SEPM TOP ventes

SCIENCE&VIE

Depuis 1913

N° 1309
OCT. 2026

MATHÉMATIQUES
VOICI LA FORMULE POUR DIFFÉRENCIER LES NŒUDS

L'IA ASSEZ INTELLIGENTE ?
DEUX CHERCHEURS DÉBATTENT D'UNE PAUSE DANS SON DÉVELOPPEMENT

Régénération des mangroves, méga-aspirateurs d'air, fertilisation de l'océan…

CAPTURER LE CO_2

TOUTES LES PISTES, LE VERDICT DE LA SCIENCE

VIN EN CRISE
CLIMAT, MALADIES, CONSO EN BAISSE… LA FILIÈRE À L'ÉCOUTE DES EXPERTS

EXOLUNE
ON A ENFIN UNE CANDIDATE SÉRIEUSE

VIRUS
ILS ATTAQUENT UNE NOUVELLE ESPÈCE SANS AVOIR À ÉVOLUER !

L 19055 - 1309 - F: 5,30 € - RD

D : 9,20€ - BEL : 6,30€ - ESP : 6,30€ - GR : 6,50€ - DOM S : 6,50€ - DOM A : 9,20€
ITA : 6,50€ - LUX : 6,30€ - PORT CONT : 6,30€ - CAN : 8,50$CAN - MAR : 64DH
TOM S : 960CFP - TOM A : 1760CFP - CH : 9FS - TUN : 15DTU

Arcs-en-ciel
Odeurs
Voie lactée
Caméléon
Sauna
Tests salivaires
Obésité
Covid-19
Pilea
Singes
Quasars
ADN
Vortex

Au quotidien, prenez les transports en commun.

SALONS PRIVÉS

Du 1er au 31 octobre

Découvrez la Nouvelle Classe C ainsi que nos autres nouveautés
et profitez d'offres exceptionnelles chez votre Distributeur*.

Welcome home.

Mercedes-Benz

140 YEARS OF INNOVATION

Découvrez
nos offres :

*Voir offres détaillées sur mercedes-benz.fr. **Nouvelle Classe C électrique : Consommation : 14,1 - 18,5 kWh/100 km (cycle mixte WLTP) ; Autonomie électrique : 594 - 762 km** (cycle combiné WLTP). 140 years of innovation = 140 ans d'innovation. Welcome home = Bienvenue chez vous. Mercedes-benz France-RCS Versailles 622 044 287

#SeDéplacerMoinsPolluer

believe
Google Cloud
Plus d'efficacité en coulisses,
plus de temps pour faire briller
les artistes avec Gemini Enterprise.
Believe accélère la transformation de l'industrie musicale avec Gemini Enterprise. Ses 2 000 experts s'appuient sur l'IA pour affiner les stratégies marketing et optimiser les opérations. Cette intelligence stratégique leur permet de faire une vraie différence pour les artistes, auteurs-compositeurs, labels et éditeurs de musique. Les aider à percer et à rayonner, partout, localement.
Certains éléments ont été modifiés ou créés avec l'IA.

Anne Le Duigou

Sus au CO_2

Nos émissions de gaz à effet de serre atteignent un niveau record. Et les événements de l'été 2026 l'attestent : nous commençons à en payer les conséquences. Notre budget carbone étant quasiment épuisé, il nous faut songer à activement retirer du CO_2 de l'atmosphère. C'est certes coûteux et complexe, mais c'est faisable. Nous sommes allés faire un tour des options qui s'offrent à nous : elles sont démesurées, inventives, parfois risquées… mais porteuses d'une étincelle d'espoir.

Hugo Leroux

Qui sauvera le vin ?

Une syrah alsacienne, un grenache de Bretagne : dans vingt ans, ce genre d'étiquette pourrait ne plus surprendre personne. Perspective originale pour les œnophiles… qui cache une réalité plus sombre : des viticulteurs percutés par les aléas climatiques, au moment où le désamour des Français pour le vin leur ôte les moyens de s'adapter. Pourtant, le monde vinicole n'a pas d'autre choix que de se réinventer. On vous raconte cette course contre la montre.

Dylan Beiner-Molière
dbeiner@reworldmedia.com

L'ÉDITO

À *Science & Vie*, nous sommes optimistes. Ou du moins, nous nous efforçons de l'être et de constater les avancées ! Prenons un exemple : nous avons vécu cet été une série de canicules hors normes… mais aussi un véritable recul de l'influence climatosceptique, aussi bien dans certains médias, où elle avait pignon sur rue, que sur les réseaux ou dans la sphère politique. Ce type de bonnes nouvelles qui découlent de moins bonnes, ce numéro en est pétri – il faut dire que l'époque est rude. Nous sommes époustouflés par ces scientifiques et ingénieurs qui rejoignent la lutte des systèmes naturels pour capter le carbone afin de contrer, voire inverser le réchauffement climatique. Nous admirons ces biologistes partis surveiller, dans les populations d'animaux sauvages, les virus susceptibles de pandémies terribles et dont le saut d'une espèce à l'humain se révèle bien plus facile que prévu… Nous portons un toast à tous ces experts qui imaginent et créent le vin de demain. *"Le courage, c'est d'aller à l'idéal et de comprendre le réel"*, déclamait Jean Jaurès. C'est d'être réaliste… et optimiste, de tout son cœur.

PORTRAITS : MARINE TUMELAIRE

Sommaire

Octobre 2026 **n°1309**

10 **Forum**

L'actu des sciences

20 **En image**
Une île de glace est née…

24 **Grand angle**
En sommeil paradoxal, notre cerveau se focalise sur le corps ; voici l'un des quasars les plus lointains jamais observés ; le SARS-CoV-2 réveille des virus dormants…

28 **3 découvertes sur…**
les singes et la géométrie

36 **Et ça nous fait du bien !**
Notre sélection d'actus qui font sourire

Science & société

38 ENQUÊTE
Crise climatique, baisse de la consommation : comment réinventer le vin ?

46 **Retour sur image**
Le jour où Sophie Adenot est sortie dans le vide spatial

48 **L'étrange affaire…**
des baleines à la "mâchoire béante"

50 **Data**
L'obésité infantile augmente partout dans le monde

52 **Entretien croisé**
Faut-il ralentir le développement de l'IA ?

54 **Tendance**
Décès au travail : un vrai problème français

58 **En débat**
Les tests salivaires antidrogues sont-ils fiables ?

60 **Carte blanche**
La chercheuse en IA et en sciences cognitives Ikram Chraibi Kaadoud

62 **Futur**
Les voitures à hydrogène seront les plus rapides ; un tatouage électronique surveillera notre santé…

68 **Il y a pile…**
100 ans, 50 ans, 25 ans dans *Science & Vie*

20 Glacier brisé

38 Réinventer le vin

ADAM GARBO - CAROLINE BLUMBERG/MAXPPP - ELIÉNOR LO MEO AVEC L'IA SHUTTERSTOCK - ESO/M.KORNMESSER - SHUTTERSTOCK.
COUVERTURE : ELIÉNOR LO MEO AVEC L'IA SHUTTERSTOCK

SCIENCE&VIE

ABONNEZ-VOUS DÈS MAINTENANT

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

À la une

70
Capturer le CO_2 : toutes les pistes
Régénération des mangroves, méga-aspirateurs d'air, fertilisation de l'océan : quelles sont les techniques les plus prometteuses ?

90
Découverte d'une exolune

Les dossiers

90 ASTRONOMIE
On a enfin découvert une exolune

96 **Météorologie**
Canicules : comment mieux les prévoir

102 **Mathématiques**
Nœuds : il existe une formule pour les classer

106 **Virologie**
Virus : voici comment ils sautent d'une espèce à l'autre

122
La langue du caméléon

C'est dans nos vies

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

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

Ce numéro comporte, sur tout ou partie de sa diffusion : un cadeau mailing Science & Vie Montre connectée posé sur la C4 ; un encart Reworld Media SVIE 1309 Patagonie 27, posé sur la C4.

2034 ÉLECTION PRÉSIDENTIELLE
VOTEZ POUR
BISCUITO
LE FUTUR
EST IMPRÉVISIBLE.
Pas la garantie de votre Citroën.
JUSQU'À
8
ANS
CITROËN,
WE CARE
GARANTIE
AUTOMOBILES CITROËN : RCS PARIS 642 050 199
Pour les trajets courts, privilégiez la marche ou le vélo. #SeDéplacerMoinsPolluer

2034 ÉLECTION PRÉSIDENTIELLE
VOTEZ POUR
BISCUITO
CITROËN
SUV CITROËN C3 AIRCROSS
DÉCOUVREZ L'OFFRE
A
B 120 g CO2/km
C
D
E
F
G
Citroën We Care : Valable dans le réseau Citroën participant dans la double limite de 8 ans - 2 ans de garantie constructeur inclus - et 160 000 km.
CITROËN

Forum

Merci d'adresser vos courriers à : sev.lecteurs@reworldmedia.com

NUIT DE JOUR

Dans ce numéro dédié à la lumière et ses effets, vous évoquez un projet de miroirs spatiaux pour éclairer la Terre la nuit… Mais l'absence de lumière ne serait-elle pas aussi indispensable que la lumière pour la santé ?

Marie Souque, Bordeaux (33)

S&V Effectivement… L'alternance jour/nuit est un signal essentiel pour notre horloge biologique. Avec un impact sur notre santé : *"La pollution lumineuse provoque des troubles du sommeil (apnée du sommeil, insomnie…)"*, rappelle Jacques Taillard, à l'université de Bordeaux. Selon une étude de 2026, les personnes les plus exposées à la lumière artificielle nocturne ont un risque augmenté de 27 % de développer ces pathologies… Qui elles-mêmes favorisent l'apparition de maladies chroniques : cancers, maladies cardio-vasculaires ou métaboliques (hypertension, diabète, obésité…), etc. La santé mentale paraît elle aussi souffrir d'un trop-plein de lumière : 82 % des suicides survenus au Groenland entre 1968 et 2002 se sont produits entre fin mars et fin octobre, une période de sept mois sans nuit : l'été, le jour est éternel ; avant et après, il ne tombe qu'un crépuscule.

Alors, certes, le satellite Eärendil-1 de Reflect Orbital n'éclairera que quelques minutes une zone de 5 km de largeur avec une luminosité comparable à celle de la pleine Lune. Mais la société prévoit, à terme, une constellation de 50 000 engins ! Là, fournir une preuve de leur innocuité avant lancement paraît indispensable – et pas seulement pour les humains.

> Plus on avance dans le temps, plus on se rend compte que les auteurs de science-fiction avaient, ou auront, peut-être raison…

Emmanuel Boivin, La Roche-sur-Yon (85)

MOINS D'ÉLÈVES PAR CLASSE : TOUT LE MONDE EST GAGNANT

Dans votre dossier sur l'intelligence *(n°1307, p. 62)*, vous n'abordez pas la hausse du nombre d'élèves par classe. Pourrait-elle aggraver la chute du niveau à l'école en France ?

Camille Abrard, Lyon (69)

S&V Oui, et les études montrent qu'inverser la tendance serait bénéfique. L'Institut des politiques publiques (IPP) estimait en 2017 que passer l'effectif d'une classe de 24 à 12 élèves pouvait réduire jusqu'à 50 % l'écart entre enfants favorisés et défa-

Question d'intelligence

Votre définition de l'intelligence *(n°1308, p.62)* – faculté de comprendre le monde afin de pouvoir s'adapter aux défis qu'il pose – convient aussi bien à de nombreux animaux qu'à nous ! Elle ne caractérise donc pas l'intelligence spécifiquement humaine, qui repose avant tout, selon moi, sur la faculté de se poser des questions. Ces questions, elles, n'ont aucun lien avec un problème immédiat impactant la survie : elles peuvent être scientifiques ou philosophiques… et il en naît spontanément une myriade dans nos esprits – aucun autre animal, ou si peu, n'est capable de cela. À noter que cette définition exclut aussi les machines, qui répondent aux questions qu'on leur pose mais sont incapables de s'en poser à elles-mêmes, juste pour le plaisir.

