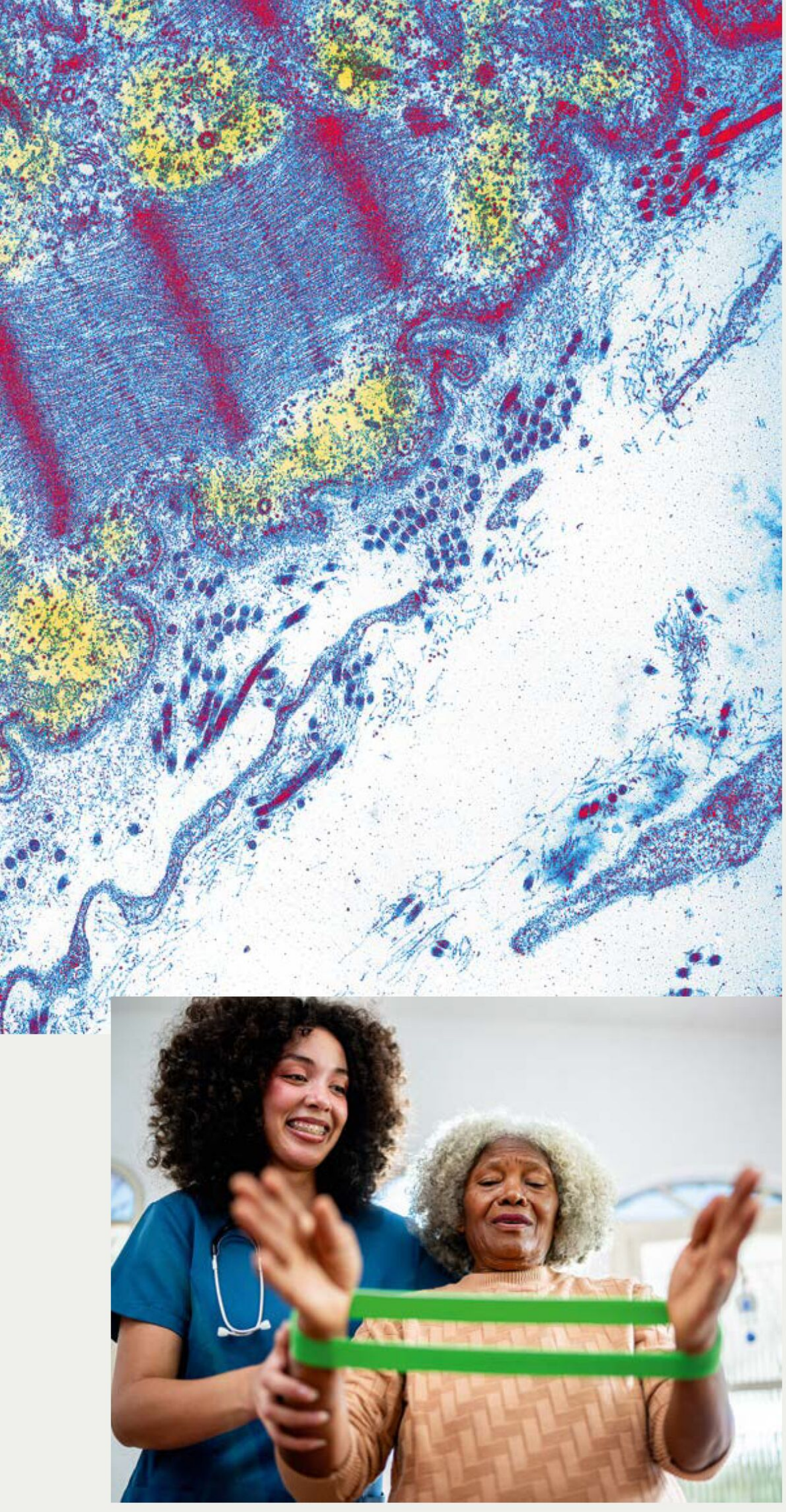
L'importance du capital musculaire se heurte à une réalité physiologique : dès l'âge de 35 ans, s'amorce une perte tendancielle de 0,5 à 1 % de tissu musculaire par an. Au fil des décennies, cette fonte s'accentue et la force décroît à un



« La bonne santé du muscle squelettique est essentielle pour contrer le vieillissement. »

CI-DESSUS
Muscle squelettique humain, en fausses couleurs, observé au microscope.

SCIENCE PHOTO LIBRARY, GETTY IMAGES



rythme deux à cinq fois plus rapide que la masse, atteignant une perte annuelle de 2 à 4 % aux alentours de 75 ans.

La bonne nouvelle est que le renforcement musculaire peut inverser cette dynamique à tout âge. Un programme d'entraînement de huit semaines mené auprès de nonagénaires en établissement de soins a permis de multiplier leur force par près de trois, d'accroître de 10 % la masse musculaire des membres inférieurs et d'augmenter de 50 % leur vitesse de marche.

Ce type de stimulation fait aujourd'hui partie intégrante des recommandations de prise en charge en oncologie. Il se révèle efficace pour lutter contre l'asthénie et améliorer la qualité de vie, y compris au cours des protocoles de chimiothérapie et de radiothérapie, pourtant particulièrement éprouvants.

CI-DESSUS
Le renforcement musculaire n'implique pas nécessairement de soulever de lourdes charges. Pour débuter, les bandes élastiques offrent une résistance largement suffisante.

Pour récolter des effets mesurables, nul besoin de séances exténuantes : les bénéfices progressent pour atteindre un palier optimal autour de deux heures de pratique hebdomadaire. Les organismes de santé publique en Europe préconisent des mouvements simples à réaliser chez soi, articulés autour d'une chaise, d'un mur ou d'objets du quotidien. Parmi les exercices phares :

- **Le lever de chaise** Assis le dos droit, bras croisés sur la poitrine, se lever à la seule force des jambes avant de se rasseoir. Le nombre de répétitions réalisées en 30 secondes sert d'ailleurs de marqueur clinique pour évaluer l'état de fragilité.
- **La chaise au mur** Le dos plaqué contre une paroi verticale, glisser vers le bas jusqu'à former un angle droit simulant une position assise, et maintenir la posture en contraction isométrique. Cet exercice statique est particulièrement réputé pour abaisser la pression artérielle.
- **La flexion des avant-bras** À l'aide de petites charges ou de simples bouteilles d'eau, fléchir lentement les bras vers les épaules. Un mouvement contrôlé et exécuté à vitesse modérée sollicite efficacement la force musculaire sans surcharger les articulations.

Bien que le renforcement musculaire soit primordial, la diversité reste le maître-mot d'un mode de vie sain. Les données épidémiologiques rappellent que le travail aérobie assume une part majeure dans la protection de la longévité, et l'approche combinée demeure la plus vertueuse. Si l'espérance de vie évalue le temps d'existence globale, l'objectif fondamental consiste à étendre l'espérance de vie en bonne santé – exempte de pathologies chroniques, tout en préservant l'équilibre, la densité osseuse et l'endurance.

La force de préhension en constitue l'illustration la plus parlante. Il serait vain de s'escrimer sur des pinces de musculation dans l'unique intention de faire grimper le score au dynamomètre. La préhension est un marqueur robuste de longévité non pas parce qu'elle agit directement sur le développement d'un cancer ou d'une démence, mais parce qu'elle reflète l'état général d'un organisme vigoureux et sain. Adopter une routine physique variée et diversifiée garantit son maintien au fil des décennies, loin de la lassitude des séances monotones.

Le meilleur remède pour vieillir en bonne santé ne se trouve pas en pharmacie : c'est simplement l'activité que l'on prendra plaisir à poursuivre dans vingt ans. ■



par **ANDREW STEELE**
Biologiste et auteur.

L'UNIVERS EST-IL UN HOLOGRAMME ?

Le plus proche collaborateur de Stephen Hawking présente les preuves émergentes qui confirment les dernières intuitions du cosmologiste sur le temps et nous révèlent pourquoi l'univers pourrait être un gigantesque hologramme.

par THOMAS HERTOG

ILLUSTRATIONS: MAGIC TORCH





Un point fondamental de la théorie des trous noirs formulée par Stephen Hawking est que ces géants cosmiques ne peuvent que continuer à grandir. Grâce aux observations de précision menées avec l'observatoire d'ondes gravitationnelles LIGO (Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory), cette théorie a été vérifiée pour la première fois. Surtout, ce franchissement montre que les observations avancées des ondulations gravitationnelles peuvent s'enfoncer jusqu'aux racines les plus profondes de la physique. À l'avenir, elles pourraient même révéler que l'univers entier est un hologramme.

CI-DESSUS
Un schéma illustrant comment l'univers peut émerger d'un hologramme, dans lequel les qubits intriqués (*entangled*) sur sa frontière codent les informations qui donnent forme au temps et à l'espace.

UN TEMPS SANS TEMPS

La découverte théorique de l'existence d'un hologramme caché derrière notre réalité familière d'espace et de temps figure parmi les conquêtes les plus importantes, déconcertantes et de vaste portée de la physique de la fin du XXe siècle. Les physiciens ne sont pas encore d'accord sur la forme que peut prendre cet hologramme, mais la seule idée a ouvert des perspectives qui ont déjà révolutionné la physique théorique.

Pendant des décennies, les scientifiques ont lutté pour unir la relativité générale et la théorie quantique. La découverte de l'holographie a rendu ce mariage possible, en démontrant que la gravité et la physique quantique ne doivent pas nécessairement s'exclure mutuellement, mais peuvent être comme le yin et le yang : deux descriptions profondément différentes et pourtant complémentaires de la même réalité physique. Selon le principe holographique, les systèmes physiques peuvent être gravitationnels et quantiques en même temps, bien que décrits dans des dimensions différentes. C'est précisément le changement de perspective introduit par l'holographie.

Dans les hologrammes auxquels nous sommes habitués, une troisième dimension spatiale émerge de la lumière projetée sur une surface bidimensionnelle. Dans l'hypothèse du cosmos-comme-hologramme, en revanche, c'est la dimension du temps qui serait codée holographiquement. En d'autres termes, l'évolution même de l'univers pourrait être une projection holographique.

Les dernières réflexions de Hawking sur le temps qui émerge comme une projection holographique sont exprimées dans une image en forme de disque (voir le schéma à gauche). Le cercle extérieur représente un hologramme sans temps constitué d'innombrables bits quantiques (qubits) intriqués (ou entangled), semblables à l'état de spin des particules. (Un qubit est l'unité de base de l'information quantique qui peut exister dans une combinaison simultanée de plusieurs états.) C'est de cette structure que procéderait l'évolution d'un univers en expansion.

Au centre du disque se trouve l'origine de l'univers, qui s'élargit vers l'extérieur dans ce qu'on appelle la « direction radiale ». C'est comme si un code opérait sur les qubits intriqués pour donner naissance à l'univers, et ce processus émergent est ce que nous percevons comme l'écoulement du temps.

Nous pouvons remonter le temps vers l'intérieur du disque en adoptant une vision plus floue de l'hologramme extérieur – un peu comme faire un zoom arrière sur une image. À la fin, toutefois, les bits s'épuisent. Cette interruption marquerait l'origine du temps dans la vision holographique du cosmos. Si cette hypothèse était correcte, il ne pourrait pas y avoir eu d'« avant » le Big Bang, puisque le passé qui émerge holographiquement ne



Un technicien inspecte l'un des quatre miroirs principaux de LIGO, qui contribuent à mesurer les distances infinitésimales influencées par le passage des ondes gravitationnelles.

THOMAS HERTOG X2, LIGO/CALTECH/NSF/MATT HEINTZE



s'étend pas au-delà de cette limite : dans l'holographie, en effet, le Big Bang ne marque pas seulement le début du temps, mais il matérialise aussi l'émergence même des lois de la physique qui nous sont aujourd'hui familières.

TROUS NOIRS : LES HOLOGRAMMES DÉFINITIFS ?

Dans les années 1970, Jacob Bekenstein et Stephen Hawking ont découvert, à travers une expérience de pensée géniale, que les trous noirs ne sont pas des abîmes vides et sans fond comme le suggérait la relativité générale d'Einstein. Au contraire, ils emmagasinent une quantité énorme d'informations sur leur propre histoire à l'intérieur d'une mystérieuse structure microscopique. Les trous noirs, suggéra Hawking, seraient les « disques durs » les plus efficaces de l'univers.

Pour donner un exemple, Sagittarius A*, l'énorme trou noir supermassif qui se tapit au centre de la Voie lactée, peut stocker l'équivalent de 10^{80} gigaoctets (un nombre inimaginablement grand, égal à un 1 suivi de 80 zéros). Toutes les données présentes dans les serveurs de →

CI-DESSUS
Les collègues Thomas Hertog et Stephen Hawking remettent en question la théorie que Hawking lui-même avait exposée dans son célèbre livre *Une brève histoire du temps : du Big Bang aux trous noirs*.

stockage de Google pourraient facilement trouver leur place dans un trou noir plus petit qu'un proton.

Hawking dériva même une formule mathématique précise pour calculer la quantité d'informations, ou entropie, contenue dans les trous noirs. Il s'agit toutefois d'une formule déconcertante. Tout d'abord, elle implique que l'entropie d'un trou noir augmente en proportion de la surface de son horizon des événements et non de son volume interne. Ce fait est surprenant. La capacité de stockage de tous les systèmes qui nous sont familiers, comme les bibliothèques, est liée à leur volume interne, non à la surface des murs périmétriques. Si l'on voulait estimer la quantité d'informations dans une bibliothèque, par exemple, il faudrait compter les livres sur toutes les étagères, pas seulement ceux appuyés le long des murs

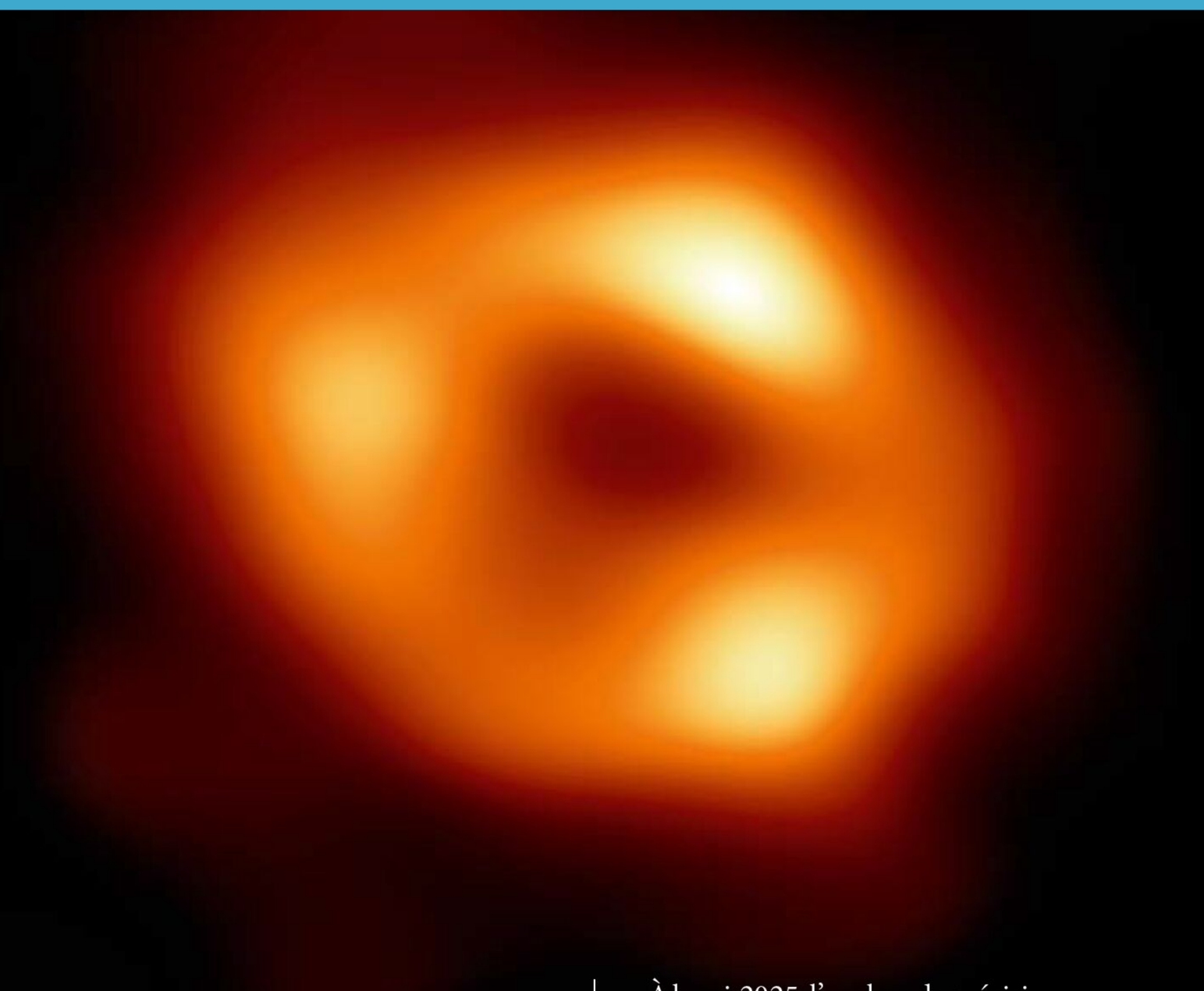
Avec les trous noirs, il n'en va pas ainsi. Pour calculer le contenu d'information quantique d'un trou noir, Bekenstein et Hawking nous invitent à considérer la surface de l'horizon des événements et à la subdiviser par une grille de cellules minuscules, dont les côtés mesurent une unique longueur quantique fondamentale (la longueur de Planck, égale à environ $1{,}616 \times 10^{-35}$ m).

La portée extraordinaire de cette équation de l'entropie réside dans le fait que chaque cellule quantique sur l'horizon des événements conserve exactement un bit d'information. Chacun de ces bits peut potentiellement répondre à une seule question dichotomique (du type « oui ou non ») sur l'évolution du trou noir et sur sa microstructure. L'ensemble de tous ces bits constitue tout ce qu'il y a à savoir sur le trou noir lui-même.

Ce fut la première véritable lueur d'holographie dans la physique moderne : la capacité de stockage des trous noirs n'est pas déterminée par leur volume interne, mais par la surface de leur horizon. C'est comme si, d'un point de vue quantique, les trous noirs n'avaient pas du tout d'intérieur, mais étaient en réalité des hologrammes.

En physique, l'entropie est aussi une mesure du degré de désordre d'un système. Une haute entropie indique un état fortement désordonné, tandis qu'une basse entropie correspond à un système hautement ordonné. Les systèmes physiques tendent à évoluer naturellement vers des états d'entropie plus grands pour la simple raison qu'il existe beaucoup plus de configurations microscopiques correspondant à un état désordonné qu'à un état ordonné (il suffit de penser à son bureau ou à sa chambre à coucher).

De la même manière, soutenait Hawking, la surface de l'horizon des événements – qui mesure l'entropie du trou noir – ne peut qu'augmenter. Cela doit valoir aussi lorsque deux trous noirs entrent en collision et fusionnent. Dans ce scénario, leurs masses s'additionnent, ce qui tendrait à augmenter la surface globale. Cependant, dans le processus, une fraction d'énergie se perd sous la forme d'une violente émission d'ondes gravitationnelles. De plus, la fusion peut augmenter la vitesse de rotation (spin) du trou noir résultant, un facteur qui – selon la théorie d'Einstein – en réduirait la surface. La théorie de Hawking postule que la combinaison de tous ces facteurs contradictoires doit, en toute circonstance, déterminer une augmentation de la surface totale, produisant un trou noir final plus grand.



« C'est comme si l'humanité apprenait à écouter les sons du cosmos. »

CI-DESSUS
L'image montre Sagittarius A*, le trou noir supermassif au centre de la Voie lactée, capturé grâce aux observations menées en 2017 par l'Event Horizon Telescope. Le trou noir en lui-même est complètement sombre, entouré d'un anneau de gaz incandescent dont la lumière est déformée par sa propre gravité.

À la mi-2025, l'analyse de précision d'une onde gravitationnelle exceptionnellement puissante, générée par la fusion de deux trous noirs, a permis de vérifier expérimentalement la théorie de Hawking pour la première fois.

ÉCOUTER LE COSMOS

Les ondes gravitationnelles sont d'infinitésimales vibrations du tissu même de l'espace-temps. Leur existence fut hypothétisée par Albert Einstein en 1916. Einstein lui-même doutait cependant que nous soyons jamais en mesure de les mesurer, et encore moins qu'elles aient une telle importance.

La découverte des ondes gravitationnelles représente une authentique révolution galiléenne : elle marque la naissance d'une astronomie complètement nouvelle. Le XXIe siècle sera l'ère où nous voyagerons dans le cosmos guidés aussi par les ondes gravitationnelles, une façon tout à fait inédite d'explorer l'univers. C'est comme si l'humanité développait un nouveau sens, apprenant à écouter les « sons » du cosmos au lieu de se limiter à l'observer avec les yeux.

Des impulsions d'ondes gravitationnelles sont générées constamment lors des événements cosmiques les plus violents, comme les collisions entre trous noirs ou même pendant les tout premiers instants du Big Bang. Une fois générée, une onde gravitationnelle se propage à la vitesse de la lumière et traverse sans encombre n'importe quoi : planètes, étoiles et même nuages de matière noire. Lorsqu'elles traversent la Terre, ces ondes contractent et dilatent temporairement les distances et le temps de manière infinitésimale, comme si le souffle silencieux

de l'univers caressait notre planète. Ce sont les faibles échos de certains des événements cosmiques les plus puissants et mystérieux de l'histoire.

L'aspect crucial est qu'en décodant à rebours les ondes gravitationnelles détectées à travers la théorie de la relativité générale d'Einstein, nous pouvons remonter avec précision aux sources cosmiques qui les ont générées.

La reconstruction du très puissant signal enregistré l'année dernière – catalogué sous le nom de GW250114 (où le sigle indique la date d'arrivée sur Terre : année 2025, mois de janvier, jour 14) – a montré que l'onde avait pour origine la collision et la fusion de deux trous noirs situés à environ 1,3 milliard d'années-lumière de nous, avec des masses égales à environ 30 et 40 fois celle du Soleil.

Il s'agit d'une source très similaire à celle de la toute première détection historique de LIGO (GW150914). Cependant, grâce à une décennie de progrès technologiques qui ont réduit le bruit de fond des instruments, le signal de GW250114 est apparu nettement plus clair et plus puissant.

Cela a permis aux chercheurs de calculer que la surface de l'horizon des événements du nouveau trou noir est effectivement supérieure à la somme des surfaces des deux trous noirs de départ. Les deux trous noirs originels avaient une surface globale d'environ 240 000 km² (chacun avec une masse 30 fois supérieure à celle du Soleil, compressée dans une sphère d'une surface égale à environ la moitié de l'Espagne). Le trou noir nouveau-né présente une surface d'environ 400 000 km², une augmentation nette qui semble confirmer pleinement la prédiction de Hawking.

La partie la plus complexe de ce type d'analyse consiste précisément à déterminer la surface du nouveau trou noir. Les dimensions des deux corps avant la fusion se déduisent relativement facilement du motif d'ondes émises pendant qu'ils orbitent l'un autour de l'autre. Au moment où ils fusionnent, en revanche, le signal décroît rapidement, d'une manière très semblable au tintement d'une cloche qui s'étouffe.

Cependant, tout comme cela se produit pour une cloche, le timbre de l'oscillation d'un trou noir – c'est-à-dire les fréquences caractéristiques auxquelles il vibre – dépend étroitement de ses dimensions et peut être calculé avec une extrême précision à partir des équations d'Einstein. L'exceptionnelle netteté du signal de GW250114 a permis aux chercheurs d'identifier ce timbre de manière précise. À travers la relativité générale, les scientifiques ont calculé la masse et le spin du trou noir résultant et, par conséquent, en ont déterminé la surface, mettant ainsi à l'épreuve la théorie de Hawking.

Ce succès démontre que les observations avancées d'ondes gravitationnelles peuvent réellement toucher →

CI-DESSUS
L'illustration montre la fusion de deux trous noirs et les ondes gravitationnelles qui se propagent vers l'extérieur comme des ondulations, tandis que les deux corps se déplacent en spirale l'un vers l'autre.

SCIENCE PHOTO LIBRARY X2

UNE NOUVELLE PREUVE ?

Comment l'explosion d'un trou noir primordial pourrait tout expliquer

Si le rayonnement émis par les trous noirs stellaires (nés du effondrement d'étoiles mourantes) est trop froid pour être détecté, Hawking a émis l'hypothèse que des trous noirs de dimensions microscopiques auraient pu se former dans les tout premiers instants suivant le Big Bang. S'ils existent, ils devraient être extrêmement chauds et enclins à exploser violemment.



En février 2026, des chercheurs de l'Université du Massachusetts à Amherst ont suggéré que la détection d'un neutrino à très haute énergie, effectuée par la collaboration KM3NeT en 2023, pourrait être précisément le résidu de l'explosion de l'un de ces trous noirs primordiaux. Si elles sont confirmées, les futures observations de neutrinos ouvriraient une fenêtre extraordinaire sur la dynamique quantique des objets les plus mystérieux de la nature. De plus, elles pourraient nous offrir la première preuve visible du rayonnement de Hawking et tracer la voie pour démontrer que notre univers est réellement un immense hologramme.

les piliers les plus profonds de la physique théorique. Mais, comme cela arrive souvent dans la recherche fondamentale, pour l'instant cette découverte soulève plus de problèmes qu'elle n'en résout.

Même les signaux d'ondes gravitationnelles les plus puissants ne nous disent absolument rien sur la mystérieuse microstructure dans laquelle les trous noirs devraient emmagasiner leurs immenses gigaoctets de données. C'est comme si les trous noirs étaient à la fois très simples et grandement complexes. Cette dualité est une manifestation évidente de la tension historique entre la relativité générale d'Einstein et la mécanique quantique. Quels sont les qubits d'un trou noir ? Sont-ils vraiment confinés à la surface de son horizon des événements, comme le suggère la formule de Hawking, en projetant holographiquement l'intérieur ? Et, surtout, qu'advient-il de cette énorme masse d'informations lorsque le trou noir vieillit et se désintègre ?

LES RADIATIONS DES TROUS NOIRS

L'entropie va de pair avec la température, même pour les trous noirs. Ce n'est pas un hasard si, sur la tombe de Hawking, à l'abbaye de Westminster – comme si c'était son billet pour l'immortalité – est gravée précisément sa formule pour la température d'un trou noir.

$$T = \frac{\hbar c^3}{8\pi G M k_B}$$

CI-DESSUS
La fameuse équation de Bekenstein-Hawking, qui définit la température d'un trou noir.

Dans la célèbre équation, la lettre T représente la température du trou noir et M sa masse. Les autres grandeurs sont des constantes fondamentales de la nature : c est la vitesse de la lumière, G est la constante de gravitation universelle de Newton, $\hbar$ est la constante de Planck réduite (le pilier de la physique quantique) et k (ou k_B) est la constante de Boltzmann pour la thermodynamique.

La beauté extraordinaire de la formule de Hawking réside dans le fait qu'elle réunit toutes ces constantes en une seule équation. À la différence d'autres formules célèbres de la physique du XXe siècle – comme les équations d'Einstein ou de Schrödinger, qui décrivent des domaines séparés de la réalité –, cette équation montre l'interaction profonde entre des domaines différents.

En combinant les principes de la théorie quantique avec ceux de la relativité générale, Hawking a pris un énorme risque mathématique, mais en a été récompensé par une intuition qu'aucune des deux théories n'aurait jamais pu fournir seule : les trous noirs émettent un flux imperceptible de rayonnement thermique.

Aussi froid, infinitésimal et totalement impossible à détecter avec les instruments actuels soit-il, la seule existence de ce « rayonnement de Hawking » implique que les trous noirs perdent lentement de la masse au fil du temps, jusqu'à s'évaporer et disparaître complètement. Mais quel destin attend les informations renfermées à l'intérieur lorsque le trou noir s'évapore ?

Cette question devint, pour la plus grande joie de Hawking, le casse-tête le plus tourmentant de la physique théorique de la fin du XXe siècle, mobilisant pas moins de deux générations de physiciens. Sous de nombreux aspects, le paradoxe de l'information du trou noir représente l'analogue contemporain de l'anomalie de Mercure au XIXe siècle, cette oscillation dans l'orbite de la planète que la théorie de la gravitation de Newton ne parvenait pas à expliquer.

Initialement, on estimait que toute information tombée dans un trou noir était perdue pour toujours avec sa disparition, puisque le rayonnement de Hawking semblait être complètement dépourvu de caractéristiques distinctives (un spectre thermique pur). Les trous noirs apparaissaient comme les effaceurs définitifs de l'univers, bien que la théorie quantique établisse que l'information ne peut jamais être détruite. « La physique est en grave danger, déclara Hawking, la théorie quantique doit être révisée. »

Aux portes du XXIe siècle, toutefois, l'holographie est venue à la rescousse. Les physiciens ont réussi à mieux comprendre la nature holographique des trous noirs – bien que pour l'instant au sein de modèles mathématiques simplifiés – et une série de nouvelles études et d'expériences de pensée a révélé que le rayonnement de Hawking n'est pas aussi dépourvu de structure qu'on le pensait au départ. Aujourd'hui, nous savons qu'il semble transporter une vaste quantité d'informations, cryptée dans un réseau complexe de subtiles corrélations quantiques (intrication) entre les particules émises.

La physique, pour le moment, est sauvée. ■



par **THOMAS HERTOG**
Professeur de physique théorique à l'Université KU Leuven (Belgique) et membre du CERN à Genève.

SHUTTERSTOCK

CHANGEMENT CLIMATIQUE DANS LES ALPES : LA GLACE ENFOUIE COMME REFUGE DE BIODIVERSITÉ

Une étude menée pendant 13 ans et portant sur 471 points d'échantillonnage à travers les Alpes italiennes révèle que les glaciers noirs et les glaciers rocheux jouent un rôle crucial pour atténuer les effets du réchauffement climatique sur la biodiversité d'altitude. En analysant 209 espèces de plantes, de coléoptères et d'araignées, les chercheurs de l'Université de Milan et du musée des Sciences de Trente (MUSE) ont identifié 43 espèces particulièrement menacées par la hausse des températures.

Pour 21 % de ces espèces vulnérables, la présence de glace enfouie ou recouverte d'éboulis rocheux agit comme un véritable « bouclier thermique », maintenant des microclimats froids et humides capables de freiner la fonte et d'offrir un refuge climatique indispensable. Cet effet tampon s'est avéré particulièrement net chez les coléoptères carabiques, fournissant à la communauté scientifique un nouveau modèle pour identifier et protéger les zones prioritaires de conservation de la faune alpine.

Source : *Communiqué de presse de l'Université de Milan et du MUSE – musée des Sciences de Trente (27 juillet 2026).*



LE PLUS VIEUX CRATÈRE D'IMPACT TERRESTRE A 3 MILLIARDS D'ANNÉES

L'analyse de cristaux microscopiques de zircon et d'apatite a permis de dater la structure d'impact de North Pole Dome, située dans la région de Pilbara (Australie-Occidentale) : elle remonte à environ 3 milliards d'années. Cette découverte en fait le plus ancien cratère météoritique confirmé sur Terre, ainsi que le seul exemple connu datant de l'Éon archéen.

En géologie, dater des cratères primordiaux constitue un défi majeur, car les roches mafiques d'origine (roches magmatiques riches en fer et en magnésium) ont été profondément altérées par la chaleur, par la pression et par les circulations de fluides au fil des millénaires.

Pour contourner l'obstacle, l'équipe dirigée par le professeur Chris Kirkland a analysé des cristaux de zircon ayant subi des altérations et des recristallisations partielles au moment de l'impact, ainsi que de l'apatite formée au sein des fluides hydrothermaux générés par l'événement. Ces deux « horloges minérales » ont délivré une datation concordante, confirmant le cataclysme météoritique majeur qui a marqué la Terre lors de la genèse de ses premiers continents.

Source : *Geology (23 juin 2026)*.

LA COLLISION FONDATRICE DE LA VOIE LACTÉE

Il y a plusieurs milliards d'années, la Voie lactée pourrait avoir subi une réorientation brutale de son disque galactique – un véritable basculement de plus de 90° – à la suite d'une violente collision frontale avec une autre galaxie. Grâce à des simulations numériques de pointe sur supercalculateur, une équipe d'astrophysiciens a tenté d'élucider une anomalie détectée par la mission Gaia de l'ESA : la rotation anormalement lente du halo stellaire enveloppant notre galaxie. Les modèles indiquent que les galaxies dotées d'un halo à rotation lente partagent presque systématiquement un passé marqué par un choc frontal ayant entraîné le basculement de leur disque.

Les chercheurs associent ce phénomène à la collision survenue il y a 10 à 11 milliards d'années avec la galaxie naine Gaia-Sausage-Encelade, qui a non seulement façonné le halo de la Voie lactée, mais pourrait également avoir dévié radicalement les trajectoires orbitales originelles de la majorité de ses étoiles, y compris celle de notre Soleil.

Source : *National Astronomy Meeting 2026.*

POLLUANTS ÉTERNELS : DEUX TECHNOLOGIES NOVATRICES POUR DÉTRUIRE LES PFAS DANS L'EAA

Les PFAS (substances per- et polyfluoroalkylées), surnommés « polluants éternels » en raison de l'extrême robustesse de leurs liaisons carbone-fluor, constituent une menace majeure pour les écosystèmes aquatiques. Des chercheurs du centre allemand HZDR ont testé avec succès deux approches innovantes pour les dégrader et les éliminer directement des eaux usées.

La première technique repose sur la cavitation hydrodynamique : en faisant circuler l'eau à travers un rétrécissement, on génère des bulles de vapeur dont l'implosion violente produit localement des températures de plusieurs milliers de degrés Celsius, capables de briser les liaisons moléculaires des PFAS. La seconde méthode associe le plasma froid atmosphérique à une injection de gaz : les bulles entraînent les PFAS vers la surface, où le plasma les détruit quasi intégralement par une réaction ultrarapide. Ces deux procédés ont démontré leur capacité à minéraliser le fluor organique en le transformant en sels de fluorure inoffensifs, offrant une réponse concrète pour enrayer l'accumulation de ces composés dans l'environnement.

Source : *Communiqué de presse du Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf (19 juillet 2026).*

SIGNES

Plus nous découvrons de planètes en dehors de notre système solaire, plus les

par **GEORGINA TORBET**

La première confirmation de l'existence d'une exoplanète, c'est-à-dire d'une planète extérieure à notre Système solaire, remonte à 1992. Depuis lors, nous en avons identifié un très grand nombre d'autres. Selon la NASA, à la fin du mois d'octobre 2025, le décompte a dépassé les 6000 planètes. Ce chiffre est vertigineux, mais la véritable question n'est pas de savoir combien d'exoplanètes existent (il y en a plus que nous ne pourrons jamais en compter), mais combien d'entre elles sont capables d'abriter la vie, ou l'abritent déjà. Les planètes extrasolaires flottent à des distances incommensurablement éloignées de nous. Même la plus proche, la super-Terre Proxima Centauri b, se trouve à plus de quatre années-lumière (soit plus de 37 000 milliards de kilomètres). Si la vie s'y trouve, la détecter ne sera pas une tâche facile.

LE VIOLET EST LE NOUVEAU VERT

Cependant, les scientifiques développent des méthodes innovantes pour affiner leurs recherches : par exemple, la couleur d'une planète.

Lorsque l'on imagine une planète verdoyante et grouillante de vie, la première couleur qui vient à l'esprit est le vert. Des recherches récentes suggèrent toutefois que, dans la quête de vie extraterrestre, nous devrions commencer à envisager d'autres nuances chromatiques.

La professeure Lisa Kaltenegger, astrophysicienne et astrobiologiste à l'Université Cornell aux États-Unis, étudie les caractéristiques possibles de la vie microbienne sur des planètes aux environnements très différents de celui de la Terre. Selon ses recherches, la couleur à chercher pourrait être le violet.

Cela s'explique par le fait que, bien que notre Soleil soit une grande étoile jaune, la majorité des étoiles de l'univers sont constituées de corps plus petits et rouges (les naines rouges). Si la vie se développait sur une planète baignée dans la lumière solaire rouge, elle n'utiliserait pas nécessairement la chlorophylle, mais aurait besoin de se protéger des niveaux élevés de rayonnements ultraviolets (UV) émis par les éruptions de ce type d'étoiles.

« À mesure que les conditions environnementales varient, le type de vie qui se développe change également »,

DE VIE

probabilités d'y trouver des traces de vie augmentent. Comment les détecter ?

observe Lisa Kaltenegger, dont l'équipe a rassemblé un catalogue varié de formes de vie microbiennes présentes sur notre planète afin d'en extrapoler une série d'indicateurs utiles pour repérer la vie sur des mondes caractérisés par des contextes écologiques différents.

La vie sur une planète en orbite autour d'une petite étoile rouge, par exemple, pourrait exploiter des biopigments protecteurs contre les radiations ou contre les variations thermiques. Ces pigments peuvent servir de mécanisme de défense, tout comme cela se produit chez certains microbes de haute altitude dans l'atmosphère terrestre, où la lumière UV est plus intense.