Henry Manguy, internet

vorisés au début du primaire. La baisse démographique actuelle fait ainsi apparaître une opportunité : *"Celle d'abaisser le nombre d'élèves par classe, plutôt que le nombre d'enseignants"*, pointe Stéphane Bonnéry, chercheur en sciences de l'éducation. Une autre analyse de l'IPP de 2025 a évalué les bénéfices potentiels : si supprimer les quelque 50 000 postes concernés d'ici à 2034 ferait économiser 3,4 Md€/an, les maintenir ferait passer la taille moyenne de classe de 22,4 à 18,2 élèves… avec un gain indirect de 4,5 Md€/an grâce à l'amélioration du niveau scolaire et l'insertion professionnelle des élèves, et 2,9 Md€/an de recettes fiscales en plus. Gagnant / gagnant.

M.TUMELAIRE

L'ÉTOILE-TROU NOIR : PLUS QU'UNE THÉORIE

Nous vous avions présenté ce monstre il y a plus de deux ans déjà *(n°1278, p.68)* : l'étoile-trou noir était l'un ces astres jamais observés, mais dont les astrophysiciens supposaient l'existence de par la seule théorie… Eh bien voilà qu'en août dernier, une équipe internationale d'astronomes a annoncé la détection du premier spécimen ! Il se cachait dans les données du JWST sous la forme d'un point rouge d'une intense brillance situé à 13,2 milliards d'années-lumière de la Terre, baptisé MoM-BH*-1. Une étoile géante, à première vue… sauf qu'il rayonnait 100 milliards de fois plus que n'importe quelle étoile connue, d'une luminosité impossible à produire par fusion nucléaire – la réaction qui se déroule au cœur des étoiles. Une solution : *"C'est en fait un jeune trou noir enveloppé dans un dense cocon de gaz"*, explique Rohan Naidu, astronome à l'université d'Hawaï (États-Unis) et coauteur de l'étude. Les implications de cette découverte sont considérables, le JWST détectant des dizaines de ces points rouges. *"Si chacun d'eux est une étoile-trou noir, elles sont peut-être à un stade juvénile des trous noirs supermassifs"*, estime Rohan Naidu. Selon les simulations, le trou noir ici pèserait environ 100 000 masses solaires et serait entouré d'une enveloppe de gaz de la taille de notre Système solaire. L'étoile-trou noir s'étendrait ainsi sur environ 150 milliards de kilomètres – un monstre avait-on dit.

Évrard-Ouicem Eljaouhari

RECHERCHE EN CHINE : DEUX DRAMES RÉVÉLÉS

En juin 2024 *(n°1281, p. 36)*, nous enquêtions sur les questions éthiques soulevées par certaines manipulations génétiques menées sur des humains en Chine. Et voilà que fin juillet, une enquête de la revue *Science* a révélé le décès d'une jeune Chinoise de 6 ans survenu en mars 2025, lors d'un essai clinique de thérapie génique contre une maladie neurodéveloppementale. Il s'appuyait sur le *base editing*, une technologie qui avait permis de soigner le bébé KJ *(n°1294, p. 44)* alors atteint d'une maladie métabolique rare. *"Ce n'est pas la technologie qui est en cause, mais la méthode pour la délivrer,* affirme Anthony Flamier, biologiste moléculaire au CHU Sainte-Justine, à Montréal (Canada). *Les chercheurs ont utilisé des virus, comme souvent, mais à des doses très élevées, provoquant une réaction immunitaire mortelle ! En Europe et en Amérique du Nord, les agences réglementaires n'auraient même pas autorisé l'essai préclinique sur les singes car ce dosage rend la thérapie difficilement transposable à l'humain, a fortiori chez un enfant."* En Chine, des lésions graves ont d'ailleurs été observées chez les macaques lors des premiers essais. *"Cela aurait dû alerter les investigateurs"*, souffle le chercheur. Très récemment, un second décès a de nouveau été révélé : celui d'un jeune patient chinois participant à un essai contre la myopathie de Duchenne, lui aussi survenu début 2025…

Coralie Hancok

M.TUMELAIRE

VITESSE DE CROISIÈRE SPATIALE

Les 22 milliards de térawatts qu'il faudrait consommer pour rallier le système Alpha du Centaure en vaisseau spatial m'interrogent *(n°1307, p. 52)*… Puisqu'il n'y a pas d'air dans l'espace, ne suffirait-il pas d'insuffler au véhicule la vitesse nécessaire au départ de notre système, puis de le freiner à l'arrivée ?

Pascal Pasdeloup, internet

S&V Vous avez tout à fait raison : dans l'espace interstellaire, le vaisseau ne subit pratiquement pas de frottements ; il peut donc, une fois lancé, continuer à avancer, moteur éteint, grâce à sa seule inertie. Reste qu'il faut l'atteindre, cette allure de croisière… Or si l'on veut parcourir les quelque 4,4 années-lumière qui séparent la Terre d'Alpha du Centaure en un peu moins de six ans, la vitesse moyenne doit être faramineuse, proche de celle de la lumière ! Ce qui demande une formidable accélération et donc une quantité phénoménale d'énergie, qu'il faudra par la suite dissiper en freinant avec une énergie tout aussi égale… Au total, on retrouve alors les 22 milliards de térawatts évoqués pour le Venture Star d'*Avatar*. *"Ils représentent l'énergie de mouvement du vaisseau"*, assure Roland Lehoucq, astrophysicien au CEA.

À noter que, pour un voyage d'une même durée, l'énergie dépensée sera la même quelles que soient les conditions de décélération ou d'accélération – fulgurante pour atteindre une vitesse de croisière moyenne mais très rapidement, ou prolongée pour une vitesse maximale élevée atteinte lentement. Bref, sans antimatière ou autre nouvelle source d'énergie folle, Alpha du Centaure restera hors de portée, sauf en se lançant dans un voyage d'une durée de centaines de générations sûrement…

Erratum

Christian Buyse, sur internet, nous fait remarquer que placer la province chinoise du Yunnan au Mexique, tout en empiétant sur les États-Unis *(n°1308, p. 44)*, c'est risquer de provoquer une crise diplomatique majeure ! Toutes nos excuses pour cette boulette explosive – le globe du mois précédent n'a pas été remplacé par le nouveau. La coupable est partie récupérer tous les *S&V* envoyés à l'international afin qu'aucun des trois chefs d'État concernés ne tombe sur l'un deux… La punition attendra.

N°7

DS SÉRÉNITÉ*
JUSQU'À 8 ANS
GARANTIE PREMIUM

0 g CO_2/km A
B
C
D
E
F
G

SILHOUETTE AÉRODYNAMIQUE

DS AUTOMOBILES

DS *préfère* TotalEnergies – *Voir les conditions DS SÉRÉNITÉ sur DSautomobiles.fr
CONSOMMATIONS ET ÉMISSIONS DE CO_2 DE DS N°7 : 0 L/100 KM ET 0 G/KM. DS Automobiles RCS Paris 642 050 199.

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

Giliane Douls
pour le marketing Science & Vie

CÉLÉBRONS LA FÊTE DE LA SCIENCE !

Comme chaque année, toute la galaxie *Science & Vie* est partenaire de la Fête de la science. Pour cette édition, nous vous donnons rendez-vous au Musée des Arts et Métiers (MuAM) du vendredi 2 octobre au soir au dimanche 4 octobre. Au programme ? Des animations, des découvertes et surtout des moments forts : par exemple, le samedi 3 octobre à 16 h 45, nous remettrons les prix aux gagnants de notre concours de photo “Science en vues” en présence de notre parrain Greg Lecoeur, photographe-biologiste. Et le dimanche, de 11 h 30 à 12 h 30, nous célébrerons les 5 ans de notre magazine *Mon Petit Science & Vie* ! Notre mascotte Nano viendra souffler ses bougies, signer des autographes et distribuer plein de cadeaux aux jeunes lecteurs. On espère vous y voir nombreuses et nombreux !

Programme du MuAM : arts-et-metiers.net

Programme de la Fête de la science : fetedelascience.fr

SCIENCE & VIE PARTENAIRE DU SOMMET INTERNATIONAL SUR L'ESPACE

Science & Vie est fier d'avoir été partenaire du Sommet international sur l'espace, qui s'est tenu à Paris les 9 et 10 septembre au Grand Palais à l'initiative d'Emmanuel Macron. Alors que l'exploration spatiale connaît une nouvelle accélération, avec notamment le programme Artemis, qui prépare le retour de l'humain sur la Lune, et des missions comme ClearSpace-1, qui ouvrent la voie à un espace plus durable, ce rendez-vous a permis de réfléchir à l'avenir de notre présence dans l'espace. La mission Epsilon de l'astronaute française Sophie Adenot en est une illustration. Parce que l'espace passionne nos lecteurs et que *Science & Vie* l'explore régulièrement dans ses pages, il était naturel pour nous de soutenir ce sommet et de partager ces grandes aventures scientifiques, tout en s'interrogeant sur les enjeux de durabilité et de souveraineté.

M.TUMELAIRE

Nimenrix®

Vaccin méningococcique conjugué des sérogroupes A, C, W_{135} et Y

Ils explorent le monde.
Protégeons-les de la méningite à méningocoques ACWY.

La Haute Autorité de Santé recommande la vaccination contre les méningites à méningocoques A, C, W et Y chez tous les adolescents de 11 à 14 ans avec un rattrapage possible jusqu'à 24 ans.

Nimenrix® est un vaccin indiqué contre les méningites à méningocoques des groupes ACWY qui doit être utilisé selon les recommandations officielles.
Médicament de prévention, lisez attentivement la notice et demandez conseil à votre pharmacien.
Tout médicament peut exposer à des risques, parlez-en à votre pharmacien ou votre médecin.

PARLEZ-EN À VOTRE PHARMACIEN OU À VOTRE MÉDECIN

Conformément au calendrier vaccinal, la vaccination contre les infections invasives à méningocoques (IIM) de sérogroupes ACWY est :

- Obligatoire chez tous les nourrissons selon un schéma vaccinal à deux doses : une dose à l'âge de 6 mois suivie d'une dose de rappel à l'âge de 12 mois. Pour tous les nourrissons n'ayant jamais été vaccinés contre les sérogroupes ACWY (y compris ceux ayant déjà été vaccinés contre le sérogroupe C), la vaccination de rattrapage entre 12 et 24 mois nécessite une dose de vaccin contre les méningocoques ACWY.
- Recommandée chez tous les adolescents âgés de 11 à 14 ans (jusqu'à la date du 15ème anniversaire), en utilisant les vaccins tétravalents, selon un schéma à une dose, indépendamment de leur statut vaccinal. Un enfant ayant été vacciné antérieurement par un vaccin ACWY ou un vaccin méningococcique C avant l'âge de 11 ans pourra bénéficier d'une dose de vaccin entre 11 et 14 ans.
- Recommandée, dans le cadre du rattrapage vaccinal, aux personnes âgées de 15 à 24 ans révolus (jusqu'à la date du 25ème anniversaire) selon un schéma à une dose.

En outre, il est recommandé :

- Un rattrapage transitoire pour les enfants jusqu'à 4 ans révolus (jusqu'à la date du 5ème anniversaire) pour les vaccinations contre les méningocoques ACWY.
- Le renforcement de la vaccination des adolescents et des adultes jeunes avec la mise en place effective du rattrapage de la vaccination contre les méningocoques ACWY pour les jeunes âgés de 15 à 24 ans (jusqu'à la date du 25ème anniversaire).

Pour plus d'informations, veuillez consulter le calendrier vaccinal disponible sur sante.gouv.fr

Visa N° 25/09/69241562/GP/003

PP-NIM-FRA-0217 - 03/2026 - Pfizer, société par actions simplifiée au capital de 47 570 €. Siège Social 23-25 avenue du Docteur Lannelongue 75014 Paris - 433 623 550 RCS Paris. SIREN 433 623 550. SIRET 433 623 550 00020. N° TVA Intracommunautaire FR 73 433 623 550. Locataire-gérant de Pfizer Holding France.