Ces formes de vie, si elles existaient, devraient être capables d'exploiter les ondes de lumière rouge à faible énergie, un phénomène qui n'a rien d'inhabituel. Sur Terre également, il existe des plantes qui utilisent des composés autres que la chlorophylle pour la photosynthèse, comme les caroténoïdes – les pigments qui rendent les carottes orange et les tomates rouges.

« Il est très probable que, où que l'on aille, la vie se manifeste de manière colorée », affirme Lisa Kaltenegger. De là est née l'idée des microbes violets. Selon elle, « plus la lumière vire vers le rouge, plus la végétation sera sombre. Dans ce cas, elle prendra donc des nuances violettes et violet foncé ».

Pour pouvoir détecter les couleurs de surface des exoplanètes, nous aurons toutefois besoin de technologies supérieures à celles d'aujourd'hui. Les télescopes de prochaine génération, comme le Extremely Large Telescope et le Habitable Worlds Observatory en cours de conception, seront capables d'observer les planètes extrasolaires avec un niveau de détail sans précédent, allant jusqu'à scanner leurs surfaces à la recherche des couleurs caractéristiques des micro-organismes.

ANALYSER L'ATMOSPHÈRE

Les couleurs de la surface pourraient se révéler être un excellent outil d'investigation à l'avenir, mais cela ne suffit pas : un autre axe de recherche se concentre sur l'étude des atmosphères exoplanétaires.

Cette analyse n'est devenue systématique que récemment, grâce à des instruments comme le télescope spatial →

ILLUSTRATION: MAGIC TORCH

James-Webb (JWST). À travers son spectrographe dans le proche infrarouge, le JWST analyse la façon dont la lumière traverse l'atmosphère des exoplanètes lorsque celles-ci transitent devant leur étoile hôte, en déterminant leur composition chimique. Le processus n'est pas simple, mais les chercheurs ont établi une liste de gaz à surveiller sur les planètes extrasolaires potentiellement habitables. La présence de ces substances dans l'air peut indiquer l'existence de processus biologiques (ce qu'on appelle des biosignatures), et inclut des composés comme le sulfure de diméthyle et la phosphine, en plus des plus connus, l'oxygène et le méthane.

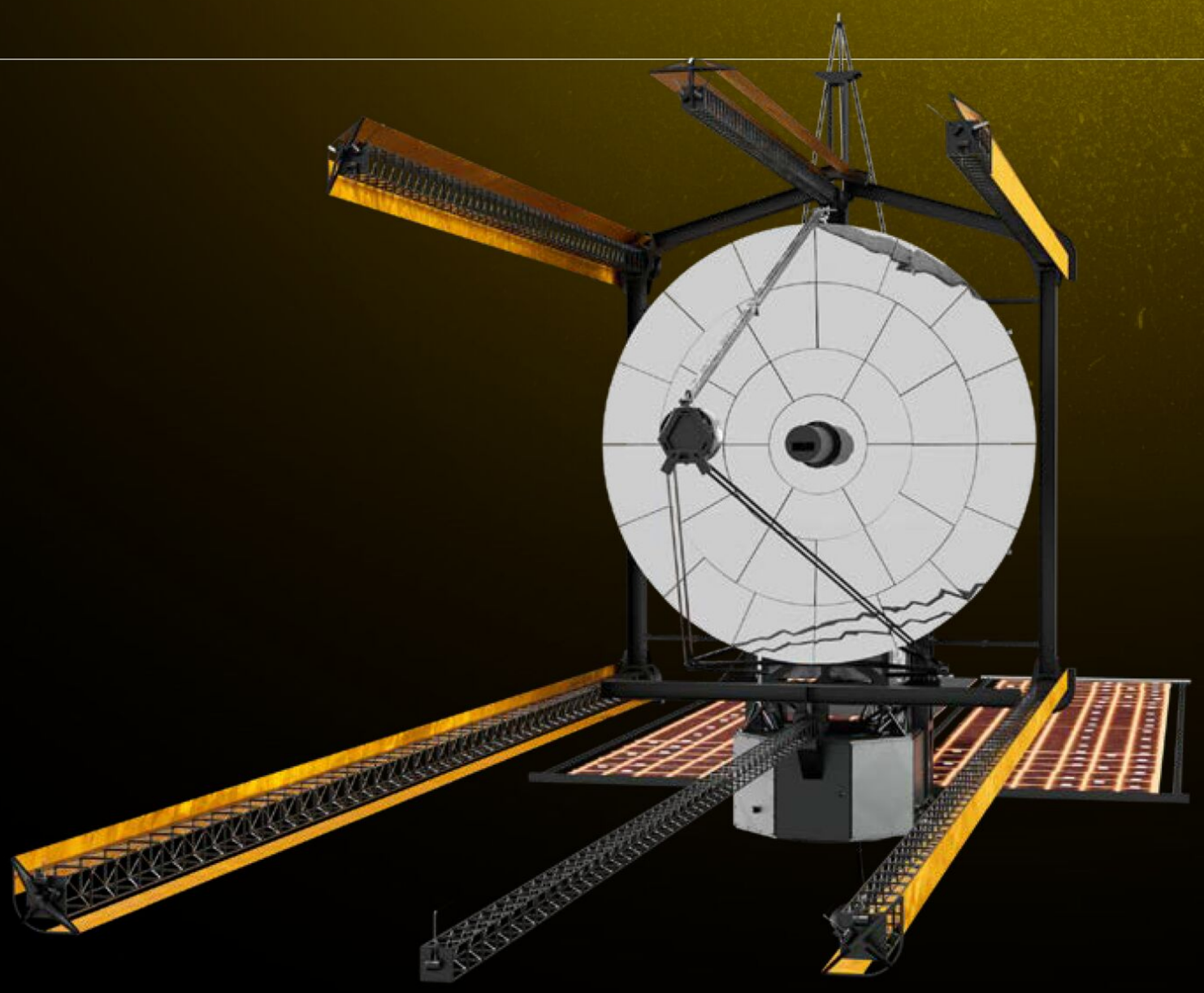
« Lorsque nous définissons ces substances comme des biosignatures gazeuses, nous entendons habituellement – mais pas toujours – que le seul mécanisme connu de nous capable de les générer est de nature biologique », explique le professeur Abel Méndez, astrobiologiste planétaire à l'Université de Porto Rico.

L'oxygène, par exemple, est l'un des gaz clés pour évaluer l'habitabilité, mais sa simple détection dans une atmosphère n'implique pas nécessairement la présence de vie. L'oxygène peut être généré par de multiples processus, tant biologiques qu'abiotiques. Il s'agit en outre d'un gaz extrêmement réactif, dont la quantité tend à diminuer au fil du temps. Par conséquent, la mise en évidence de niveaux élevés d'oxygène sur une exoplanète indique que le corps céleste a atteint la saturation ou que le gaz est constamment réapprovisionné d'une manière ou d'une autre : un excellent indicateur de l'aptitude d'une planète à abriter la vie.

UN APPEL À EXPLORER

Les atmosphères ne sont pas des structures statiques, même en l'absence d'activité biologique. Les roches absorbent et émettent des gaz, comme on l'a observé récemment sur Mars, où les niveaux de méthane – une autre biosignature connue – montrent des fluctuations. Il est donc nécessaire d'analyser les données plus en profondeur.

« Dans le cas des gaz d'origine biologique, ce n'est pas seulement leur présence individuelle qui compte, mais leur combinaison et leur concentration », explique Abel Méndez. La détection simultanée de méthane et d'oxygène, par exemple, représenterait une découverte extraordinaire, en particulier si elle est observée sur une planète rocheuse située dans la zone habitable de son étoile, car certains rapports quantitatifs entre ces deux gaz sont un indice clair de processus vitaux en cours.



CI-DESSUS
Rendu du Habitable Worlds Observatory, un grand télescope spatial opérant dans l'infrarouge et l'ultraviolet, conçu pour la recherche de biosignatures sur les exoplanètes.



CI-DESSOUS
Reconstitution artistique de la surface de Proxima Centauri b, l'exoplanète en orbite autour de l'étoile la plus proche de notre Système solaire, Proxima Centauri.

La détection récente de phosphine sur Vénus avait suscité un grand enthousiasme, car elle suggérait la possibilité de formes de vie au sein des nuages de la planète. Des analyses approfondies ultérieures ont toutefois démontré qu'il s'agissait très probablement d'une erreur d'interprétation des données, et que le gaz détecté était en réalité du dioxyde de soufre. S'il est si complexe d'interpréter correctement les données provenant de notre planète voisine, on peut comprendre à quel point la tâche devient ardue dans le cas d'une exoplanète distante de centaines d'années-lumière.

Pour établir si la présence d'un gaz donné ou d'un mélange chimique constitue un authentique marqueur biologique, il est nécessaire d'élaborer des modèles statistiques du climat planétaire qui tiennent compte de la géologie, de la distance à l'étoile hôte, des flux de rayonnement et de bien d'autres variables.

L'équilibre des gaz atmosphériques constitue actuellement notre meilleur indicateur de vie potentielle, mais il ne fournit pas de réponse immédiate : il représente plutôt une invitation à étudier cette planète et à en approfondir la connaissance.

INTERCEPTER LES SIGNAUX EXTRATERRESTRES

Malgré les progrès décrits, la recherche d'une planète distante capable d'abriter la vie, sans parler de l'identification de micro-organismes élémentaires, demeure un défi titanesque. Les formes de vie simples sont microscopiques : elles devraient donc être présentes en quantités colossales pour altérer l'environnement ou l'atmosphère d'une exoplanète de manière détectable depuis la Terre. Il existe toutefois une stratégie alternative.

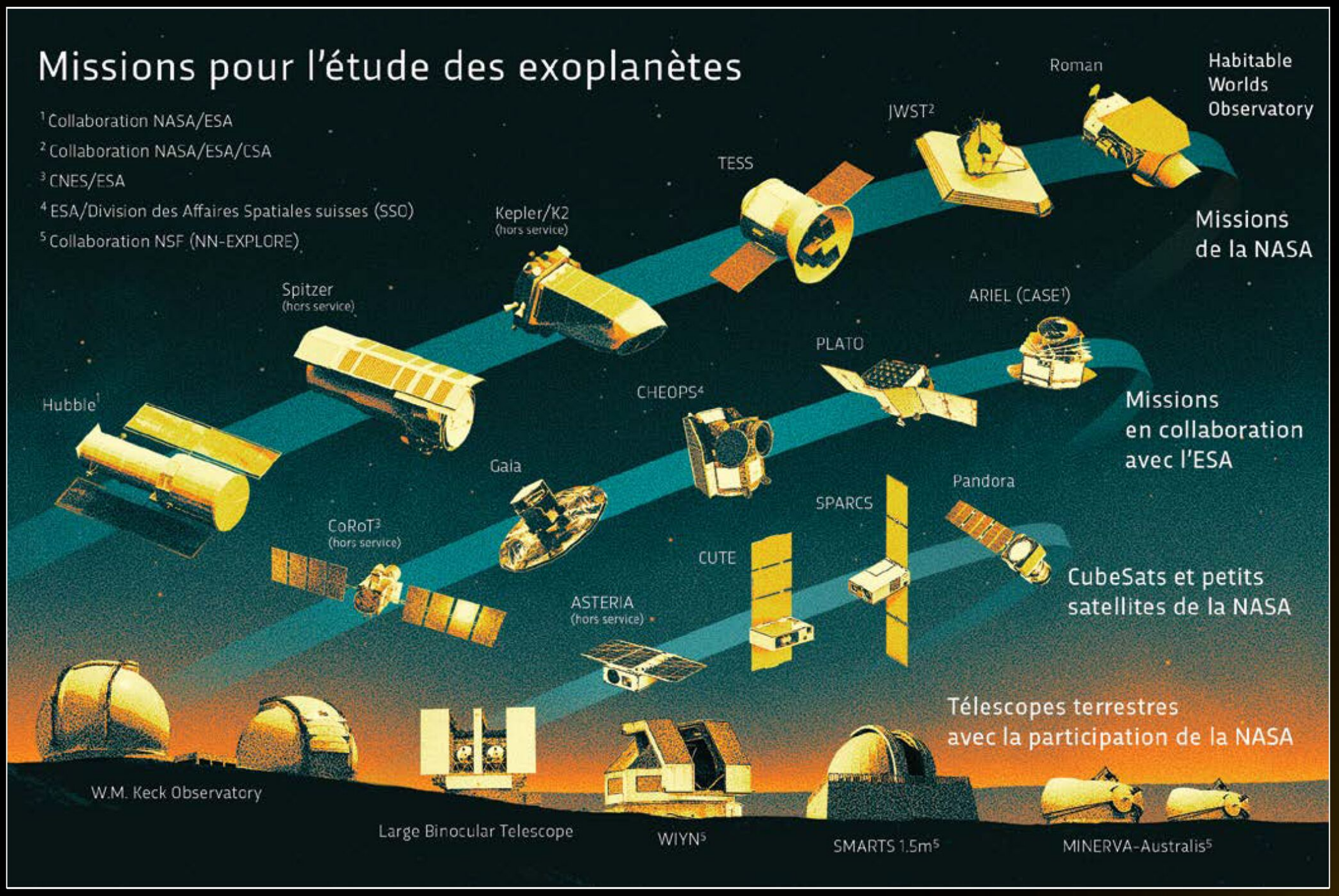
Au lieu de chercher des exoplanètes adaptées à l'accueil de formes de vie élémentaires, on peut se concentrer sur les

TAILLES RELATIVES DES PLANÈTES EN ZONE HABITABLE

Le télescope spatial Kepler de la NASA a découvert plusieurs planètes capables d'abriter de l'eau, un élément clé pour la vie.



TERRE KEPLER-62f KEPLER-62E KEPLER-69C KEPLER-22b



NASA/SVG, SCIENCE PHOTO LIBRARY X2 ILLUSTRATIONS: MAGIC TORCH

traces de vie complexe. En d'autres termes, on cherche des civilisations avancées qui auraient développé et utilisé des technologies capables d'émettre des signaux détectables à de grandes distances dans l'espace, comme les ondes radio.

« Par le passé, la plupart des recherches étaient fortement anthropocentriques. Nous cherchions des signaux radio parce que, dans les années 1960, nous pensions que c'était la frontière technologique ; aujourd'hui, nous cherchons des signaux laser », explique le docteur Franck Marchis, astronome et directeur du programme de Citizen Science à l'Institut SETI (Search for Extraterrestrial Intelligence). Ces technologies de communication communes représentent un point de départ évident pour la recherche, car elles génèrent des impulsions structurées et géométriques, très différentes des émissions produites par les phénomènes naturels.

Cependant, comme l'explique Franck Marchis, une approche encore plus innovante est en train de s'imposer : « Au lieu de chercher la technologie en soi, pourquoi →

ne pas chercher les conséquences environnementales de cette technologie ? »

Cela signifie se lancer à la recherche de gaz polluants comme les chlorofluorocarbures qui, pour autant que nous le sachions, ne peuvent être générés que par des processus industriels. Ou bien l'on peut chercher les traces de grandes structures spatiales destinées à la collecte d'énergie (comme les sphères de Dyson), ou encore des anomalies lumineuses suggérant l'utilisation d'un éclairage artificiel à grande échelle.

L'inconvénient de cette stratégie réside dans le fait que la vie intelligente exige des temps évolutifs beaucoup plus longs que la vie microbienne, ce qui la rend vraisemblablement beaucoup plus rare dans le cosmos. L'avantage, toutefois, est que certaines de ces « technosignatures » – comme les grandes structures orbitales – peuvent persister dans l'espace profond bien plus longtemps que la civilisation qui les a créées. Trouver les preuves d'une civilisation intelligente du passé aurait une importance scientifique égale à la découverte d'une civilisation toujours existante.

Le défi consiste à trouver une aiguille intelligente dans une botte de foin cosmique. Les chercheurs passent au peigne fin d'immenses volumes de données provenant de tous les télescopes disponibles, en s'appuyant sur l'apprentissage automatique pour repérer des technosignatures comme les signaux radio, dans l'espoir de trouver un indice même dans des lieux inattendus, comme les planètes situées en dehors de la zone d'habitabilité théorique d'une étoile.

« Nous essayons d'être le moins anthropocentriques possible, affirme Franck Marchis. Nous ne savons pas comment la vie technologique se manifeste ni comment une civilisation évolue au fil du temps. Nous ne cherchons pas la vie en soi, nous cherchons l'empreinte de la manière dont cette vie communique. »

Naturellement, c'est aussi difficile à prévoir. Une hypothétique civilisation extraterrestre pourrait communiquer à travers des technologies fondées sur l'intrication quantique, que nous comprenons à peine et que nous ne sommes pas en mesure d'intercepter. Les lois de la physique imposent toutefois des contraintes : pour communiquer au sein du spectre électromagnétique, il convient d'utiliser des longueurs d'onde à faible dépense énergétique, raison pour laquelle nous privilégions sur Terre les ondes radio et les lasers.

De nouveaux projets comme LaserSETI ont été développés précisément pour détecter des émissions laser artificielles, qui attesteraient la présence de civilisations technologiques. Même l'interception éventuelle d'un signal laser ne constituerait toutefois pas une preuve scientifique définitive. « La découverte nous fournirait une motivation et une direction précise vers laquelle regarder », conclut Franck Marchis. Mais à ce stade, de nouvelles études, des investissements et d'autres télescopes seraient nécessaires pour localiser la source de cette intelligence dans l'immensité du cosmos. Ce serait le début d'un voyage d'exploration, et non sa conclusion.



LASERSETI TEAM

CI-DESSUS
L'observatoire LaserSETI a été installé sur le site Robert Ferguson en Californie, pour repérer des signaux de lumière visible imputables à des intelligences extraterrestres.

UNE RECHERCHE DE TOUTE UNE VIE

Les grandes interrogations de la science ne comportent pas de réponses rapides, et l'éventuelle identification de potentiels indices biologiques sur une exoplanète – aussi extraordinaire soit-elle – exigerait des années ou des décennies de vérifications avant de recevoir une confirmation officielle.

La course à la découverte de la vie au-delà des frontières terrestres est néanmoins grande ouverte, et les progrès accomplis dans ce laps de temps ont été gigantesques. La première exoplanète n'a été découverte qu'en 1992. Moins de vingt ans plus tard est survenue la découverte de la première planète extrasolaire dans une zone habitable. Et la capacité d'analyser l'atmosphère des planètes rocheuses s'est concrétisée dix ans plus tard, avec l'entrée en fonction du JWST.

« D'ici 2030, grâce à de grands télescopes spatiaux comme le Habitable Worlds Observatory, nous serons probablement en mesure d'observer une plus grande quantité de planètes autour d'étoiles similaires à notre Soleil », explique Abel Méndez. En plus d'élargir l'échantillon d'exoplanètes analysables, nous pourrons théoriquement vérifier la présence de terres émergées et d'océans à leurs surfaces.

Au cours des décennies suivantes, nous pourrions devenir capables de cartographier les couleurs de surface d'une planète extrasolaire, en déterminant la présence éventuelle de photosynthèse et de végétation. Par la suite, nous pourrions chercher des variations dans les niveaux de luminosité ou de chaleur capables de révéler la présence de zones urbaines et de vie intelligente – une vie avec laquelle, un jour, nous serions peut-être en mesure de communiquer. ■



par **GEORGINA TORBET**
Journaliste scientifique freelance spécialisée en technologie, exploration spatiale et cosmologie.

« La recherche de formes de vie au-delà des frontières terrestres a commencé. »

L'ADDITION EST SALÉE

Le phénomène de salinisation des nappes phréatiques bouleverse l'agriculture et transforme les cultures traditionnelles de certaines régions italiennes.

par Emilio Vitaliano



L'eau est bien là, mais elle n'est plus la même. « Après plus de dix ans d'activité, nous avons constaté au cours des cinq dernières années une dégradation progressive de la qualité de l'eau, de plus en plus saline », confirme Francesca, agronome et gérante, aux côtés de son époux, d'une exploitation agricole sur la commune de Villa Literno, dans la province de Caserte. Le secteur se situe dans la plaine du Volturno, une terre généreuse qui produit depuis des siècles fruits, légumes et céréales, mais qui subit aujourd'hui la menace d'un phénomène silencieux et insidieux.

Une mutation presque invisible qui progresse sous nos pieds : la salinisation des nappes phréatiques. Elle se produit dès lors que les eaux salées, qu'elles proviennent directement de la mer ou de dépôts formés il y a des milliers d'années – à une époque où le trait de côte était bien plus en retrait dans les terres –, se mêlent aux eaux douces contenues dans ces réservoirs naturels souterrains.

« Lorsque le débit des fleuves et des canaux descend sous un seuil critique, les eaux marines peuvent pénétrer dans les cours d'eau », explique Micòl Mastrocicco, professeure d'hydrogéologie à l'université de Campanie Luigi Vanvitelli. « Elles s'infiltrent ainsi dans les nappes aquifères, tout le long du littoral. »

DES CULTURES EN PÉRIL

La première responsable de cette métamorphose en cours reste la crise climatique. Il ne s'agit pas seulement des canicules, des inondations ou des violents épisodes de grêle – autant de phénomènes spectaculaires qui imposent une prise de conscience face aux bouleversements de notre planète.

Nous devons également faire face à des mécanismes plus lents et sournois, nés eux aussi de dérèglements météorologiques inédits. En l'occurrence, des précipitations de plus en plus rares ne parviennent plus à recharger les nappes de manière régulière comme autrefois, ni à compenser les pompages agricoles et domestiques. En d'autres termes, la nature ne parvient plus à maintenir l'équilibre séculaire entre eau douce et eau salée.

Un problème de taille, en particulier pour les professionnels de l'agriculture dont c'est le gagne-pain. La plaine du Volturno en est le témoin direct : dans cette zone de Campanie, l'irrigation d'appoint avec des eaux saumâtres de piètre qualité a déjà prouvé ses effets dévastateurs sur la fertilité agronomique des sols.

« Depuis un an, le phénomène est devenu particulièrement criant sur la parcelle la plus critique de notre domaine », souligne





Au-delà de la salinisation des eaux, le dérèglement climatique constitue un facteur de vulnérabilité majeur pour les cultures traditionnelles du sud de l'Italie.

Francesca. « C'est pourquoi nous avons renoncé à repiquer des tomates sur les quatre hectares les plus touchés pour y semer de la luzerne, dans l'espoir d'augmenter le taux de matière organique et de restructurer le sol. » Un choix agronomique réfléchi, axé sur la régénération des terres, mais qui ne saurait à lui seul résoudre une problématique aussi complexe, capable de menacer de nombreuses cultures.

« Dans la plaine du Volturno, le problème touche avant tout les laitues, les oignons, les fenouils et les aubergines », précise Petronia Carillo, professeure d'agronomie et de productions végétales à l'université de Campanie Luigi Vanvitelli. « Les brocolis et les friarielli (brocolis-raves typiques de la région) peuvent également accuser des baisses de croissance et de rendement lorsque les sels s'accumulent dans la terre. Le risque s'accroît dans le cadre des cultures intensives et sous serre, où une eau de médiocre qualité, des fertilisations excessives, une forte évaporation et un mauvais drainage peuvent concentrer progressivement la salinité. »

CHUTE DES RENDEMENTS

Ces bouleversements menacent d'altérer l'identité même d'un territoire qui subit plus durement que d'autres les répercussions de dynamiques globales. Il suffit d'observer le régime du Volturno : son débit, bien inférieur aux moyennes historiques, autorise des remontées d'eau de mer sur son cours inférieur et modifie profondément le rôle de ce fleuve au sein de l'écosystème local.

« Le fleuve a constitué une barrière efficace jusqu'aux années 2000, période où son débit moyen était presque le double de celui relevé lors de la dernière décennie, précise la professeure Mastrocicco. Désormais, le Volturno est devenu un vecteur d'intrusion saline durant les mois d'été. » Un symptôme de mutations profondes dont les préjudices concrets sont documentés de longue date.

« Dans la plaine du Volturno, les cultures maraîchères occupent environ 7 800 hectares, dont près d'un tiers est consacré à la tomate d'industrie, rappelle Petronia Carillo. C'est une filière dont la rentabilité dépend étroitement du tonnage livré à l'usine, et la salinité dégrade précisément le rendement à l'hectare. »

Francesca et son mari le savent d'expérience : l'eau, cette ressource vitale qui forme avec →

la terre le capital premier de l'agriculteur, est presque devenue une ennemie. Elle l'est de fait lorsque l'irrigation par aspersion provoque des brûlures sur le feuillage en raison des dépôts de sel, ou lorsque les plants peinent à se développer, produisant peu de fruits et d'un calibre insuffisant.

« C'est exactement ce qui s'est produit, déplore Francesca. Au cours de la dernière campagne, nous avons essuyé des rendements très faibles, de l'ordre de 15 tonnes à l'hectare. Cela prouve bien que, sans une eau d'irrigation de bonne qualité, il est impossible de maintenir des volumes compétitifs et de garantir les standards exigés par les acheteurs. »

Le marché se montre particulièrement impitoyable et laisse peu de place à des considérations extra-comptables, bien que l'on puisse formuler d'intéressantes observations sur le plan qualitatif.

DES CHOIX COURAGEUX

« Chez la tomate, un stress salin modéré peut concentrer les sucres, les acides organiques, la matière sèche et le glutamate – responsable de la saveur umami –, ce qui donne un fruit au goût plus intense et particulièrement adapté à la transformation agroalimentaire, explique Petronia Carillo. Pour le friariello, cela peut modifier la teneur en glucosinolates, des composés bioactifs précieux pour leurs

UNE URGENCE SOUS HAUTE SURVEILLANCE

Le phénomène de salinisation des nappes aquifères fait l'objet d'un suivi métrologique rigoureux. « Afin d'identifier les strates d'eau douce altérées par le sel, nous utilisons conjointement des sondes multiparamètres immergées *in situ* à différentes profondeurs et des analyses hydrochimiques sur échantillons en laboratoire », explique Micòl Mastrocicco. Ces données sont déterminantes pour cartographier les secteurs les plus vulnérables et caler les modèles numériques simulant le biseau salin.

Certains milieux présentent en effet une vulnérabilité accrue, notamment les sols à forte conductivité hydraulique. « En période de déficit hydrique, qu'il soit imputable au changement climatique ou à des prélèvements excessifs, les anciens lits fluviaux et les cordons dunaires fossiles peuvent relarguer du sel de manière lente et continue », poursuit la chercheuse.

Le même mécanisme s'observe dans les dépôts argileux et tourbeux caractéristiques de la plaine campanienne. Si la situation devait s'aggraver, la frange côtière, encore relativement préservée par endroits, s'exposerait à une invasion marine bien plus massive.

Pour anticiper la cinétique et la progression du front salin, les hydrogéologues s'appuient sur des marqueurs spécifiques, à l'image de l'indice BEX (Base Exchange Index), qui évalue les équilibres ioniques dissous dans l'eau. « Cet indice permet de déterminer si la nappe est en phase d'adoucissement ou de salinisation, conclut la spécialiste. Mais, pour quantifier précisément l'ampleur du phénomène, il conviendrait de densifier considérablement le réseau piézométrique sur le terrain. »

Ces modélisations permettent enfin de distinguer s'il s'agit d'une intrusion marine récente ou d'eaux salines fossiles piégées dans le sous-sol ; pour demeurer prédictifs, ces outils doivent toutefois être continuellement alimentés par les campagnes de terrain.



propriétés nutritionnelles et qui apportent ces notes amères et piquantes si caractéristiques. Toutefois, la baisse de volume qui accompagne ces effets ne peut être compensée financièrement que si cette qualité supérieure est rémunérée par le marché. Par exemple à travers des filières d'excellence dédiées, des labels territoriaux et des démarches sous Indication géographique protégée , comme celle engagée à Villa Literno pour le friariello. »

Sans protection institutionnelle structurée et face à une salinisation croissante, les exploitants n'ont d'autre choix que de réorienter leurs assolements. Une décision vécue parfois comme un crève-cœur, voire comme un renoncement à des traditions séculaires à l'origine de terroirs uniques. Mais, pour assurer la viabilité économique d'une exploitation, la nostalgie doit s'effacer devant des arbitrages lucides. Francesca et son mari en sont conscients : ils envisagent aujourd'hui d'implanter une oliveraie, une culture bien plus tolérante à la salinité.

« À moyen terme, on s'oriente vers un remplacement progressif des espèces et des variétés les plus sensibles, couplé à une refonte des rotations culturales, décrypte la professeure Carillo. Il faudra toutefois composer avec l'hétérogénéité de la plaine, car la salinité ne présente ni la même origine géologique, ni la même intensité sur l'ensemble du périmètre. »

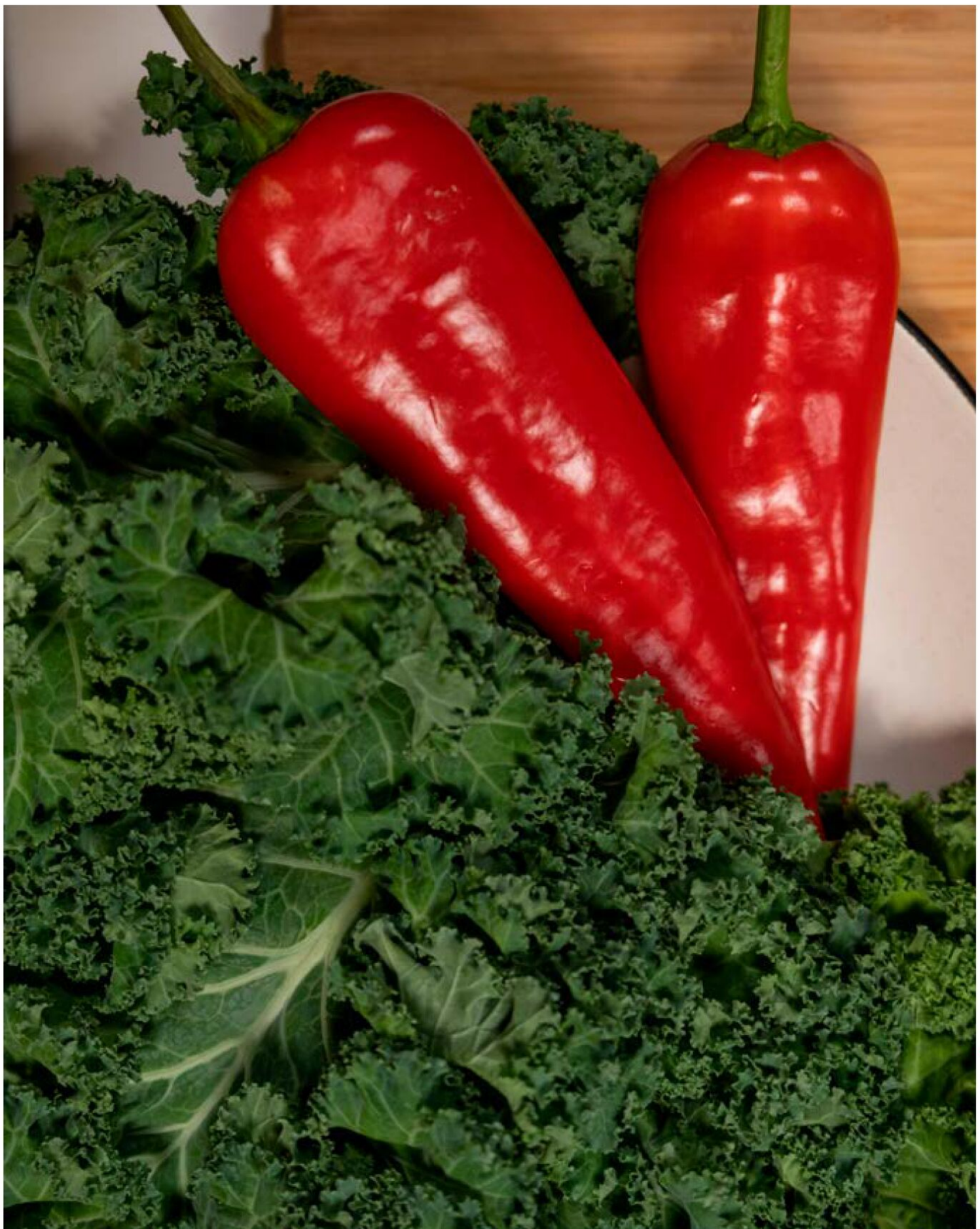
Une transition qui garde le goût d'une concession forcée. Capituler est toujours douloureux, surtout lorsqu'il existe encore des leviers d'action : la salinisation des nappes reste en effet un processus réversible contre lequel on peut lutter.

LE DÉRÈGLEMENT CLIMATIQUE

Les premières mesures à déployer reposent sur une gestion rigoureuse de l'irrigation – en apportant le juste volume d'eau au plus près des besoins racinaires pour éviter le gaspillage – et sur un réseau de drainage efficace pour empêcher l'accumulation des sels en surface. L'apport d'amendements organiques et structurants, tels que le biochar, permet également d'atténuer les effets du sel sur la structure des sols, sans pour autant régler le problème de fond. Des infrastructures ciblées sont indispensables, comme l'installation de seuils ou barrières anti-intrusion saline dans les estuaires et le suivi piézométrique continu des forages et des sols.

« Le rechargement artificiel des nappes au moyen de puits d'injection, de tranchées d'infiltration ou de bassins de rétention s'avère également très efficace, indique Micòl Mastrocicco. Cela réclame des investissements pérennes et une gouvernance continue, d'autant que le temps de réponse d'un aquifère est long. La vitesse d'écoulement au sein des formations souterraines est en effet très lente : nous parlons de quelques centimètres par jour. »

Pour endiguer un processus déjà ancien, il importe de comprendre son évolution à la lumière du contexte régional. « D'ici vingt à trente ans, le front de salinisation pourrait progresser le long du cordon littoral, aux abords des cours d'eau et sur les parcelles dépendantes de forages individuels, avertit Petronia Carillo. Le bassin méditerranéen constitue un véritable point chaud climatique où la hausse des températures, l'allongement des périodes de sécheresse et le déficit pluviométrique hivernal accentuent la pression sur les ressources en eau et sur les nappes phréatiques. »



UN DÉFI PLANÉTAIRE

À bien des égards, ce phénomène apparaît sous-estimé alors même qu'il est d'une extrême complexité : la plaine du Volturno ne constitue qu'un cas emblématique parmi d'autres au sein d'un pays bordé par près de 8 000 kilomètres de côtes, où des mesures d'urgence s'imposent. « Seul l'aménagement de réseaux d'irrigation collectifs modernisés par les pouvoirs publics permettra de préserver le potentiel productif des exploitations et la compétitivité d'un territoire historiquement voué au maraîchage », insiste Francesca.

L'enjeu n'est donc pas uniquement écologique : il est économique, social et engage l'avenir des prochaines générations. Ceux qui vivent dans ces plaines littorales et y ont investi leur vie se demandent chaque saison si la récolte à venir sera plus maigre que la précédente. Une incertitude pesante face à un mal insidieux que même l'expertise technique et les meilleures pratiques agronomiques ne parviennent plus à juguler seules.

« Au bout du compte, nous sommes acculés à réduire ou abandonner des cultures à haute valeur ajoutée, conclut Francesca. Et cela revient à voir la valeur patrimoniale de nos terres s'éroder d'année en année. » Un appauvrissement amer pour un terroir que nous n'avons pas su protéger à temps. ■

VOICI LE BOT CONÇU POUR LE BIEN-ÊTRE PERSONNEL

di **ROBERT BANINO**



Croisez un animal de soutien émotionnel avec un aspirateur robot : vous obtiendrez probablement quelque chose de très semblable à la créature poilue que l'on voit sur ces images. Il s'appelle Familiar et, à première vue, on pourrait facilement le prendre pour un simple animal de compagnie robotique de nouvelle génération – un successeur plus doux et plus avancé du célèbre Aibo de Sony.

Cependant, ses créateurs – une équipe réunissant des ingénieurs robotiques issus de Disney, Boston Dynamics et iRobot (la société qui produit le Roomba) – affirment qu'il s'agit d'un projet bien plus ambitieux, définissant Familiar comme un « système d'intelligence artificielle doté d'un corps physique, conçu pour s'adapter et interagir avec les personnes de manière tout à fait naturelle ». En d'autres termes, un compagnon doté d'IA dont la personnalité se développe au fur et à mesure que le lien avec l'être humain s'approfondit ; un robot conçu spécifiquement pour nouer une véritable relation affective.



FAMILIAR MACHINES AND MAGIC X2

AUX CÔTÉS DES ÊTRES HUMAINS

Colin Angle, ancien P-DG d'iRobot, a dévoilé le prototype en mai de cette année lors de la conférence « Future of Everything » à New York, en soulignant à quel point les robots Familiar représentent un changement de paradigme dans la robotique : « La prochaine ère de ce secteur ne concernera pas seulement la dextérité ou la forme humanoïde, mais des machines capables de construire et d'entretenir une relation/un lien authentique avec l'homme. »

Mais créer un robot avec lequel nouer un lien est-il vraiment un objectif si crucial ? En réalité, les gens ont tendance à s'attacher à presque tout : des ours en peluche aux appareils électroménagers, y compris aux aspirateurs robots eux-mêmes, auxquels les utilisateurs donnent souvent un nom, qu'ils décorent et dont ils pleurent même la disparition lorsqu'ils cessent de fonctionner. Aspect esthétique mis à part, en quoi Familiar diffère-t-il de n'importe quel objet inanimé ?

Selon Ira Renfrew, cofondateur de l'entreprise fabricante, la véritable différence réside dans la capacité d'apprentissage du robot : « Nous voulions quelque chose qui devienne avec le temps une partie intégrante du monde de l'utilisateur, et non un simple gadget ou un appareil électroménager. Les robots Familiar perçoivent l'environnement qui les entoure, développent des personnalités distinctes et répondent de manière évolutive au cours de la vie, aux côtés des personnes qui les entourent. »

Ce qui distingue Familiar de n'importe quel animal de compagnie robotique traditionnel, c'est sa capacité à recueillir des informations profondes sur ses « gardiens », à savoir les personnes avec lesquelles il partage le logement. Le robot apprend à en reconnaître les rituels, les sentiments et les états d'esprit, en répondant de manière appropriée à chacun d'eux.

« Les robots Familiar sont pensés et conçus pour ces moments où l'on ressent le besoin de compagnie, de réconfort ou même d'un guidage discret. » Ce réconfort peut se traduire par une soumission affectueuse dans les moments de stress, tandis que le « guidage discret » peut se manifester par une légère poussée si l'on fixe l'écran de son smartphone depuis trop longtemps.

C'est précisément cette capacité à reconnaître les signaux comportementaux et à y répondre – cette « intelligence émotionnelle » marquée – qui permet à Familiar d'établir une connexion durable avec son gardien.

UN SOUTIEN POUR LA VIE QUOTIDIENNE

Dans l'esprit de ses créateurs, Familiar s'adresse au grand public. Renfrew déclare que l'entreprise ne se focalise pas sur une niche spécifique, bien qu'elle ait identifié des segments de public qui témoignent un intérêt particulièrement fort.

L'un d'eux est représenté par les personnes âgées, pour lesquelles il existe déjà sur le marché européen différents animaux robotiques de compagnie et de stimulation cognitive. De la même manière, le dispositif s'adresse à quiconque fait l'expérience de la solitude ou a simplement besoin d'un rappel amical pour abandonner la sédentarité.

À la date de sa commercialisation, prévue pour 2027, Familiar se montrera-t-il à la hauteur des attentes ? Impossible de le savoir, d'autant que son coût n'est pas encore connu : il est prévu que les prix soient plus ou moins ceux engagés pour la possession d'un animal de compagnie en chair et en os, même si, comme le précise Renfrew, « un robot Familiar ne remplace pas un vrai animal ».

La précision est juste : Familiar reste, après tout, une machine. Une machine avec laquelle il est possible d'interagir et dont il faut prendre soin, mais qui demeure un dispositif technologique. Et là, le doute surgit naturellement : n'y a-t-il pas le risque que l'interaction avec cette IA se traduise par le simple échange d'une distraction numérique contre une autre ?

« Si nous avions construit quelque chose capable de capter passivement l'attention, nous aurions simplement créé un écran d'une forme différente, rétorque Renfrew. Nous avons fait exactement l'inverse : il n'y a aucun écran, aucun fil d'actualités, aucune notification et aucun modèle économique qui tire profit du temps et du niveau d'engagement de l'utilisateur. Notre objectif n'est pas le temps que l'on passe avec Familiar, mais le fait que l'on se retrouve plus connecté à sa propre vie, et non plus lié à la machine. La comparaison la plus pertinente est avec les dispositifs portables modernes de suivi de la santé : des outils qui aident à vivre un peu mieux sans prendre le contrôle de l'existence. » ■

par **ROBERT BANINO**
Rédacteur en chef de BBC Science Focus.

QUATRE CONSEILS POUR COMBATTRE LES MAUX DE SAISON

Personne n'aime rester bloqué au lit entre éternuements, toux et nez qui coule. Il existe pourtant des astuces utiles qui permettent d'éviter, au moins en partie, les troubles typiques de l'hiver.

par **Holly McHugh**

GETTY IMAGES

Avec l'arrivée des mois d'hiver se présente à nouveau, fidèle au rendez-vous, la vague annuelle habituelle de rhumes et de grippes, ce qui en fait le moment idéal pour planifier une protection efficace pour soi-même et pour les autres. Les règles de base sont connues de tous : se laver souvent les mains, se couvrir lorsqu'on tousse ou qu'on éternue, éviter de se toucher le visage avec les mains, aérer les espaces fermés, rester à la maison en cas de maladie et se faire vacciner contre la grippe.

Outre ces mesures classiques, il existe toutefois des stratégies étayées par les découvertes scientifiques les plus récentes qui se révèlent extrêmement utiles tout en restant peu répandues.

L'HUMIDITÉ AVANT TOUT

Il est désormais bien connu qu'une ventilation adéquate est fondamentale pour enrayer la propagation des virus grippaux et paragrippaux. Cependant, un facteur tout aussi décisif mais souvent négligé est le taux d'humidité de l'air.

Les virus grippaux survivent beaucoup plus longtemps en présence d'air sec : cela explique pourquoi les pics de contagion sont enregistrés en hiver, lorsque les systèmes de chauffage réduisent drastiquement l'humidité à l'intérieur des habitations et des lieux de travail.

Un faible niveau d'humidité accélère en outre l'évaporation des minuscules gouttelettes respiratoires émises par la respiration, les réduisant à des particules microscopiques. Ces dernières peuvent flotter dans l'air pendant des périodes prolongées et voyager sur des distances plus importantes, multipliant ainsi les occasions de transmission virale.

L'air sec compromet également les barrières anatomiques du corps humain, en déshydratant le mucus protecteur qui tapisse les yeux, le nez et la gorge. Par conséquent, il devient plus difficile de piéger et d'éliminer les micro-organismes, tandis que la sensibilité aux infections augmente ; de plus, les temps de guérison ralentissent et la toux, le mal de gorge ainsi que la congestion nasale s'aggravent.

Maintenir l'humidité intérieure dans une fourchette idéale comprise entre 40 et 60 % rend l'environnement nettement moins hospitalier pour les virus, tout en aidant les voies respiratoires à rester hydratées et prêtes à lutter contre les infections.

La méthode la plus efficace pour atteindre cet équilibre est l'utilisation d'un humidificateur domestique, en particulier les modèles équipés d'un hygrostat intégré pour le réglage automatique du flux de vapeur.

LE SPORT : UNE AIDE PRÉCIEUSE

Pendant des décennies, les sports d'endurance étaient censés déprimer temporairement le système immunitaire, ouvrant une sorte de « fenêtre de vulnérabilité » aux infections. Mais, en 2018, John Campbell, enseignant au département de santé de l'Université de Bath, a montré que l'exercice physique peut au contraire renforcer les défenses immunitaires de l'organisme.

« Lorsque nous pratiquons un exercice physique intense, le nombre de cellules immunitaires en circulation dans le sang augmente temporairement. Juste après l'effort, les niveaux chutent en dessous de la ligne de base et cette baisse était autrefois interprétée comme une fenêtre ouverte pour les infections, explique John Campbell. Aujourd'hui, nous savons que ces cellules immunitaires, au contraire, migrent vers les tissus qui sont les plus susceptibles d'être attaqués par des pathogènes, comme les poumons, pour débusquer et éliminer les infections. Cela montre que le sport et l'activité physique en général améliorent activement la réponse immunitaire et contribuent donc à nous protéger contre les maladies. L'exercice aérobique, comme la course ou la marche rapide, est extraordinaire pour stimuler la circulation des cellules immunitaires. L'entraînement de résistance (comme la musculation) joue lui aussi un rôle crucial, puisque le tissu musculaire libère des protéines qui soutiennent la fonction immunitaire. Combiner ces deux types d'entraînement offre le soutien le plus complet et le plus solide aux défenses de l'organisme. »

« L'effort aérobique comme la musculation apportent un soutien majeur à l'organisme. »





PRIVILÉGIER LA VITAMINE D AU LIEU DE LA VITAMINE C

S'il est vrai que la vitamine C peut contribuer à réduire la durée d'un rhume, il n'existe aucune preuve scientifique concrète montrant sa capacité à prévenir l'apparition de l'infection. Au contraire, la vitamine D s'est révélée être un élément scientifiquement testé pour renforcer et équilibrer le système immunitaire.

Des études menées à l'échelle européenne révèlent que plus de 40 % de la population d'Europe continentale souffre d'une insuffisance ou d'un déficit de cette hormone, avec des pics marqués durant la saison hivernale. Les directives sanitaires recommandent la prise d'un complément quotidien de vitamine D pendant les mois les plus sombres de l'année (d'octobre à mars).



Les compléments de vitamine D, en particulier la vitamine D3, jouent un rôle vital pour soutenir l'efficacité du système immunitaire pendant les mois d'hiver.

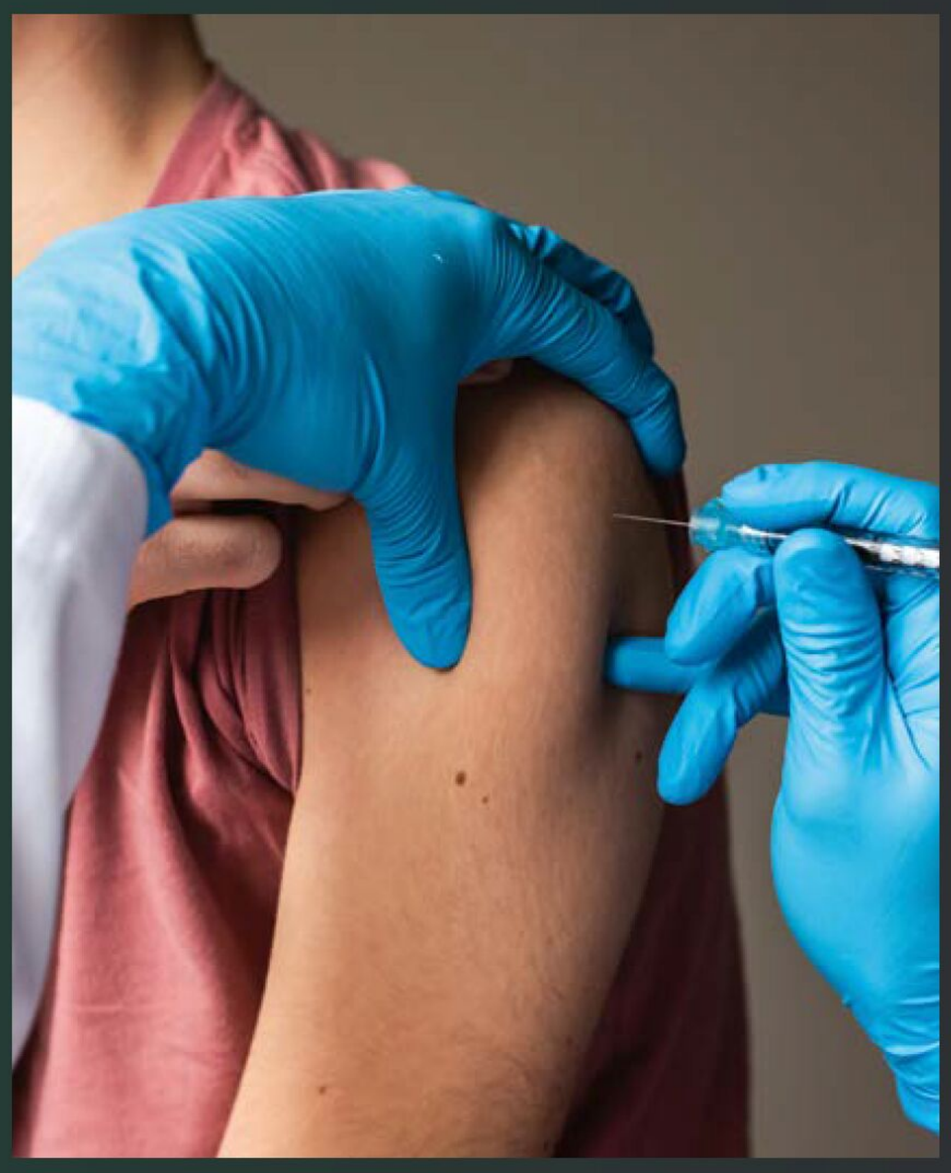
ALAMY X2, GETTY IMAGES

NON, LE VACCIN N'EST PAS RÉSERVÉ AUX SENIORS

Un mythe à la vie dure veut que le vaccin antigrippal ne soit nécessaire que pour les personnes âgées ou pour celles qui souffrent de pathologies préalables graves. En réalité, la grippe peut toucher n'importe qui, même des adultes en parfaite santé peuvent développer des formes extrêmement sévères.

Les enfants, qui sont souvent de petites « usines à germes » inconscientes, sont les principaux vecteurs de propagation du virus grippal. La grippe peut les toucher sévèrement, car leur système immunitaire est encore en phase de développement et leurs voies respiratoires, étant plus petites, sont davantage exposées à des complications graves telles que des bronchites et des pneumonies. Ce n'est pas un hasard si les enfants de moins de cinq ans enregistrent des taux d'hospitalisation liés à la grippe parmi les plus élevés de tous. C'est pour ces raisons que les autorités sanitaires recommandent vivement la vaccination antigrippale à tous les enfants dès l'âge de deux ans.

En outre, les adultes qui ne rentrent pas dans les catégories ayant droit à la vaccination gratuite offerte par le Service national de santé peuvent tout de même se faire vacciner dans le privé. Les pharmacies proposent ce service à un coût très abordable (généralement compris entre 15 et 25 euros), ce qui représente un moyen économique, rapide et extrêmement efficace de se protéger soi-même ainsi que ses proches contre la grippe saisonnière.



Il existe principalement deux formes de compléments sur le marché : la vitamine D2 (ergocalciférol) et la vitamine D3 (cholécalciférol). Cependant, une étude scientifique récente menée à l'Université de Surrey a révélé que la prise de vitamine D2 peut paradoxalement réduire les niveaux de vitamine D3, qui est précisément la forme active que notre corps utilise pour soutenir le système immunitaire.

« Chez les sujets qui prenaient de la vitamine D2, on enregistrait une baisse significative des niveaux de vitamine D3, même par rapport à ceux qui ne prenaient aucun type de complément », explique Emily Brown, chercheuse principale de l'étude. Et la professeure Susan Lanham-New, coauteure de l'étude, d'ajouter : « La vitamine D2 semble activer dans l'organisme une enzyme qui accélère la dégradation et l'élimination de la vitamine D3. De plus, la vitamine D3, à la différence de la D2, est capable d'activer des gènes fondamentaux qui renforcent nos défenses antivirales et antibactériennes. » La supplémentation reste donc fondamentale pour tous pendant l'hiver.



par **HOLLY MCHUGH**
Vulgarisatrice scientifique freelance spécialisée dans la santé.



JE N'Y SUIS PLUS

JE SUIS SUIS LÀ,

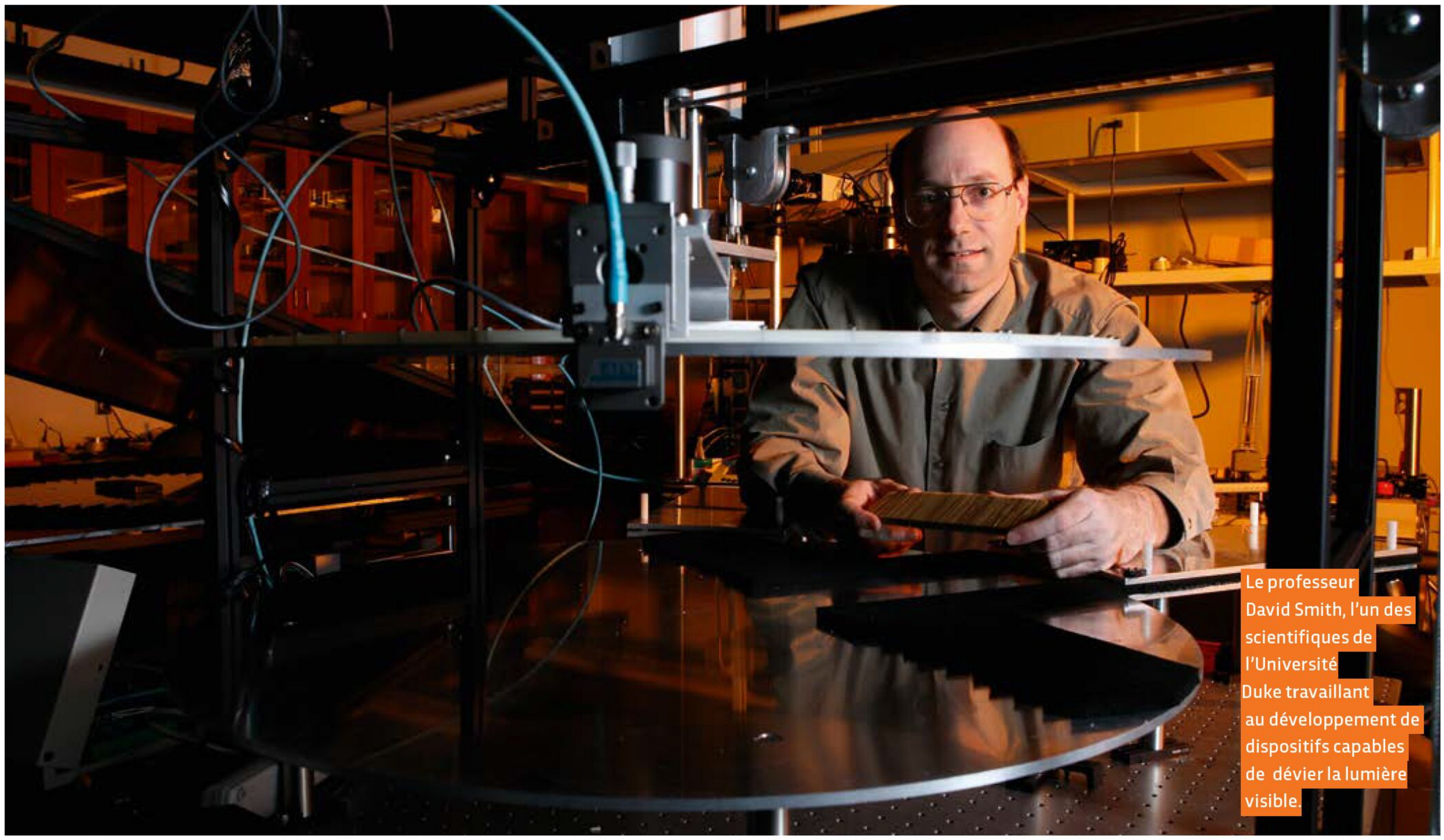
par **ANNA PLOSZAJSKI**

Des scientifiques du monde entier travaillent sur des systèmes pour nous dissimuler aux regards. Mais à quel point sommes-nous proches de développer une technologie capable de nous rendre véritablement invisibles ?

Le désir de devenir invisible trouve ses racines dans des temps très anciens. Chasseurs et soldats ont cherché pendant des siècles le moyen de se camoufler, mais aujourd'hui la science est de plus en plus près de rendre les choses réellement invisibles. La technologie stealth (furtive) moderne est non seulement capable de masquer les avions aux radars, mais elle peut aussi dissimuler les empreintes thermiques aux caméras infrarouges et empêcher les ondes sonores d'être entendues. Alors, où en sommes-nous dans le développement de la technologie d'invisibilité ? →

Elle ne réussira peut-être pas à cacher totalement une personne aux regards, mais la veste à « camouflage thermique » pourrait la rendre invisible aux caméras infrarouges.

VOLLEBAK



Le professeur David Smith, l'un des scientifiques de l'Université Duke travaillant au développement de dispositifs capables de dévier la lumière visible.

CACHÉS AU VU ET AU SU DE TOUS

Nous voyons les objets parce que, lorsque la lumière interagit avec eux, elle est en partie absorbée et en partie réfléchie. Les objets transparents, comme les fenêtres, laissent passer la lumière de manière quasi ininterrompue. Pour qu'une cape d'invisibilité puisse cacher un objet opaque, elle devrait en revanche dévier la lumière en la faisant glisser autour de lui.

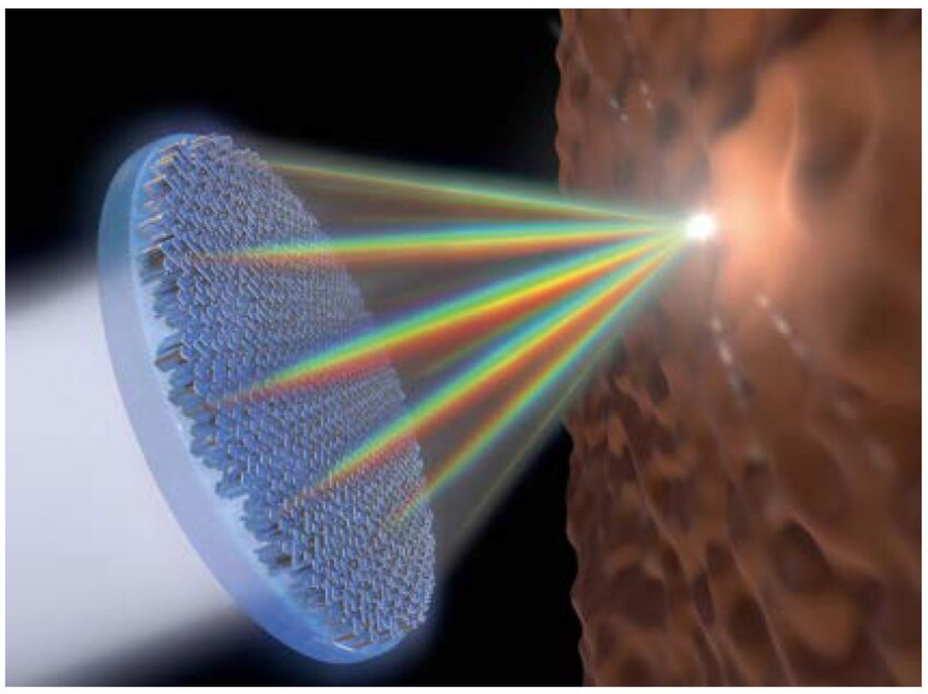
L'un des premiers dispositifs d'occultation a été développé en 2006 par des ingénieurs de l'Université Duke. Ce dispositif expérimental consistait en un cylindre de cuivre qui était « caché » en déviant les micro-ondes autour de lui, le faisant apparaître comme presque inexistant pour un détecteur de micro-ondes. Il était réalisé avec un métamatériau : une structure composée d'un agencement périodique d'éléments (une configuration qui se répète à intervalles réguliers dans les trois dimensions, comme un réseau) qui lui confère des propriétés insolites.

Ce premier dispositif ne fonctionnait toutefois que pour les micro-ondes, c'est-à-dire des rayonnements électromagnétiques avec des longueurs d'onde relativement longues. Rendre un objet invisible à la lumière visible, qui possède une longueur d'onde beaucoup plus courte, est un défi nettement plus complexe. Cela s'explique par le fait que, à l'échelle nanométrique, ce sont avant tout les effets quantiques qui entrent en jeu, mais aussi parce que cette cape ne fonctionnait que pour une longueur d'onde spécifique de micro-ondes. Pour être vraiment invisible, une cape devrait se dissimuler à toutes les couleurs de l'arc-en-ciel. De plus, elle ne fonctionnait que pour un objet de petite taille, certainement pas de la taille d'un être humain.

La percée est intervenue en 2018, lorsque des chercheurs de Harvard et de l'Université de Waterloo, au Canada, ont présenté un dispositif composé d'un réseau de métasurfaces ou métalentilles (des surfaces plates qui utilisent des nanostructures – dans ce cas, des « nano-ailettes » à base de titane – pour focaliser la lumière) capable de courber une large gamme de longueurs d'onde de la lumière visible autour d'elle. Un pas en avant, mais une véritable cape d'invisibilité à porter reste encore hors de portée.

« Ce que tout le monde désire, à savoir une cape d'invisibilité, se heurte à l'impossibilité actuelle de rendre souples de tels matériaux, explique Simon Horsley, professeur associé de physique théorique à l'Université d'Exeter. Si l'on veut quelque chose à porter et avec lequel on puisse se déplacer aisément, on entre dans un problème de conception complètement différent. »





À GAUCHE
Dans l'illustration, une métalentille capable de faire la mise au point sur un large spectre de lumière visible.

FURTIFS DANS LE CIEL

Bien qu'il s'agisse d'un objectif encore lointain, il existe déjà des solutions pour rendre les objets efficacement invisibles à d'autres longueurs d'onde : pensons aux principes de conception et aux matériaux qui masquent les jets militaires (comme les chasseurs stealth) aux radars.

Le radar envoie une impulsion d'ondes radio et reste « à l'écoute » d'éventuelles ondes réfléchies par les objets qu'il rencontre, calculant ainsi leur distance. Étant faits de métal, les aéronefs sont d'excellents réflecteurs des signaux radar et sont donc très faciles à repérer. Cependant, deux facteurs peuvent aider un avion à devenir invisible.

Le premier est la forme. Les lignes arrondies des avions de ligne normaux sont excellentes pour réfléchir les ondes radio car, quel que soit l'angle sous lequel le signal frappe l'appareil, une partie rebondira toujours vers le récepteur. C'est pourquoi les avions stealth sont construits presque entièrement avec des surfaces plates et des arêtes vives : ils dévient les signaux radar, mais pas directement vers le récepteur. Le second ajustement consiste à éviter l'utilisation de matériaux électriquement conducteurs, comme les métaux et les fibres de carbone, pour améliorer la transparence aux radars. Si cela n'est pas possible, l'avion peut être recouvert d'un matériau spécial absorbant les ondes radar (RAM). Ce type de peinture absorbe les ondes radio et en convertit l'énergie en chaleur, au lieu de les réfléchir.

Un exemple typique est celui de la « peinture à billes de fer », qui contient précisément de microscopiques billes de fer dont la fréquence de résonance correspond à celle des radars typiques. Lorsqu'un signal radar frappe l'avion, les billes résonnent et convertissent son énergie en chaleur, qui se dissipe dans l'environnement. De cette manière, un avion stealth peut être pris pour un oiseau. Ces matériaux ne sont toutefois efficaces que dans certaines longueurs d'onde et, avec la puissance de calcul croissante des systèmes de détection radar, il est de plus en plus difficile pour les avions de se cacher.

Naturellement, les avions stealth ne doivent pas échapper seulement aux fréquences radio. Ils sont souvent peints en noir mat et volent de nuit, et les pilotes sont guidés à des altitudes où la formation de traînées de condensation est moins probable, ce qui les rend plus difficiles à repérer visuellement dans le ciel.

L'intense chaleur produite par les moteurs représente également un problème. Cela peut être partiellement pallié en injectant de l'air frais de l'environnement dans l'échappement chaud et en utilisant un terminal d'échappement à fente pour maximiser le mélange des gaz chauds avec l'air plus froid. Certains projets positionnent même l'échappement au-dessus de l'aile pour le masquer aux observateurs au sol.

Les métasurfaces électromagnétiques de prochaine génération promettent elles aussi une méthode encore plus efficace pour réorienter les ondes électromagnétiques arrivantes, bien que le défi reste ouvert pour éviter la détection par un large spectre de longueurs d'onde.

DUKE UNIVERSITY, US AIR FORCE, JARED SISLER/HARVARD SEAS



« Les formes anguleuses permettent aux avions stealth d'échapper plus facilement aux radars. »

ÇA COMMENCE À CHAUFFER, ICI

Pour les soldats, échapper aux technologies à infrarouge est un problème sérieux. Le corps humain émet naturellement environ 200 W de rayonnement infrarouge (IR), c'est-à-dire de la chaleur – soit environ la même puissance que trois ampoules domestiques – et il est facile à détecter avec le bon équipement.

Une cape d'invisibilité IR simple et bon marché est la couverture isothermique en feuille d'aluminium. Les métaux brillants comme celui-ci ont une émissivité (la mesure dans laquelle un matériau émet un rayonnement thermique) presque nulle. Elles fonctionnent bien de manière surprenante pendant une courte période, mais la chaleur corporelle s'accumule rapidement à l'intérieur de la couverture et est facilement détectée. De plus, selon l'émissivité de l'environnement ambiant, la couverture pourrait apparaître sur la caméra comme une « tache froide » très voyante.

Un camouflage plus efficace, sur lequel travaille le professeur Coskun Kocabas avec une équipe de l'Université de Manchester, s'adapte activement à l'arrière-plan environnemental, tout comme un caméléon. « Notre question initiale était : peut-on réaliser des surfaces intelligentes capables d'imiter ces animaux ? » explique Coskun Kocabas.

La réponse est oui, grâce à des dispositifs fondés sur le graphène : un matériau bidimensionnel qui a la particularité de posséder de nombreux électrons mobiles sur sa surface, ce qui le rend incroyablement conducteur d'un point de vue électrique.

« Fondamentalement, ce n'est pas le matériau dont on a besoin, ce sont les électrons. Si l'on réussit à contrôler les électrons à la surface du graphène, on peut modifier la réflectivité, l'absorption et le rayonnement thermique. Le graphène est la plateforme qui offre ces propriétés optiques ajustables », affirme Coskun Kocabas. Le résultat s'obtient en insérant des ions entre les différentes couches de graphène – un processus appelé intercalation – de façon à altérer la mobilité des électrons.

En 2022, l'équipe a franchi un premier pas décisif en réalisant une veste à porter contenant 42 patchs de graphène qui agissaient comme les pixels d'un écran, capables d'égaler l'émissivité de l'arrière-plan pour rendre la personne qui la portait invisible à une caméra IR. La recherche a fait des progrès de géant ces derniers temps. Les laboratoires de nanotechnologie ont en effet réussi à stabiliser l'intercalation ionique du graphène directement sur des substrats textiles polymères souples et commerciaux.

Cela signifie que la technologie peut désormais être déployée de façon continue sur des fils composites, réduisant les consommations énergétiques du système et rendant le tissu doux et pliable. De tels développements rapprochent la technologie un peu plus des véritables capes d'invisibilité, ouvrant la voie à des tenues militaires de nouvelle génération capables d'occulter tant le rayonnement infrarouge que le spectre visible, en trompant même les capteurs thermiques multispectraux les plus avancés.



« Le corps humain émet naturellement environ 200 W de rayonnement infrarouge. »

Le rayonnement thermique à la surface de cette veste peut être réglé en utilisant des patchs de graphène, sans altérer sa température.

VUS, MAIS NON ENTENDUS



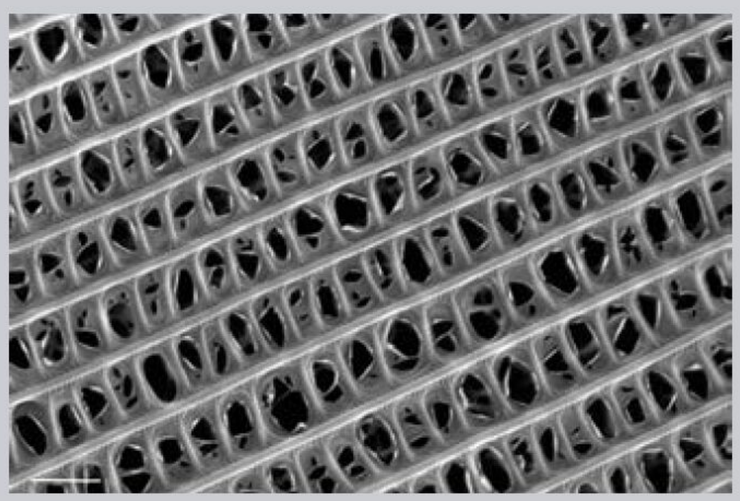
PROFESSOR MARC HOLDERIED/UNIVERSITY OF BRISTOL X3, VOLLEBAK

Lorsqu'il s'agit de faire du silence, la nature bat les humains sur toute la ligne. Prenons par exemple le papillon empereur *Bunaea alcinoe*, un insecte nocturne qui ne se soucie pas d'être vu par les prédateurs dans l'infrarouge ou dans la lumière visible. Son problème principal est d'éviter d'être intercepté par les chauves-souris via l'écholocalisation.

Ce minuscule insecte a développé une parfaite cape d'invisibilité acoustique dans les écailles de ses ailes et dans son duvet, capable d'absorber efficacement les appels à ultrasons des chauves-souris, empêchant leur réflexion et, par conséquent, leur détection. Ce mécanisme ingénieux a été découvert par le professeur Marc Holderied de l'Université de Bristol et constitue le premier métamatériau acoustique naturel connu.

Les métamatériaux acoustiques sont des structures capables de contrôler la façon dont les ondes sonores se déplacent à travers elles. Cependant, alors que dans les métamatériaux optiques ce sont les électrons autour des atomes de carbone qui interagissent avec les ondes lumineuses, dans les métamatériaux acoustiques c'est l'agencement périodique des structures qui interagit avec les ondes sonores.

« De cette façon, les structures réussissent à absorber des ondes sonores à des fréquences beaucoup plus basses par rapport aux matériaux conventionnels comme les mousses insonorisantes, et elles peuvent





en outre être réalisées avec des épaisseurs nettement inférieures », affirme le docteur Felix Langfeldt, chercheur en métamatériaux et professeur associé à l'Université de Southampton. « Imaginez une feuille fine comme du papier qui bloque le son de la même manière qu'un mur de béton », explique Langfeldt. Des structures similaires pourraient être utilisées pour réduire au silence des bruits gênants, comme ceux des systèmes de ventilation, ou les vibrations que l'on subit à bord des avions.

Mais les métamatériaux acoustiques ne se limitent pas à amortir les bruits ou les vibrations. Ils peuvent aussi être employés pour réorienter les vibrations (si l'on voulait, par exemple, dévier un séisme autour des fondations d'un bâtiment) et pour en exploiter l'énergie. Le docteur Gregory Chaplain, maître de conférences à l'Université d'Exeter, étudie précisément cette technologie avancée. « Il y a beaucoup d'énergie gaspillée dans les vibrations à l'intérieur d'une automobile, explique-t-il. Si l'on réussissait à localiser où va cette énergie en la dirigeant grâce aux métamatériaux, et qu'on positionnait à cet endroit quelque chose capable de la canaliser, alors on pourrait la récupérer. »

De tels systèmes pourraient être utilisés pour collecter les vibrations environnementales et alimenter de petits dispositifs comme des capteurs, en particulier dans des endroits difficiles d'accès comme les ponts, les réacteurs nucléaires ou les avions.

En théorie, donc, les villes de métamatériaux du futur pourraient être silencieuses, capables de s'auto-alimenter en récupérant de l'énergie, sûres face aux activités sismiques et, peut-être, un jour, même invisibles. ■

par **ANNA PLOSZAJSKI**
Spécialiste des matériaux et vulgarisatrice scientifique.

Troubles mentaux et psychoses : quand la médecine ne suffit plus

Un nombre croissant d'études montre que les femmes psychopathes pourraient être bien plus nombreuses qu'on ne le pensait. Si tel est le cas, comment ont-elles pu passer presque totalement inaperçues, et quelle est la gravité du problème ?

par **NATE SCHARPING**

On pourrait s'attendre à croiser un sujet psychopathe dans un cabinet d'avocats, à la tête d'un fonds d'investissement ou même dans un bloc opératoire. Le barreau, la finance et la médecine sont souvent considérés comme des milieux professionnels d'élection pour ceux qui présentent une faible capacité à éprouver de la culpabilité, de l'embarras ou de la compassion – ce que confirment certaines recherches. Mais que se passe-t-il si cette rencontre a lieu dans le cabinet d'un thérapeute ?

Dans une petite étude menée en Tasmanie, plusieurs intervenants du secteur médico-social ont rapporté être souvent victimes de harcèlement et d'intimidation – tout comme d'autres collaborateurs – de la part de collègues de travail qui répondaient à de nombreux critères typiques de la personnalité psychopathique. Il s'agit d'une découverte surprenante dans un domaine qui repose sur les piliers de la compassion et de l'empathie : deux traits qui, par définition, font défaut à un profil psychopathique. Tout aussi étonnant fut de constater que la majorité de ces sujets potentiellement psychopathes étaient de sexe féminin.

L'étude a été signée par la docteure Fiona Girkin, consultante spécialisée dans le comportement psychopathique féminin, et découle des recherches menées pour sa thèse de doctorat en management à l'Université Curtin, en Australie. Girkin a travaillé dans le secteur des services sociaux en Tasmanie pendant plus de vingt ans ; elle raconte y avoir rencontré des collègues qui, selon elle, présentaient plusieurs traits psychopathiques, et avoir recueilli des témoignages similaires auprès d'autres professionnels du secteur.

Cela l'a poussée à réfléchir à la psychopathie féminine qui, d'après certaines études, se manifeste différemment de la psychopathie masculine : avec une agressivité physique moindre et un recours marqué à des tactiques telles que la manipulation émotionnelle et l'agressivité relationnelle.

L'étude de Fiona Girkin, publiée dans les *Proceedings of the 5th International Developments in Applied Psychology and Business Management Conference* et rédigée en collaboration avec la docteure Sharyn Curran, enseignante-chercheuse à la School of Management and Marketing de l'Université Curtin, repose sur des entretiens menés auprès de 13 intervenants du secteur médico-social en Tasmanie. Onze d'entre eux ont déclaré avoir travaillé avec au moins une personne présentant huit traits psychopathiques ou plus, tels que la mythomanie, l'absence de remords ou le refus d'assumer ses responsabilités. Certains interviewés ont rapporté avoir dû démissionner ou avoir pleuré pendant des heures dans leur voiture à cause des relations avec ces collègues. D'autres ont abandonné définitivement leur travail. « Plusieurs femmes m'ont confessé avoir fait une tentative de suicide en raison de cette expérience », explique Fiona Girkin.