Pfizer

NOUVELLE ÉDITION DE L'AUTOMNE DE LA SCIENCE

"L'Automne de la science", dont *Science & Vie* est partenaire, est de retour pour une édition consacrée à la bio-inspiration, un domaine de la recherche qui consiste à étudier la nature pour s'en inspirer. Dans plus de 40 bibliothèques, ce sont des conférences, rencontres, tables rondes, mais aussi des ateliers et projections qui vous emmènent à la rencontre du vivant et de tout ce qu'il a à nous apprendre. Coraux, plantes exotiques, serpents, oiseaux, libellules… La faune et la flore de notre planète dévoilent leurs secrets et les applications que l'on peut en faire, dans des domaines aussi variés que l'architecture, la médecine, l'aéronautique, mais aussi l'art et la musique. C'est toute une programmation accessible aux petits et grands, toujours gratuite, à laquelle les bibliothèques invitent tous les curieux et amoureux de la nature!

Plus d'infos: bibliotheques.paris.fr

CHAMPIGNOMANIA

Longtemps cantonnés aux sous-bois et aux casseroles, les champignons révèlent aujourd'hui un royaume aux pouvoirs insoupçonnés. Ils pourraient vaincre l'antibiorésistance, traiter la dépression, remplacer les engrais, dépolluer les marées noires et même devenir les matériaux de demain…

S&V Hors-Série n°327, 6,90 €

LES SECRETS DE L'ÉGYPTE ANCIENNE

Ce hors-série explore les multiples facettes de la civilisation égyptienne de l'Antiquité, des rites funéraires aux pratiques médicales, de l'exercice du pouvoir aux grands chantiers monumentaux, sans oublier le quotidien des scribes, artisans, médecins ou paysans.

Les Cahiers de S&V Hors-Série, 19,90 €

DES ALIMENTS AU POUVOIR ÉTONNANT

Les potions de *Harry Potter*, le pain elfique du *Seigneur des anneaux*, les champignons boosters de *Mario Kart*… Des scientifiques épluchent avec nous les recettes de 10 mets imaginaires, dotés de propriétés hors du commun. Un dossier à déguster sans modération!

S&V Junior n°445, 5,30 €

QUESTIONS EN VRAC

Dans ce numéro, on répond à des questions que tu te poses tous les jours! Comment la lampe à lave produit ses jolies formes? D'où viennent les rayures de ton dentifrice? Qui fabrique les bulles du papier bulle? On te révèle tous les secrets les mieux gardés de ta maison.

S&V Découvertes n°334, 5,95 €

CHERCHE ET TROUVE

Pars à la rencontre des animaux champions du cache-cache. Pourquoi se camouflent-ils? Comment certains font-ils pour se rendre presque invisibles? Nano répond à toutes tes questions et te propose un jeu rigolo: retrouve les animaux cachés dans les photos du dossier.

Mon Petit S&V n°62, 5,95 €

DR

OPEL GRANDLAND

LE GRAND SUV FAMILIAL

DÈS **365 €**/MOIS (1)

SANS APPORT
ET SURÉQUIPÉ

LLD 48 mois - 40 000 km

OPEL

JUSQU'À **8** ANS **DE GARANTIE SPÉCIALE***

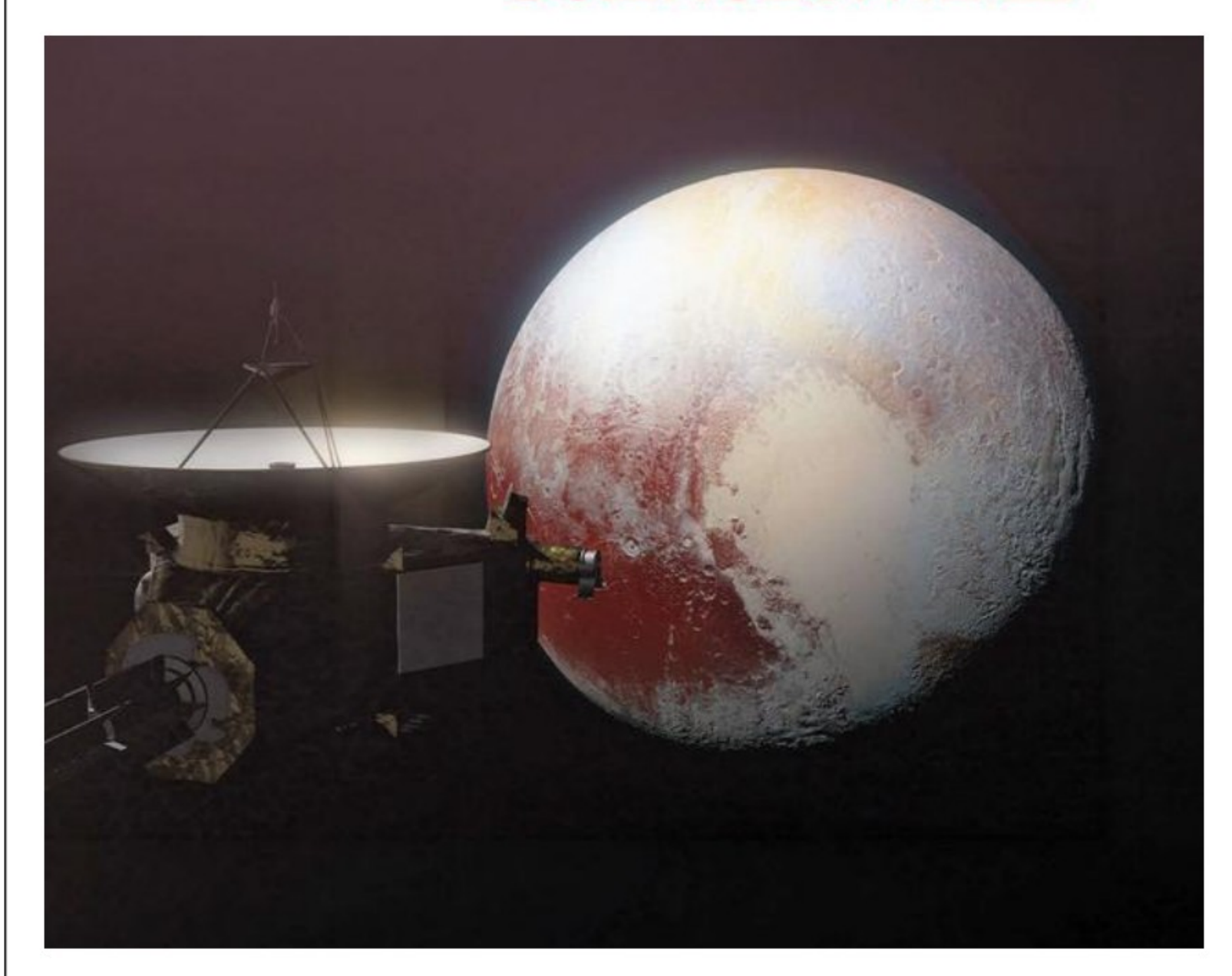
(1) Exemple pour une location longue durée de 48 mois / 40 000 km pour un Opel Grandland GS hybride 145 ch neuf hors options, sans apport, suivie de 48 loyers de 365 €/mois. Assistance et extension de garantie incluses selon les conditions du contrat. Offre réservée aux particuliers, sous condition de reprise d'un véhicule éligible. Sous réserve d'acceptation du dossier par CREDIPAR, loueur, SA au capital de 138 517 008 €, RCS Versailles n°317 425 981, ORIAS n°07 004 921 (www.Orias.Fr), 43 rue Jean-Pierre Timbaud, 78300 Poissy. Montants exprimés TTC hors assurances facultatives. Offre non cumulable, valable pour toute commande jusqu'au 30/09/2026 auprès du réseau Opel participant et pour toute immatriculation avant le 30/11/2026, dans la limite des stocks disponibles. Tarif au 01/09/2026. Le service extension de garantie premium peut être souscrit indépendamment de toute offre de LLD selon les conditions disponibles dans le réseau Opel participant.
*Garantie spéciale Opel : voir conditions sur Opel.fr

Modèle présenté : Opel Grandland GS électrique 213 ch batterie 73 kwh neuf avec options, sans apport, suivi de 48 loyers de **415 €/ mois**. Assistance et extension de garantie incluses selon les conditions du contrat. Consommation électrique mixte : 17,0 à 17,5 kwh/100 km. Émissions de CO_2 : 0 g/km (cycle WLTP).

Au quotidien, prenez les transports en commun #SeDéplacerMoinsPolluer

Votre programme en octobre sur

SCIENCE&VIE TV



NEW HORIZONS : UN NOUVEAU REGARD SUR PLUTON

En 2015, la sonde New Horizons atteint les confins du Système solaire et capture les premières images rapprochées de Pluton. Les données qu'elle renvoie sidèrent la communauté scientifique : la planète naine, que l'on pensait géologiquement inerte, révèle au contraire un monde actif, complexe et profondément incompris.

À travers les témoignages de nombreux scientifiques impliqués dans la mission, ce documentaire retrace l'incroyable aventure de New Horizons et revient sur les découvertes majeures qu'elle a permises. Les images de la surface de Pluton, explorées ici en détail, dévoilent des paysages aussi spectaculaires qu'inattendus : montagnes de glace, glacier d'azote, volcans actifs… Ces nouvelles observations soulèvent de grandes questions, de la possible présence d'un océan enfoui à la composition chimique de l'atmosphère, en passant par l'éventualité d'une vie extraterrestre.

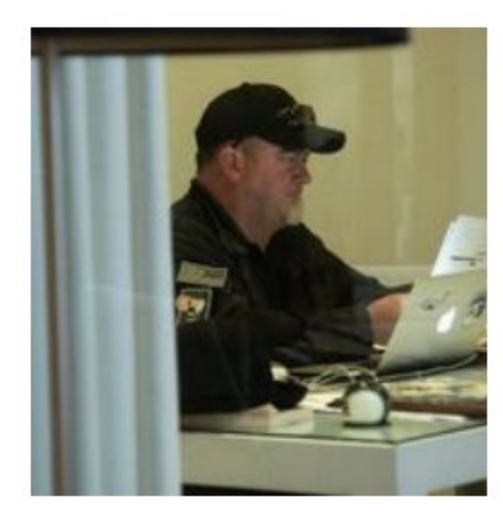
Une plongée passionnante au cœur d'une mission qui a totalement changé notre regard sur l'un des mondes les plus lointains du Système solaire. Longtemps considérée comme une simple boule de glace inerte, Pluton, nommée d'après le dieu romain des enfers, semble ainsi bel et bien revenue d'entre les morts.

Pluton : mystères aux frontières du Système solaire
Mardi 6 octobre à 20h45 - Inédit

OBJECTIF OVNIS

En 2018, le *New York Times* révèle l'existence d'un programme secret du gouvernement américain consacré aux ovnis. Soutenu par des politiciens et financiers influents, ce projet mené entre 2007 et 2012 aurait rassemblé des preuves troublantes dans un rapport de 600 pages. Cette série explore pour la première fois son contenu à travers des vidéos inédites, témoignages d'anciens militaires, responsables du renseignement, etc. : objets filmés au-dessus des océans, affaires tues par l'armée, incidents inexpliqués… Au fil de l'enquête, une même question s'impose : que savent vraiment les autorités sur le phénomène ovni ?

Ovnis : l'enquête américaine
2 épisodes chaque lundi à 20h45, du 12 au 26 octobre



© BBC 2019 © 2019 A&E TELEVISION NETWORKS, LLC. ALL RIGHTS RESERVED

Offre réservée aux abonnés de *Science & Vie*
Plus d'informations sur @scienceetvietv

Une chaîne Mediawan

Disponible sur

orange CANAL 130
SFR CANAL 182
free CANAL 560
bouygues TELECOM CANAL 127
BIS Télévisions CANAL 38
prime video CHANNELS
Molotov.TV

Ecologic

Redonnez vie à vos appareils multi-tech.

Visuel généré par IA

Avec le Bonus Réparation,
bénéficiez d'une réduction sur votre facture.

Trouvez un réparateur labellisé.