Dans l'étude de Girkin, les participants ont identifié 36 femmes et 11 hommes dont les comportements répondaient aux critères de la psychopathie. Selon la chercheuse, cette donnée met en lumière un grave manque d'attention à l'égard de la psychopathie féminine, qui peut avoir des conséquences dévastatrices sur le lieu de travail et au-delà. Le manque de recherches scientifiques sur ce front fait que les femmes aux comportements problématiques ont beaucoup plus de chances de passer inaperçues, continuant à nuire sans presque risquer de répercussions. Ce qui soulève une question inquiétante : y a-t-il plus de psychopathes parmi nous que ce que nous en avons conscience ?

« Le manque d'attention à l'égard de la psychopathie féminine peut avoir de répercussions sur le lieu de travail. »

IDENTIKIT D'UN PSYCHOPATHE

Tous les sujets psychopathes ne sont pas des criminels violents. En réalité, la majorité ne l'est pas du tout. La psychopathie est définie par une constellation de traits de personnalité, parmi lesquels des émotions superficielles et de courte durée, l'absence de remords, une faible empathie, une tendance à la manipulation et la mythomanie, qui peuvent pousser un individu à se comporter de manière antisociale.

En psychiatrie, la psychopathie est souvent subdivisée en deux grandes catégories. Les psychopathes primaires tendent à manifester des comportements comme des mensonges répétés ou un manque total d'empathie, tandis que les psychopathes secondaires sont impulsifs, enclins à la recherche de sensations fortes et ont plus de probabilités de commettre des délits ou de recourir à la violence. « Le psychopathe secondaire manque d'autocontrôle, tandis que le primaire en a énormément, explique Fiona Girkin. Et c'est précisément pour cela que les primaires réussissent à se fondre parfaitement dans la société au quotidien. » Diagnostiquer la psychopathie n'a rien de simple : de nombreux comportements antisociaux peuvent découler d'autres causes et il n'existe pas un unique « indice révélateur ». Toutefois, on retrouve chez de nombreux sujets psychopathes un schéma constant de conduites imprudentes et dangereuses – conduite téméraire, consommation de substances, petits vols – qui découlent de faibles niveaux de peur, d'une indifférence envers autrui et d'une recherche constante de stimulations et de bénéfices personnels.

« Bien que les sujets psychopathes puissent éprouver des émotions et apprendre à se comporter en tenant compte des sentiments d'autrui, →

ALAMY



il s'agit généralement de sentiments superficiels », explique Hedwig Eisenbarth, professeure associée de psychologie à l'Université Victoria de Wellington (Nouvelle-Zélande). Pour un profil psychopathique, il est beaucoup plus naturel d'agir uniquement en fonction de ses propres objectifs, sans se soucier des dommages causés. Une métaphore efficace est celle du chat qui joue avec la souris, ajoute-t-elle : « Je joue avec. Je la tue. Cela fait partie de ma nature. »

« Les psychopathes masquent leurs véritables pensées ou sentiments avec une grande habileté. »

Les estimations varient, mais on considère que seule une faible proportion de la population mondiale répond aux critères cliniques de la psychopathie. À doses minimes, certains de ces traits peuvent même se révéler utiles dans certaines situations : pensons à un chirurgien qui doit maintenir un niveau de concentration maximal lors d'une intervention délicate, en s'isolant complètement des implications émotionnelles.

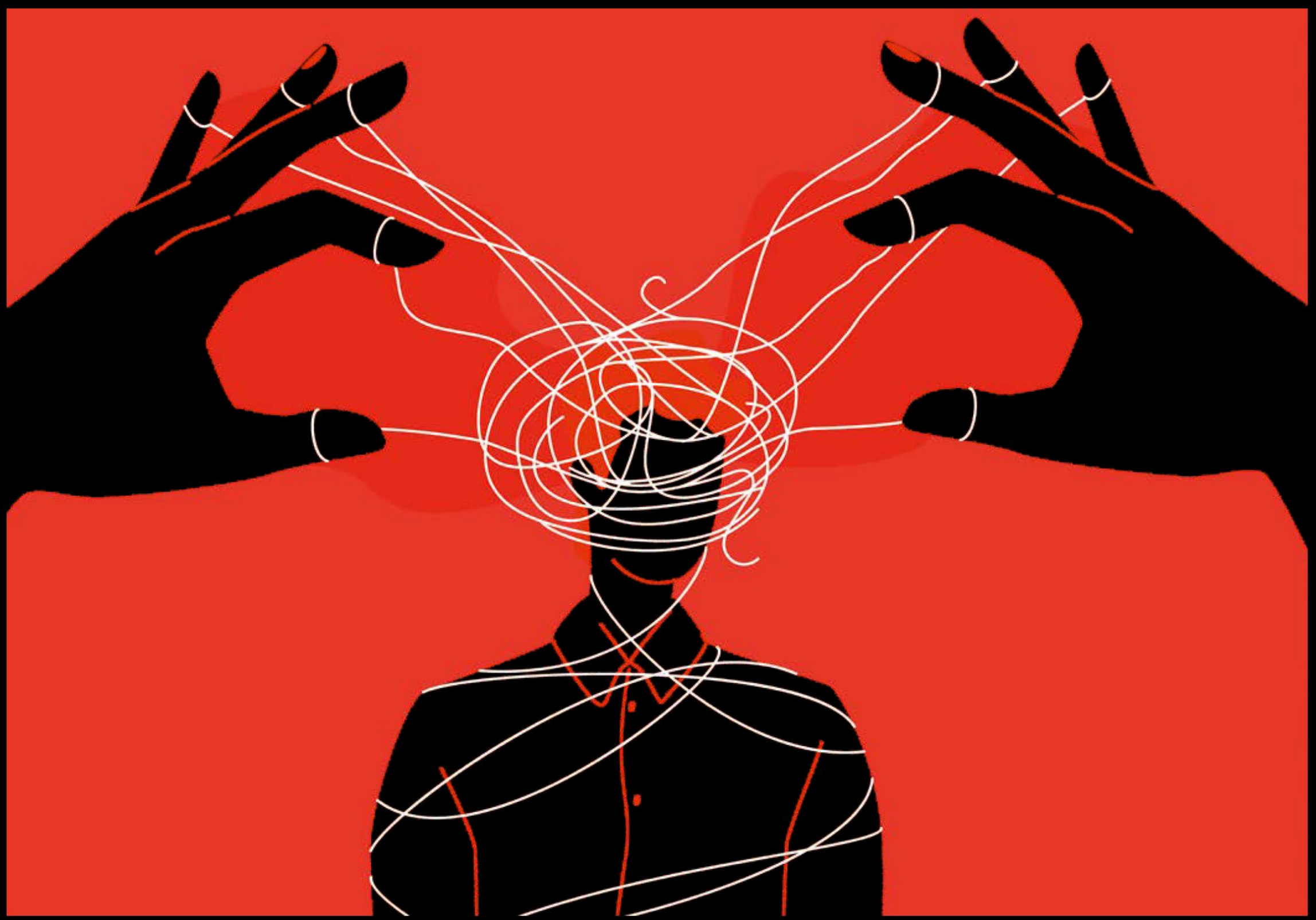
La lacune principale dans notre connaissance de la psychopathie réside dans le fait que la grande majorité des données scientifiques provient de sujets de sexe masculin. Prenons l'outil diagnostique le plus répandu au monde, la *Psychopathy Checklist-Revised* (PCL-R), développée par le célèbre psychologue canadien Robert Hare. Les 20 traits psychopathiques analysés par le questionnaire – qui incluent une surestimation de sa propre valeur, le besoin de stimulations continues et une affectivité superficielle – découlent des recherches menées par Hare sur des détenus de sexe masculin dans les prisons américaines et canadiennes.

« Les comportements antisociaux des femmes sont différents de ceux des hommes , souligne Hedwig Eisenbarth. Chez les femmes, il pourrait y avoir des conduites manipulatoires et antisociales d'un type que nous n'allons souvent pas mesurer ou quantifier chez les hommes. »

C'est une tendance également confirmée par Abigail Marsh, professeure de psychologie et de neurosciences à l'Université de Georgetown (États-Unis). Abigail Marsh explique que de nombreux sujets psychopathes apprennent à masquer leurs véritables pensées ou sentiments de manière exceptionnelle. Sous la surface, toutefois, qu'il s'agisse d'un homme ou d'une femme, la motivation reste la même : obtenir ce qu'ils veulent. Les différences de genre font que les moyens d'atteindre leur but sont différents : un homme physiquement fort peut obtenir ce qu'il désire par la force ou par la violence, tandis qu'une femme pourrait trouver plus efficaces les canaux relationnels et sociaux. Dans certains cas, cela se traduit par une véritable stratégie du charme. « L'aspect que les gens ont tendance à ne pas prévoir lorsqu'on parle de psychopathie, c'est que le meilleur moyen d'obtenir quelque chose des autres est d'être extrêmement gentil avec eux, explique Abigail Marsh. J'ai remarqué que lorsqu'un sujet psychopathe veut se faire aimer, il y parvient presque toujours. »

Dans ses recherches, Abigail Marsh utilise un outil de mesure différent, la « mesure de la psychopathie triarchique », qui ne repose pas sur la PCL-R et qui, selon elle, permet de mieux évaluer la psychopathie féminine dans certains contextes. Dans la majorité de la recherche psychologique, toutefois, la PCL-R reste la norme dominante. Par conséquent, les études qui indiquent une plus faible prévalence de la psychopathie chez les femmes

GETTY IMAGES



par rapport aux hommes pourraient être trompeuses : de nombreuses femmes présentant des traits psychopathiques ne sont tout simplement pas diagnostiquées. Hedwig Eisenbarth fait remarquer que les femmes psychopathes manifestent souvent des comportements qui ne basculent pas dans l'illégalité avérée, tandis que les hommes ont plus de probabilités de commettre des délits ou des actes violents, entrant ainsi dans le radar du système judiciaire. Une différence de comportement qui contribue à dissimuler la réelle prévalence de la psychopathie féminine.

MANIPULATION ET COMMÉRAGES

Dans l'étude de Fiona Girkin, les personnes interrogées ont rapporté un scénario récurrent : être initialement accueillies à bras ouverts par la nouvelle collègue problématique, pour assister ensuite à une détérioration soudaine et injustifiée de la relation. Elles ont raconté que des responsables leur refusaient leurs jours de congé ou les mettaient délibérément en situation d'échec au travail. Dans d'autres cas, la collègue avait recours au *gaslighting* (manipuler une personne jusqu'à la convaincre que la faute d'une situation donnée lui incombe), à la calomnie ou aux commérages malveillants pour isoler la victime et l'attaquer. Les psychopathes présumées étaient souvent habiles à tisser des réseaux de relations stratégiques avec les supérieurs pour se protéger, en orientant leurs attaques vers des collègues ayant peu de moyens de se défendre.

Girkin tient à préciser que son travail ne consiste pas à poser des diagnostics cliniques : « Il ne s'agit pas d'étiqueter une personne comme psychopathe, mais de souligner qu'elle adopte des comportements potentiellement psychopathiques et d'en analyser l'impact. »

Cependant, ses entretiens suggèrent une dynamique préoccupante : dans de nombreux cas, le comportement psychopathique peut être masqué par le préjugé favorable lié à la nature supposée empathique du travail social et à la compassion innée attribuée aux femmes. Dans un monde où les femmes psychopathes pourraient être aussi nombreuses que les hommes, mais suffisamment différentes pour échapper aux radars, ce stéréotype de genre se transforme en un déguisement parfait pour qui entend agir sans être inquiété.

Il faut toutefois interpréter l'étude de Girkin avec prudence. Tout d'abord, il s'agit d'une enquête très limitée d'un point de vue numérique (à peine 13 personnes) et fondée sur les souvenirs et les perceptions subjectives que les participants avaient de leurs collègues. Pour cette raison, Hedwig Eisenbarth qualifie l'étude d'intéressante, mais souligne qu'elle laisse ouverte la question de savoir si la psychopathie est effectivement un problème répandu dans le secteur médico-social en général. De plus, on ne sait pas exactement comment ces données s'appliquent à d'autres réalités géographiques : la Tasmanie est une île d'environ 500 000 habitants, et son isolement ainsi que sa faible population pourraient avoir influencé les résultats.

Cela étant posé, si les données de Fiona Girkin venaient à être →

« Les sujets psychopathes montrent des visages complètement différents selon l'interlocuteur. »

GETTY IMAGES

confirmées, il resterait à comprendre pourquoi autant de comportements de ce type se concentrent dans le secteur médico-social tasmanien. La réponse pourrait résider dans l'intersection entre les rôles traditionnels de genre et les dynamiques de pouvoir. Les professions du soin – comme les soins infirmiers, la thérapie et le travail social – connaissent une nette prédominance féminine, et il est donc naturel que les profils problématiques identifiés dans ces domaines appartiennent à des femmes. De plus, ces professions comportent intrinsèquement une position de forte maîtrise et de pouvoir.

« Qu'il s'agisse d'exercer un contrôle sur l'esprit d'une personne, sur ses ressources financières ou sur ses soins médicaux, nous parlons toujours de gérer la vie d'un autre être humain », explique Girkin, en soulignant néanmoins que la grande majorité des personnes travaillant dans ce secteur est animée d'intentions extraordinaires et que les sujets psychopathes ne représentent qu'une toute petite minorité.

Hedwig Eisenbarth convient que le contrôle est un levier fondamental, ajoutant que, dans certains cas, le bénéfice financier peut lui aussi être un puissant moteur : « Prendre soin d'une personne âgée ou fragile qui possède un patrimoine à hériter peut être une perspective extrêmement intéressante pour un profil psychopathique », observe-t-elle.

Une fois une position de pouvoir conquise, selon Hedwig Eisenbarth, les femmes psychopathes bénéficient d'une approche plus subtile et relationnelle, qui laisse très peu de traces pour d'éventuels avertissements ou signalements officiels, en plus d'être protégées par des stéréotypes culturels ancrés.

« Les femmes psychopathes utilisent une approche très subtile, qui laisse très peu de traces. »

« Une femme qui manifeste un comportement manipulatoire, agressif ou même violent représente aujourd'hui encore un comportement tout à fait inattendu pour la société, explique-t-elle. Par conséquent, les victimes qui dénoncent ces agissements courent souvent le risque de ne pas être crues. »

COMPRENDRE LA PSYCHOPATHIE

La rareté des études scientifiques rigoureuses et d'une éducation sociale adéquate sur le thème de la psychopathie féminine ne fait qu'alimenter le problème. La solution réside dans une recherche accrue, un objectif que Fiona Girkin qualifie de tout sauf facile : elle-même a rencontré de fortes résistances pour trouver des financements pour son travail, une difficulté qu'elle attribue précisément au choix du sujet. « Si j'avais proposé une thèse de doctorat sur la psychopathie masculine, je suis certaine qu'elle aurait été approuvée en cinq minutes, parce qu'il est socialement acceptable de critiquer les hommes, alors que critiquer les femmes reste un tabou », affirme-t-elle.

Hedwig Eisenbarth fait part d'une expérience différente en Nouvelle-Zélande, où les comparaisons de genre sont courantes dans la recherche psychologique et où elle n'a jamais ressenti d'hésitation à discuter de la psychopathie féminine. Elle ajoute toutefois qu'obtenir des fonds pour la recherche sur la psychopathie en général est toujours extrêmement complexe.



« Les cliniciens n'aiment pas travailler avec des patients qui présentent ces troubles, ajoute Abigail Marsh. Ils peuvent être hostiles, résistants aux traitements, voire effrayants. Pendant longtemps, la psychiatrie les a considérés tout simplement comme incurables, mais c'est une idée dépassée : la psychopathie est traitable si l'on intervient avec les bons protocoles au bon moment, de préférence dès les toutes premières phases de la vie. »

En outre, Hedwig Eisenbarth fait remarquer que l'étude de la psychopathie offre une perspective passionnante sur le fonctionnement de l'esprit humain, capable de jeter un éclairage sur les mécanismes profonds de notre comportement. « Que se passe-t-il dans le cerveau de quelqu'un qui n'éprouve pas de réaction émotionnelle spontanée mais réussit à la compenser rationnellement ? De quelle manière le cerveau réalise-t-il cette compensation ? se demande-t-elle. À travers le prisme de la psychopathie, nous pouvons en apprendre énormément sur le cerveau et sur les interactions sociales humaines. »

COMMENT SE DÉFENDRE SUR LE LIEU DE TRAVAIL

Ces considérations théoriques n'offrent toutefois que peu de réconfort à qui se trouve à la merci d'un collègue potentiellement psychopathe sur son lieu de travail. Poser un diagnostic clinique est extrêmement complexe, mais les comportements d'intimidation ou d'agression systématique doivent être pris au sérieux quel que soit le profil de la personne qui les met en œuvre. De plus, les psychopathes peuvent montrer des visages complètement différents selon l'interlocuteur, en tentant de charmer une personne et d'en intimider une autre. Une recommandation importante pour les non-spécialistes : en tentant d'évaluer un collègue, on risque souvent d'être induit en erreur par son propre engagement émotionnel.

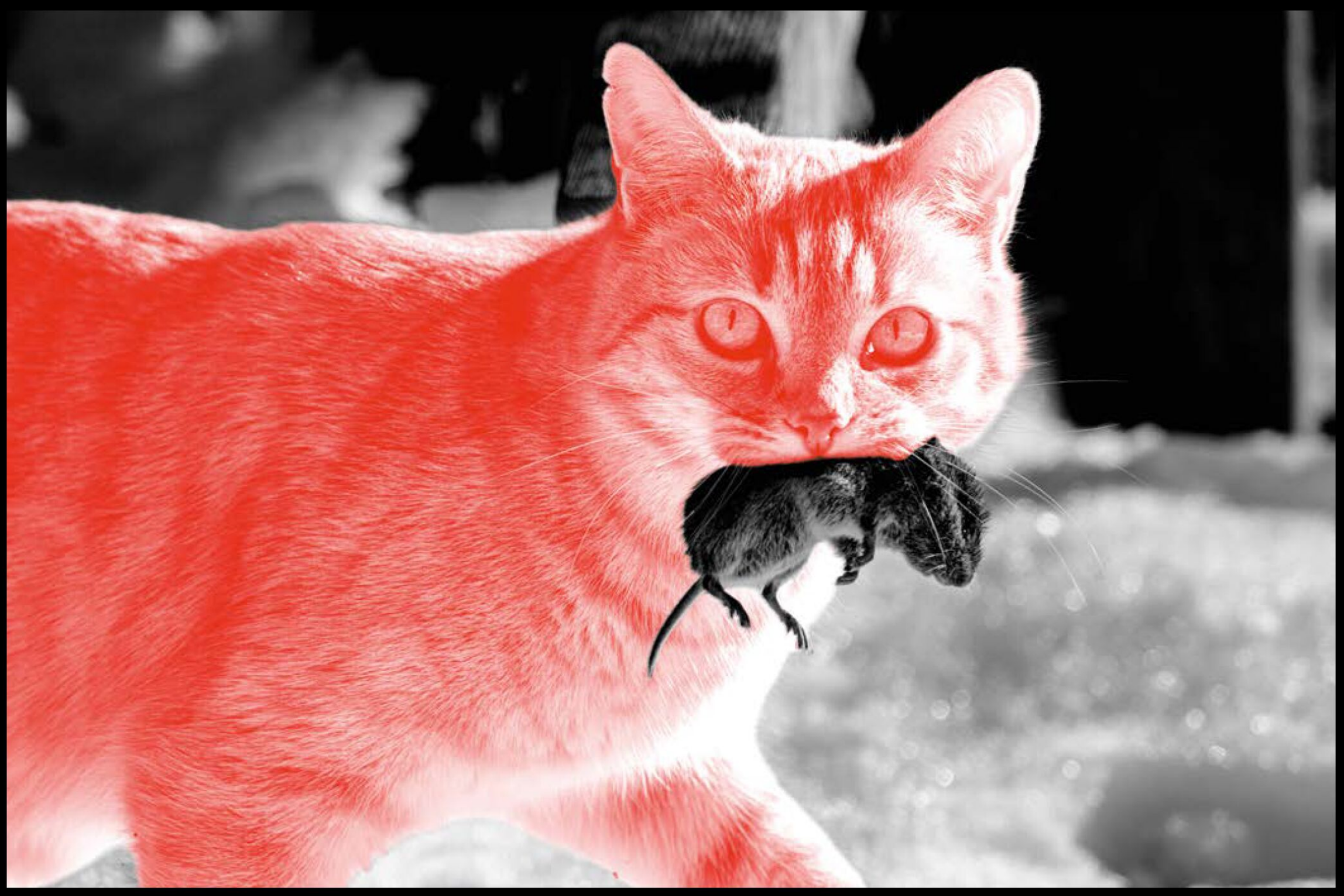
Fiona Girkin suggère que la meilleure stratégie consiste tout d'abord à chercher le dialogue avec d'autres collègues de confiance au sein du milieu de travail. Pouvoir compter sur un réseau de soutien – qu'il s'agisse d'un collègue, d'un ami ou du service des ressources humaines – représente une aide fondamentale. Une autre étape indispensable consiste à tenir un journal détaillé et documenté des faits, utile pour appuyer d'éventuels signalements officiels futurs.

Il est également possible que des environnements de travail présentant un bon équilibre de genre soient mieux équipés pour gérer et enrayer les comportements psychopathiques. Les deux hommes impliqués dans l'étude de Girkin ont été en mesure de prendre leurs distances avec leurs collègues problématiques, une tactique qui peut contribuer à briser les dynamiques de pouvoir. Quoi qu'il en soit, selon Girkin, les entreprises et les organisations doivent jouer un rôle beaucoup plus actif, en se montrant disposées à affronter les comportements toxiques même lorsqu'ils proviennent de rôles dirigeants. Il est fondamental de définir et de faire respecter des politiques d'entreprise claires et rigoureuses contre le harcèlement et l'intimidation.

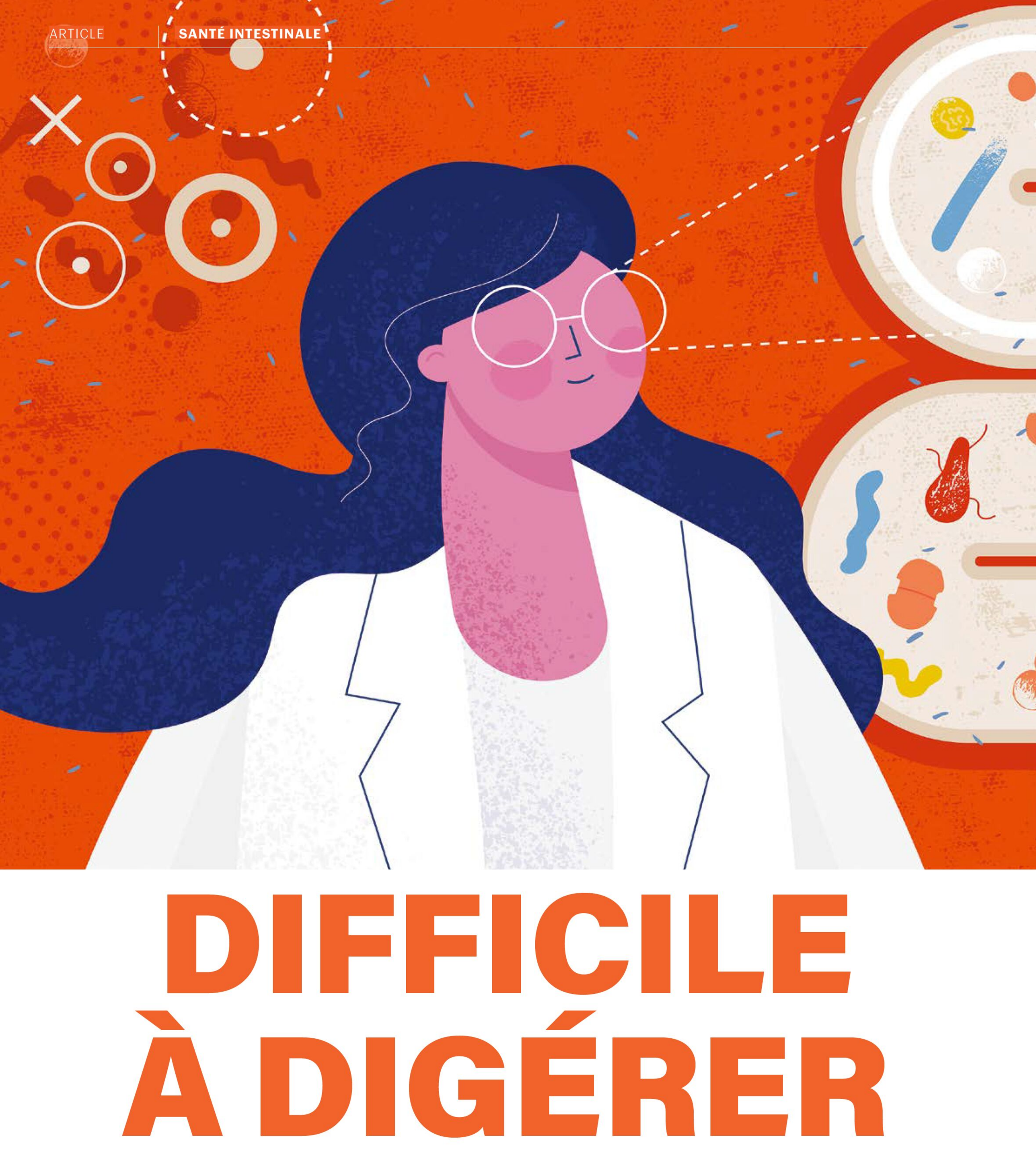
Et si tout cela devait échouer, l'unique solution pourrait être de partir, pour le bien de sa propre santé psychophysique. « Parfois, il vaut beaucoup mieux donner sa démission plutôt que de rester dans une situation qui vous nuit et vous ronge jour après jour », conclut Fiona Girkin. ■



par **NATE SCHARPING**
Écrivain, il traite des questions de science, de santé et d'environnement pour de nombreuses publications.



GETTY IMAGES X2



DIFFICILE À DIGÉRER

Il s'agit d'un trouble extrêmement fréquent, mais les causes du syndrome de l'intestin irritable restent encore obscures. Aujourd'hui, on commence enfin à comprendre ce qui se passe dans notre deuxième cerveau… et quelles sont les meilleures stratégies pour retrouver le bien-être.



Une personne sur dix souffre après avoir mangé. Au lieu de se détendre avec cette agréable sensation de satiété et de nourriture, ces personnes associent la fin d'un repas à des crampes abdominales, à des ballonnements et à des difficultés à vider leur intestin (de manière trop rapide ou trop lente). Cette souffrance est causée par le syndrome de l'intestin irritable (SII, ou *irritable bowel syndrome*, IBS), un trouble qui, selon les estimations, touche à des degrés divers environ 10 % de la population mondiale, avec une prévalence chez les femmes par rapport aux hommes.

Le SII est une expérience profondément fastidieuse et pourtant, face à une telle diffusion, nous en savons encore étonnamment peu sur ses causes et sur la manière de le traiter efficacement. Les hypothèses sur les facteurs déclenchants ne manquent pas. Certains chercheurs pointent du doigt l'hyperperméabilité intestinale, une condition dans laquelle les toxines réussiraient à traverser la paroi intestinale pour se déverser dans la circulation sanguine. D'autres citent les altérations du microbiome intestinal ou ce qu'on appelle l'« hypersensibilité viscérale », un phénomène par lequel les nerfs de l'intestin deviennent hypersensibles et envoient des signaux de douleur amplifiés au cerveau.

Cependant, identifier le mécanisme précis à l'origine du SII s'est révélé jusqu'à présent impossible. Et en l'absence d'une cause connue ou de biomarqueurs clairement identifiables, il n'existe pas encore de test diagnostic objectif et fiable pour confirmer la pathologie. « Beaucoup de gens, lorsqu'ils viennent me voir pour la première fois, disent : "Mon médecin a fait tous les examens possibles et m'a ensuite dit qu'en réalité il ne sait pas ce que j'ai. C'est peut-être le côlon irritable." Et je vois qu'ils sont profondément découragés », explique le professeur Alexander Ford, enseignant en gastro-entérologie à l'Université de Leeds.

Ces dernières années, toutefois, des scientifiques comme Ford ont franchi des pas de géant dans la recherche sur le SII, offrant de nouvelles perspectives sur ses origines possibles. Mais la clé de voûte reste la même : faire la lumière sur ce mécanisme profond qui nous a échappé jusqu'ici. →

GETTY IMAGES

IDENTIFIER LE SII

Les symptômes utilisés pour diagnostiquer le SII reposent sur ce qu'on appelle les « critères de Rome », une série de directives définies par la Rome Foundation, une organisation indépendante et à but non lucratif dédiée à l'étude des interactions entre le cerveau et l'intestin.

Pour pouvoir formuler un diagnostic de SII, le patient doit avoir présenté des douleurs abdominales au moins un jour par semaine au cours des trois mois précédents. D'autres symptômes doivent également être présents, tels que des variations dans la fréquence des selles et/ou dans leur aspect. Le problème principal est que ces mêmes troubles sont communs à d'autres pathologies gastro-intestinales.

« L'absence d'une explication unique et claire pour le SII est liée au fait que, selon toute vraisemblance, nous ne sommes pas face à une seule maladie, mais à plusieurs pathologies distinctes, explique Ford. Le SII est probablement un ensemble de troubles qui partagent le même groupe de symptômes, mais dont nous ne comprenons pas encore la nature scientifique. »

Pour tenter de faire la lumière sur cette constellation de troubles, Ford et ses collègues ont identifié sept sous-groupes distincts de SII, en se fondant sur ce qui se passe dans l'intestin des patients (par exemple, la prévalence de la diarrhée ou de la constipation) et sur les symptômes liés aux troubles de l'humeur. Leur recherche a été publiée dans l'*American Journal of Gastroenterology* en 2021.

Puisque le SII est très probablement un ensemble de pathologies différentes, l'objectif à long terme est de pouvoir offrir aux patients une médecine personnalisée : un traitement spécifique fondé sur la forme particulière de SII dont ils sont atteints.

Malgré ces nouvelles découvertes, la mise au point de traitements personnalisés pourrait encore prendre du temps. En attendant, les chercheurs ont identifié de nombreuses interventions pratiques et efficaces que les patients peuvent adopter dès maintenant pour gérer leurs symptômes (voir l'encadré « 5 conseils pratiques si vous pensez souffrir du SII »). De plus, il est apparu qu'une part significative de la population atteinte du SII a du mal à digérer les glucides. Aider les personnes à identifier leurs aliments « interdits » peut conduire à une amélioration notable.

UNE QUESTION DE VENTRE

La nourriture que nous mettons au menu n'est toutefois qu'une partie du problème. La recherche sur le SII met de plus en plus en évidence le rôle crucial de l'axe intestin-cerveau, c'est-à-dire la connexion bidirectionnelle entre ce qui se passe dans notre appareil digestif et dans notre système nerveux central. Les personnes souffrant du SII ont une plus forte probabilité de présenter des états anxieux ou dépressifs, et un événement fortement stressant ou une période de tension prolongée peuvent agir comme un véritable déclencheur psychologique. C'est particulièrement évident si le stress se manifeste en concomitance avec un déclencheur biologique, comme un épisode d'intoxication alimentaire.

« Une très grande partie de nos émotions est ressentie au niveau viscéral », explique la professeure Rona Moss-Morris, enseignante en psychologie appliquée à la médecine au King's College de Londres. « En situation de stress, on enregistre une augmentation de l'activité de notre système nerveux autonome – qui régule les processus non soumis au contrôle conscient, comme la respiration et le rythme cardiaque – pour préparer le corps à l'action. Cette activation influe directement aussi sur notre appareil digestif. Il existe en effet une communication directe entre le système nerveux autonome et le système nerveux entérique, qui gère toutes les fonctions du tractus gastro-intestinal, intestin compris. »

« Les personnes souffrant du SII présentent généralement une plus forte probabilité de manifester des états anxieux ou dépressifs de différentes intensités. »



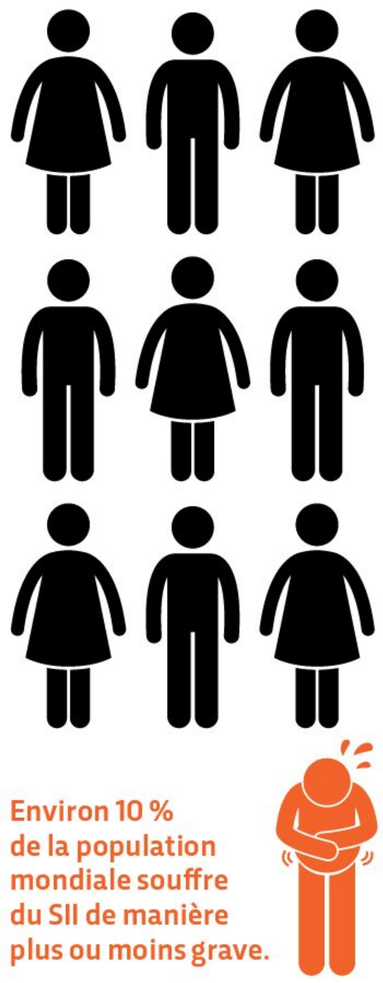
Moss-Morris a participé à l'étude ACTIB (*Assessing Cognitive behavioural Therapy in Irritable Bowel*), qui a évalué l'efficacité de la thérapie cognitivo-comportementale (TCC) dans le traitement des symptômes du SII. Certains volontaires ont suivi des séances de TCC par téléphone avec un thérapeute, d'autres ont suivi une thérapie en ligne avec des activités interactives hebdomadaires personnalisées, tandis qu'un troisième groupe a eu un accès plus limité au soutien thérapeutique.

Les résultats de l'étude, publiés dans la revue *Gut*, ont démontré que la TCC (qu'elle soit téléphonique ou en ligne) réduit significativement les symptômes dans les formes réfractaires du SII (c'est-à-dire celles qui ne répondent pas aux traitements habituels, comme les modifications diététiques et les probiotiques). La thérapie cognitivo-comportementale dans l'étude ACTIB a agi en identifiant et en corrigeant les schémas de pensée et de comportement qui peuvent survenir lorsqu'on souffre de troubles intestinaux et qui risquent, de fait, de chroniciser les symptômes.

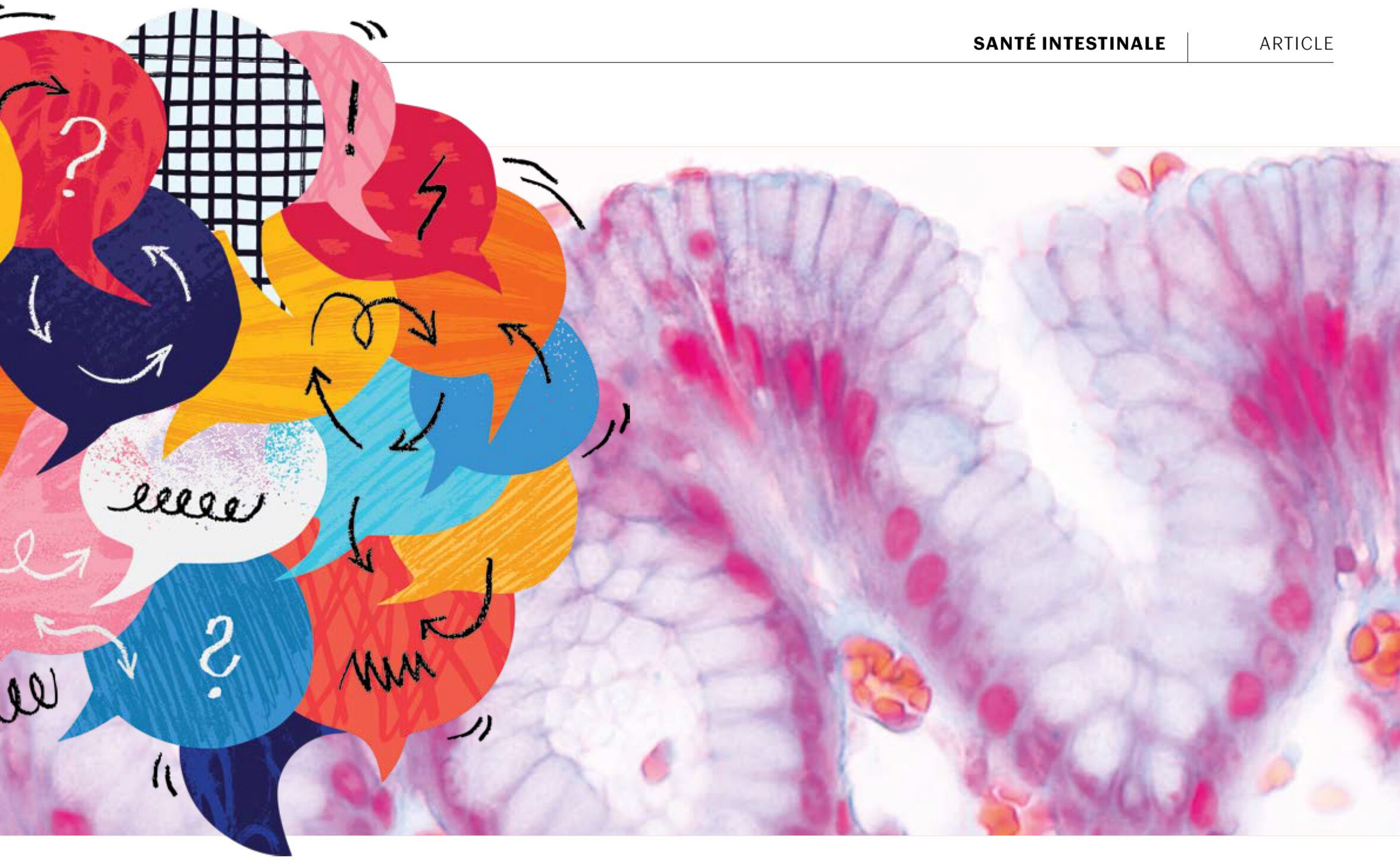
« Lorsque des symptômes intestinaux très gênants se manifestent, on a tendance à réagir d'instinct en adoptant des comportements qu'on estime utiles, mais qui se

EN HAUT À DROITE
Une image agrandie des parois de l'intestin grêle. On estime que le passage de toxines à travers la muqueuse intestinale vers la circulation sanguine peut être associé au SII.