© Ecologic 2026 - RCS Versailles 487 741 969 - SAS au capital de 96 000 €

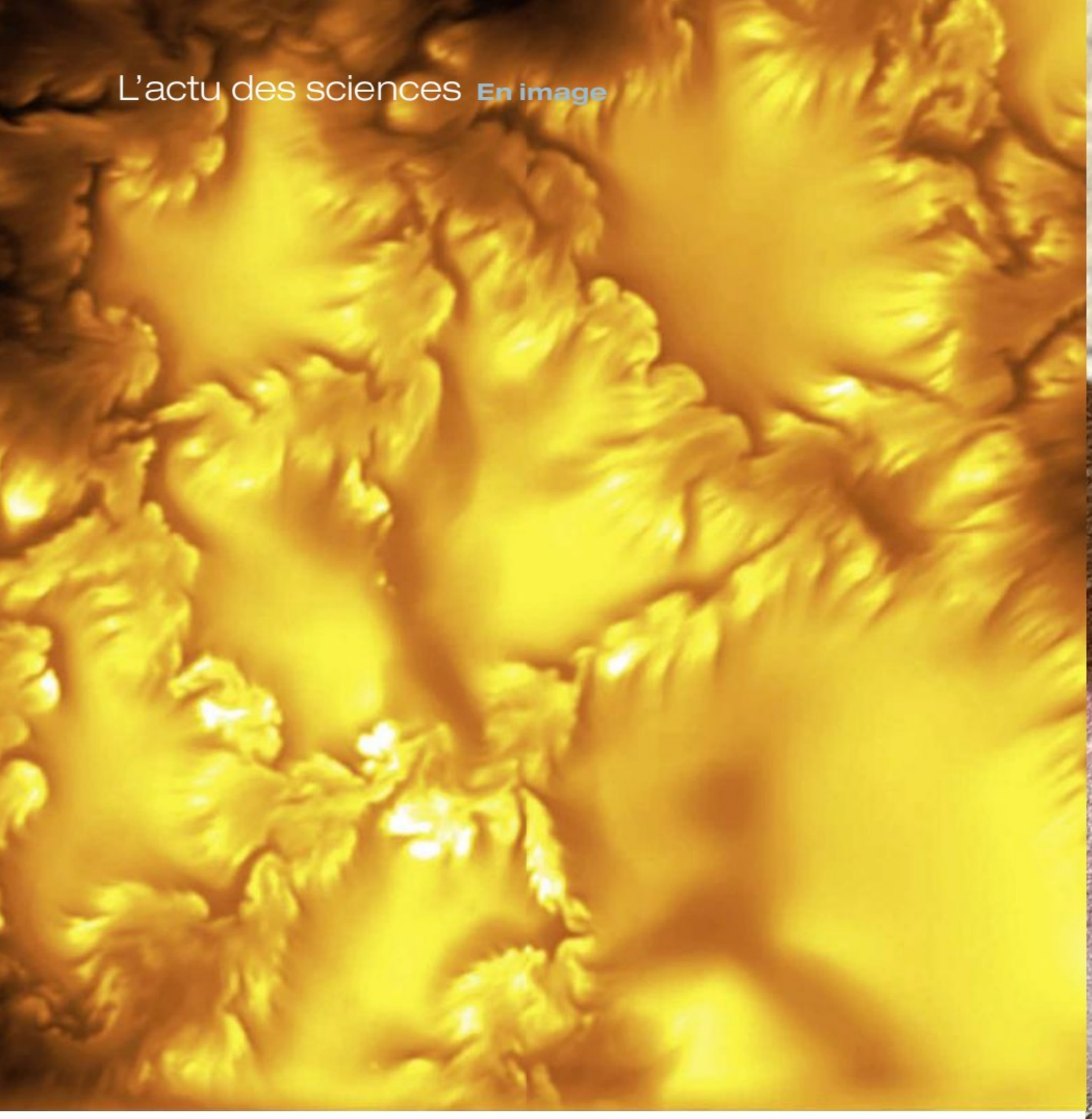
GLACIOLOGIE

UNE ÎLE DE GLACE EST NÉE

C'était ce 4 août, à 20 h UTC, au nord-ouest du Groenland. Le glacier Petermann s'est brisé au niveau de sa langue, donnant naissance à une île de glace de 76,4 km² – une superficie équivalente à celle de la ville de Nice – et jusqu'à 150 m d'épaisseur. Prévu il y a plusieurs années, c'est le vêlage le plus important de ces six dernières années en Arctique, et un véritable spectacle pour les chercheurs qui ont pu y assister : *"C'était remarquable de voir enfin cet événement se produire, nous l'attendions depuis longtemps !"* témoigne Adam Garbo, doctorant en glaciologie à l'université d'Ottawa et membre de l'équipe chargée de suivre l'évolution du glacier depuis 2019. Désormais, l'immense structure dérive sous l'influence des vents, des courants océaniques et de la banquise. Elle pourrait parcourir des milliers de kilomètres avant de se fracturer en morceaux et de fondre : c'est l'occasion pour les scientifiques de suivre le cycle de vie d'une île de glace depuis sa création à sa disparition. D'autres naissances sont à venir : *"Nous avons déjà identifié deux autres sections de la langue de Petermann qui présentent d'importantes fractures et sont susceptibles de former des îles."* Elles pourraient être plus étendues encore que la nouveau-née : environ 94 km² pour celle qui se détachera en premier, 84 km² pour la deuxième, 22 % de la superficie du glacier au total. **M.L.**

ADAM GARBO

Le glacier Petermann s'est brisé en 2019. C'est toute la partie gauche qui vient de se détacher.



NSF/NSO/AURA/MPS - ALBERTO MARTÍNEZ VILLA

△ Il s'agit des images du Soleil les plus détaillées jamais prises.

ASTRONOMIE

IL Y A DES VORTEX SUR LE SOLEIL

On suspectait bien que de formidables perturbations se formaient sur la surface de notre étoile, aux zones limitrophes des bulles de plasma chaud, du fait d'un phénomène physique nommé instabilité de Kelvin-Helmholtz… Une équipe internationale de chercheurs vient de le confirmer : il s'y trouve des vortex de 20 km de diamètre ! Détecter de telles structures depuis la Terre n'est pas une mince affaire : cela revient à chercher une pièce de 1 € à 180 km de distance… L'équipe a remporté le pari à l'aide du plus puissant télescope solaire au monde, le Daniel Inouye, à Hawaï. *"On l'a poussé jusqu'à sa limite",* s'exclame Friedrich Wöger, coauteur de l'étude. Aussi présents dans les océans et les atmosphères de Jupiter et Saturne, ces vortex du Soleil pourraient jouer un rôle prépondérant dans ses éruptions, en accumulant de l'énergie libérée par la suite de façon explosive. **E.-O.E.**

Des prélèvements au scalpel de pigments de peintures rupestres tombés au sol de la grotte ont livré leurs secrets.

PALÉOGÉNÉTIQUE

ON A EXTRAIT DE L'ADN HUMAIN DES PAROIS D'UNE GROTTE

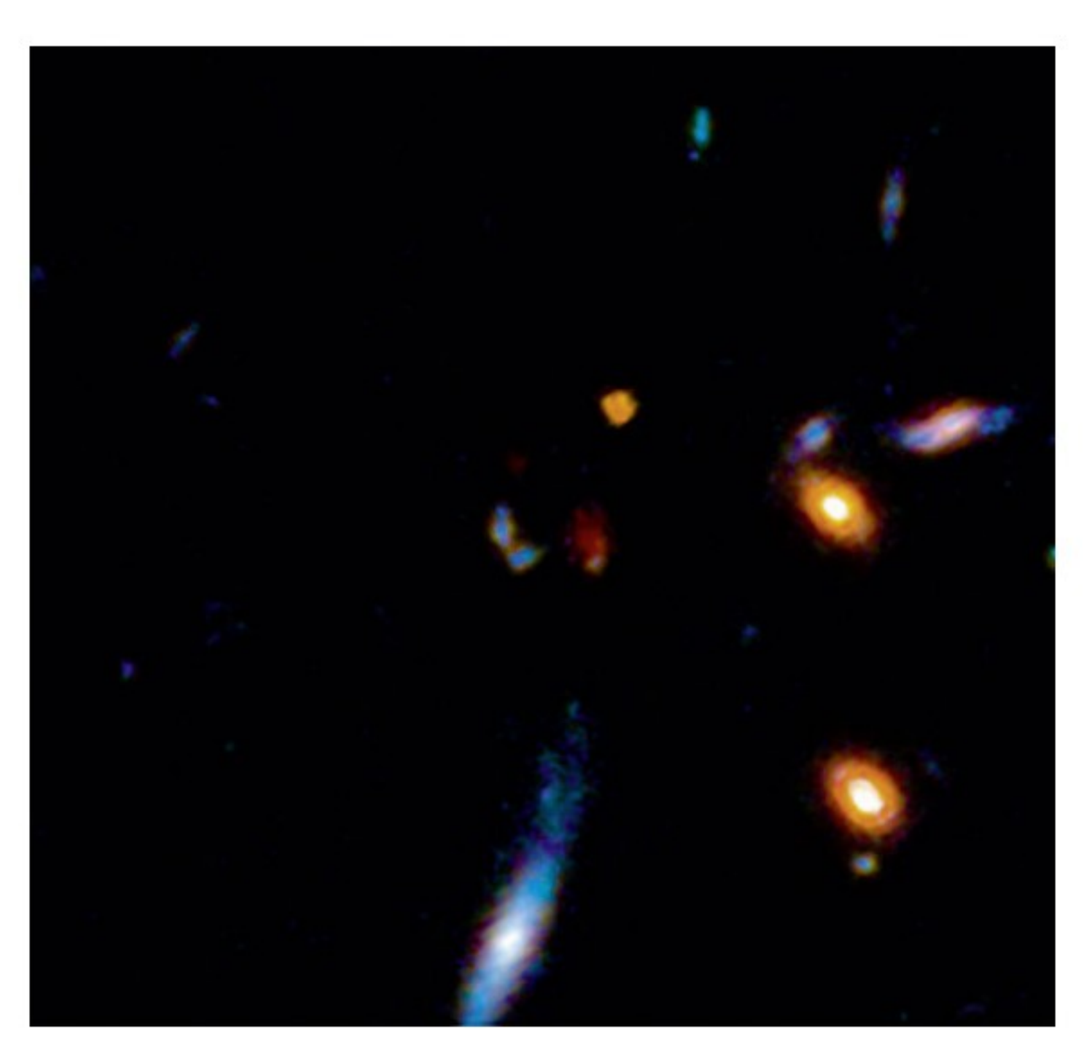
C'est une première : une équipe internationale est parvenue à récolter de l'ADN humain ancien directement depuis les parois d'une grotte ornée, puis à le séquencer. *"Nous ne savions même pas que c'était possible"*, s'exclame Alba Bossoms Mesa, doctorante à l'institut Max-Planck d'anthropologie évolutive en Allemagne et coautrice de l'étude. L'hypothèse des chercheurs ? Que les peintures rupestres renferment encore les empreintes génomiques des humains qui étaient directement à leur contact. Et sur 110 échantillons prélevés dans 11 grottes de la péninsule ibérique, 5 ont révélé des ADN *Homo sapiens.* Et, fait étonnant, 4 d'entre eux étaient des échantillons témoins : issus des mêmes grottes mais prélevés sur des zones non pigmentées ! Les trois de la grotte d'Escoural, au Portugal, dont celui prélevé sur la peinture, correspondent à des individus ayant vécu il y a environ 4 500 ans selon les données culturelles. Les deux provenant de la grotte d'El Covarón, en Espagne, à des humains qui vivaient il y a plus de 1 000 ans, *"mais ils présentent des affinités génétiques avec des groupes de chasseurs-cueilleurs ayant vécu entre 16 000 et 5 000 ans avant notre ère et pourraient donc être bien plus âgés"*, indique la chercheuse. À noter : trois des échantillons révélaient aussi des ADN d'autres animaux – probablement des bovins ; les deux autres, dont celui prélevé sur la peinture, ne contenaient que des traces humaines. Celles de l'artiste ? M.L.

NEUROSCIENCES

EN SOMMEIL PARADOXAL, NOTRE CERVEAU SE FOCALISE SUR LE CORPS

Une découverte faite par des chercheurs de l'université de Lausanne, en Suisse : durant le sommeil dit paradoxal – ou REM *(rapid eye movement),* cette phase caractérisée par une intense activité cérébrale –, notre système nerveux réduit la part de traitement des informations extérieures pour se focaliser sur les stimuli produits par le corps ! L'équipe a observé ce basculement en enregistrant l'activité cérébrale de 25 volontaires endormis soumis à des bruits ou à leurs seuls battements cardiaques. Pourquoi un tel basculement s'opère ? Les hypothèses sont nombreuses. Ce mécanisme pourrait nous protéger, car *"les troubles du sommeil sont souvent associés à des déficiences cardio-vasculaires chez les personnes âgées. Ce changement d'équilibre permet au cerveau de mobiliser davantage de ressources pour réguler les fonctions",* explique Marzia De Lucia, maître de recherche et coautrice de l'étude. Autre piste, ce basculement serait lié aux rêves, qui surviennent majoritairement durant le sommeil REM et semblent contribuer à la régulation des émotions. Enfin, le processus de mémorisation pourrait jouer un rôle. *"Si nous apprenons une séquence au piano, la consolidation de ce type de mémoire s'effectue principalement durant le sommeil REM",* révèle la chercheuse. **A.O.**

∨ Les chercheurs ont étudié l'activité cérébrale de 25 volontaires pendant leur sommeil.



ASTROPHYSIQUE

VOICI L'UN DES QUASARS LES PLUS LOINTAINS JAMAIS OBSERVÉS

Un cliché signé Euclid ! Ce télescope vient de découvrir 31 quasars parmi les plus lointains jamais observés, dont deux qui établissent un nouveau record : ils brillaient alors que l'Univers n'avait que 670 millions d'années, soit 5 % de son âge actuel.

< Le télescope Euclid a repéré des quasars parmi les plus anciens de l'Univers.

Entité la plus brillante de l'Univers, un quasar est formé d'un noyau galactique dont la matière chute dans un trou noir supermassif en pleine phase d'accrétion, libérant une formidable énergie. Les plus anciens sont rares et complexes à distinguer des étoiles ordinaires. *"Il faut un télescope à la fois très large, très profond et très précis dans l'infra-*

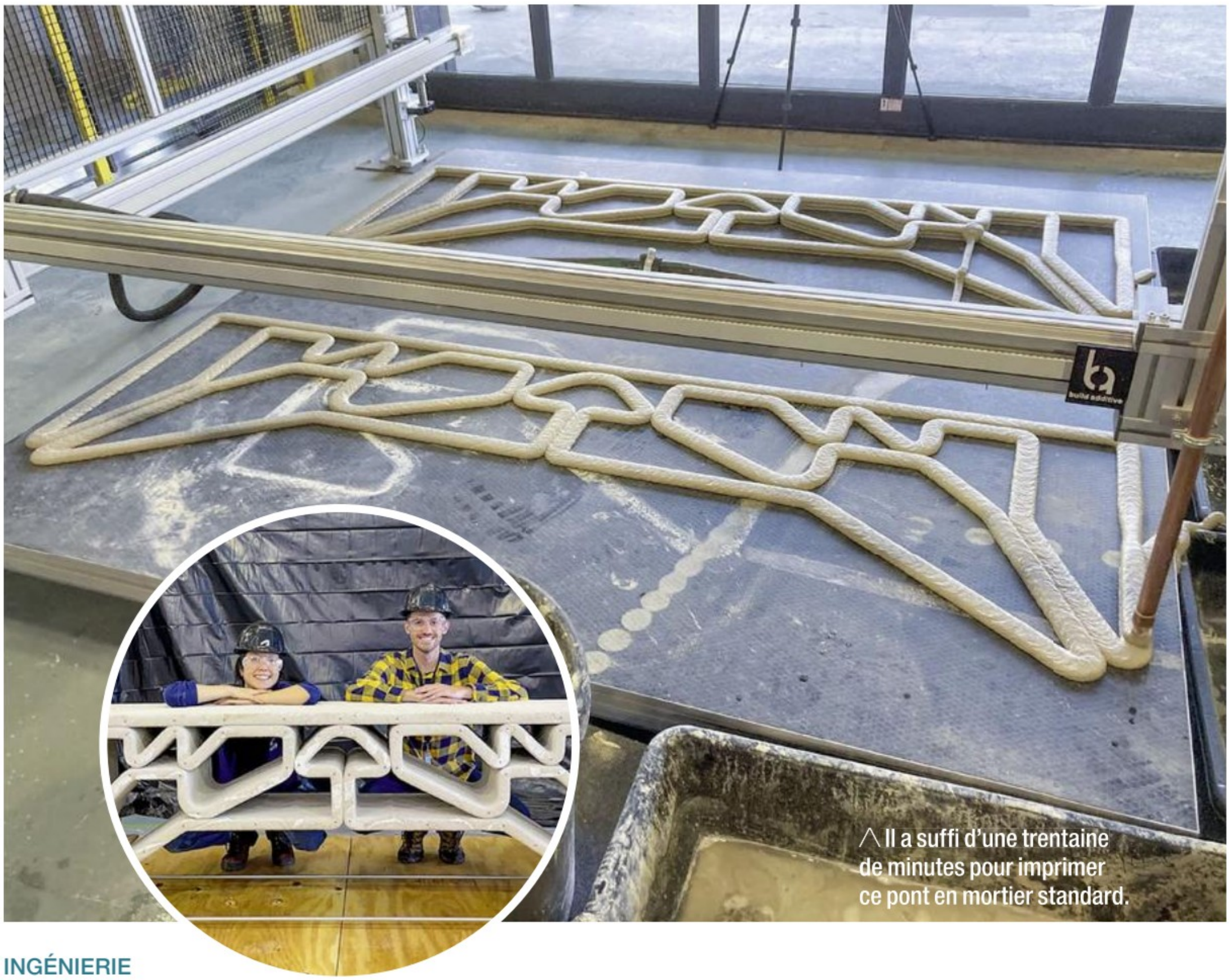
CAMPUS-NEURO.CH - ESA/EUCLID/EUCLID CONSORTIUM/NASA/THE EUCLID SGS/A.BASSET (CNES)

rouge. C'est exactement ce qu'offre Euclid", précise Daming Yang, de l'université de Leyde, aux Pays-Bas, et auteur principal de l'étude. Grâce à lui, les astrophysiciens entendent bien multiplier les découvertes de quasars et même parvenir à les recenser à travers le temps. Les informations à la clé sont précieuses : *"Les quasars renseignent sur la façon dont les premiers trous noirs sont nés et ont grossi,* explique le chercheur. *Les deux records détectés ici, par exemple, abritent des trous noirs de plusieurs centaines de millions de masses solaires. Qu'ils aient pu grossir autant à partir d'étoiles de première génération, et si vite, paraît étonnant, même en avalant du gaz au rythme maximal ! Leur existence suggère donc que la croissance des trous noirs dans l'Univers primitif est plus extrême que ce qu'autorise la théorie standard."* Euclid a du travail. **E.-O.E.**

Ça reste à prouver…

L'HUMAIN N'EST PLUS CANNIBALE PAR RISQUE D'INFECTIONS

L'humain ne consommait de la chair humaine qu'en période d'intense famine : c'est la conclusion de chercheurs hongrois et polonais qui estiment avoir découvert, modèle mathématique à l'appui, pourquoi notre espèce n'était anthropophage que sporadiquement. Et la raison ne serait ni la morale, ni le dégoût, mais le risque : en modélisant l'apport nutritionnel de la chair humaine vis-à-vis des coûts de sa consommation – risque d'infection, digestion, tabou… –, la pratique n'apparaît bénéfique que si toute autre nourriture manque. *"La chair humaine n'offre aucun avantage énergétique exceptionnel par rapport aux autres viandes",* explique Michał Misiak, premier auteur de l'étude. Et comme les risques de contagion entre individus de même espèce sont forts et augmentent avec le temps, le cannibalisme était abandonné dès qu'une autre source de nourriture était disponible. CQFD ? Non : l'explication est loin de faire consensus. D'abord, on ne peut pas réduire des millénaires de comportements culturels à une simple équation. *"Ne pas regarder les données ethnologiques et archéologiques, c'est oublier que les comportements humains sont très complexes et diversifiés, encore plus sur le temps long",* assène la préhistorienne Marylène Patou-Mathis. *"On a aussi retrouvé dans des sites anciens et aux mêmes niveaux archéologiques des ossements d'animaux portant des traces de boucherie et des restes humains consommés,* ajoute Amélie Vialet, maître de conférences au MNHN. *Les conditions de pénurie de nourriture favorisant le cannibalisme ne sont donc pas justes."* Peut-être du cannibalisme symbolique, répond Michał Misiak, qui explique s'être concentré sur le cannibalisme nutritif. V.F.



∧ Il a suffi d'une trentaine de minutes pour imprimer ce pont en mortier standard.

MIT DEPARTMENT OF CIVIL AND ENVIRONMENTAL ENGINEERING

INGÉNIERIE

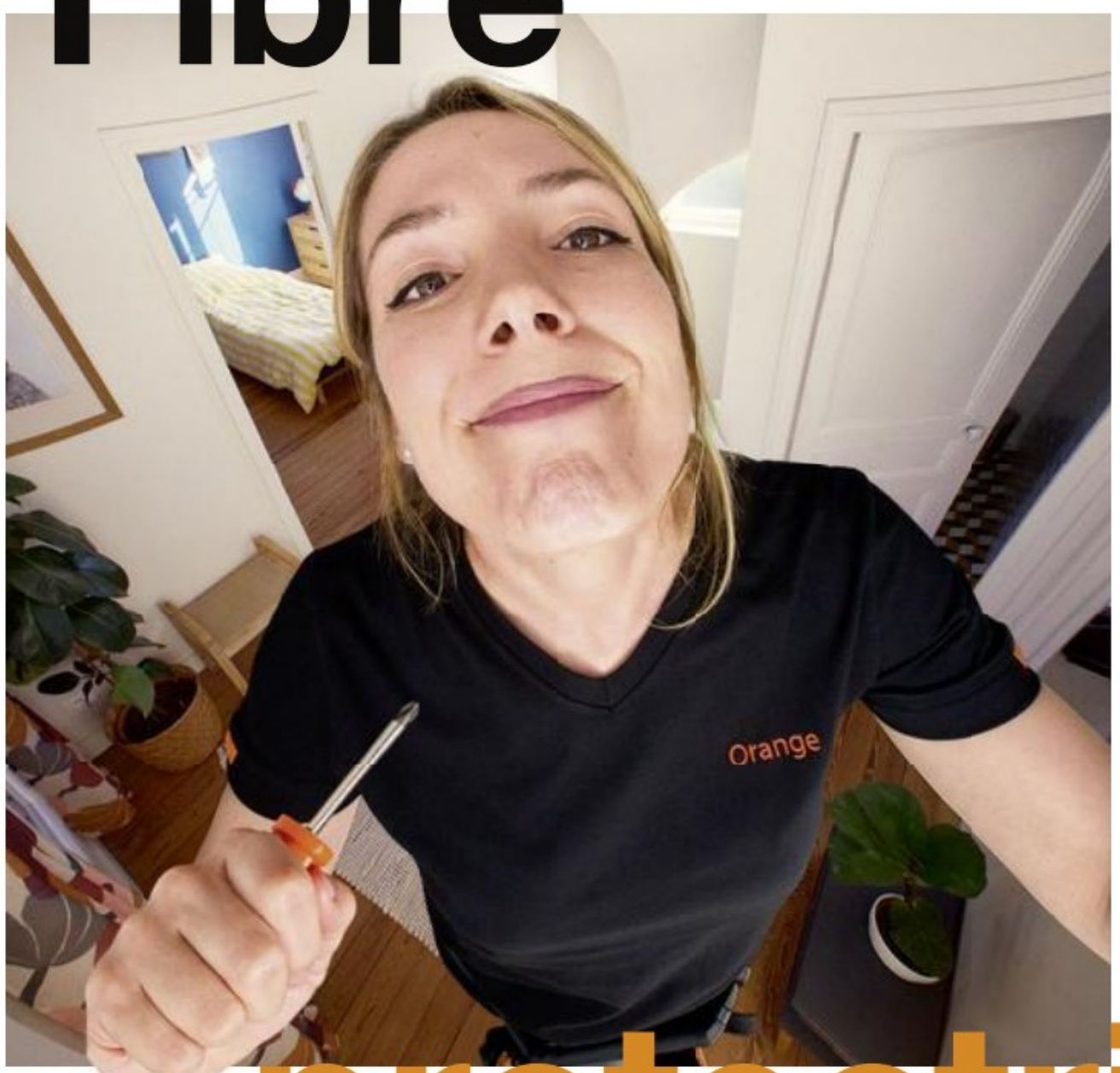
CE PONT IMPRIMÉ EN 3D INTÈGRE LES LIMITES DE L'IMPRIMANTE

Il fait 2,3 m de long, 408 kg, supporte plus de 900 kg sans sourciller… et il a été construit par imprimante 3D en quelques minutes seulement ! Un exploit de rapidité : l'impression de ce type de structure pouvait jusqu'alors nécessiter des jours, car le plan de fabrication théorique ne tenait pas compte des limitations physiques des imprimantes 3D – épaisseur de l'impression, courbure maximale possible de la buse. *"Un énorme travail de post-traitement était donc nécessaire",* commente Josephine Carstensen, chercheuse au MIT, aux États-Unis. Avec son équipe, elle a développé un logiciel qui permet de confronter toutes ces contraintes de l'imprimante à la structure de l'objet à imprimer. Et ainsi optimiser le processus de fabrication au maximum. *"Si cela n'avait pas été fait avant, c'est parce que les calculs étaient très longs,* indique la professeure. *Mais au cours des dernières années, les méthodes de résolution des équations ont gagné en efficacité."* **S.F.**