À DROITE
Les aliments à haute teneur en glucides peuvent réactiver les symptômes du SII. Les médecins conseillent la consommation de glucides facilement digérables comme le riz et les pommes de terre.



Environ 10 % de la population mondiale souffre du SII de manière plus ou moins grave.



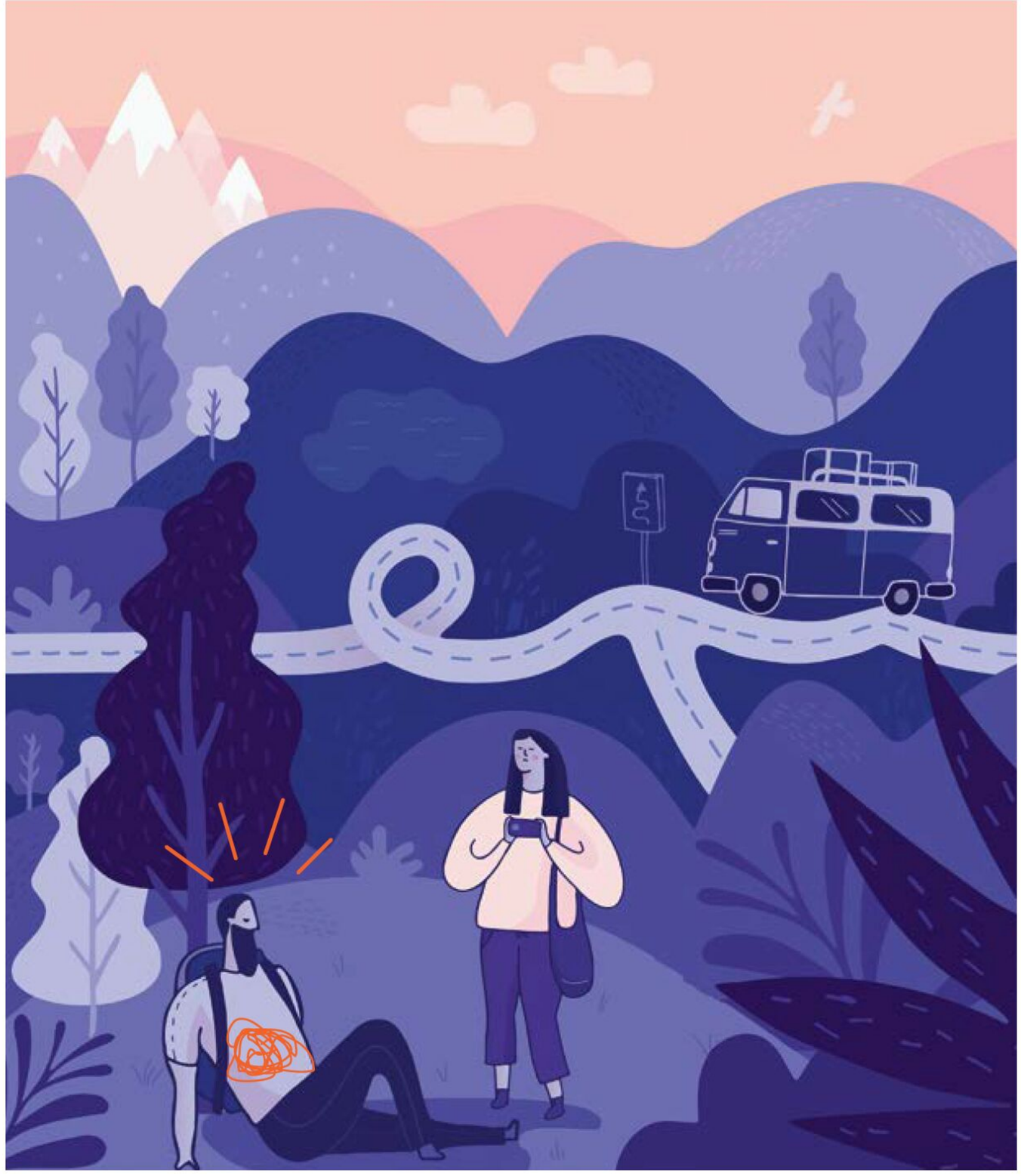
révèlent souvent contre-productifs, explique Moss-Morris. L'un d'eux consiste à modifier continuellement son régime alimentaire. Or, une chose que nous savons avec certitude sur l'intestin, c'est qu'il aime la régularité. Manger de manière désordonnée et inconstante ne fait qu'empirer les symptômes. »

Parmi les autres réponses contre-productives au SII figurent les comportements d'« hyperactivation et d'effondrement » : après une phase aiguë de malaise, dès qu'il commence à se sentir mieux, le patient cherche à rattraper le temps perdu en travaillant plus ou en intensifiant sa vie sociale, provoquant ainsi une rechute immédiate. D'autres, au contraire, adoptent des « comportements d'évitement », renonçant à la vie sociale ou à l'activité physique par crainte d'une nouvelle crise.

« Ces facteurs varient beaucoup d'une personne à l'autre, conclut Moss-Morris. L'objectif de la TCC est précisément de formuler un parcours thérapeutique sur mesure pour chaque patient. »

Il existe en outre des preuves concrètes de l'efficacité de l'hypnothérapie axée sur l'intestin, validée par plusieurs essais cliniques contrôlés randomisés. La majorité des tests a utilisé ce qu'on appelle le « protocole de Manchester », qui prévoit des séances au cours desquelles le patient pose sa main sur son abdomen en imaginant qu'il émane de la chaleur, ou visualise mentalement son intestin : en cas de diarrhée, par exemple, on l'imagine comme une rivière en crue qui se calme peu à peu et commence à s'écouler lentement.

Cependant, le fait que ces interventions psychologiques se révèlent efficaces ne signifie absolument pas que le SII soit un trouble imaginaire ou « psychosomatique » au sens commun du terme. Le SII est une pathologie →



GETTY IMAGES X3

biopsychosociale, dans laquelle coexistent différents facteurs : des éléments biologiques (comme les altérations de la fonction intestinale), mais aussi des déclencheurs de nature psychologique et sociale, comme un deuil, des relations complexes ou de fortes sources de stress.

C'est précisément cette interaction complexe d'éléments qui rend si difficile l'identification exacte du mécanisme biologique à l'origine du trouble.

UN SIGNAL D'ALARME

Dévoiler le mécanisme biologique à la base du SII révolutionnerait le diagnostic et le traitement de la pathologie, en particulier pour ce type spécifique de SII que l'on estime déclenché par une infection gastro-intestinale.

La gastro-entérite est généralement causée par des bactéries ou par des virus intestinaux et on estime qu'elle est à l'origine d'environ 10 % des cas de SII. Pour étudier ce lien, une équipe de chercheurs dirigée par des scientifiques de l'université belge KU Leuven a infecté des souris avec la bactérie *Citrobacter rodentium* pour simuler une intoxication alimentaire, tout en les nourrissant d'ovalbumine (une protéine présente dans le blanc d'œuf). Une fois l'infection guérie, les souris ont de nouveau été nourries d'ovalbumine, développant des symptômes tout à fait comparables à ceux du SII. L'hypothèse des chercheurs est que la concomitance entre l'infection et la consommation d'ovalbumine a induit chez les souris une allergie localisée à cet aliment.

Dans des conditions normales, les souris (exactement comme les êtres humains) possèdent ce qu'on appelle la « tolérance orale » envers la nourriture : leur système immunitaire n'attaque pas les substances nutritives même si elles sont introduites de l'extérieur. Les chercheurs estiment que l'infection a causé chez les souris la perte de cette tolérance envers l'ovalbumine. En confirmation de cela, après la guérison de l'infection, des niveaux élevés



5 CONSEILS PRATIQUES SI VOUS PENSEZ SOUFFRIR DU SII

Voici les étapes les plus efficaces, fondées sur de solides preuves scientifiques, à suivre dès maintenant.



1 IDENTIFIER LES DÉCLENCHEURS

Prêter attention aux aliments qui déclenchent les symptômes peut faire une énorme différence. Une approche efficace consiste à éviter temporairement les aliments à haute teneur en FODMAP (c'est-à-dire les oligosaccharides, disaccharides, monosaccharides et polyols fermentescibles) – des glucides à chaîne courte présents dans des aliments comme le blé, les pommes et les champignons. Des applications aident à identifier les aliments riches ou pauvres en FODMAP.



2 RÉDUIRE LA CAFÉINE

La consommation de café et de caféine augmente sensiblement le risque de développer le SII, en particulier chez les femmes, comme le montre une étude publiée dans *Frontiers in Nutrition* en 2021. On estime que la caféine agit en partie en élevant les niveaux d'hormones du stress (comme le cortisol et la noradrénaline) qui influencent l'activité intestinale, et en partie en stimulant la sécrétion d'acide gastrique, qui peut irriter les parois de l'intestin.

GETTY IMAGES X5



GETTY IMAGES

« Une chose que nous savons avec certitude sur l'intestin, c'est qu'il aime la régularité. »



40-60 %

des cas de SII s'accompagne de dépression, d'anxiété ou de trouble de stress post-traumatique.



Les conflits et les relations sociales négatives sont fortement associés à l'amplification des symptômes du SII.

d'immunoglobulines E (IgE), les anticorps typiquement impliqués dans les réactions allergiques, ont été retrouvés dans leur intestin. On émet l'hypothèse que le même mécanisme exact pourrait être retrouvé chez l'homme.

Les résultats de cette recherche ont ouvert la voie à une étude clinique pour évaluer un potentiel nouveau traitement pour cette forme spécifique de SII. Beaucoup parmi les mêmes scientifiques de la KU Leuven ont mené un essai clinique impliquant 200 patients atteints du SII, traités avec de l'ébastine, un antihistaminique courant de deuxième génération (qui ne provoque pas de somnolence) utilisé habituellement pour le rhume des foins. Les résultats encourageants, publiés dans la revue *Gut* en 2024, ont montré que l'antihistaminique a réduit de manière significative les symptômes du SII après seulement quelques semaines de traitement.

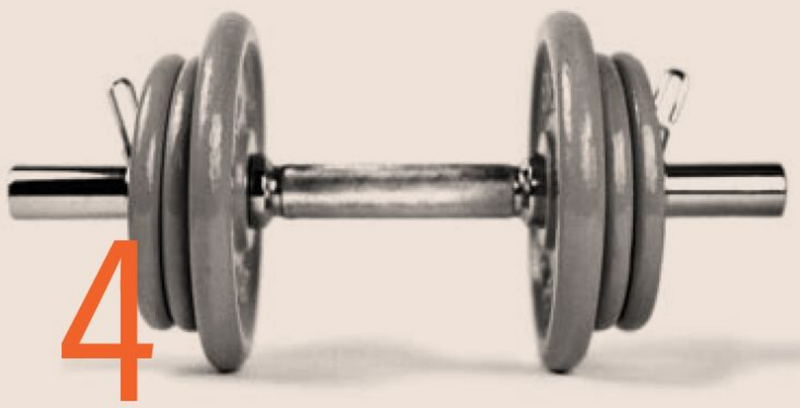
En définitive, il est très probable qu'à la base du SII se trouvent des mécanismes biologiques différents selon les différents groupes de patients. Pour vaincre le trouble, la véritable clé sera donc d'identifier avec précision son propre « type » spécifique de SII. ■

par **ANDY RIDGWAY**
Enseignant-chercheur en communication scientifique à l'University of the West of England.



3 FAIRE LE PLEIN DE FIBRES

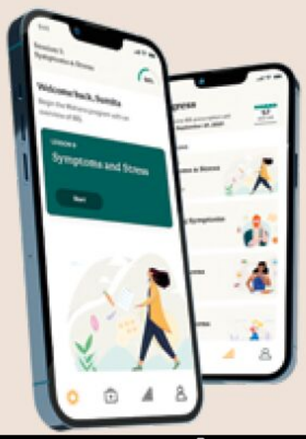
Augmenter l'apport en fibres peut réduire les symptômes du SII. Les plus indiquées sont les fibres solubles, présentes dans l'avoine, l'orge, les légumes comme les carottes et les choux de Bruxelles, ainsi que les haricots et les lentilles. Il est important de prêter attention aux éventuels effets secondaires comme les douleurs abdominales et le météorisme, qui sont toutefois plus fréquemment liés aux fibres insolubles (contenues par exemple dans les fruits à coque et les graines).



4 FAIRE DE L'ACTIVITÉ PHYSIQUE

Marcher, faire du vélo, nager et faire du jogging constituent une excellente stratégie pour soulager les symptômes du SII. Il s'agit de l'un des changements de mode de vie les plus incisifs que l'on puisse adopter, et les bénéfices se manifestent généralement au bout de 12 semaines.

Le yoga s'est également révélé efficace (en particulier le Hatha et le yoga Iyengar), grâce à l'action combinée du travail postural, de la relaxation et de la respiration.



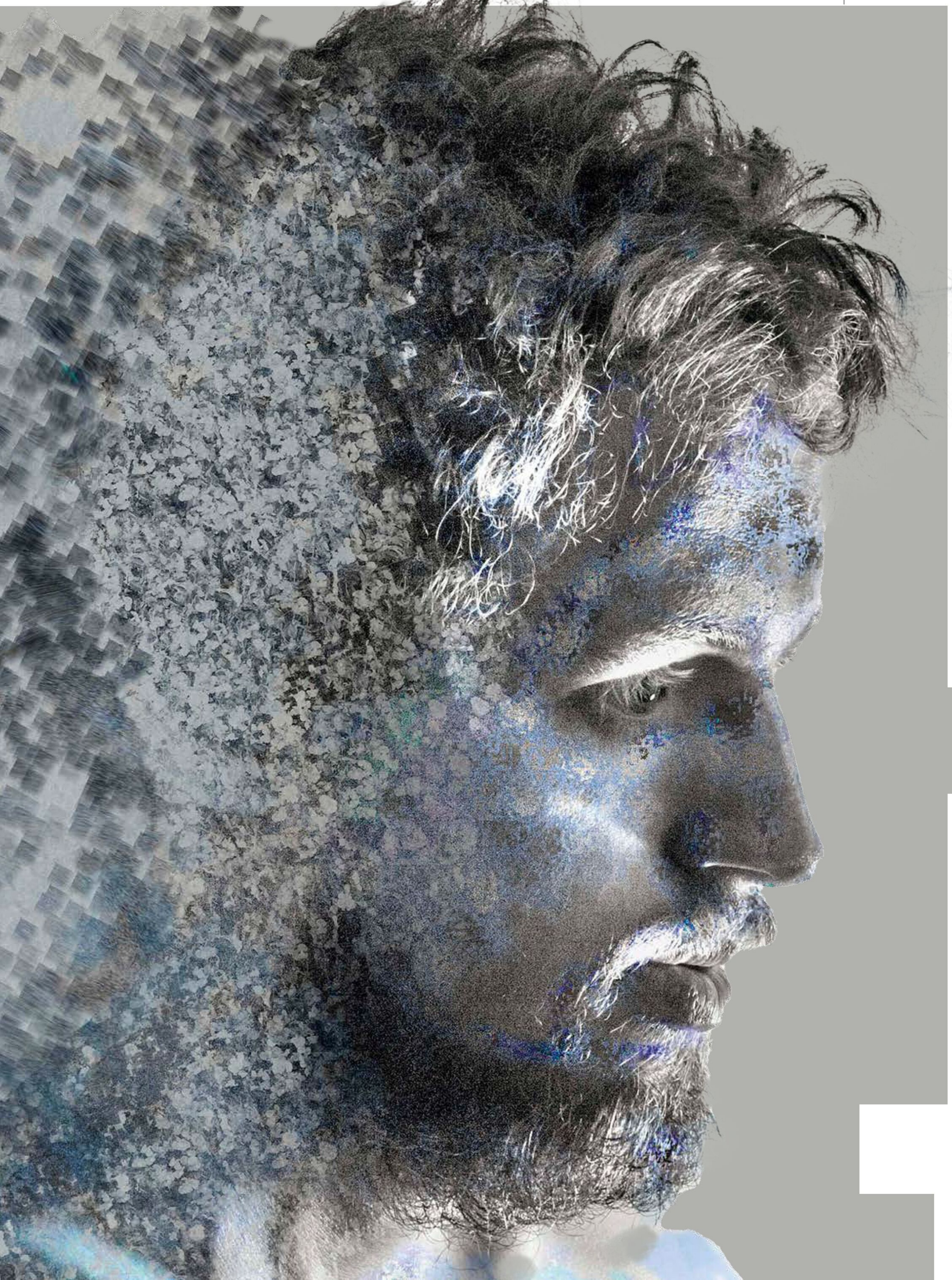
5 SOIGNER SON BIEN-ÊTRE MENTAL

Les « thérapies numériques » sont un outil efficace pour la gestion du SII. Des applications comme Mahana IBS ou Zemedy proposent des programmes d'auto-assistance fondés sur la thérapie cognitivo-comportementale, tandis que Nerva se fonde sur l'hypnothérapie intestinale pour réduire l'inconfort et les crampes abdominales. Utilisables en structurant des parcours guidés de trois mois, elles aident à réguler les symptômes au quotidien.

NE TOUCHE PAS AUX SOUVENIRS

par **MIRIAM FRANKEL**

Bientôt, la science pourrait être en mesure d'effacer à jamais une partie de notre mémoire. Mais l'oubli a lui aussi un coût.



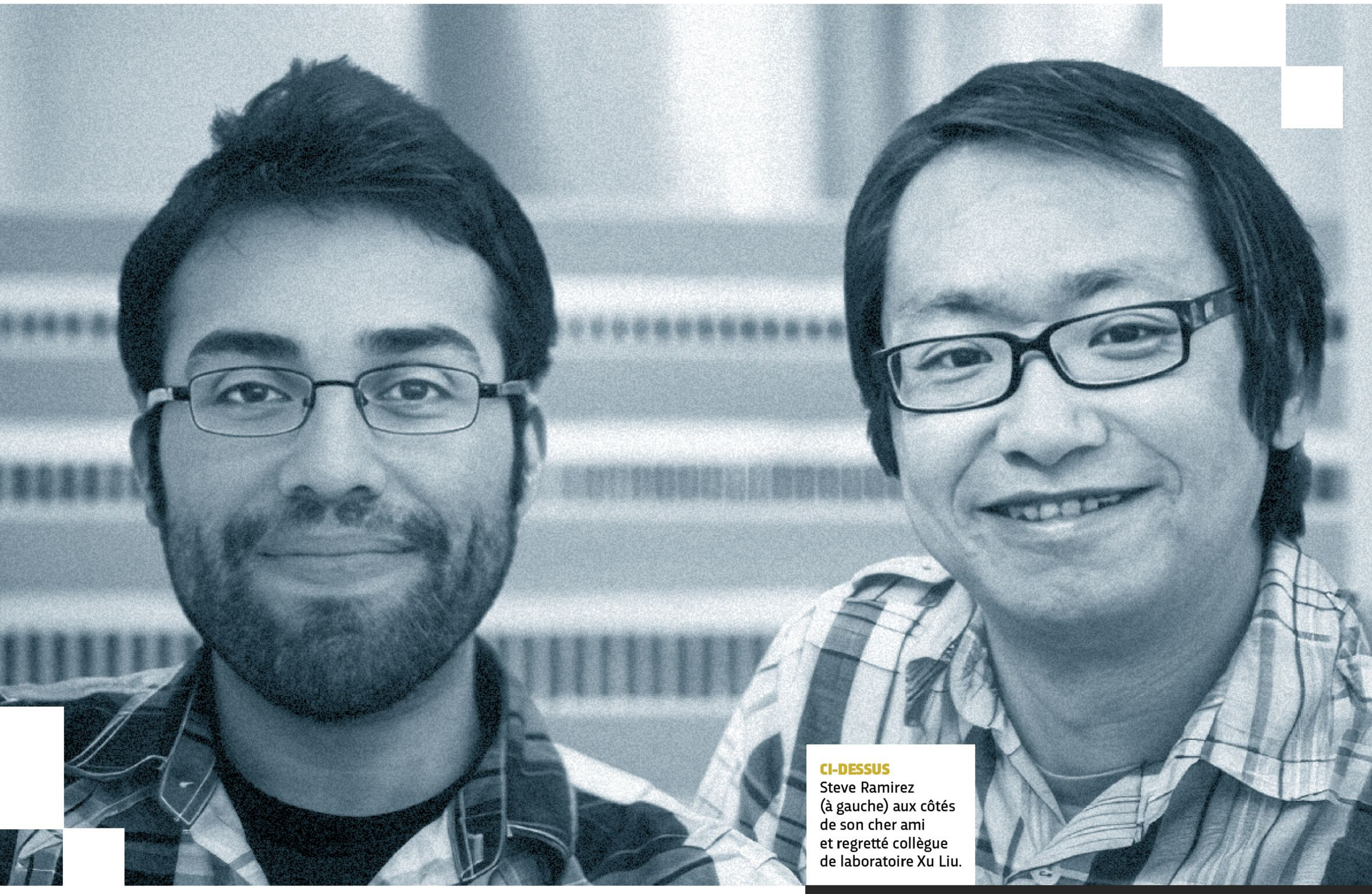
Steve Ramirez, enseignant-chercheur en neurosciences à l'université de Boston, ne sait que trop bien à quel point les souvenirs douloureux peuvent être dévastateurs. En 2015, alors qu'il préparait son doctorat consacré à la manipulation de la mémoire chez la souris, son ami intime et collègue de laboratoire, Xu Liu, est mort subitement à l'âge de 37 ans seulement.

Rongé par le deuil, Ramirez a commencé à peiner dans la gestion de son travail comme de sa vie quotidienne. Dans un premier temps, il a tenté d'anesthésier ces réminiscences – un réflexe qui, à première vue, pouvait sembler une issue. Mais la voie choisie a eu de lourdes conséquences : il s'est réfugié dans l'alcool, développant une sévère dépendance.

La prise de conscience de s'être engagé trop loin est survenue des années plus tard, en février 2021, lors d'une journée de bureau en apparence ordinaire. Tout à coup, le téléphone a sonné : il s'agissait d'un centre de désintoxication proposant de le prendre en charge, contacté par des amis inquiets pour lui. « À cet instant précis, j'ai compris que, pour entrer en cure, je devrais prendre un congé sabbatique et m'éloigner de mes proches et de mes amis, explique-t-il. La perspective de tout perdre est soudain devenue bien réelle. » Quelques jours plus tard, son épouse et son entourage organisaient une intervention surprise avec un spécialiste pour le mettre au pied du mur et le convaincre d'entamer un sevrage : « S'il y a jamais eu un électrochoc, c'était bien celui-là. Dès le lendemain, je participais à mon premier groupe de parole. » Cette rencontre a tout changé et, depuis ce jour, Ramirez n'a plus touché une goutte d'alcool. « Le groupe m'a offert ce lien humain qui m'avait tant manqué depuis la disparition de Xu. »

Dès lors, les recherches de Ramirez ont pris un essor remarquable, et le souvenir de la mort de Liu est devenu son moteur plutôt que le symbole de son impuissance. De surcroît, les découvertes de Ramirez et d'autres chercheurs révèlent que non seulement il est possible de manipuler les souvenirs traumatisants, mais qu'on peut le faire sans s'exposer aux ravages de l'alcool.

« Chaque fois que nous réactivons un souvenir, nous pouvons le renforcer, l'atténuer ou même le modifier. »



CI-DESSUS
Steve Ramirez (à gauche) aux côtés de son cher ami et regretté collègue de laboratoire Xu Liu.

ÉLIMINER DES NEURONES CIBLÉS

La recherche sur la manipulation ciblée de la mémoire n'en est qu'à ses prémices, et l'essentiel des travaux a été conduit sur des modèles animaux. Jusqu'ici, les principes fondamentaux mis en évidence suggèrent un éventail d'interventions allant de la modulation partielle à l'effacement total.

Les souvenirs s'inscrivent dans le cerveau sous la forme de traces mnésiques (ou engrammes), c'est-à-dire de modifications physiques qui s'opèrent au sein du tissu cérébral lorsque nous mémorisons un événement. Ce phénomène peut mobiliser l'activation d'une population précise de cellules nerveuses (les neurones) ou réorganiser les réseaux de connexions synaptiques qui les relient.

Cette trace mnésique peut se consolider ou s'étioler au fil du temps ; elle a notamment tendance à se stabiliser durant le sommeil. En outre, chaque fois que nous réactivons un souvenir, nous pouvons le renforcer, l'atténuer ou même l'altérer. C'est durant cette phase, appelée reconsolidation, que les souvenirs deviennent instables et malléables – une fenêtre d'opportunité qui, chez l'être humain, ne dure que quelques heures.

Cette découverte, associée aux progrès des biotechnologies, a fourni aux chercheurs les outils nécessaires pour intervenir directement sur la mémoire.

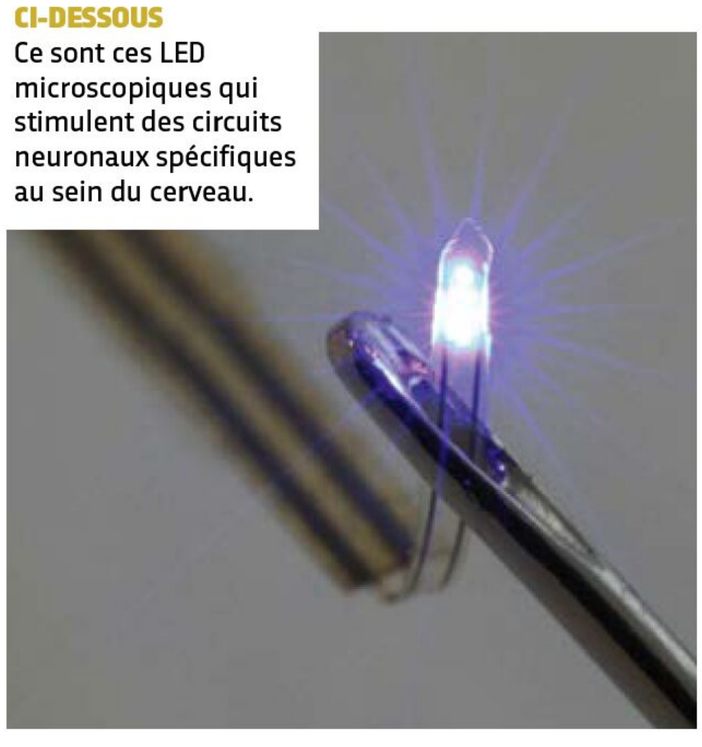
Une étude pionnière en la matière a été publiée par une équipe de chercheurs canadiens en 2009. Les scientifiques sont parvenus à identifier chez la souris les cellules cérébrales qui s'activaient lorsque l'animal entendait un son associé à une légère décharge électrique : un conditionnement qui le poussait à se figer de terreur à la seule écoute du signal sonore.

Les chercheurs ont ensuite réussi à détruire sélectivement ces neurones spécifiques en les ciblant au moyen d'un agent chimique. De façon spectaculaire, après l'intervention, les rongeurs ne se figeaient plus en entendant le son, prouvant que le souvenir traumatique avait été effacé. Pour autant, peut-on affirmer avec certitude que la mémoire a disparu en se fondant uniquement sur le comportement observé ? Ramirez concède que, bien que tout porte à le croire, la certitude absolue n'est pas acquise : fasciné par ces données, il a néanmoins décidé d'approfondir ces recherches en étroite collaboration avec Liu.

En 2012, Ramirez, Liu et leurs collaborateurs ont exploré une autre piste. Plutôt que de détruire des cellules, ils ont cherché à réactiver artificiellement un souvenir en stimulant des neurones précis par des impulsions lumineuses, délivrées via une fibre optique implantée dans le cerveau de souris génétiquement modifiées (une technique appelée optogénétique).



CI-DESSUS
L'illustration montre le fonctionnement de l'optogénétique, une technique de pointe qui utilise la lumière pour contrôler l'activité des neurones.



CI-DESSOUS
Ce sont ces LED microscopiques qui stimulent des circuits neuronaux spécifiques au sein du cerveau.

Dans un premier temps, ils ont repéré les neurones de l'hippocampe (le siège de la mémoire) qui s'activaient lorsque les rongeurs recevaient une décharge, démontrant que ces cellules encodaient ce souvenir précis. Puis ils ont placé les souris dans un environnement entièrement inédit avant de stimuler ces mêmes cellules par la lumière.

Le résultat a été sans appel : les souris se sont immédiatement figées de terreur, en l'absence totale de choc électrique ou de stimulus menaçant dans leur environnement. Les scientifiques étaient parvenus à réactiver un souvenir uniquement par stimulation cellulaire, confirmant que la mémoire peut être manipulée en agissant directement sur les neurones individuels.

Dans une publication parue l'année suivante, Liu et Ramirez ont employé une méthode similaire pour implanter un faux souvenir chez la souris. Ils ont également découvert qu'il était possible de modifier la tonalité émotionnelle associée à un souvenir précis. Au cours de cette expérience, ils ont réactivé un souvenir positif chez des souris au moment précis où elles recevaient une décharge électrique. « De cette façon, l'association traumatique liée au choc est devenue bien moins négative », explique Ramirez.

En 2022, Ramirez et son équipe ont montré qu'en stimulant un souvenir positif conjointement à la réactivation d'un souvenir négatif, pendant la phase critique de reconsolidation, il était possible d'atténuer durablement ce dernier, neutralisant ainsi les réactions de peur.

ET CHEZ L'ÊTRE HUMAIN ?

Il est peu probable que de tels protocoles soient appliqués à court terme chez l'homme. « Ce que nous réalisons sur les rongeurs est →

STEVE RAMIREZ, SCIENCE PHOTO LIBRARY X2



CI-DESSUS
Les mouvements oculaires semblent jouer un rôle dans la mémoire et le rappel des expériences douloureuses : suivre des yeux un stimulus peut, avec l'aide d'un praticien, réduire la peur associée à ces souvenirs.

très probablement transposable à notre espèce. Mais nous devons avancer avec une infinie prudence : nous ne pouvons pas commencer à modifier des neurones humains ou à altérer leur activité de manière invasive sans un cadre scientifique et médical irréprochable. Les effets indésirables potentiels seraient imprévisibles et dangereux », avertit Ramirez.

C'est pourquoi plusieurs chercheurs, parmi lesquels la professeure Emily Holmes, psychologue clinicienne et neuroscientifique à l'université d'Uppsala (Suède), explorent des méthodes non invasives. S'il existe des approches prometteuses pour moduler les souvenirs chez l'homme, aucun moyen ne permet à ce jour de les effacer définitivement. Mais la modulation thérapeutique constitue déjà un point de départ précieux. Grâce à des interventions pharmacologiques ou comportementales, il est désormais possible d'atténuer les souvenirs et d'endiguer les réminiscences intrusives caractéristiques de pathologies telles que le trouble de stress post-traumatique.

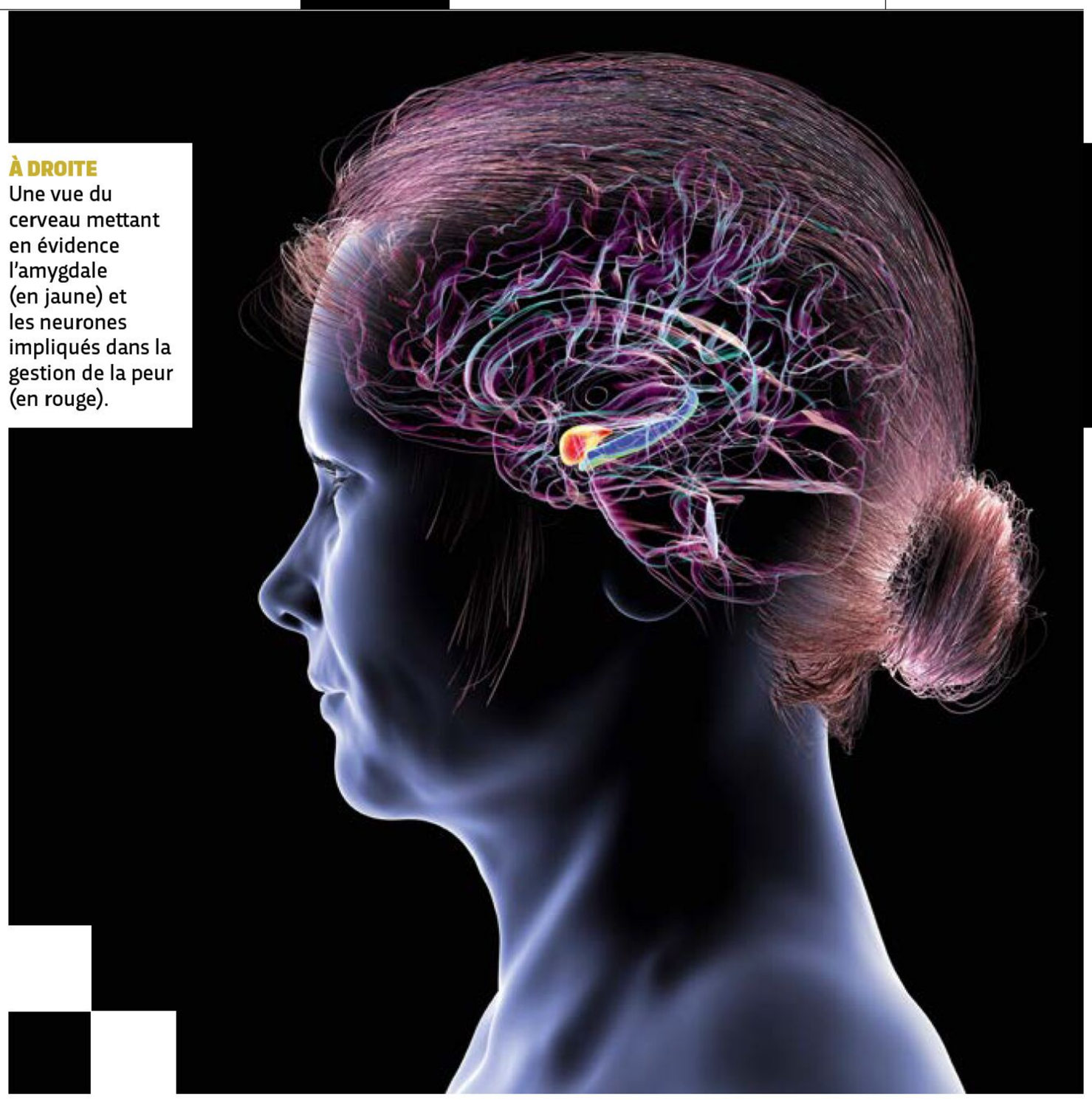
L'une des approches les plus éprouvées et validées repose sur les thérapies comportementales et cognitives, au cours desquelles le praticien aide le patient à restructurer ses représentations négatives afin d'en réduire la charge anxiogène. Cette démarche trouve une justification théorique directe dans les expériences menées sur les rongeurs, montrant qu'il est possible d'affaiblir une trace mnésique négative en sollicitant simultanément un affect positif.

L'EMDR (*eye movement Desensitization and reprocessing*, ou désensibilisation et retraitement par les mouvements oculaires) constitue un autre protocole très efficace : il entraîne le cerveau à retraiter les souvenirs douloureux pour les rendre moins anxiogènes. Lors de l'évocation du traumatisme pendant la fenêtre de reconsolidation, le patient est invité à fixer son attention sur un stimulus bilatéral alterné (visuel, tactile ou auditif), ce qui vient perturber le processus de remémorisation.

En 2012, des chercheurs ont montré que lorsque des volontaires regardaient une image

« Près de 80 % des personnes déclarent qu'elles ne voudraient en aucun cas effacer le moindre de leurs souvenirs, ni bons ni mauvais. »

ILLUSTRATION: ROBIN BOYDEN



À DROITE
Une vue du cerveau mettant en évidence l'amygdale (en jaune) et les neurones impliqués dans la gestion de la peur (en rouge).

neutre associée à un choc électrique, une trace mnésique s'imprimait dans l'amygdale (la région cérébrale qui traite la peur). Par la suite, les images leur ont été présentées sans décharge. Certains participants ont pu mener à terme le processus de reconsolidation, tandis que chez d'autres, celui-ci a été interrompu par la présentation répétée de l'image.

Le groupe ayant subi cette interruption de reconsolidation a manifesté une anxiété nettement moindre, et l'imagerie cérébrale a mis en évidence la disparition de la trace mnésique. Il convient toutefois de souligner qu'il s'agissait d'une expérience en laboratoire dépourvue d'essais cliniques à grande échelle. Reste donc à établir si une telle approche peut s'avérer opérante chez des personnes confrontées à des souvenirs émotionnels complexes et ancrés de longue date.

CONTRER LES FLASH-BACK

Les traitements médicamenteux peuvent également apporter une aide. Les benzodiazépines et le propofol, par exemple, sont capables de bloquer l'encodage de nouveaux souvenirs et sont utilisés lors d'interventions chirurgicales ne permettant pas d'anesthésie générale. D'autres molécules, comme le propranolol ou la métyrapone, peuvent affaiblir la trace mnésique si elles sont administrées pendant la fenêtre de reconsolidation, bien que les preuves cliniques de leur efficacité réelle demeurent mitigées.

Dans l'intervalle, la professeure Holmes a mis au point une approche inédite pour désamorcer les flash-back, ces images intrusives qui envahissent l'esprit de façon impromptue. La chercheuse est partie du constat que les réminiscences traumatiques sont essentiellement visuelles et ne se traduisent presque jamais sous forme de mots.

Dans le cadre d'une étude, elle a analysé ce qui se produit dans le cerveau lors d'une tâche à forte composante visuo-spatiale, comme un jeu vidéo. « En observant les sujets par résonance magnétique fonctionnelle, nous avons constaté qu'une partie de Tetris activait des zones cérébrales tout à fait similaires à celles sollicitées lors d'un flash-back », explique-t-elle.

Forte de ce constat, elle a conçu une technique d'une grande simplicité pour atténuer ces intrusions en venant littéralement saturer l'aire visuelle du cerveau. Aussitôt après avoir réactivé le souvenir lié au flash-back, le sujet joue à Tetris pendant 20 minutes, en se concentrant rigoureusement sur l'emboîtement et sur la rotation des briques colorées plutôt que de les laisser s'accumuler passivement.

Lors d'un essai clinique randomisé contrôlé mené auprès du personnel soignant en réanimation durant la pandémie de Covid-19, Emily Holmes a montré que cette intervention unique permettait de faire chuter la fréquence des réminiscences d'une moyenne de 14 par semaine à une seule au bout d'un mois. Un résultat remarquable, d'autant que tous les patients traumatisés n'ont pas la volonté ou la capacité de verbaliser leur vécu.

QUELLES SONT LES LIMITES ÉTHIQUES ?

Que nous réserve l'avenir ? Si la science découvrait un moyen infaillible et sûr d'effacer les souvenirs humains, serait-il légitime de le faire sur le plan éthique ?

Emily Holmes et Steve Ramirez s'accordent sur le fait que la modulation est bien préférable à la suppression pure et simple. Comme le fait valoir Holmes, face à une main douloureuse, on pourrait songer à l'amputation, mais aucun médecin ne consentirait à un tel geste s'il existait des alternatives pour « soulager la douleur et rétablir la motricité du membre ».

« Jusqu'à 80 % des gens déclarent qu'ils ne voudraient en aucun cas effacer le moindre de leurs souvenirs », observe Ramirez. Une position compréhensible : nos souvenirs participent à définir qui nous sommes ; ils constituent le socle de notre identité, pour le meilleur et pour le pire. Pour les 20 % restants, toutefois, les traumatismes peuvent s'avérer totalement invalidants.

Ramirez demeure néanmoins convaincu que l'effacement intégral est, par essence, une fausse bonne idée. « Nous comprenons aujourd'hui suffisamment les mécanismes de la mémoire pour agir de façon ciblée et non invasive, affirme-t-il. Nous pourrions abaisser le volume de la charge émotionnelle négative tout en préservant le souvenir du fait lui-même et, par conséquent, son rôle structurant sur notre identité. »

Une autre réserve majeure face à l'effacement de la mémoire relève de l'impératif de justice, rappelle Emily Holmes. « Si l'on efface le souvenir d'un traumatisme causé par une infraction, comment la victime pourra-t-elle témoigner devant un tribunal ? Comment pourrons-nous écrire l'Histoire ? » s'interroge-t-elle. Obtenir justice constitue souvent un jalon →



À DROITE
Steve Ramirez est actuellement professeur associé de neurosciences à l'université de Boston.

SCIENCE PHOTO LIBRARY X2, BOSTON UNIVERSITY/CYDNEY SCOTT

indispensable pour se reconstruire après un crime ou un délit.

En outre, l'amnésie ne rend pas nécessairement plus heureux. Songeons aux victimes de violences à qui a été administrée la « drogue du violeur » (le Rohypnol), qui bloque temporairement la mémorisation. « La personne est incapable de se rappeler les faits ou les circonstances », explique Holmes, qui a accompagné des patientes dans cette situation. « Pourtant, leur détresse reste immense, car il est parfois pire d'avoir subi un traumatisme sans pouvoir en rassembler les pièces. » Même lorsque le cerveau conscient a oublié, le corps conserve la mémoire du choc.

Ce constat ne se limite pas aux situations extrêmes. On pourrait être tenté d'oublier une relation toxique passée ; mais si l'on effaçait cet épisode, comment apprendrait-on à faire de meilleurs choix à l'avenir ? Les mauvais souvenirs offrent une opportunité indispensable d'apprentissage et de maturation personnelle.

Il est difficile de juger une personne submergée par la souffrance qui n'aspire qu'à l'oubli. Mais, dans le même temps, nul ne peut ignorer ce qui peut émerger de fécond d'une épreuve douloureuse. Les œuvres d'art, la littérature, la musique – les créations les plus profondes et les plus émouvantes – puisent fréquemment leur source dans la douleur et le traumatisme. D'innombrables associations caritatives ont été fondées par des personnes éprouvées par un drame personnel. Et nous savons que la créativité comme l'altruisme peuvent, en dernier ressort, favoriser la résilience et soutenir la guérison. Nous pouvons ressentir le besoin d'apaiser temporairement des souvenirs douloureux, mais nous pourrions un jour nous féliciter de les avoir gardés intacts.

Steve Ramirez partage-t-il ce sentiment ? À la question de savoir s'il accepterait d'effacer les souvenirs douloureux liés à la disparition de son ami Xu Liu, il répond sans détour : « J'ai toujours su que je ne voulais en effacer aucun. Le travail de deuil n'a pas vocation à être instantané ; il peut s'étendre sur des décennies. J'aime à penser que l'existence est assez longue pour nous réserver, au détour du chemin, ces moments où la boucle se boucle, redonnant ainsi tout son sens à notre passé. » ■



par **MIRIAM FRANKEL**
Journaliste scientifique spécialisée en neurosciences.

« Nul ne peut nier que, même d'un souvenir douloureux, il peut émerger du positif. »

GETTY IMAGES





CI-DESSOUS
Plusieurs essais cliniques ont montré que jouer au célèbre jeu vidéo Tetris peut contribuer à réduire la fréquence et l'intensité des flash-back traumatiques.

L'ITHAQUE D'ULYSSE N'ÉTAIT-ELLE PAS UNE ÎLE ? NOUVELLE HYPOTHÈSE SUR LA GÉOGRAPHIE D'HOMÈRE



Pendant des siècles, l'Ithaque homérique a été identifiée comme une île. Une nouvelle recherche remet aujourd'hui en question ce dogme millénaire : la patrie d'Ulysse n'aurait pas été une île, mais une péninsule située sur l'île voisine de Céphalonie. En analysant rigoureusement le texte grec de l'Odyssée, le philologue James Diggle (université de Cambridge) a mis en évidence le fait qu'Homère ne qualifie jamais Ithaque du terme *nêsos* (« île »). Le poète emploie en revanche de manière constante des substantifs tels que *gaia* (« terre »), *patris* (« patrie ») ou *dêmos* (« district/domaine »), situant l'accostage d'Ulysse au sein du territoire d'une île plus vaste.

Parallèlement, les investigations géologiques menées par le professeur John Underhill (université d'Aberdeen) sur la péninsule de Paliki (Céphalonie) démentent l'ancienne hypothèse selon laquelle celle-ci aurait constitué une île distincte au cours de l'âge du Bronze récent, ultérieurement rattachée par des glissements de terrain. L'Ithaque décrite par Homère coïncide donc avec la péninsule de Paliki.

Source : *www.antigonejournal.com (juillet 2026).*

UN FOSSILE DE 18 MILLIONS D'ANNÉES RÉÉCRIT L'HISTOIRE DES MARSUPIAUX CARNIVORES

Une découverte paléontologique apporte un éclairage inédit sur les origines des marsupiaux carnivores australiens. Des chercheurs de l'université de Nouvelle-Galles du Sud ont identifié sur le site de Riversleigh (Queensland) les restes fossiles d'une nouvelle espèce ayant vécu il y a environ 18 millions d'années (au Miocène inférieur) : *Miyumba chrisdickmani*. Pesant entre 23 et 33 g, ce petit mammifère arpentait les forêts tropicales luxuriantes de l'Australie septentrionale : il appartenait à la famille des Dasyuridés, un groupe qui comprend aujourd'hui le diable de Tasmanie (*Sarcophilus harrisii*), le quoll (*Dasyurus viverrinus*) et les dunnarts (genre *Sminthopsis*).

Grâce à la tomodensitométrie (micro-CT scan) de ses mandibules, les paléontologues ont mis au jour une caractéristique dentaire inédite, constituant le premier trait anatomique partagé avec certitude par tous les membres de cette famille.

Cette découverte permet de faire remonter l'origine de la lignée évolutive des Dasyuridés à environ 25,6 millions d'années. En outre, les similitudes observées avec des espèces peuplant actuellement la Nouvelle-Guinée suggèrent qu'à mesure de l'aridification progressive du continent australien, ces lignées forestières ont trouvé refuge et survie sur l'île voisine.

Source : *Australian Zoologist (juillet 2026).*

LES INSECTES ÉPROUVENT EUX AUSSI DES « ÉMOTIONS »

Les insectes pourraient disposer d'une expérience subjective plus élaborée qu'on ne le supposait. Une étude internationale a analysé les réponses orofaciales du bourdon terrestre (*Bombus terrestris*) face à différents stimuli gustatifs, révélant des réactions assimilables à de véritables états affectifs de plaisir et d'aversion.

En administrant des solutions sucrées, salées ou amères (à base de quinine), les chercheurs ont constaté des réponses motrices bien différenciées : après avoir ingéré des liquides sucrés, les bourdons présentaient une extension prolongée de la glosse (l'équivalent de notre action de « se lécher les babines »), tandis que l'ingestion de substances amères ou fortement concentrées en sel déclenchait des secouements de la tête et des frottements des pièces buccales.

Selon les auteurs, de telles réactions dépassent le simple réflexe nutritionnel et traduisent une véritable évaluation affective du stimulus. Cette découverte offre un précieux indicateur pratique pour explorer la vie intérieure et l'éventuelle sentience des insectes.

Source : *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS) (6 juillet 2026).*

EAU PENDANT LES REPAS ET PLATS ÉPICÉS : DEUX MYTHES DU RÉGIME REMIS EN QUESTION

Deux études récentes menées à l'université Cornell (New York) battent en brèche deux idées reçues très répandues sur le contrôle du poids : boire beaucoup d'eau au cours des repas n'aide pas à réduire l'appétit, tandis qu'ajouter une pointe de piment contribue bel et bien à manger moins. L'eau est assimilée et évacuée par l'estomac trop rapidement pour procurer un sentiment de satiété prolongé ; au contraire, la lubrification buccale apportée par les liquides facilite la mastication et accélère la prise alimentaire, entraînant l'ingestion d'environ 39 g de nourriture supplémentaires par tranche de 100 g d'eau bue.

À l'inverse, assaisonner un en-cas avec une sauce au paprika ou au piment de Cayenne a réduit la consommation globale de 28 %. Le piment contraint à manger environ 30 % plus lentement, accordant au cerveau le temps nécessaire pour enregistrer la satiété et freinant ainsi naturellement l'apport calorique.

Source : *Food Quality and Preference (20 juillet 2026).*

TOUS LES YEUX RIVÉS SUR VOUS

L'anxiété sociale n'est pas seulement psychologique. De nouvelles recherches en révèlent les racines biologiques – et la manière de pouvoir les reprogrammer.

par **DAVID ROBSON**
Illustrations de **SCOTT BALMER**

Les premiers signes de mon anxiété sociale sont apparus quand j'avais environ six ans. J'avais été invité, à la dernière minute, à la fête d'anniversaire d'un garçon de ma classe. Quand je suis arrivé, son frère aîné a remarqué que je tremblais. Il m'a demandé si j'étais timide. « J'ai juste froid », lui ai-je répondu, même si nous étions en plein printemps. Il m'a regardé d'un air douteux tout en me prenant par le bras pour m'accompagner dans leur salon.

Mes parents espéraient que ces peurs me quitteraient en grandissant, mais elles ont continué pendant une bonne partie de ma vie d'adulte. Le tremblement avait peut-être disparu, mais j'avais la bouche sèche et je rougissais visiblement chaque fois que je devais prendre la parole lors d'une réunion de travail.

Des expériences de ce genre sont étonnamment fréquentes. Plusieurs études indiquent qu'environ 7 % de la population en Europe, et jusqu'à 13 % aux États-Unis, feront l'expérience d'un trouble d'anxiété sociale à un moment donné de leur vie, ce qui en fait l'une des formes d'anxiété les plus répandues.

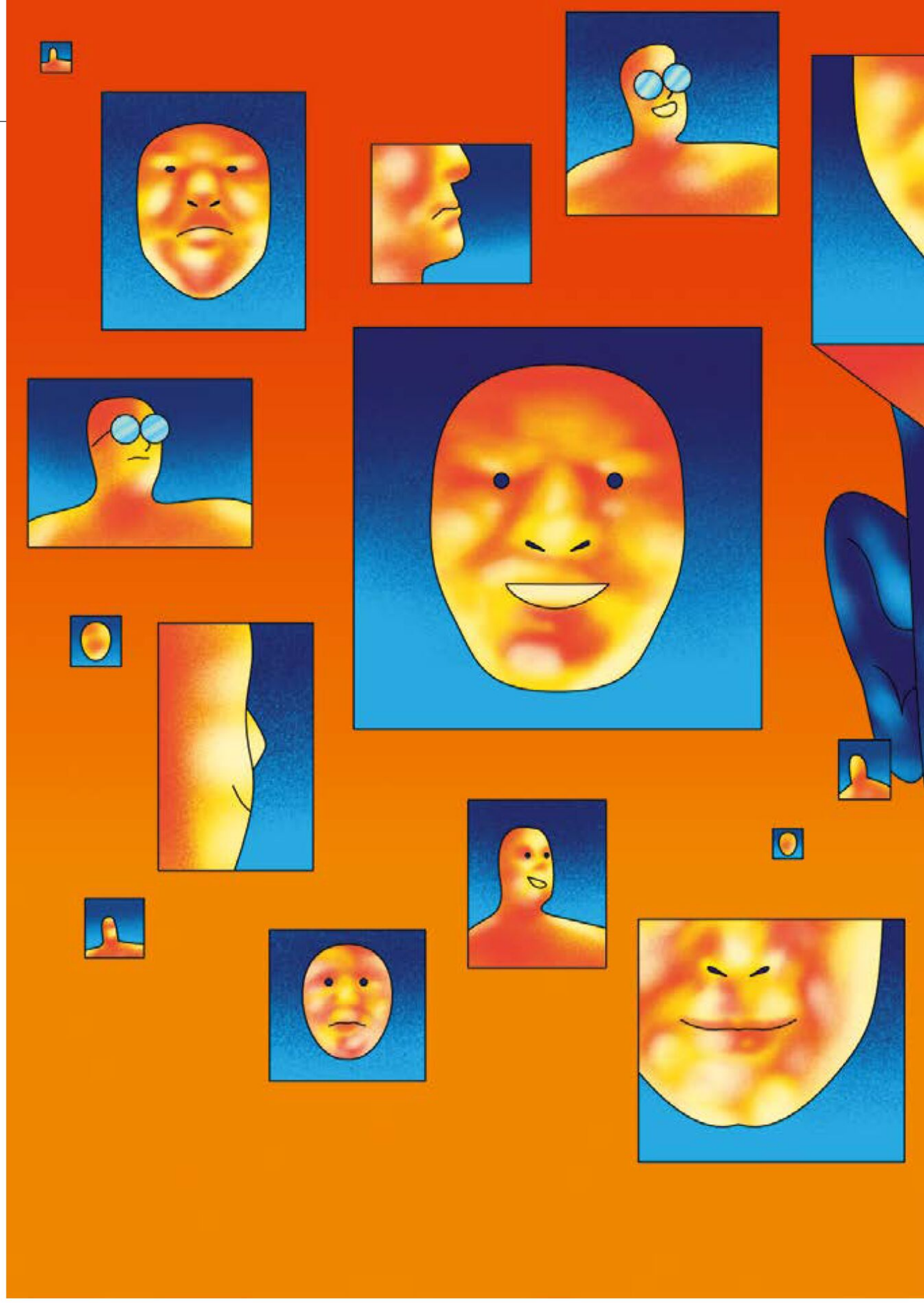
Pendant longtemps, l'anxiété a été considérée comme un phénomène purement mental : comme le reflet de la personnalité plutôt que de la biologie. Mais les chercheurs commencent à la voir différemment. De nouvelles études suggèrent que cette condition pourrait être enracinée dans des changements au sein du cerveau, et même de l'intestin, offrant des indices précieux non seulement sur la manière dont l'anxiété sociale débute, mais aussi sur la façon dont elle pourrait être gérée ou inversée.

ANATOMIE DE L'ANXIÉTÉ

Avant de commencer à explorer cette nouvelle branche de la science, il convient de définir nos termes. Presque tout le monde se sent un peu timide de temps en temps, mais le trouble d'anxiété sociale – ou phobie sociale – est « une peur ou une anxiété marquée et persistante liée à une ou plusieurs situations sociales dans lesquelles l'individu est exposé au regard ou au jugement possible d'autrui », selon le classique DSM (*Manuel diagnostic et statistique des troubles mentaux*).

Les personnes souffrant d'anxiété sociale affirment ces directives, craignent de faire ou de dire quelque chose qui provoquera de l'embarras, de l'humiliation ou un rejet de la part des autres. Elles peuvent s'inquiéter de rougir, de transpirer, de trembler ou de paraître nerveuses – ou craindre d'avoir →

« L'introversion, c'est préférer la solitude ; la phobie sociale, c'est craindre le jugement d'autrui. »

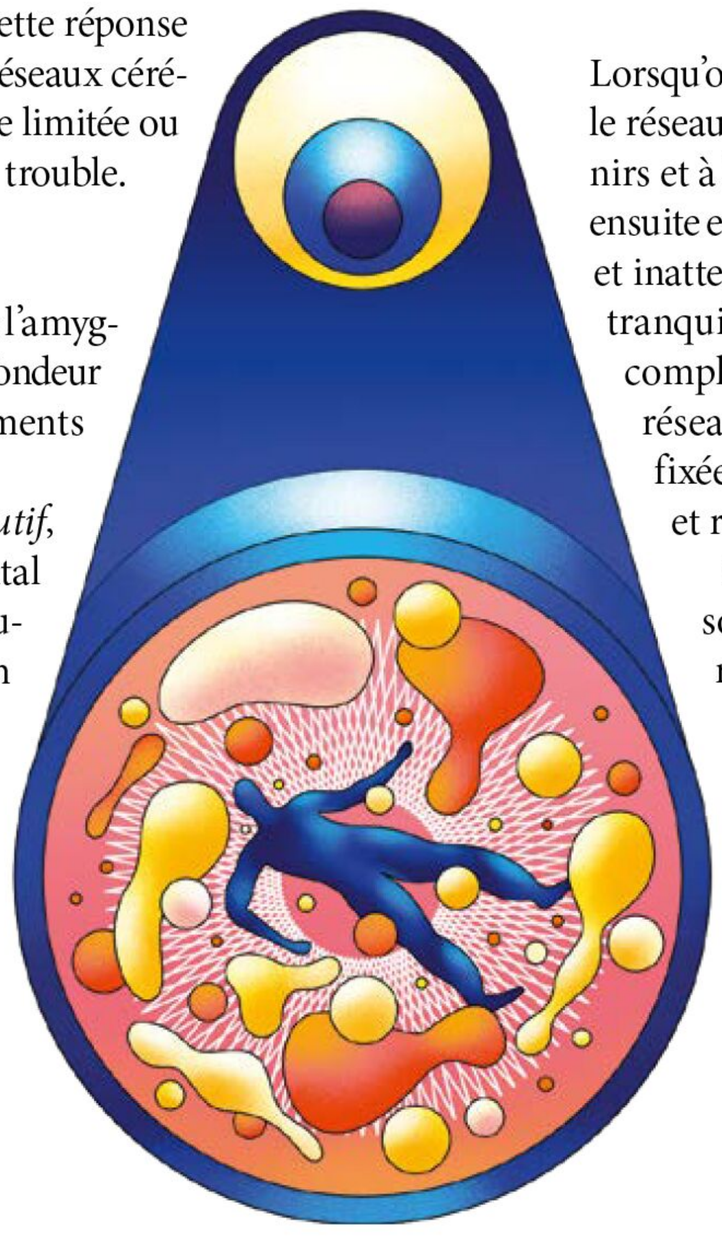


l'air ennuyeuses, stupides ou étranges. Beaucoup, lorsqu'elles sont en proie à l'anxiété, s'inquiètent également de trop parler ou de ne pas parler assez.

C'est une condition différente de l'introversion, un trait de personnalité qui décrit la préférence de certaines personnes à passer du temps seules plutôt qu'en grands groupes, sans toutefois s'inquiéter de leurs performances dans les situations sociales.

Les introvertis peuvent trouver la solitude paisible, régénérante et les rassemblements bruyants, épuisants, mais ils sont tout à fait heureux de faire la connaissance de nouvelles personnes ou de présenter leur travail devant d'autres. Il est parfaitement possible d'être à la fois introverti et socialement anxieux, mais les deux ne vont pas automatiquement de pair.

L'anxiété sociale ne concerne donc pas le fait de préférer la solitude : elle concerne la manière dont le cerveau répond à une menace perçue. Et avec des techniques d'imagerie avancées, comme l'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle, les scientifiques peuvent désormais observer cette réponse se manifester en temps réel, révélant les trois réseaux cérébraux clés qui semblent fonctionner de manière limitée ou défectueuse chez les personnes souffrant de ce trouble.



RÉSEAUX EN PANNE

Le premier est le *réseau de saillance*, qui inclut l'amygdale, une région en forme d'amande située en profondeur dans le cerveau qui aide à détecter les événements émotionnellement chargés ou menaçants.

Le deuxième est le *réseau de contrôle exécutif*, qui implique des régions comme le gyrus frontal moyen, un pli à la surface du cerveau qui soutient l'attention, la planification et la régulation émotionnelle.

Enfin, il y a le *réseau par défaut*, qui inclut des zones comme le précunéus près du centre du cerveau, qui s'active lorsque notre esprit vagabonde ou que nous réfléchissons sur nous-mêmes.

Dans un cerveau sain, ces réseaux s'activent et se désactivent constamment, en fonction de ce qui compte le plus à un moment donné. Lorsqu'on se remémore des événements passés, par exemple, le réseau par défaut prend le dessus, aidant à trier les souvenirs et à leur donner du sens. Le réseau de saillance pourrait ensuite entrer en action si, par exemple, on entend un bruit fort et inattendu, mais la plupart du temps, il devrait ronronner tranquillement en arrière-plan, sans exiger notre attention complète. Soutenir une conversation exige toutefois du réseau de contrôle exécutif qu'il maintienne l'attention fixée sur l'autre personne afin de pouvoir écouter, penser et répondre de manière appropriée.

Chez les personnes souffrant d'un trouble d'anxiété sociale, le cerveau peut avoir du mal à passer d'un réseau à l'autre aux moments opportuns. L'amygdale, dans le réseau de saillance, peut devenir hyperactive, conduisant à interpréter le moindre changement d'expression faciale comme un signe d'hostilité et déclenchant ainsi les sensations de panique familières. Ou bien le réseau par défaut peut devenir excessivement actif, alimentant des pensées de doute et un monologue intérieur critique. « Les personnes qui souffrent d'anxiété sociale sont hyper-focalisées sur leurs sensations physiques, comme les battements



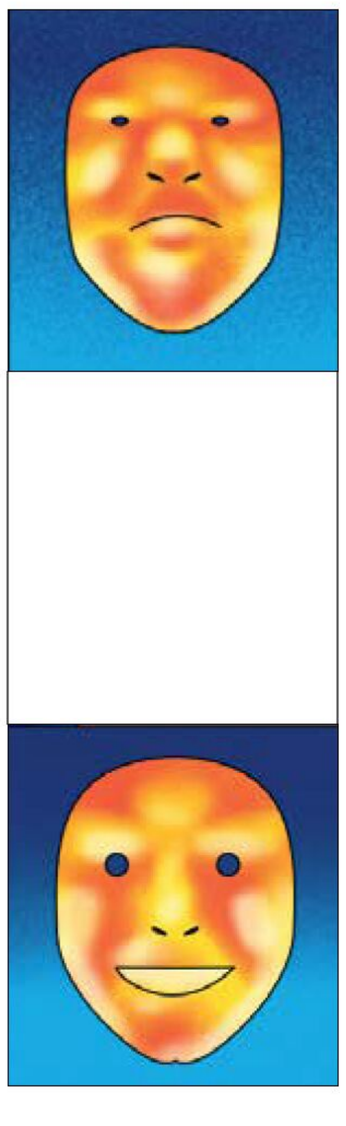
accélérés du cœur, ou sont constamment préoccupées par le regard des autres », affirme le docteur Franklin Schneier, du département de psychiatrie de l'Université Columbia.

En fin de compte, il semble que ce soit précisément l'interaction altérée entre ces réseaux qui détermine la manière dont l'anxiété sociale s'enracine dans le cerveau. Pourtant, une question plus profonde subsiste : pourquoi ces systèmes se bloquent-ils chez certaines personnes et pas chez d'autres ?

SENSATIONS VISCÉRALES

Pendant des décennies, la psychologie a expliqué l'anxiété sociale comme quelque chose en partie enraciné dans l'éducation. Plusieurs études montrent que les enfants ayant grandi sur le fil du rasoir sur le plan émotionnel, recevant de l'affection un moment et de la froideur le suivant, ont beaucoup plus de chances de devenir des adultes socialement anxieux.

Mais la biologie pourrait elle aussi jouer un rôle. Les études sur les jumeaux offrent l'un des indices les plus clairs à ce sujet : en comparant les jumeaux monozygotes (vrais jumeaux), qui partagent presque tous leurs gènes, avec les jumeaux dizygotes (faux jumeaux), qui n'en partagent qu'environ la moitié, les chercheurs ont découvert que l'anxiété sociale est en partie



génétique, et que l'hérédité est responsable d'environ un tiers des différences observées chez les adultes.

L'une des découvertes les plus surprenantes est en outre que les racines de l'anxiété sociale pourraient s'étendre bien au-delà du cerveau, jusqu'aux trillions de microbes qui vivent dans notre intestin.

L'idée n'est pas totalement nouvelle. Dès 2016, des études avaient révélé des profils de microbiome distincts chez les personnes souffrant de dépression, suggérant que notre santé mentale pourrait être en partie façonnée par les organismes qui vivent en nous.

Pour découvrir s'il en allait de même pour l'anxiété sociale, la docteure Mary Butler, de l'University College Cork en Irlande, et ses collègues ont analysé les selles de 31 personnes atteintes du trouble et de 18 personnes qui n'en souffraient pas. Comme prévu, ils ont trouvé des différences claires dans les bactéries intestinales des deux groupes : avec des niveaux plus élevés de certaines espèces (comme *Anaeromassilibacillus* et *Gordonibacter*) et des niveaux plus faibles d'autres (comme *Parasutterella*) chez ceux qui souffraient d'anxiété sociale.

Pour déterminer si ces différences pouvaient avoir un impact significatif, l'équipe a transplanté une partie des selles des →

participants dans l'estomac de souris de laboratoire, avant de les soumettre à une série de tests comportementaux.

Un test qui analysait le « conditionnement de la peur sociale » s'est révélé particulièrement éclairant. Dans ce cas, les souris recevaient une légère décharge électrique chaque fois qu'elles s'approchaient d'une autre souris, ce qui les amenait à apprendre que le contact social entraînait de la douleur. Butler et ses collègues ont découvert que les souris qui recevaient la transplantation fécale d'un sujet atteint de trouble d'anxiété sociale étaient beaucoup plus vulnérables à cette forme de conditionnement. Elles étaient également beaucoup plus lentes à « désapprendre » l'association une fois les décharges électriques terminées.

Fait fondamental, la transplantation ne semblait pas altérer d'autres comportements non liés au trouble. Les souris n'étaient pas, par exemple, plus hésitantes à explorer un labyrinthe surélevé, ce qui aurait indiqué une anxiété généralisée.

« La partie surprenante de notre travail a été la spécificité du phénotype transféré, affirme Mary Butler. Le microbiote de donneurs atteints de trouble d'anxiété sociale a produit un effet sélectif de peur sociale chez des souris au comportement par ailleurs normal. »

L'IMPORTANCE DU MICROBIOME

En résumé, les microbes ne se contentaient pas d'accroître les préoccupation générales : ils semblaient transmettre les traits distinctifs de l'anxiété sociale elle-même, rendant la condition, d'une certaine manière, contagieuse.

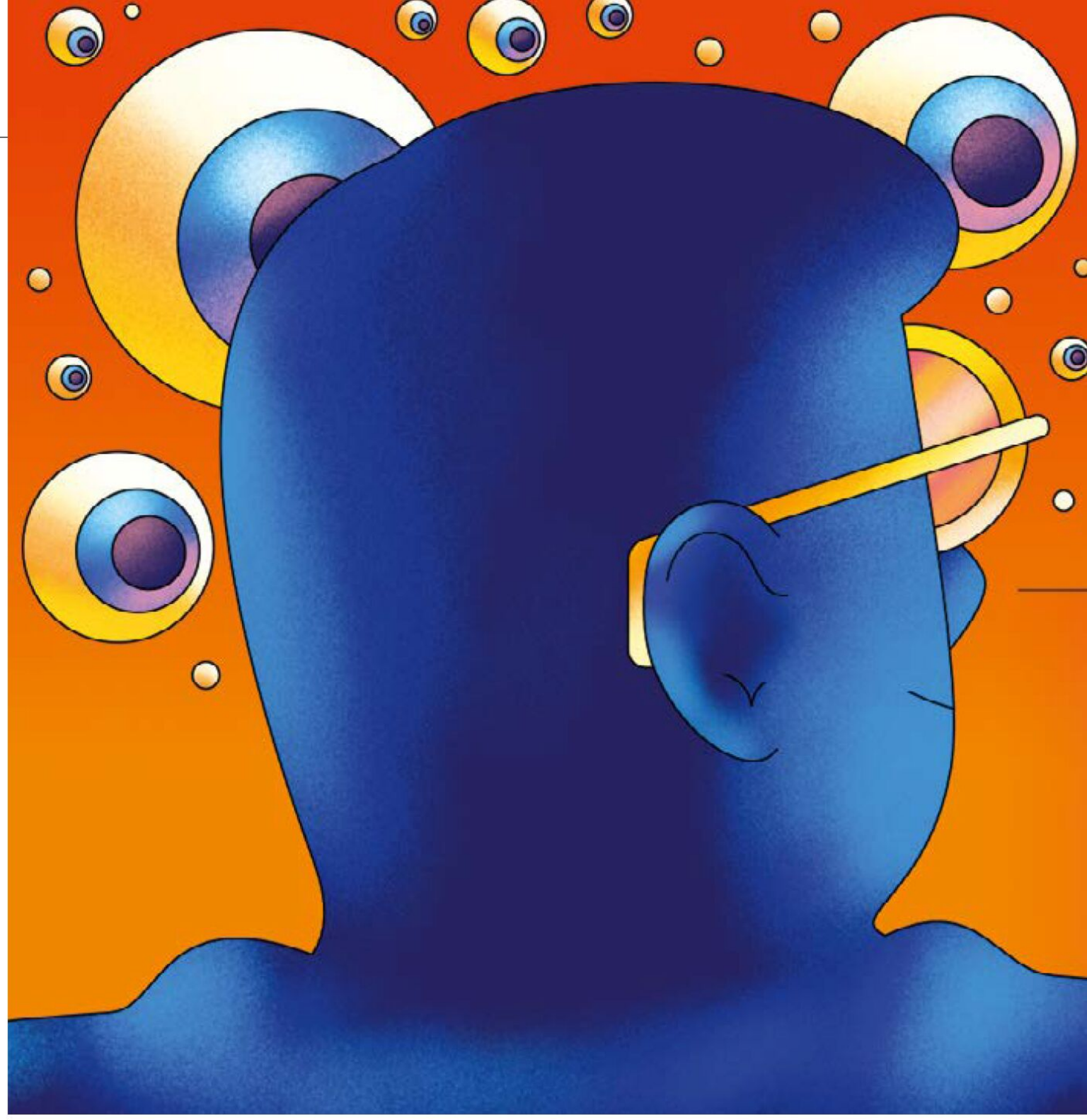
La raison exacte pour laquelle les différences dans le microbiome peuvent causer de tels symptômes n'est pas claire, bien que l'équipe ait quelques hypothèses. Par exemple, il existe des preuves que les personnes atteintes de trouble d'anxiété sociale sont plus susceptibles de convertir le tryptophane – un nutriment normalement utilisé pour produire des substances chimiques cérébrales comme la sérotonine – en composés comme la kynurénine et l'acide kynurénique, qui peuvent perturber la communication entre les cellules nerveuses.

Les différences dans le microbiote intestinal pourraient en être responsables, et cela pourrait contribuer à l'altération de la connectivité dans le cerveau des personnes souffrant d'anxiété sociale.

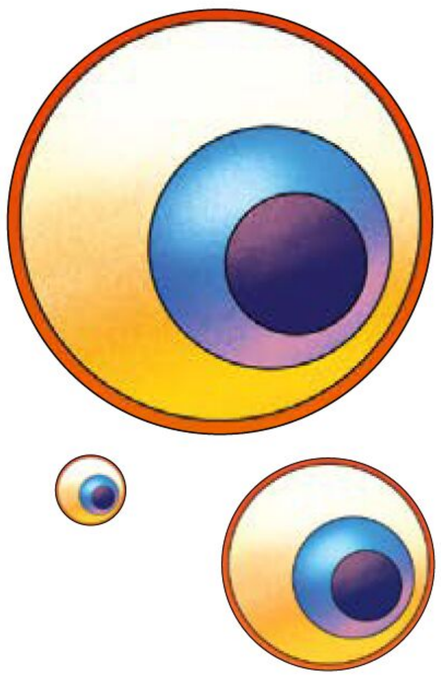
Une meilleure compréhension de ces voies pourrait à terme conduire à de nouveaux traitements. Mary Butler signale une étude observationnelle sur l'alimentation des étudiants, dans laquelle il est apparu que ceux qui consommaient des aliments fermentés – connus pour leurs bienfaits sur le microbiome – tendaient à montrer moins de signes d'anxiété sociale.

Naturellement, cela ne montre pas de lien de causalité. Pour cela, il faudrait un essai clinique comparant un échantillon aléatoire de personnes suivant un nouveau régime à un groupe de contrôle prenant un placebo.

Mais Mary Butler estime qu'il y a certainement un potentiel pour l'avenir. « Des interventions comme l'utilisation de probiotiques et des changements ciblés dans l'alimentation ont déjà montré un grand potentiel dans les essais cliniques pour la dépression et le trouble d'anxiété généralisée, affirme-t-elle. Des régimes riches en aliments fermentés ou des probiotiques spécifiques pourraient un jour compléter les approches thérapeutiques conventionnelles. »



« Les nouvelles stratégies pour gérer le bruit mental grâce à l'autodistanciation sont très prometteuses. »



FAIRE TAIRE L'ANXIÉTÉ

En attendant que les approches alimentaires soient mieux comprises, le traitement standard de l'anxiété sociale reste la thérapie cognitivo-comportementale.

En substance, c'est une forme d'entraînement pour l'esprit. Au cours d'une série de séances, un thérapeute aide à affronter progressivement les situations qui déclenchent l'anxiété, tout en enseignant de nouvelles façons d'interpréter ses propres pensées et réactions.

La théorie est simple, mais la mettre en pratique peut être beaucoup plus difficile. Le truc consiste à commencer par de petits défis avant de passer aux choses qui font vraiment peur. On pourrait commencer par soulever un point lors d'une réunion de travail, par exemple, avant de faire une présentation devant un groupe de collègues. Pendant ce temps, on peut identifier les schémas de pensée négatifs

(« Je suis si gauche », « Je vais échouer ») qui pourraient être transformés en un dialogue intérieur plus positif.

« Vous pouvez donner des instructions à votre cerveau à chaque étape, comme “Je peux le faire même si c’est désagréable”, “Je ne suis pas différent des autres” et “J’ai déjà affronté des situations similaires par le passé” », explique le docteur Wenceslao Peñate Castro, de l’Université de La Laguna à Ténérife.