11 %

C'est la quantité d'énergie économisée par un ibis chauve *(Geronticus eremita)* volant au sein d'une formation en V plutôt que seul. En simulant les tourbillons d'air formés par les battements d'ailes d'un de ces oiseaux, des chercheurs anglais montrent qu'un autre se plaçant derrière et de façon décalée d'un côté ou de l'autre profite d'un courant ascendant et s'économise en battant moins largement des ailes. V.F.

La Fibre



protectrice

Avec Livebox Max Fibre

Orange Maison Protégée
Alarme et Télésurveillance

vous revient à

10€/mois
pour un appartement

Pour la télésurveillance aussi, Orange est là.

Disponible en boutique ou au 3972

Soit une remise de 20€/mois offerte pour toute première souscription à Orange Maison Protégée avec Livebox Max Fibre.

Offres soumises à conditions en France métropolitaine à partir du 20/08/2026 et sous réserve d'éligibilité, engagement 12 mois. Orange Maison Protégée : 30€/mois pour un appartement dont la valeur des biens mobiliers est < 100000€. Frais de mise en service : 49€. Préavis de résiliation : 3 mois. Livebox Max : 57,99€/mois - 20€/mois de remise appliquée sur la facture. Frais de mise en service : 49€. Résiliation : 69€. Perte de la remise en cas de résiliation d'une des offres, de déménagement ou de cession. Conditions sur orange.fr. 3972 : service gratuit + coût d'un appel au tarif normal.

Télésurveillance proposée par Orange Télésurveillance (SASU au capital de 28126657€ - Siège social : 1 avenue du Président Nelson Mandela 94110 Arcueil - RCS Créteil 824 353 973). Autorisation CNAPS : AUT-094-2117-05-16-20180654177. L'autorisation d'exercice ne confère aucune prérogative de puissance publique à l'entreprise ou aux personnes qui en bénéficient. Orange SA au capital de 10640226396€ - 111 quai du Président Roosevelt 92130 Issy-les-Moulineaux. RCS Nanterre 380 129 866.

orange™
est là

3 DÉCOUVERTES SUR…

LES SINGES ET LA GÉOMÉTRIE

Et si l'intuition géométrique n'était pas propre à l'humain ? Une étude de l'université Carnegie Mellon (États-Unis) montre que des babouins et macaques à qui l'on demande d'apparier des formes sur un écran tactile perçoivent les propriétés abstraites d'une forme comme la symétrie ou les angles droits, presque comme des enfants.

PAR **VALENTIN FAIVRE**

1

Les grands singes font de l'arithmétique…

En 1985, la femelle chimpanzé Aï, entraînée par l'éthologue japonais Tetsuro Matsuzawa (université de Kyoto), devient le premier animal à manier les chiffres arabes, de 1 à 9, associant chaque symbole à la quantité réelle d'objets correspondante. Deux ans plus tard, une autre expérience montre que les chimpanzés savent aussi additionner : face à 2 paires de bols de friandises, ils choisissent la paire au total le plus élevé (4+3 plutôt que 1+5) dans 90 % des cas.

2

… et les autres ont le sens de la géométrie…

On considérait que seuls les humains possédaient un système symbolique pour encoder la géométrie. Or, soumis à un même exercice d'appariement de figures, des enfants de 3 à 6 ans, des adultes, des macaques et des babouins ont raisonné de façon comparable. Ainsi, *"les singes semblent voir au-delà des formes. Ils repèrent des principes géométriques abstraits tels le parallélisme, la symétrie et les angles droits"*, précise Jessica Cantlon, coautrice de l'étude. Autrement dit, les singes peuvent raisonner sur la géométrie !

3

… mais l'humain maîtrise l'abstraction

Cette faculté, présente très tôt chez l'humain et chez le singe, semble innée, tandis que le raisonnement abstrait se renforce avec l'âge. Il y aurait donc une part d'acquis. Grâce à un apprentissage scolaire ? Pas forcément. L'étude a testé 79 adultes Tsimane', un peuple autochtone d'Amazonie, très peu scolarisés. Ils obtiennent de meilleurs résultats que les enfants et les singes. Ainsi, notre capacité d'abstraction se développerait surtout avec l'expérience du monde.

SCOTT HAMILTON/RIT

Fournie avec un grand morceau de ciel.

Toit panoramique.*

ID. Polo 100 % électrique

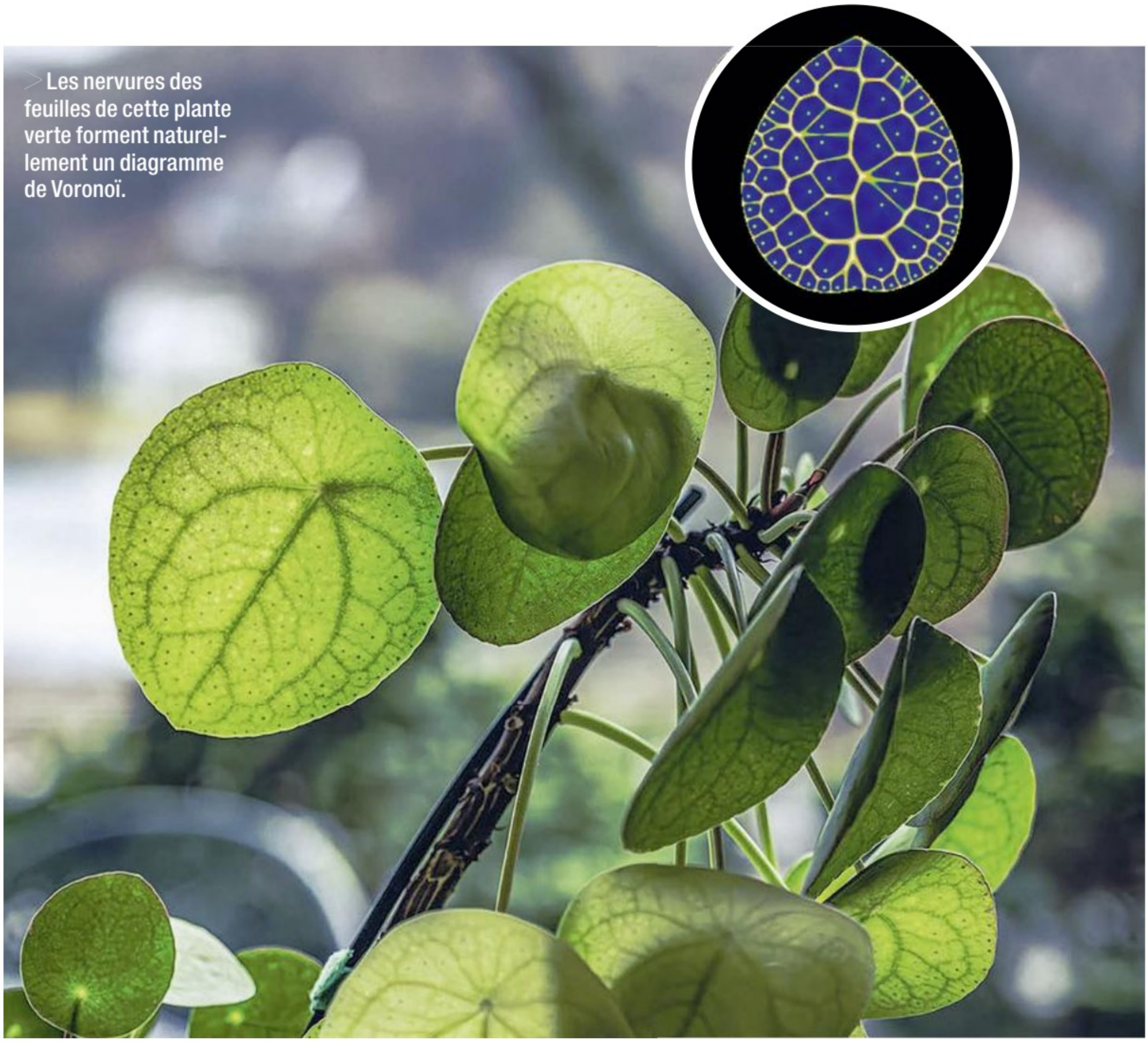
*En option selon finitions.

Modèle présenté : Nouvelle ID.Polo Life Edition avec options. Plus d'informations sur volkswagen.fr

Cycles mixtes gamme Nouvelle ID. Polo WLTP : 13,3-19,2. Rejets de CO_2 (g/km) WLTP : 0 (en phase de roulage). Valeurs au 29/04/2026, susceptibles d'évolution. Plus d'informations auprès de votre Partenaire.

SAS Volkswagen Group France, RCS Soissons 832 277 370.

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



Les nervures des feuilles de cette plante verte forment naturellement un diagramme de Voronoï.

NICK WURM, 2026/CSHL - C.X.ZHENG ET AL.

MATHÉMATIQUES

LES NERVURES DU PILEA SONT MATHÉMATIQUES

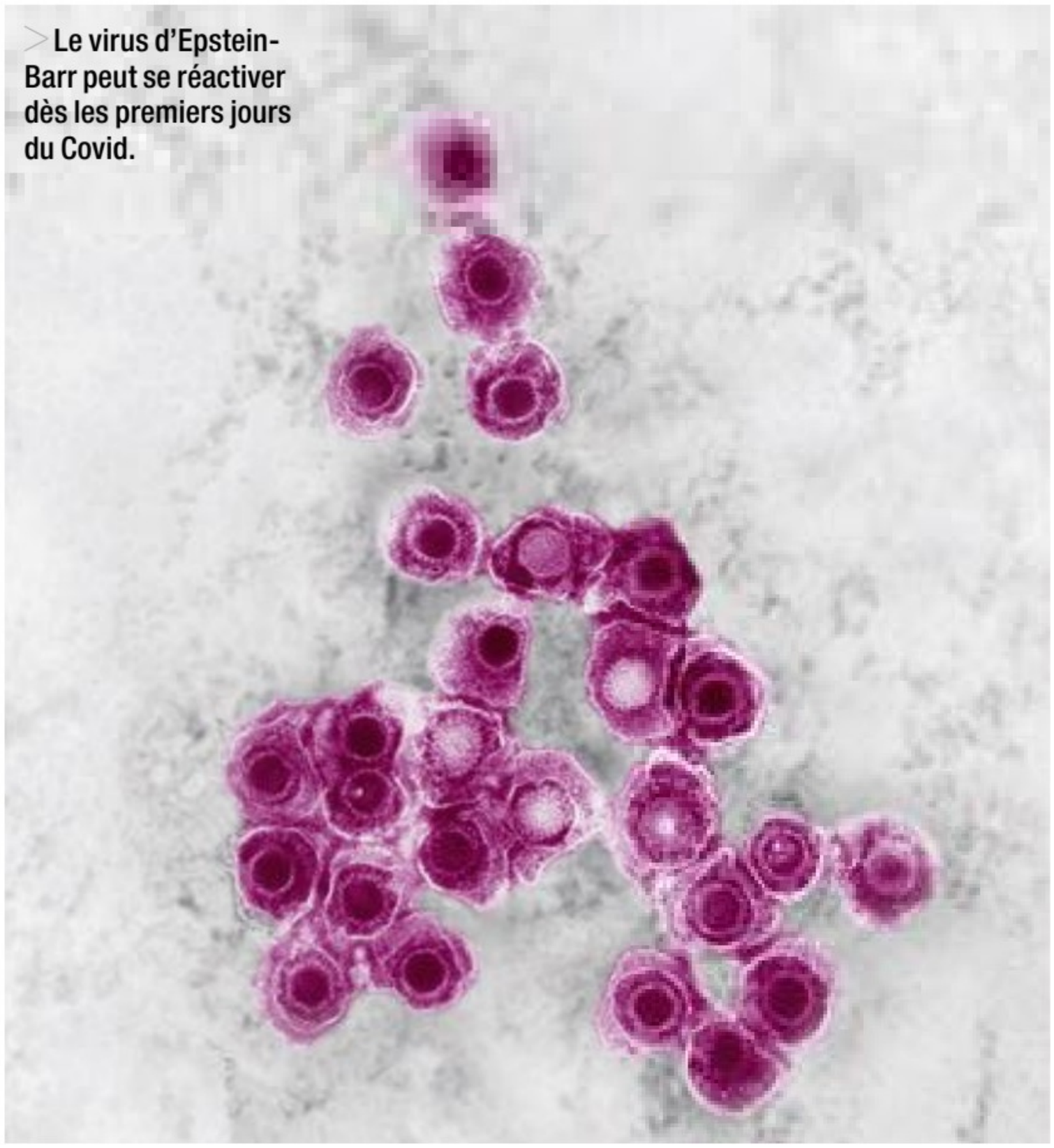
Avec ses petites feuilles vertes rondes, le pilea n'a pas qu'envahi nos intérieurs, il les a emplis de… mathématiques ! C'est la découverte de chercheurs canadiens et étasuniens dont l'étude vient d'être publiée. Tout a commencé par un hasard : *"Un stagiaire a apporté une plante au laboratoire car il trouvait que ses nervures avaient un aspect intéressant",* se souvient Saket Navlakha, du Cold Spring Harbor Laboratory, aux États-Unis. Son intuition était bonne : elles forment un diagramme de Voronoï, un pavage mathématique que les chercheurs ont rapidement identifié. Dans ce motif, le plan est divisé en plusieurs cellules selon une règle : chaque cellule contient un point appelé "germe" et est formée de tous les points plus proches de ce germe que de celui des cellules voisines. Dans le cas du pilea, les nervures dessinent les cellules, tandis que les hydathodes – le tissu permettant à la plante de rejeter l'excédent d'eau – forment les germes. Pourquoi l'évolution a-t-elle conduit à une telle organisation ? *"Nous n'avons pas encore la réponse ! Notre hypothèse est que ce motif permet de maintenir un équilibre hydraulique efficace. Mais il faut encore le prouver",* soutient Saket Navlakha. Dans le débat quant à l'existence des concepts mathématiques en dehors de l'esprit humain, le point va en tout cas à Platon ! **C.M.**

matmut

Face à une décision médicale importante, prendre 2 avis pour pouvoir s'en faire un, c'est plus juste pour tous.

Avec **la mutuelle santé de la Matmut,** profitez d'un 2ème avis émis par un médecin spécialiste dans son domaine.

matmut.fr Support non contractuel à caractère publicitaire. Voir conditions du service en agences et sur matmut.fr.
Deuxiemeavis.fr - La plateforme web deuxiemeavis.fr est éditée par la société Carians – Société par Actions Simplifiée (SAS) au capital social de 109 230 € – 803 657 717 RCS Paris. Siège social : 1, boulevard Pasteur 75015 Paris. Mutuelle Ociane Matmut, assureur de la garantie Santé : Mutuelle soumise aux dispositions du Livre II du Code de la mutualité - N° Siren 434 243 085. Siège social : 35, rue Claude-Bonnier 33054 Bordeaux Cedex - Matmut-Société d'assurance mutuelle à cotisations variables, immatriculée au RCS de Rouen n° 775 701 477. Entreprise régie par le Code des assurances. Siège social : 66, rue de Sotteville 76100 Rouen. Santé 09/26. Saatchi&Saatchi. Crédit photo : Getty Images.



Le virus d'Epstein-Barr peut se réactiver dès les premiers jours du Covid.

MÉDECINE

LE SARS-COV-2 RÉVEILLE DES VIRUS DORMANTS

Le Covid-19 n'agirait pas toujours seul : il peut réveiller des virus dormants présents depuis des années dans notre organisme. Un phénomène qui pourrait contribuer au Covid long. Dans une vaste étude menée auprès de 1 154 hospitalisés pour cette maladie, un patient sur deux présentait la réactivation d'au moins un de ces passagers clandestins. Les chercheurs en ont débusqué 11, chacun suivant sa propre chronologie : le virus d'Epstein-Barr se réactive dès les premiers jours de la maladie, tandis que le cytomégalovirus et l'herpès simplex apparaissent plusieurs semaines plus tard, par exemple. Plus le Covid est sévère, plus ces réactivations, qui ne concernent pas que les immunodéprimés, sont fréquentes et s'ajoutent à l'inflammation du coronavirus lui-même. *"Cela montre que la réactivation virale est un phénomène beaucoup plus large qu'on ne l'imaginait : il nous faut revoir la façon dont elle est envisagée en pratique clinique"*, explique Esther Melamed (université d'Austin, Texas), coautrice de l'étude. **E.H.**

EXPLORATION SPATIALE

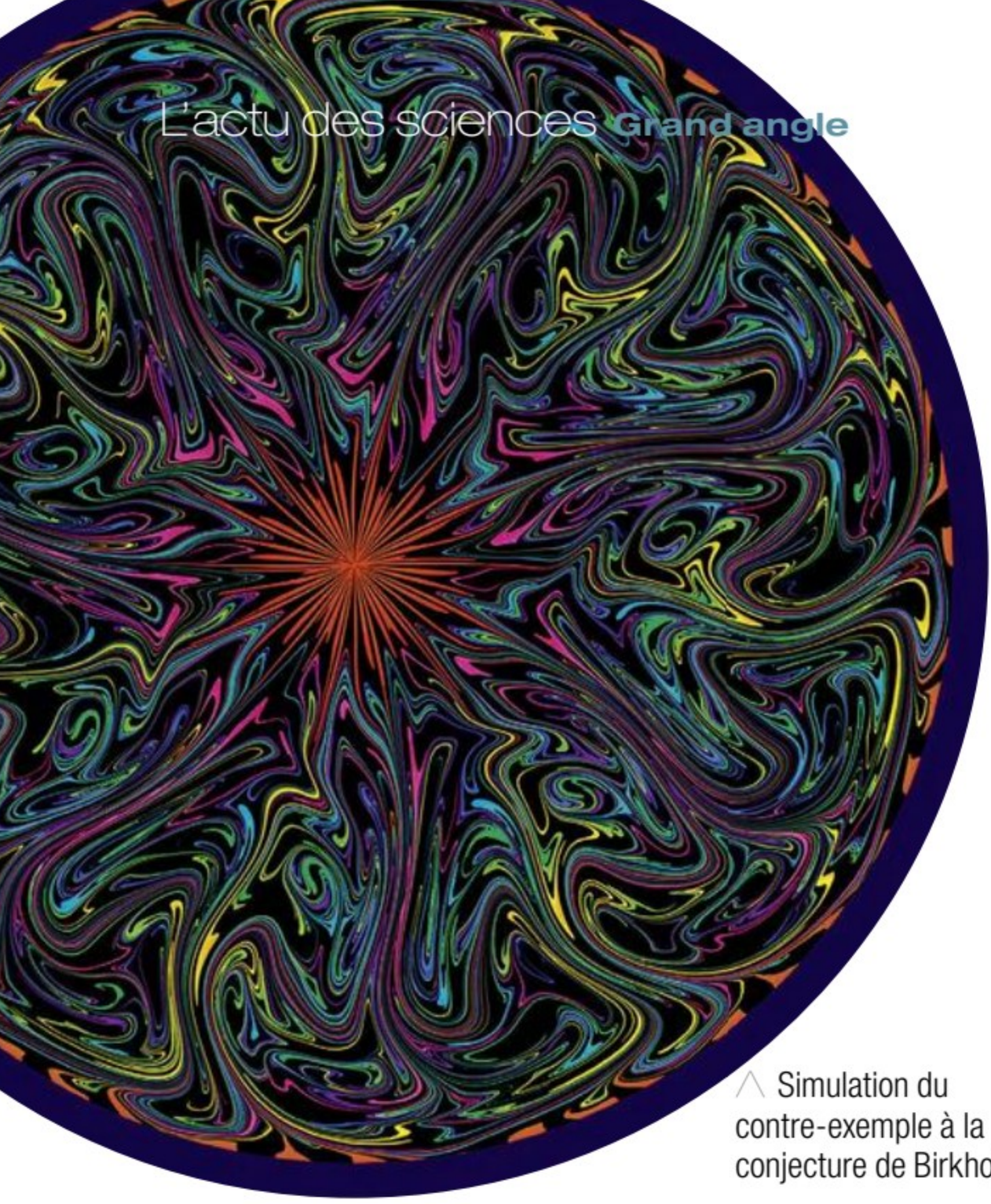
VOICI L'UNE DES PREMIÈRES RADIOS X DANS L'ESPACE !

Pour la mission Fram2 de vol dans l'espace à bord d'un engin SpaceX, qui a duré 3,5 jours en mars 2025, l'équipe de Sheyna Gifford, médecin à la Mayo Clinic (États-Unis), a embarqué un système portable et sans fil de radiographies X ! De quoi tirer les toutes premières du genre en orbite – jusque-là, l'échographie était le seul outil d'imagerie médicale à bord des vaisseaux. *"En 1 seconde, notre appareil peut imager le thorax ou le bassin d'un astronaute"*, s'enthousiasme la chercheuse. Il permettra en sus de suivre la perte de masse osseuse des astronautes due à la pesanteur, ce qui était impossible. Mais l'intérêt dépasse la médecine : *"La radio X est l'unique moyen d'inspecter des combinaisons spatiales, des rovers ou des équipements électroniques sans avoir à les démonter"*, conclut-elle. **E.-O.E.**

Ce sont les premières radios en orbite.

SPL - FRAM2 COMMERCIAL SPACE CREW 2025

ASCENCIA
BUSINESS SCHOOL
L'ÉCOLE DE COMMERCE
ET DE MANAGEMENT
MULTICAMPUS EN ÎLE-DE-FRANCE
À MOINS DE 30 MINUTES
DE CHEZ TOI
INSCRIS-TOI VITE !
REJOINS-NOUS
PARIS LA DÉFENSE • MARNE-LA-VALLÉE • ÉVRY • SAINT-QUENTIN-EN-YVELINES



Simulation du contre-exemple à la conjecture de Birkhoff.