Au niveau neuronal, cette approche aide à restaurer l’équilibre entre les trois réseaux cérébraux centraux que nous avons vus, en augmentant l’activité dans les régions responsables du contrôle exécutif et en tamisant en même temps les réponses hyperactives du réseau de saillance qui signale instinctivement la menace. « Un “dialogue” s’amorce avec l’amygdale », explique Peñate Castro, en précisant qu’avec la bonne pratique, ces stratégies de pensée peuvent apporter des changements durables tant dans le cerveau que dans le comportement : « En l’espace d’un an, on peut amener à parler en public quelqu’un qui en était incapable auparavant. »

PRENDRE DE LA DISTANCE

Les recherches de pointe pourraient contribuer à accélérer ces progrès. À ce sujet, les nouvelles stratégies pour gérer le bruit mental dans notre tête en utilisant un processus appelé « autodistanciation » sont très prometteuses : le pionnier dans ce domaine est le professeur Ethan Kross, de l’Université du Michigan. Dans sa forme la plus simple, cela consiste à se parler à soi-même à la deuxième ou troisième personne.

Avant le travail, par exemple, je pourrais me dire : « David se sent nerveux à propos de sa présentation imminente », et continuer à décrire les choses que je crains et la façon dont je pourrais les affronter. Cela semble puéril, mais Kross a démontré que cette technique peut faciliter la régulation émotionnelle.

Par conséquent, l’autodistanciation peut soulager le stress face à de nombreux types de défis, y compris les situations sociales difficiles. Lors d’une série d’études, Kross a demandé aux participants de pratiquer l’autodistanciation lorsqu’ils rencontraient de nouvelles personnes ou donnaient un discours en public. Dans les deux situations, les participants ont montré moins de nervosité. Ils étaient plus susceptibles de maintenir le contact visuel, par exemple, et de parler avec éloquence sans trop d’hésitations, et étaient moins enclins à triturer leurs cheveux ou à se toucher le visage par timidité.

Fait encore plus important, l’effet de l’autodistanciation semblait persister même aux niveaux les plus élevés d’anxiété sociale : cela suggère qu’elle pourrait bénéficier à quiconque ressent de la préoccupation pour un engagement imminent, qu’il s’agisse d’une simple sortie pour faire des courses ou de parler devant un large public.

Je peux garantir en personne son efficacité : depuis que j’ai découvert les recherches de Kross il y a quelques années, j’ai vu mon anxiété sociale s’évanouir. Cela m’a aidé à me sentir plus en confiance lors des fêtes, dans les interviews accordées aux médias et sur scène lors des festivals littéraires.

Adolescent, je craignais que ma timidité ne conditionne ma vie, mais, arrivé au seuil de la quarantaine, je sais qu’elle n’est plus une partie essentielle de ma personnalité. L’anxiété sociale, j’ai appris à le comprendre, n’est qu’un schéma d’activité cérébrale qui peut changer. ■



par **DAVID ROBSON**

Journaliste scientifique, lauréat de nombreux prix et auteur de Pourquoi l’intelligence rend idiot *(Fayard, 2020).*

LE DESTIN DANS LE PRÉNOM ?



La recherche scientifique montre que l'idée selon laquelle le prénom pourrait sceller notre destin n'est pas aussi infondée qu'il y paraît.

par DAVID COX

La toute première impression que nous faisons aux autres – sur notre personnalité et notre façon d'être – passe bien souvent par notre prénom. Ou, plus précisément, par les sonorités qui le composent. Des psychologues canadiens ont observé que les prénoms riches en consonnes occlusives et en sonorités dures (comme Frédéric ou Clara) évoquent une énergie affirmée et vive, tandis que les prénoms dominés par des voyelles ouvertes et des consonnes liquides (comme Samuel ou Hélène) tendent à transmettre une image de douceur et d'affabilité.

Quelle en est la raison ? L'esprit humain a tendance à associer spontanément les sons brefs et tranchants à la vivacité d'un tempérament extraverti, reliant à l'inverse les phonèmes plus doux à la bienveillance et à la sociabilité. Bien entendu, dans les faits, une personne prénommée Frédéric n'a pas plus de probabilités d'être extravertie qu'un Samuel. Néanmoins, la recherche a montré à maintes reprises que les perceptions initiales peuvent être sensiblement influencées par le prénom d'un individu.

« C'est un phénomène qui relève d'un domaine plus large de la psychologie : la propension à associer certaines sonorités du langage à des traits de caractère spécifiques, explique le docteur David Sidhu, de l'université Carleton à Ottawa. Une sonorité perçue comme fluide et douce suggère presque instinctivement une nature aimable et conciliante. » Bien entendu, la réalité peut être tout autre, ce qui explique parfois certaines déconvenues sur le plan relationnel : attribuer à autrui des traits de personnalité qui n'existent que dans notre esprit conduit inévitablement à des erreurs de jugement, tant dans la sphère sentimentale que professionnelle.

Ces quinze dernières années, plusieurs travaux internationaux ont mis en évidence l'impact de ces jugements instinctifs lorsqu'il s'agit de prendre des décisions rapides fondées sur un minimum d'informations – comme sur les profils d'applications de rencontre ou lors d'un entretien d'embauche. Une étude allemande de 2011 consacrée aux sites de rencontre a notamment révélé que les profils affichant des prénoms perçus comme désuets ou démodés étaient plus fréquemment écartés que ceux dotés de prénoms modernes ou séduisants.

« Le prénom pèse sur la perception qu'ont les autres de nous. »

Pour les futurs parents, ces données ouvrent une réflexion supplémentaire au moment d'un choix déjà délicat : quel prénom donner à son enfant ? Si le prénom oriente les attentes d'autrui, risque-t-il de devenir une prophétie autoréalisatrice ? Le regard des autres finit-il par façonner l'adulte en devenir ?

INFLUENCES EXTÉRIEURES

La personnalité humaine résulte d'une imbrication complexe entre patrimoine génétique et expériences vécues – une synthèse entre l'inné et l'acquis. On estime que les gènes déterminent entre 30 et 60 % de nos traits de caractère. À cela s'ajoute l'interaction entre les gènes et l'environnement, c'est-à-dire la manière dont les prédispositions génétiques s'expriment en fonction du parcours de vie et du contexte social.

Le prénom, marqueur intime de notre identité, fait-il partie de ces influences ? Contre toute attente, la réponse semble être positive, du moins en ce qui concerne le style personnel et, dans certains cas, les choix vestimentaires. Plusieurs études ont montré que certains individus parviennent à deviner le prénom d'un inconnu à la seule vue de son visage, avec un

« Ce sont la génétique et les expériences vécues qui façonnent la personnalité. »



taux de réussite supérieur au simple hasard.

Selon David Sidhu, cette corrélation s'explique par l'existence de véritables stéréotypes visuels associés aux prénoms. Dès lors, les individus tendent à se conformer inconsciemment à ces attentes sociales.

Déterminer si le prénom peut modeler les strates les plus profondes de la personnalité reste toutefois plus complexe. Au milieu des années 2000, une étude de l'université du Michigan concluait que les personnes insatisfaites de leur prénom manifestaient une plus grande propension à l'insécurité et une plus faible estime de soi. Comme le soulignaient les auteurs, « le prénom devient un symbole du soi ». David Sidhu invite toutefois à la prudence : « Dans de telles situations, il est plus probable que des troubles structurels de l'estime de soi engendrent une image négative de soi et, par ricochet, de son propre prénom. »

D'autres recherches suggèrent que le prénom pourrait également influer sur la trajectoire biographique. L'étude allemande de 2011 constatait ainsi que les porteurs de prénoms passés de mode présentaient en moyenne des niveaux de formation plus faibles et une moindre estime d'eux-mêmes.

Une équipe de chercheurs de l'Institut de psychologie de l'Académie chinoise des sciences à Pékin est allée plus loin, affirmant que les individus portant des prénoms jugés impopulaires, peu chaleureux ou dépourvus de connotations morales positives affichaient une prévalence accrue de comportements déviants ou délictuels.

L'hypothèse avancée est que le cumul de rejets sociaux répétés et d'opportunités manquées peut nourrir le cynisme et la frustration, incitant à des conduites antisociales. René Mõttus, professeur de psychologie à l'université d'Édimbourg, demeure toutefois sceptique. Dans les faits, rappelle-t-il, des paramètres tels que le milieu familial et les compétences relationnelles pèsent d'un poids bien plus déterminant que le prénom dans la sociabilité, dans l'accès aux études ou dans la propension à développer une personnalité épanouie et confiante plutôt que frustrée.

CHANGER DE PRÉNOM, CHANGER DE VIE ?

La question se pose naturellement : changer de prénom peut-il réellement faire basculer une existence ? L'idée est séduisante. Une étude menée en 2020 par des chercheurs sino-américains a révélé que les porteurs de prénoms rares ou originaux avaient une probabilité accrue d'embrasser des carrières atypiques et prestigieuses, telles que la réalisation cinématographique. Une autre recherche publiée la même année dans le *Strategic Management Journal*, portant sur 1 172 directeurs généraux, constatait que les dirigeants aux prénoms singuliers tendaient à adopter des stratégies d'entreprise plus novatrices et audacieuses.

Pour autant, René Mõttus estime que ceux qui espèrent une métamorphose par un simple changement d'état civil risquent d'être déçus. Les prénoms rares, décrypte le psychologue, reflètent souvent la personnalité originale et anticonformiste des parents, capables de transmettre à leur enfant un héritage éducatif et génétique qui l'amène à appréhender le monde sous des angles inédits. « Un parent curieux et original sera plus enclin à choisir un prénom singulier pour son enfant, affirme-t-il. C'est cet esprit d'originalité qui est transmis à l'enfant, par la génétique comme par l'éducation, influençant des années plus tard son approche professionnelle. Le prénom en lui-même n'est qu'un effet collatéral. »

Le chercheur reconnaît néanmoins l'existence de cas limites. Un enfant affublé d'un prénom particulièrement excentrique peut devenir la cible de moqueries, voire de harcèlement scolaire, développant ainsi de l'anxiété ou un repli sur soi. « C'est une éventualité bien réelle, concède René Mõttus. Mais ce phénomène reste fort heureusement trop circonscrit pour expliquer la diversité des personnalités observée au sein de la population générale. »

Qu'en est-il alors de ceux dont le prénom subit de plein fouet les revirements culturels, les modes médiatiques ou les soubresauts politiques ? Ces dernières années, le quotidien n'a guère été simple dans le monde anglo-saxon pour les personnes prénommées Karen (devenu un terme péjoratif pour désigner une femme arrogante et procédurière). Pour l'heure, les études cliniques manquent pour évaluer l'impact réel d'une telle stigmatisation sur la personnalité des individus.

David Sidhu admet toutefois qu'un prénom lourdement connoté peut peser selon le contexte historique : « Aujourd'hui, force est de constater que le prénom Donald évoque des représentations bien différentes de celles d'il y a vingt ans. » Mais là encore, l'effet de la première impression tend à s'estomper dès lors que la relation s'approfondit.

En définitive, conclut René Mõttus, les seules personnes véritablement à même d'influencer la formation de notre caractère restent nos proches et nos amis intimes : précisément ceux pour qui notre prénom importe le moins. Mais lorsqu'il s'agit de faire bonne impression auprès d'inconnus, les futurs parents feront sans doute preuve de prudence en évitant les choix trop risqués. ■

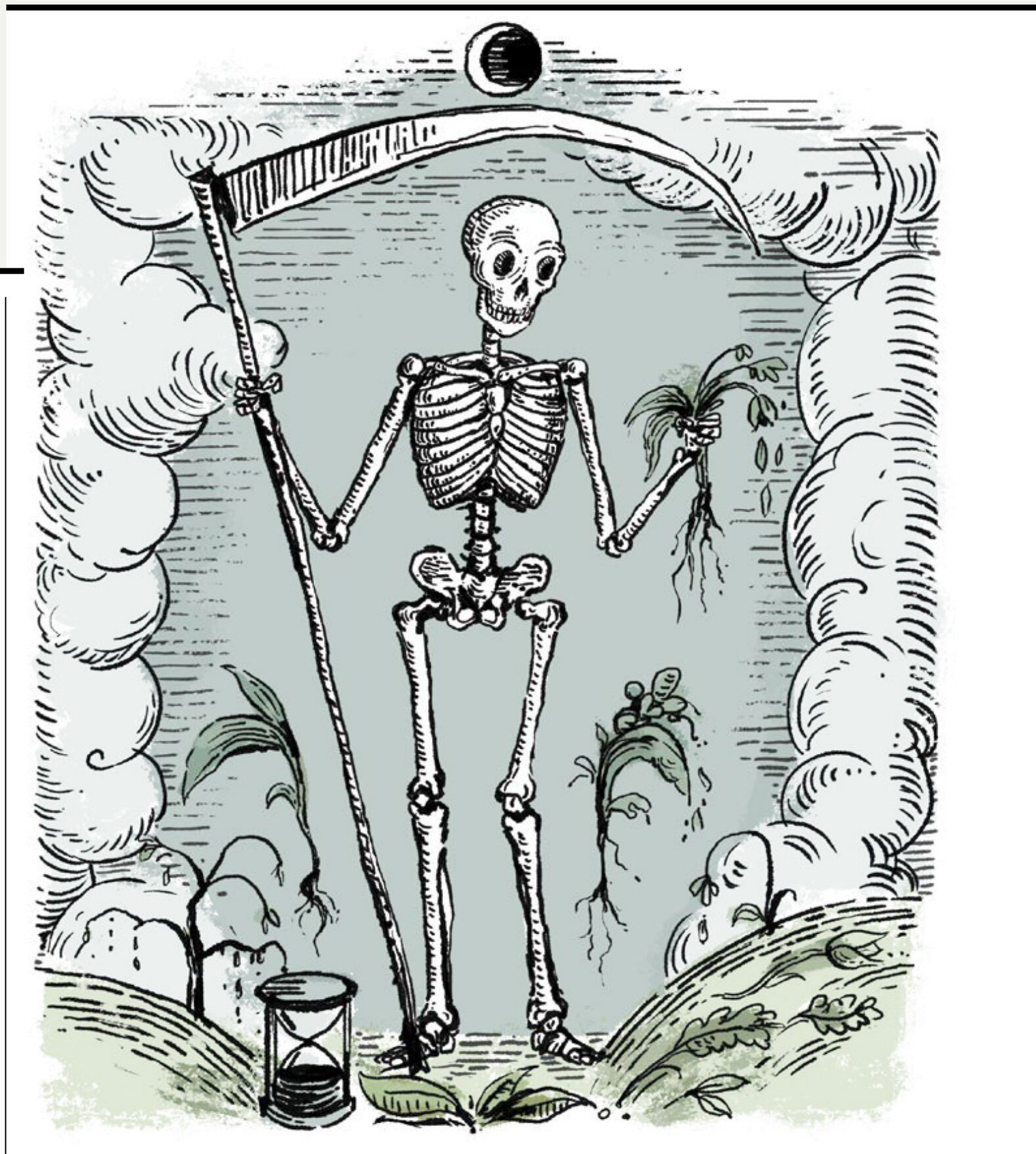


par **DAVID COX**
Journaliste scientifique indépendant et ancien neuroscientifique, spécialisé dans la santé mentale, la nutrition, le vieillissement et la prise en charge de la démence.

MAGNIFIC - GEMINI AI

Q&R

QUESTIONS & RÉPONSES



GEORGES PALMIER, Toulouse

LA PESTE NOIRE A-T-ELLE TOUCHÉ LES PLANTES ?

La Peste noire a été la pandémie la plus dévastatrice de l'histoire humaine. Entre 1347 et 1353, près de la moitié de la population européenne – environ 50 millions de personnes – a péri après avoir contracté la bactérie *Yersinia pestis*. Mais alors que la population humaine s'effondrait, un phénomène inattendu s'est produit : la biodiversité végétale a elle aussi chuté.

À première vue, le constat surprend : selon la vision contemporaine, le recul des activités humaines offre à la nature le temps et l'espace nécessaires pour reprendre ses droits et s'épanouir de plus belle. Il y a six cent cinquante ans, pourtant, la dynamique fut tout autre. Au lieu de prospérer, la flore s'est appauvrie. C'est presque comme si le règne végétal traversait sa propre pandémie.

La cause n'en était toutefois pas bactérienne. Afin de retracer l'évolution de la diversité végétale en Europe au cours des deux derniers millénaires, Jonathan Gordon, de l'université d'York, et ses collègues ont analysé une vaste collection de grains de pollen fossilisés. Les données révèlent une histoire en trois actes.

Entre l'an 1 et 1300 de notre ère, la diversité végétale en Europe n'a cessé de croître : elle a progressé avec l'essor de l'Empire romain d'Occident, a survécu à sa chute et s'est maintenue durant le haut Moyen Âge pour atteindre son apogée juste avant l'arrivée de la peste noire. Puis le fléau a frappé et, pendant 150 ans, la variété végétale a connu un déclin vertigineux, avant de rebondir au rythme du repeuplement humain.

Le dénominateur commun ? Les céréales. Avant la Peste noire, l'agriculture connaissait une formidable expansion ; avec la propagation de l'épidémie, elle s'est brutalement effondrée. Les terres arables ont été délaissées, et les semis de céréales abandonnés. L'étude – parue dans la revue *Ecology Letters* – montre que les pertes de diversité végétale les plus marquées ont précisément touché les régions où l'abandon des terres a été le plus massif. En d'autres termes, l'agriculture d'autrefois était bénéfique à la biodiversité.



DRE HELEN PILCHER
Animaux



PETE LAWRENCE
Astronomie



LUIS VILLAZON
Linguistique



DRE EMMA DAVIES
Alimentation



PROF. ABBIE JORDAN
Psychologie



DR CHRISTIAN JARRETT
Psychologie



DRE HELEN SCALES
Biologie marine



DR JAMES LLOYD
Animaux



DR ALASTAIR GUNN
Astrophysique

« La Peste noire a provoqué un véritable effondrement de l'agriculture. »

Ces conclusions contrastent singulièrement avec la réalité actuelle, où l'intensification agricole constitue l'un des principaux moteurs de l'érosion du vivant. Une logique parfaitement compréhensible au vu des pratiques contemporaines : dominée par la monoculture, l'agriculture d'aujourd'hui privilégie une seule espèce végétale, largement arrosée de pesticides et d'engrais de synthèse. Un modèle délétère pour l'environnement, qui sature les écosystèmes et compromet la survie de la flore et de la faune sauvages.

Le paysage médiéval offrait un tout autre visage : ni pesticides, ni engrais chimiques, ni monocultures à perte de vue. La polyculture était la norme : des parcelles de céréales côtoyaient des bandes de terre nue, des champs délibérément laissés en jachère (temporairement non ensemencés), des îlots boisés et des pâturages maigres. Il en résultait un paysage en mosaïque, riche d'une multitude d'habitats où faune et flore pouvaient s'épanouir.

Deux enseignements majeurs se dégagent de ces travaux. D'abord, les politiques de conservation visant à favoriser la biodiversité en laissant simplement la nature suivre son cours pourraient ne pas être aussi efficaces qu'espéré : en Europe, nombre des sites les plus riches sur le plan biologique sont précisément ceux façonnés par une longue tradition d'agriculture mixte et extensive. Ensuite, si nous savons tirer les leçons du monde paysan préindustriel, agriculture et biodiversité ne sont pas nécessairement vouées à s'exclure mutuellement. ***HP***

ILLUSTRATIONS: ADAM GALE GETTY IMAGES X2

CLAIRE PERRIN, Carcassonne

PEUT-ON BOIRE DANS UNE BOUTEILLE EN PLASTIQUE LAISSÉE EN PLEIN SOLEIL ?

Outre le goût désagréable, les craintes pour la santé concernent surtout les microplastiques et la libération de substances chimiques par la bouteille.

Plusieurs études montrent que le plastique PET utilisé pour les bouteilles d'eau jetables libère de l'antimoine (lequel, à fortes doses, provoque des symptômes comparables à ceux d'un empoisonnement à l'arsenic). Cette libération augmente nettement au-dessus de 45 °C, mais, même dans ce cas, les taux d'antimoine demeurent largement inférieurs aux seuils fixés par l'OMS pour l'eau potable.

Les microplastiques sont déjà présents dans l'eau en bouteille, mais une étude menée en 2024 par l'université du Zhejiang, en Chine souligne que la température n'a pas d'impact mesurable sur leur concentration en dessous de 80 °C. ***LV***





SUZANNE BARRET, par e-mail

LE PAIN GRILLÉ BRÛLÉ FAIT-IL DU MAL ?

Lorsqu'un aliment riche en amidon est chauffé au-delà d'environ 120 °C, les sucres et les acides aminés réagissent entre eux pour former divers composés nouveaux, selon un processus appelé réaction de Maillard. L'un d'eux est l'acrylamide, une molécule qui, à très fortes doses, s'est avérée cancérigène chez la souris.

En réponse à ce constat, la Food Standards Agency britannique a lancé en 2017 une campagne incitant à ne pas trop faire griller frites, pommes de terre rôties et toasts. Depuis lors, toutefois, les études épidémiologiques n'ont jamais établi de lien constant entre l'acrylamide alimentaire et le cancer chez l'être humain. Les recommandations officielles de Cancer Research UK précisent d'ailleurs aujourd'hui qu'« il n'est pas nécessaire d'éviter les féculents brûlés ». ***LV***

CRÉATURES ÉTRANGES ET MERVEILLEUSES

LE POISSON À MAINS ROUGES

Le long des côtes de Lutruwita, en Tasmanie, vivent certains des poissons les plus singuliers au monde, à l'instar du poisson à mains rouges (*Thymichthys politus*). Cet animal arpente fièrement le fond marin en utilisant ses nageoires comme des mains et des doigts ; il arbore une nageoire céphalique semblable à une crête mohawk et des lèvres boudeuses qui semblent fardées de rouge à lèvres.

Pourtant, il passe inaperçu en raison de sa petite taille – il mesure au maximum 9 cm, soit moins que l'empan d'une main humaine – et surtout parce qu'il s'agit de l'une des espèces de poissons les plus rares du globe. Sa présence n'est avérée que sur deux minuscules récifs rocheux de Frederick Henry Bay. On y a recensé moins d'une centaine d'individus, identifiés grâce aux motifs uniques ornant leur corps, semblables à des empreintes digitales.

T. politus fait partie des 14 espèces de poissons à mains, toutes endémiques des eaux australiennes. Dépourvus de vessie natatoire – cette poche interne remplie de gaz qui assure la flottabilité de la plupart des autres poissons –, ils ont développé des nageoires pelviennes et pectorales faisant office de membres pour se déplacer sur le fond marin. À l'âge adulte, ils ne se meuvent ni très loin ni très vite et, dès le stade larvaire, s'établissent précisément là où ils sont nés. Par

« L'espèce ne possède pas une grande capacité de dispersion ni d'adaptation à de nouveaux milieux pour survivre. »



conséquent, l'espèce présente une très faible capacité de dispersion vers de nouveaux habitats, ce qui la rend extrêmement vulnérable aux perturbations locales : elle pâtit de la pollution de l'eau, de la sédimentation et de la prolifération des oursins, qui dévastent les forêts d'algues lui servant de refuge.

Le dérèglement climatique constitue une autre menace majeure. Les eaux entourant la Tasmanie se réchauffent rapidement et ces poissons ne sont pas armés pour migrer vers des zones plus froides. En janvier 2024, des scientifiques de l'université de Tasmanie ont prélevé 25 spécimens afin de les mettre à l'abri dans des aquariums protégés lors d'une violente canicule marine. En mai de la même année, 18 d'entre eux ont été relâchés avec succès dans la nature, trois ont péri en captivité et quatre ont été conservés pour engager un programme de reproduction conservatoire.

Face à une telle accumulation de périls, les autres espèces de poissons à mains se trouvent elles aussi dans une situation précaire. Le poisson à mains roses n'avait plus été observé depuis des décennies lorsqu'il a été filmé en 2021 par une caméra à 150 mètres de fond, bien plus profondément que les scientifiques ne le croyaient possible. Le poisson à mains de Ziebell, lui, n'a pas été revu depuis 2007. Quant au poisson à mains lisses, il détient le triste privilège d'avoir été le premier poisson marin des temps modernes déclaré éteint : en 2020, trop de temps s'était écoulé depuis sa dernière observation. Deux ans plus tard, il est toutefois techniquement « ressuscité » lorsque les chercheurs ont admis que l'espèce pouvait encore se dissimuler dans une zone inexplorée.

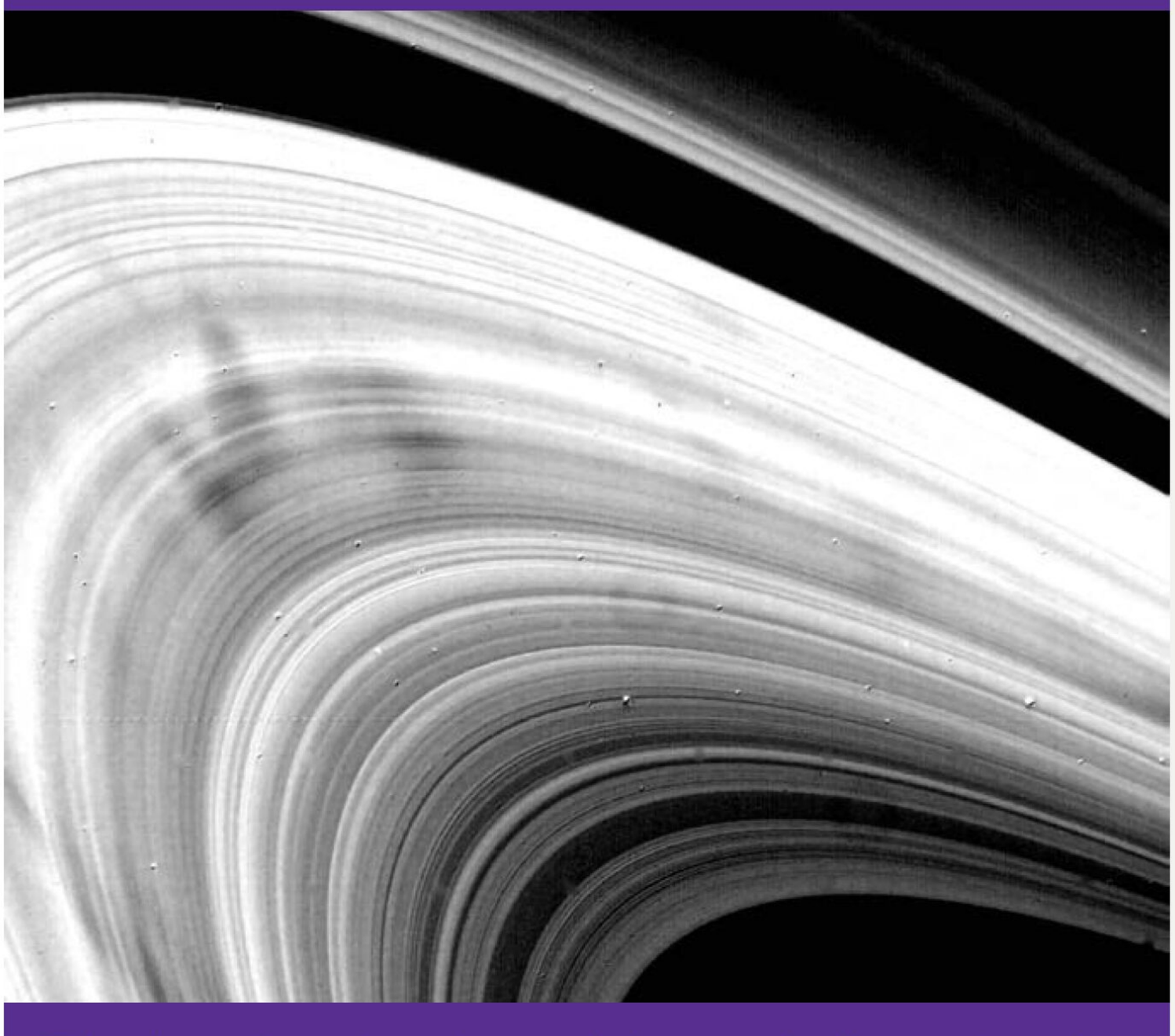
Tout espoir n'est cependant pas perdu. Les scientifiques du Handfish Conservation Project œuvrent activement pour préserver ces animaux et leur milieu. Les particuliers peuvent soutenir leur action par un don de mille dollars, qui leur donne le droit de baptiser un poisson. Beaucoup ont déjà reçu un patronyme – Mia, Molly, Rusty, Rupert, Barnacle Joy, Prince Pickles, Spotty Spot Spot ou Spooky Moo –, mais d'innombrables autres attendent encore qu'on leur offre un nom, et surtout un avenir. ***HS***



NATURE PICTURE LIBRARY, NASA/JPL

JEAN-PAUL DUPONT, par E-MAIL

COMMENT SE SONT FORMÉS LES ANNEAUX DE SATURNE ?



Bien des mystères entourent encore la planète Saturne et ses lunes : par exemple, l'origine de son spectaculaire système d'anneaux. Récemment, des scientifiques ont montré que la réponse à cette énigme pourrait être liée à un autre casse-tête cosmique.

Il y a une dizaine d'années, les mesures de la répartition de la masse de Saturne effectuées par la sonde Cassini ont suggéré que son cœur était légèrement plus dense que prévu. Cela pouvait s'expliquer si Saturne avait autrefois possédé une lune supplémentaire, que les astronomes ont baptisée Chrysalis. Selon eux, cette lune disparue se serait disloquée pour former les anneaux à la suite d'un passage rapproché avec Titan, la plus grande lune de Saturne (et la deuxième plus grande du Système solaire, après Ganymède autour de Jupiter).

Toutefois, de récentes simulations de ce processus ont révélé qu'Hypérion, la plus petite des lunes majeures de Saturne, n'aurait presque certainement pas survécu à un tel rapprochement entre Chrysalis et Titan. L'hypothèse la plus récente avance donc qu'Hypérion n'a pas survécu à la rencontre, mais qu'elle en est en réalité le produit. Dans ce scénario, une lune baptisée « proto-Hypérion », environ quatre fois plus massive que Chrysalis, aurait été impliquée dans la collision.

Cette fusion de lunes explique pourquoi Titan présente si peu de cratères d'impact, pourquoi son orbite est relativement excentrique et « verrouillée » avec celle d'Hypérion, tout en justifiant la forme irrégulière et la faible densité d'Hypérion elle-même, ainsi que la mystérieuse inclinaison orbitale d'une lune plus lointaine, Japet.

Mais surtout cet événement permet d'expliquer l'origine des anneaux de Saturne. L'élargissement de l'orbite de Titan a déstabilisé de manière catastrophique les lunes internes, provoquant leur collision mutuelle. Même si la chronologie exacte de ce second cataclysme reste à préciser, il a nécessairement eu lieu après la fusion de Titan et de proto-Hypérion, ce qui concorde avec l'âge estimé des anneaux, soit environ 100 millions d'années. ***AG***



FRANÇOISE SOUCHET, Poitiers

DORMIR 10 MINUTES DE PLUS : QUELS BÉNÉFICES POUR LA SANTÉ ?

Une étude récente parue dans l'*European Journal of Preventive Cardiology* a montré que des ajustements même modestes apportés au sommeil, à l'activité physique et à l'alimentation peuvent avoir un impact significatif sur la santé cardiovasculaire. Les médias s'en sont fait l'écho en affirmant que 11 minutes de sommeil supplémentaires réduiraient de 10 % le risque d'infarctus et d'AVC. Mais ce titre est trompeur : les chercheurs ont en réalité évalué les effets combinés d'un sommeil plus long, d'un exercice accru et d'un meilleur régime alimentaire pris ensemble.

Pour obtenir cette baisse de 10 % uniquement grâce au repos, l'étude précise qu'il faudrait en fait dormir environ une demi-heure de plus par nuit. Ce chiffre de 10 % ne signifie pas que le risque individuel de faire une crise cardiaque diminue d'autant. La cohorte a suivi 53 000 participants pendant huit ans, période durant laquelle un peu plus de 2 000 événements cardiovasculaires ont été enregistrés, soit 3,8 % de la population étudiée. Si tous avaient bénéficié de ce temps de sommeil supplémentaire pour atteindre la réduction de 10 %, ce taux ne serait descendu qu'à 3,4 %.

Le constat global demeure incontestable : une bonne nuit de sommeil est indispensable à un cœur en bonne santé. En effet, la pression artérielle baisse physiologiquement pendant la nuit, sous l'effet d'une diminution du taux de cortisol. Un manque de sommeil empêche cette chute tensionnelle nocturne salutaire, ce qui accroît la contrainte mécanique exercée sur les vaisseaux sanguins et favorise le durcissement des artères (l'athérosclérose).

Se réveiller avant que l'organisme ne soit prêt déclenche en outre un pic matinal d'hormones de stress dans le système nerveux. Une étude américaine de 2014 a ainsi observé une hausse de 25 % des crises cardiaques le lundi suivant le passage à l'heure d'été, lorsque nous perdons une heure de sommeil. Appuyer sur la fonction « répétition » du réveil ne vous sauvera peut-être pas la vie, mais à long terme, cela pourrait bien la prolonger. ***LV***

GUY CORMIER, Limoges

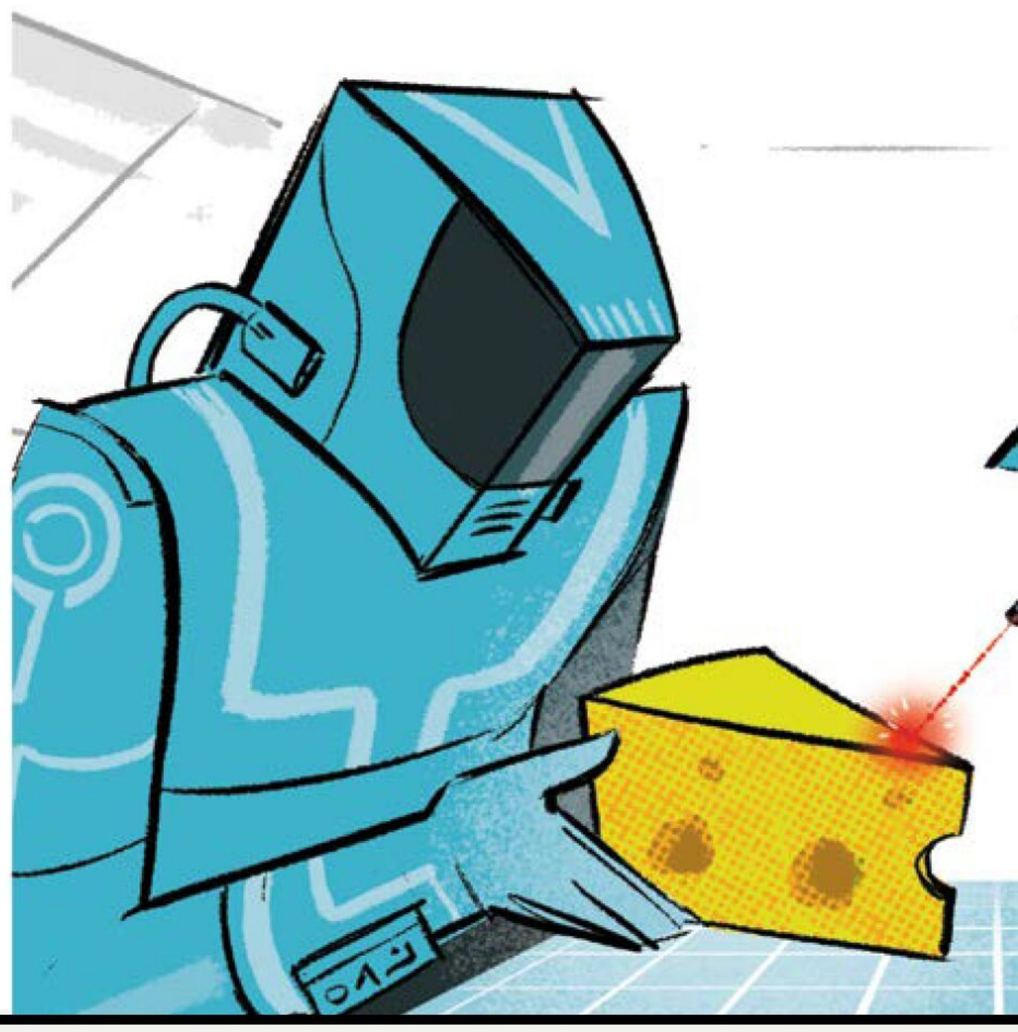
QUEL EST L'AVENIR DU FROMAGE ?

Les ventes de fromages traditionnels sont en plein essor, portées par un engouement massif pour les produits riches en protéines et par un nombre croissant d'amateurs de fabrications artisanales.

À l'inverse, les alternatives végétales perdent du terrain en raison de leur assimilation à des aliments ultra-transformés, bourrés d'amidons, de gommes, d'huiles, de colorants et d'arômes. Nombre de consommateurs continuent pourtant de les privilégier, tant pour des motifs éthiques que pour limiter les rejets massifs de méthane dans l'atmosphère.

Reproduire les arômes complexes et la texture des fromages laitiers reste un véritable défi technique. La plupart des substituts végétaux se cantonnent ainsi à imiter le cheddar doux, la mozzarella ou le fromage à tartiner. Ces produits reposent souvent sur un mélange d'huile et d'amidon, avec une teneur en protéines infime, voire nulle. Les déclinaisons les plus nutritives intègrent des fruits à coque ou des légumineuses, comme les lentilles et les pois chiches. Certaines entreprises sont parvenues à modifier génétiquement des levures, des bactéries ou des champignons pour synthétiser des copies conformes de caséines, les protéines maîtresses du lait de vache. Celles-ci s'auto-assemblent en micelles sphériques microscopiques, indispensables à la structure et au filant du fromage fondu.

Par ailleurs, les fromages végans exigent de fortes concentrations de matières grasses pour pouvoir être tranchés et fondre correctement ; les fabricants recourent le plus souvent aux huiles de coco ou de palme, toutes deux riches en acides gras saturés.



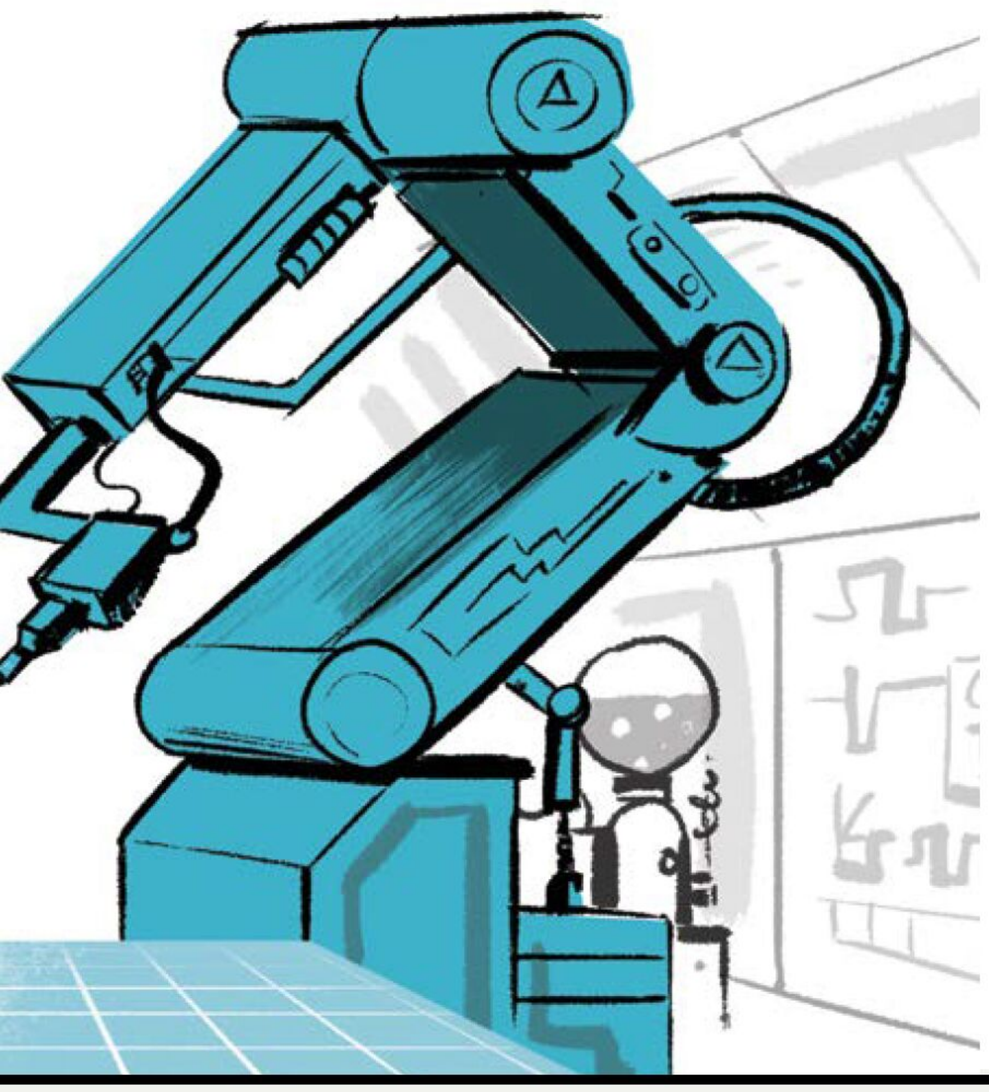
La recherche continue toutefois d'innover pour concevoir des fromages végétaux plus sains et plus savoureux. Une équipe de l'université Heriot-Watt d'Édimbourg a récemment mis au point un procédé permettant d'obtenir un produit fondant à partir d'huiles insaturées de tournesol ou de colza. Les chercheurs incorporent à l'huile liquide des molécules structurantes – les oléogélateurs (composés de cires ou de protéines) – afin de créer un réseau gélifié tridimensionnel qui se comporte comme une graisse solide. Ce procédé offre un fondant bien plus onctueux et filant que les recettes à base d'huile de coco ou de palme.

Parallèlement, des scientifiques de l'université de l'Arkansas, aux États-Unis, ont mis en évidence l'intérêt des coproduits de la transformation du riz pour élaborer des substituts végétaux hyperprotéinés. En combinant des fractions protéiques issues du riz complet, des brisures et du son de riz avec de l'huile de coco et de la fécule de maïs, ils ont obtenu un fromage affichant environ 12 % de protéines.

Enfin, les microalgues – de minuscules organismes aquatiques – constituent une alternative au profil aromatique prononcé. Cultivées dans de grands bioréacteurs alimentés en lumière et en dioxyde de carbone, elles peuvent être transformées en farine protéique puis homogénéisées avec de l'eau pour former une sorte de lait végétal. Exceptionnellement riches en acides aminés, en acides gras, en vitamines, en minéraux et en antioxydants, les produits qui en dérivent offrent en outre une saveur très recherchée : l'umami.

Ainsi, parallèlement à la filière laitière traditionnelle, l'offre végétale évolue rapidement pour proposer sur le marché bien plus que de simples blocs d'amidon insipides. ***ED***

ILLUSTRATIONS : PETE LAWRENCE, ADAM GALE GETTY IMAGES



FRANCINE CHABOD, Marseille

POURQUOI LES CHATS NOUS CHOISISSENT-ILS ?



Certaines personnes ont effectivement plus de chances d'être approchées par les chats : mais cela tient-il aux humains, aux félins ou aux deux ?

Loin de leur réputation d'animaux distants, de nombreux chats recherchent délibérément la proximité humaine. Lors d'une étude menée sur 50 chats vivant en foyer ou en refuge, la majorité a préféré la présence humaine à la nourriture ou aux jouets. Les chats sont en outre dotés d'un odorat particulièrement fin et parviennent à distinguer l'odeur de leur maître de celle d'un inconnu. Face à des compresses imprégnées de l'odeur de leur propriétaire ou d'étrangers, ils passent plus de temps à renifler celle des inconnus, ce qui prouve qu'ils reconnaissent les humains familiers grâce à ces indices sensoriels.

Ils sont également capables de percevoir les odeurs liées aux émotions humaines. Dans une autre étude, des chercheurs ont présenté à des félins des échantillons de sueur prélevés sur des individus joyeux, effrayés, stressés ou dans un état neutre. Les chats n'ont guère apprécié l'odeur de la peur : devant cet échantillon, ils avaient nettement plus tendance à aplatir les oreilles, à agiter la queue de façon saccadée, à se crisper et à reculer. Un chat s'approcherait-il donc de son plein gré d'une personne apeurée ? Les résultats suggèrent que non.

Les chats privilégient également les personnes adoptant des attitudes bien précises. Alors que l'éthologie féline est en plein essor, des chercheurs ont analysé ce qui se passait lorsque 119 personnes interagissaient avec des chats dans un refuge. L'examen de nombreuses vidéos a révélé que les individus présentant des traits plus névrotiques tendaient à adopter un comportement plus directif et moins réceptif aux signaux de l'animal. Une attitude que les félins rejettent ; cela suggère qu'un véritable « aimant à chats » est sans doute une personne peu névrotique et plus encline à interagir avec eux avec respect.

Naturellement, chaque chat a aussi sa propre personnalité, ce qui influence sa sympathie envers les humains. Lors d'une étude pilote menée en 2022, des participants ont été invités à s'asseoir dans un bar à chats ou un refuge pour passer deux heures en compagnie des pensionnaires. Les scientifiques ont observé le comportement des félins et analysé leurs échantillons d'urine : les mâles affichant les taux de testostérone les plus bas et ceux ayant côtoyé des humains dès leur plus jeune âge se sont révélés les plus affectueux. Chez les mâles au moins, les hormones et les premières expériences de vie jouent donc un rôle capital dans la décision d'aller ou non vers un individu.

Devenir un « aimant à chats » est par conséquent une compétence qui s'acquiert : il suffit d'apprendre à se détendre, à décoder les signaux de l'animal et à le laisser mener le jeu. ***HP***

LA QUESTION DU MOIS



LAURE LOISEAU, par e-mail

LE NARCISSISME EST-IL GÉNÉTIQUE ?

Le narcissisme est un sujet récurrent, récemment remis sur le devant de la scène par les médias qui dénoncent une hausse exponentielle de ce trait de personnalité. Pourtant, une vaste étude menée auprès de 540 000 personnes dans 55 pays n'a révélé aucune preuve d'une augmentation des niveaux de narcissisme au cours des quarante dernières années.

Mais qu'est-ce qui rend quelqu'un narcissique ? Pour le comprendre, il faut se tourner vers la génétique de la personnalité. La plupart des traits de caractère ont une héritabilité comprise entre 30 et 50 %. Cela signifie que notre patrimoine génétique explique environ la moitié des différences observées entre les individus, l'autre moitié résultant de nos diverses expériences de vie.

Lorsque les chercheurs se penchent sur le narcissisme, la question devient plus complexe. Les premières études sur les jumeaux ne suggéraient qu'une faible part génétique. Des travaux menés en 2014 sur 3 014 paires de jumeaux montraient que le narcissisme grandiose présentait une héritabilité de 23 %, tandis que le sentiment de supériorité (ou de légitimité) s'élevait à 35 % ; c'est-à-dire que les gènes jouent un rôle, mais les facteurs environnementaux – le style éducatif des parents, les amis et les relations sociales – prédominent.

Cependant, une grande étude de 2026 a dressé un tableau bien différent. En utilisant un protocole familial élargi sur des jumeaux, les chercheurs ont découvert que le narcissisme possède en réalité une composante génétique proche de 50 %. De plus, ils n'ont trouvé aucune preuve indiquant que l'environnement familial partagé (comme les pratiques parentales) façonnerait le narcissisme. Par conséquent, les niveaux de narcissisme similaires constatés entre parents et enfants s'expliquent par les gènes partagés : l'inné pèse lourd dans la balance, mais il en va de même pour l'acquis. ***AJ***

ENVOYEZ VOS QUESTIONS À :
SCIENCE@SPREA.FR

THOMAS DEMAY, par e-mail

LA CONFIANCE EN SOI S'ATTRAPE-T-ELLE ?

Beaucoup d'entre nous connaissent ce surcroît d'assurance ressenti aux côtés d'un ami ou d'un collègue particulièrement à l'aise et sûr de lui. S'il ne s'agissait jusqu'ici que d'observations empiriques, une nouvelle étude apporte aujourd'hui des preuves de laboratoire étayant l'idée que l'assurance est bel et bien contagieuse.

Des chercheurs de Birkbeck, de l'université de Londres, ont demandé à des participants d'évaluer de manière répétée la direction du mouvement d'un nuage de points sur un écran, tout en indiquant leur degré de certitude. Dans un deuxième temps, ils ont réitéré l'exercice en binôme avec un partenaire réalisant la même tâche et partageant son propre niveau d'assurance (en réalité un logiciel informatique, bien que les sujets le crussent humain). Enfin, les participants ont à nouveau formulé ces évaluations seuls. L'opération a été répétée de nombreuses fois afin qu'ils puissent intégrer l'évolution du niveau de certitude de leur partenaire au fil du temps.

Le résultat majeur montre que les participants associés à un partenaire très sûr de lui tendaient à exprimer une plus grande confiance dans leurs propres jugements : non seulement lors de la mise en commun, mais également lorsqu'ils devaient de nouveau trancher seuls. Cela suggère qu'il ne s'agissait pas d'une simple posture de façade pour faire bonne impression.

D'après les chercheurs, cette forme de transmission sociale de l'assurance pourrait expliquer pourquoi le personnel de certains milieux, comme les salles de marchés financiers, ont tendance à développer une audace démesurée : la confiance semble bel et bien communicative.

Une réserve importante s'impose toutefois : l'étude s'est focalisée sur l'assurance liée à une tâche perceptive précise, et non sur l'estime de soi au sens large. De plus, la persistance de cette transmission n'a pas été mesurée sur le long terme. Néanmoins, ces résultats corroborent les acquis de la psychologie de la personnalité, selon lesquels nos prédispositions comportementales peuvent être modelées par nos fréquentations. Certains d'entre nous s'avèrent d'ailleurs plus perméables que d'autres à ces influences : la capacité d'un ami sûr de lui à nous transmettre son aplomb dépendrait ainsi de notre degré de « mimétisme social ». ***CJ***

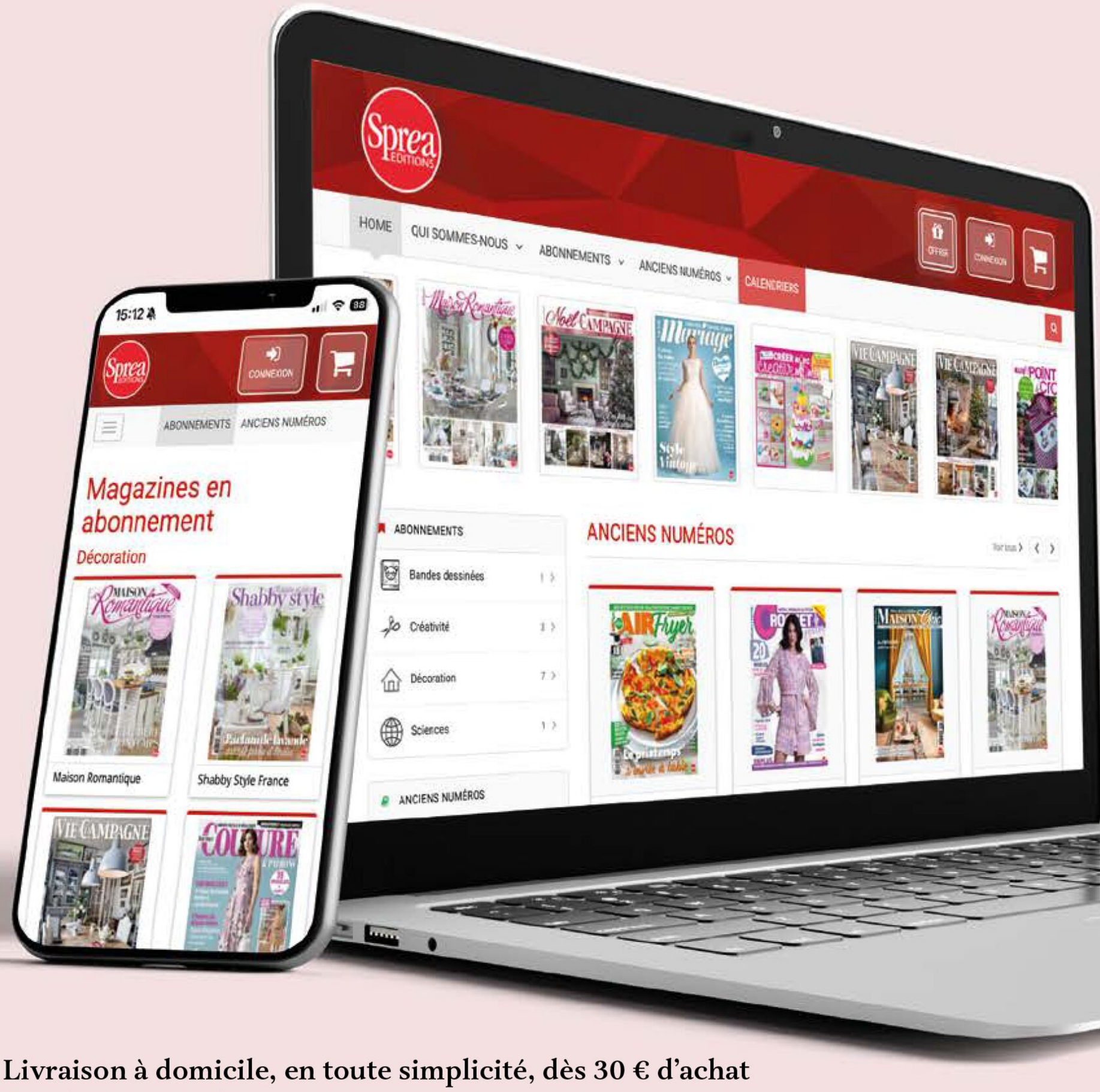


GETTY IMAGES X2



sprea.fr est en ligne

Découvrez notre nouveau site e-commerce :
abonnez-vous à nos magazines et achetez les anciens numéros en quelques clics



- Livraison à domicile, en toute simplicité, dès 30 € d'achat
- Catalogue complet
- Versions numérique



COIN DÉTENTE

LES SOLUTIONS SE TROUVENT EN BAS À DROITE DE LA PAGE CI-CONTRE

SUDOKU

Complétez la grille avec les chiffres de 1 à 9. Chaque chiffre ne doit apparaître qu'une seule fois par ligne, par colonne et par carré de 3 x 3 cases.

Facile



3	4		8	2				
6	1			4	9			
		8	6			9		
7		5	2				8	
9	3			7			5	6
	8				6	3		9
		6			2	4		
			7	3			6	2
				6	1		9	8

Facile



			4	7	9	2		3
	7					6	8	
		4					9	1
9			6		7			2
7				9				5
8			3		5			7
6	9					3		
	2	5					7	
4		7	2	3	6			

KILLER

Dans cette variante du sudoku, des « zones » sont délimitées par des pointillés avec un petit nombre en haut à gauche. La somme des chiffres d'une zone (qui doivent tous être différents) doit être égale à ce nombre.

10		6		5	13		12	15
		34			12			
16			19	15	7			11
		3			9			
17				4	6	6	12	
11	8		21			35	5	
	14							
3	14	11		16		11		
		7			17			

KAKURO

La règle est très simple : remplissez les cases vides avec des chiffres de 1 à 9. La somme des chiffres de chaque bloc horizontal ou vertical doit correspondre au nombre indiqué à gauche ou au-dessus de celui-ci. Un même chiffre ne peut pas se répéter au sein d'un bloc. C'est tout !

	3	15			5	32		
8			39	4 8			22	
35								16
		4 20			21			
	4 4				22			
11					7 3			
19				5 8			8	4
	33							
		10				4		



Trouvez les 8 différences entre ces deux illustrations.



Difficile

9		4		3			8	
	7	3			1			6
2	8	1				5		
			7		5		9	
3				2				8
	9		3		6			
		8				9	6	7
7			6			8	5	
	5			7		4		3

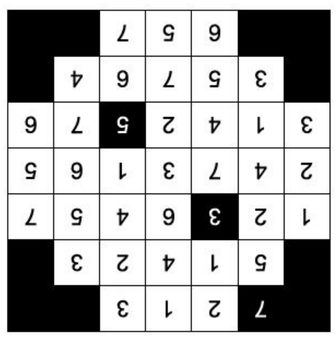
Difficile

8			1				4	9
	1	5					8	3
	3	4	6	5				
5		3	7		6			
		1		9		4		
			8		1	7		5
				6	4	3	2	
3	2					1	5	
4	5				3			6

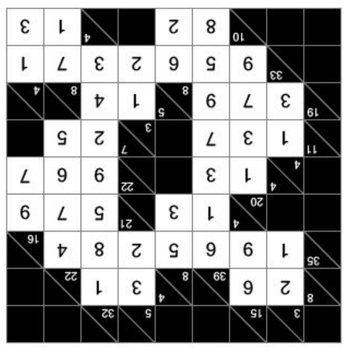
SUITES LOGIQUES

Insérez les chiffres de 1 à 7 de sorte que chaque « mot » vertical et horizontal contienne des chiffres consécutifs (pas nécessairement dans l'ordre).
Les chiffres ne se répètent jamais par ligne ou par colonne.
Les chiffres blancs dans les cases noires indiquent les chiffres qui ne figurent jamais dans cette ligne ou cette colonne.

■	7				■	■
■			4			■
		3			5	7
			3			
	1			5		
■				6		■
■	■				■	■

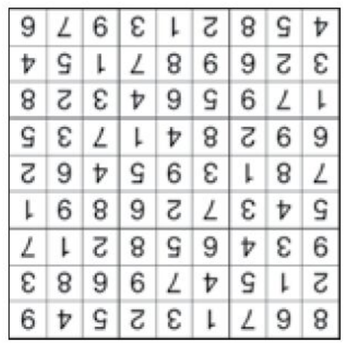


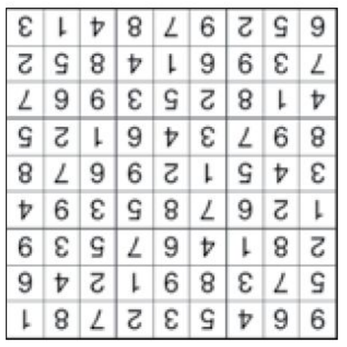
SUITES LOGIQUES

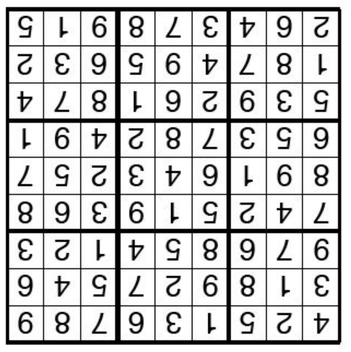


KAKURO

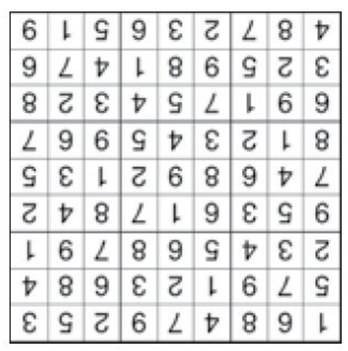




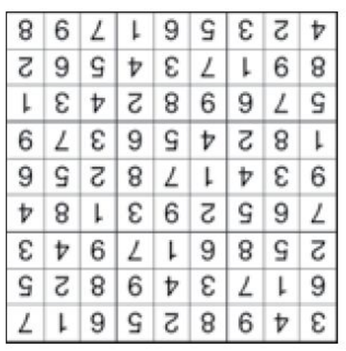




KILLER



SUDOKU



SOLUTIONS

VIVRE MIEUX GRÂCE À LA SCIENCE

LE CŒUR DANS LES JAMBES

Sous les genoux se trouve une autre « pompe » : faisons-la fonctionner.



Chaque fois que nous bougeons les orteils, les muscles du mollet compriment les veines profondes de la jambe, propulsant le sang vers le haut, contre la gravité, pour le ramener jusqu'au cœur. Ce même mécanisme s'active lorsque nous fléchissons la cheville, montons des escaliers, nous élevons sur la pointe des pieds ou faisons simplement une promenade. Il s'agit d'un dispositif anatomique élémentaire – presque miraculeux – mais si ordinaire qu'il passe souvent inaperçu.

Les choses pourraient toutefois changer : selon la communauté scientifique, cette dynamique – connue sous le nom de pompe musculo-veineuse du mollet (ou pompe surale) – constitue en réalité un levier crucial pour préserver notre santé, à court comme à long terme.

En 2024, des chercheurs de la Mayo Clinic ont analysé les conséquences d'un déficit de ce système, mettant en évidence une augmentation drastique de la mortalité chez les personnes souffrant d'un dysfonctionnement de la pompe surale. Plus précisément, l'étude a montré que, sur une période de dix ans, un individu doté d'une fonction veineuse normale présente un risque de mortalité de 5,9 %, alors qu'en cas de fonction altérée, ce chiffre grimpe à 17,5 %. C'est la raison pour laquelle le mollet est parfois qualifié de « deuxième cœur ».

« La musculature du mollet est une composante physiologique essentielle du système cardiovasculaire, explique le docteur Robert D. McBane, auteur de l'étude. Lorsque l'on pense à la circulation, l'association immédiate se fait avec le cœur. Pourtant, le cœur ne peut renvoyer dans l'organisme que le sang qui lui est restitué. » Le mollet représente en effet le maillon central d'une chaîne musculaire qui propulse le flux sanguin depuis les membres inférieurs vers le haut du corps. Les muscles du pied, de la cuisse et de l'abdomen participent également à cet effort. « On peut se l'imaginer comme un tube de dentifrice : des pressions successives sont exercées depuis la base pour pousser le contenu vers le haut », illustre le médecin.

Le mollet présente toutefois deux avantages uniques. D'une part, il constitue la zone la plus simple à évaluer d'un point de vue biomécanique. D'autre part, il s'agit d'un groupe musculaire que presque tout le monde peut stimuler aisément, ce qui en fait un levier d'action direct accessible à chacun. Les recherches suggèrent qu'outre la réduction du risque de mortalité à long terme, la sollicitation de cette zone procure des bénéfices immédiats. Une action de pompage efficace prévient la stase veineuse au niveau des jambes et des chevilles, évitant la sensation de lourdeur, les douleurs sourdes, les œdèmes périphériques ainsi que le risque de thrombose veineuse profonde.

Plusieurs travaux se sont penchés en particulier sur le soléaire, un muscle profond du mollet sollicité dans la quasi-totalité des mouvements des membres inférieurs. Il a été démontré que la stimulation du soléaire par des contractions de faible intensité – réalisables même en position assise – permet d'optimiser le métabolisme glucidique postprandial : il suffit de soulever les talons de manière répétée tout en gardant l'avant-pied au sol, pendant 5 à 10 minutes. C'est une mesure préventive particulièrement efficace pour les personnes diabétiques ou pour quiconque passe de longues heures au bureau, la sédentarité étant l'un des principaux facteurs de déconditionnement de la pompe surale.

La marche et la course à pied demeurent les méthodes privilégiées pour préserver l'efficacité de notre « deuxième cœur », mais le docteur McBane insiste sur l'importance de combiner l'activité aérobie avec un entraînement en résistance (renforcement musculaire), fondamental pour contrer l'atrophie musculaire liée à l'âge.

Dans cette optique, les étirements – pour maintenir l'amplitude articulaire de la cheville – ainsi que les exercices d'équilibre s'avèrent également précieux pour garantir la stabilité de la marche et préserver la mobilité au fil des ans.

« Ce qui reste à démontrer avec certitude, précise le chercheur, c'est si cela se traduit par un allongement réel de l'espérance de vie. C'est une hypothèse tout à fait plausible, mais des études cliniques complémentaires seront nécessaires pour confirmer l'impact direct sur la longévité globale. »

Dans le doute, le chemin vers le stepper semble d'ores et déjà tracé. ■



par **IAN TAYLOR**
Journaliste scientifique, il a été rédacteur en chef adjoint de BBC Science Focus.

« Pour maintenir les muscles en forme, il est surtout important de pratiquer une activité anaérobie. »

ILLUSTRATION : VALENTIN TKACH

Sprea FRANCE

CALENDRIERS 2027

en kiosque et sur sprea.fr/calendriers

Parfait pour Noël !
Un cadeau qui dure toute l'année



Magnum
27,5 x 30 cm



Calendrier de table
16,5 x 15 cm



Long
14,5 x 41 cm

PAPIER 100% ECO - DURABLE !

FSC www.fsc.org
MIXTE
Papier | Pour une gestion forestière responsable
FSC® C112413

Scannez le QR Code

À PARAÎTRE

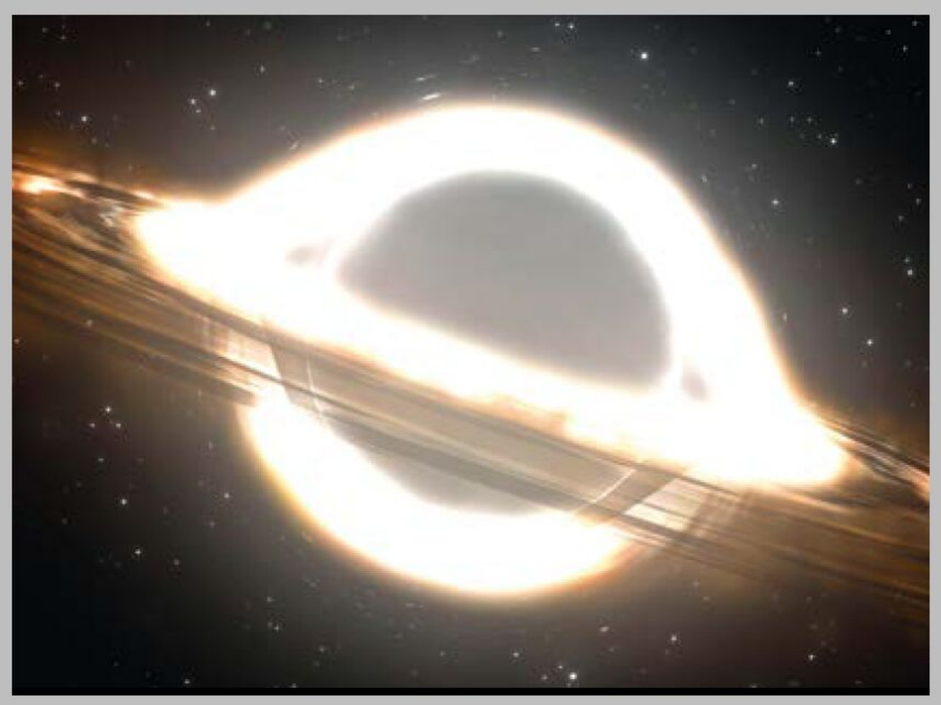


DES VACCINS CONTRE LE CANCER ?

C'est le grand défi de demain : non pas pour prévenir, mais pour traiter et même guérir certains des cancers les plus fréquents. Les nouvelles technologies moléculaires permettent en fait de concevoir des vaccins anticancéreux ciblés et « sur mesure ».

L'HORIZON DES ÉVÉNEMENTS

Cette dénomination évocatrice désigne la frontière invisible d'un trou noir. Au-delà de ce seuil, rien ne peut s'en échapper. C'est la limite ultime, le point de non-retour du cosmos. Que savons-nous réellement de ce phénomène ?





PROJET AMAZONIE

Le projet AmazonFACE injectera 33 000 tonnes de CO_2 dans la forêt amazonienne sur une période de dix ans. L'objectif est d'éprouver les modèles climatiques en analysant la réponse des arbres aux futures concentrations atmosphériques de dioxyde de carbone.

LE PROCHAIN NUMÉRO DE *BBC SCIENCE* SERA EN KIOSQUE EN JANVIER

BBC SCIENCE

bbc.science@sprea.fr

Numéro 4 - Bimestriel - Octobre/Novembre 2026
ISSN en cours

SPREA S.p.A. Fondée en 1993 par Mario Sprea
Siège social : Via Torino, 51 20063 Cernusco Sul Naviglio (Milan) - Italie - P.I. 12770820152

Conseil d'administration Luca Sprea (Président), Alessandro Agnoli (PdG), Mario Sprea, Giulia Spreafico, Stefano Pernarella

DESIGN COUVERTURE Tamara Bombelli
COORDINATION Federico Sacco, Marianne Auzanet

Réalisation éditoriale par : Dumas S.r.l. di Guglielmo Duccoli
Coordination générale : Alessandra Colla
Collaborateurs : Ada Alizzi, Anna Lorenzini, Emilio Vitaliano, Eline Susset
Mise en page : Andrea Prati
Photos : Creative Commons, Historyca, Shutterstock, Wikimedia/Wikipedia

COMMISSION PARITAIRE - En cours

IMPRESSION
Boccia Industria Grafica S.p.A.- Via Tiberio Claudio Felice, 7
84131 Salerno, Italie
DIRECTEUR GÉNÉRAL Luca Sprea
ÉDITEUR EN CHEF Alessandro Agnoli

PUBLICITÉ, PROJETS SPÉCIAUX ET ÉVÉNEMENTS

Secrétariat Emanuela Mapelli - Tel. +39(0)2 92432244
emanuelamapelli@sprea.it

DROITS POUR L'ÉTRANGER
Paolo Cionti - Tel. +39(0)2 92432253 - paolocionti@sprea.it

©2026 Sprea S.p.A.

ÉDITIONS SPREA
Périodiques de qualité depuis 1993

Contenus sous licence:
Editor & Brand Lead - Daniel Bennett
Managing Editor - Robert Banino
Art editor - Joe Eden
Group Visual Editor - James Cutmore

BBC

BBC Studios, UK Publishing

SVP, Global Licensing – Stephen Davies

Global Director Publishing – Mandy Thwaites

UK.publishing@bbc.com www.bbcstudios.com

ourmedia

Articles in this issue are translated or reproduced from BBC Focus magazine and are the copyright of or licensed to © Our Media Ltd, UK 2026. Used under licence. All rights reserved.

Our Media Ltd
CEO – Andy Marshall
Managing Director – Andrew Davies
CFO & COO – Dan Constanda
Director of International, Licensing & Top Gear Magazine, UK – Tim Hudson
Head of Partners, Brand Management & Ethical Compliance – Molly Hope-Seton

EN KIOSQUE



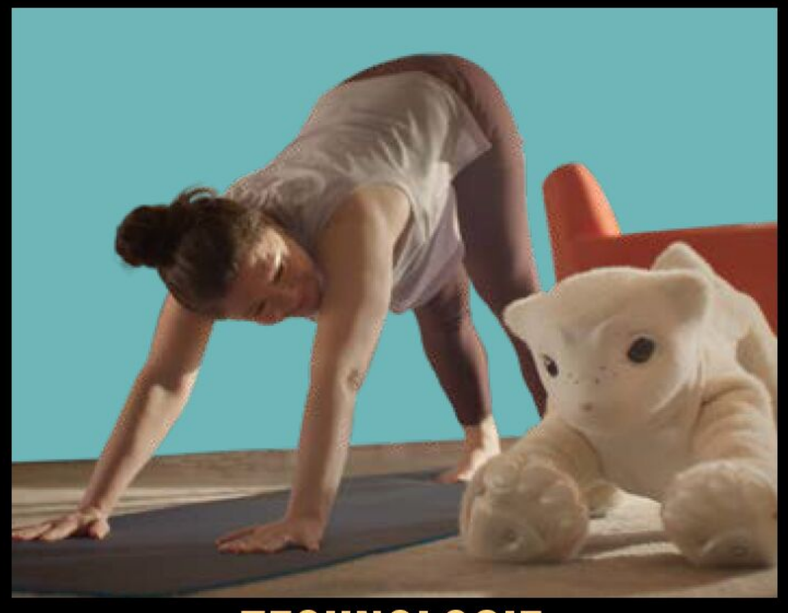
Scannez le QR Code

sprea.fr/iatravail

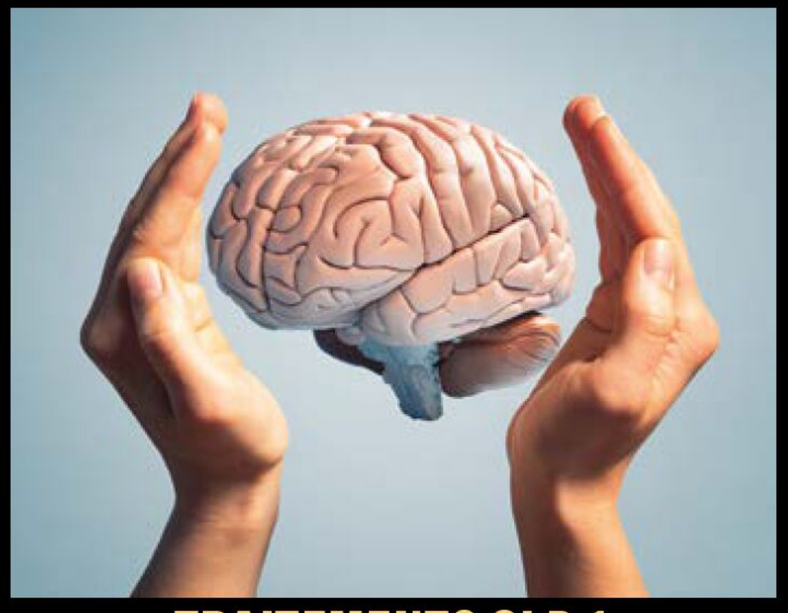
BBC SCIENCE

RECHERCHE • TECHNOLOGIE • ACTUALITÉ • FUTUR

Pour la première fois en France, le magazine culte de la BBC
pour mieux comprendre le monde qui nous entoure



TECHNOLOGIE
Les robots de compagnie arrivent !



TRAITEMENTS GLP-1
Bien plus que des coupe-faim



CORPS HUMAIN
Un « deuxième cœur » ?
Oui, dans nos jambes



ANIMAUX
Le poisson à mains rouges

À travers des analyses approfondies, des enquêtes exclusives et un regard tourné vers l'avenir, nous vous accompagnons dans un voyage passionnant au cœur des dernières découvertes scientifiques : du monde de l'infiniment petit jusqu'à l'immensité de l'univers. Pour explorer les grandes énigmes de la nature et du cosmos.



PSYCHOLOGIE
Le destin est-il dans le prénom ?



SANTÉ
Le syndrome du côlon irritable



MÉDECINE
Une seule injection
pourra traiter le cholestérol ?



CORPS ET ESPRIT
Surmonter l'anxiété sociale