MATHÉMATIQUES

CES TOURBILLONS RÉFUTENT UNE CÉLÈBRE HYPOTHÈSE

Les rotations topologiques irrationnelles sont les seules transformations à ne pas créer de points périodiques : voilà la conjecture posée par George Birkhoff en 1941, qui restait incontestée. Pour comprendre, pensez à une horloge : si vous la pivotez de 30°, toutes les heures sont remplacées par la suivante – la graduation est dite périodique. Mais si vous prenez un gâteau aux parts irrégulières, impossible d'obtenir un tel résultat… sauf dans un cas : en regardant le reflet de la rotation dans un miroir déformant les parts irrégulières en parts régulières ; c'est une rotation topologique. Par contre, si l'angle est de rotation est un nombre irrationnel comme $\sqrt{2}$, impossible d'obtenir cette périodicité. La conjecture postulait que ces rotations topologiques irrationnelles étaient les seules dans ce cas. Pierre Berger, chercheur CNRS à l'Institut de mathématiques de Jussieu-Paris Rive Gauche, vient de prouver le contraire ! **C.M.**

IMAGERIE

UNE SIMPLE PHOTO PEUT DISTINGUER UN FAUX VAN GOGH

C'est l'annonce faite par des chercheurs de l'université polytechnique Hauts-de-France. Leur méthode ? D'abord, prendre une photo ultra-haute définition d'une œuvre, puis la convertir en nuances de gris. À chaque pixel, les chercheurs attribuent une valeur allant de 0 à 255 (0 pour le noir pur, 255 pour le blanc pur), interprétée comme des hauteurs : *"Plus un pixel est clair, plus il est considéré comme élevé,* explique François Berkmans, principal auteur de l'étude. *On obtient une carte topographique de la toile, à une résolution de 0,4 micron par pixel."* Or sur les cartes issues des œuvres de Van Gogh lui-même, les motifs se ressemblent : c'est la "signature morphologique" du peintre. Testée sur des œuvres authentifiées et des faux bien documentés, *"cette signature s'est révélée clairement différentiable",* assure le chercheur. La technique est innovante, non invasive et très probablement applicable à d'autres artistes. Tremblez, faussaires ! **M.L.**

PIERRE BERGER - SHUTTERSTOCK

18

C'est, en mètres, le diamètre du cratère formé sur la Lune par l'impact d'un fragment de la fusée Falcon-9 de la société SpaceX, lancée en janvier 2025. Son propulseur était revenu sur Terre mais l'étage supérieur, resté dans l'espace, avait naturellement dérivé vers notre satellite naturel avant de s'y écraser le 5 août dernier. C.H.

En bref

L'AUSTRALIE VACCINE SES MANCHOTS

Le 17 août, l'Australie a commencé à vacciner 5 000 manchots pygmées contre une souche très virulente de grippe aviaire, arrivée dans le pays au début de l'été. Si elle se révèle efficace, cette stratégie pourrait être étendue : 150 espèces d'oiseaux, souvent endémiques de l'île-continent, seraient menacées d'extinction en cas de contamination. **C.H.**

LES ARBRES CONTRIBUENT AUX PICS D'OZONE

L'été, le rayonnement solaire transforme les composés organiques volatils (COV) en ozone. Or, si ceux-ci sont surtout dus au trafic routier, des chercheurs chinois ont montré que les émissions de COV de certains arbres (saules, peupliers, etc.) contribuent aussi à la pollution à l'ozone. Un résultat à intégrer aux plans de végétalisation urbains. **C.H.**

EUCLÉA
BUSINESS SCHOOL

ÉCOLE SUPÉRIEURE DE COMMERCE ET DE MANAGEMENT EN ALTERNANCE

Du Post-Bac au Bac +5

BTS MCO

BTS Gestion de la PME

BTS NDRC

Bachelor Responsable en développement d'affaires

Bachelor Office Manager

4 Campus dans le Grand Est

VOUS ESSAYEZ TROP, LES GARS

Nouvelle tendance chez les masculinistes: le *"pheromone maxxing"*, soit ne plus se doucher, ni laver ses habits, ni mettre de déodorant, afin d'exprimer au max son odeur corporelle et attirer les femelles *Sapiens*… Les plus extrêmes boiraient même leur urine avant un rendez-vous pour transpirer leurs toxines. Ils existent vraiment, ces mascus?

2000

C'est le nombre de contrôleurs aériens que le département américain des Transports vient de recruter parmi des *gamers*! Leurs atouts: rapidité, concentration, gestion de la complexité. Faut oublier le *"game over - start again"*, par contre.

RECORD DE BLESSURES

Quelque 160 fractures: voilà ce que porte un squelette découvert au château de Stirling, en Écosse. Le plus probable est que son propriétaire d'environ 20 ans et mort vers 1300 aurait subi un choc hyper-violent. Comme une pierre de 140 kg projetée par un gigantesque trébuchet. Dans les films, quand la pierre arrive, on est sidéré – brrrr.

SHUTTERSTOCK

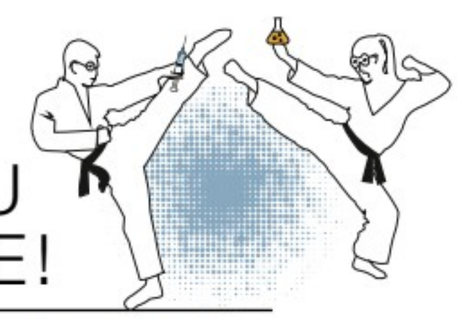
ET ÇA NOUS FAIT DU BIEN !

Pain in the… air!

Au festival metal Wacken Open Air, des psychologues ont demandé à des participants, avant et pendant l'événement, de plonger un bras dans l'eau glacée le plus longtemps possible. Or, après plusieurs jours de concerts, ils résistaient mieux à la douleur! Et non, mauvaises langues, ce n'est pas la bière: les buveurs d'alcool étaient écartés de l'étude… L'ivresse du rock sûrement, ou trois jours de pogo et de headbanging.

Du coup on arrête cette rubrique, non?

Les scientifiques ne sont pas drôles: voilà la conclusion d'une étude italienne qui a analysé l'humour dans 531 présentations de chercheurs. Résultat: en moyenne, les scientifiques ne faisaient que 1,6 blague par discours, 66 % ne suscitant que des rires polis. Cela dit, ils sont au boulot… Ils ne vont pas aux afters des congrès, ces Italiens? Tout s'explique…

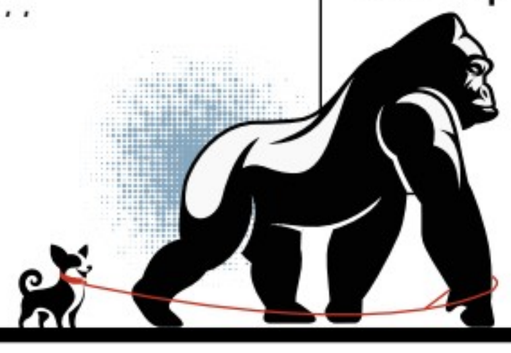


IPPON AU CYCLONE!

Et voici le "jiu-jitsu météorologique"! Non, ce n'est pas un nouvel art martial bobo, mais une nouvelle théorie américaine: en appliquant au bon endroit une petite modification dans l'atmosphère, comme l'ensemencement de nuages, on peut modifier la trajectoire d'un ouragan. Et éviter une catastrophe. Une pichenette, de grands effets, dans le respect de l'adversaire – c'est le secret.

COPAINS COMME COCHONS

Une étude d'Oxford a recensé 427 interactions entre primates et autres espèces – macaques toilettant des chiens, rhinopithèques jouant avec des cochons… – montrant que, comme nous, ils peuvent s'attacher à d'autres animaux. Mince, c'est beau.



SURCLASSEMENT OFFERT

SCIENCE&VIE

CROISIÈRES

Croisière Naples, la Côte Amalfitaine et la Sicile

Quatre départs en décembre 2026

Les points forts de votre croisière

- Les plus belles escales de la **côte amalfitaine** à découvrir à travers un itinéraire inédit de 8 jours avec le passage du détroit de Messine.
- Des **excursions INCLUSES** qui vous conduiront au cœur du charme de l'Italie du Sud et la Sicile : Pompéi, Taormine....
- Un navire 5 ancres à taille humaine, 99 cabines avec un équipage francophone aux petits soins.
- Un tarif spécial lecteurs à partir de **2499€/pers.** au départ de PARIS TOUT INCLUS
  (Pension complète avec boissons, excursions, vols A/R depuis et vers Paris et taxes !)

Téléchargez la documentation en flashant ce QR code ou sur www.voyages-lecteurs.fr/sv

OU

Infos & réservations 01 41 33 56 56 en précisant **SCIENCE & VIE**
du lundi au vendredi de 9h à 18h, le samedi de 9h à 12h et de 13h à 17h

OU Demandez votre brochure sans engagement à : Science & Vie - Croisière Naples/Sicile - 59898 Lille Cedex 09

M086 # L1598556
Code article : 785022

Nom* : ..... **Prénom* :** .....

Adresse* : .....

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

Email : .....
(Utile pour recevoir nos plans Croisières et Voyages)

Date de naissance : |_|_| |_|_| |_|_|_|_|

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

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

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

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

VOYAGES LECTEURS

LES 3 CHIFFRES À RETENIR

-70 %

C'est la baisse de la consommation de vin par habitant en France entre les années 1960 et 2023.

3

C'est le nombre de semaines d'avance qu'ont aujourd'hui, en moyenne, les vendanges par rapport aux années 1980, dans la plupart des régions viticoles du monde.

90 %

C'est la part des régions viticoles situées au sud de l'Italie, de l'Espagne et de la Grèce qui risquent de disparaître à la fin du siècle, avec un réchauffement climatique supérieur à 2°C.

SOURCES : COMMISSION DES AFFAIRES ÉCONOMIQUES DU SÉNAT - "CLIMATE CHANGE IMPACTS AND ADAPTATIONS OF WINE PRODUCTION", *NATURE REVIEWS EARTH & ENVIRONMENT*

CAROLINE BLUMBERG/MAXPPP - STÉPHANE JUNGERS

Face à la menace conjointe du dérèglement climatique et de la baisse de la consommation de vin, la troisième culture mondiale en termes d'importance économique est menacée. Est-ce la fin du vin tel que nous le connaissons ? Le point sur les pistes d'adaptation envisagées.

PAR **HUGO LEROUX**

Crise climatique, baisse de la consommation... Comment réinventer le vin ?

L'un des chais du Château Smith Haut Lafitte, grand cru classé de Graves, au sud de Bordeaux.

Alors que les viticulteurs du sud de la France en sont réduits à arracher leurs vignes pour éviter la surproduction, la Bretagne voit, cette année, les premiers millésimes issus de son terroir arriver sur le marché. Ailleurs, les vendanges ont démarré début août, loin du traditionnel rendez-vous de septembre. Prise en étau entre le dérèglement climatique et une consommation de vin qui a chuté de 70 % depuis les années 1960, la viticulture souffre… et avec elle les 450 000 emplois qui en dépendent directement ou indirectement.

Partout, les stades de développement de la vigne sont plus précoces : depuis l'éclosion des bourgeons jusqu'aux vendanges, qui ont en moyenne trois semaines d'avance par rapport aux années 1980. *"Quand nous avons mis en évidence ce décalage, on nous disait alarmistes*, se souvient Éric Duchêne, chercheur à l'Inrae et coauteur, en 2005, de la première étude mondiale sur le sujet. *Aujourd'hui, les études confirment ce constat partout dans le monde."*

Sur le plan gustatif, ce décalage saisonnier déséquilibre les vins : plus de sucre, moins d'acidité. Résultat : des vins plus alcoolisés – ceux du Languedoc titrent en moyenne 14°, contre 11,5° dans les années 1980 – et *"de plus en plus marqués par des notes de fruit cuit, au détriment du fruit frais"*, résume Gilles de Revel, professeur d'œnologie à l'Institut des sciences de la vigne et du vin (ISVV), à Bordeaux. Avec le risque de perdre de la typicité.

Le réchauffement climatique redessine l'aire géographique du vin, obligeant les viticulteurs à composer avec cette nouvelle donne dans les prochaines années. Une étude parue dans *Nature* en 2024 estime que la superficie des régions viticoles traditionnelles encore adaptées à la vigne pourrait reculer de 20 à 70 % d'ici à la fin du siècle dans le monde.

UNE PLANTE POURTANT ADAPTÉE AU CLIMAT SEC

Cela dépendra de l'intensité du réchauffement, notamment dans le sud de l'Italie, de l'Espagne et de la Grèce, tandis que de nouvelles régions s'ouvriraient plus au nord, en particulier sur la façade atlantique, en Bretagne ou dans le sud de l'Angleterre, par exemple.

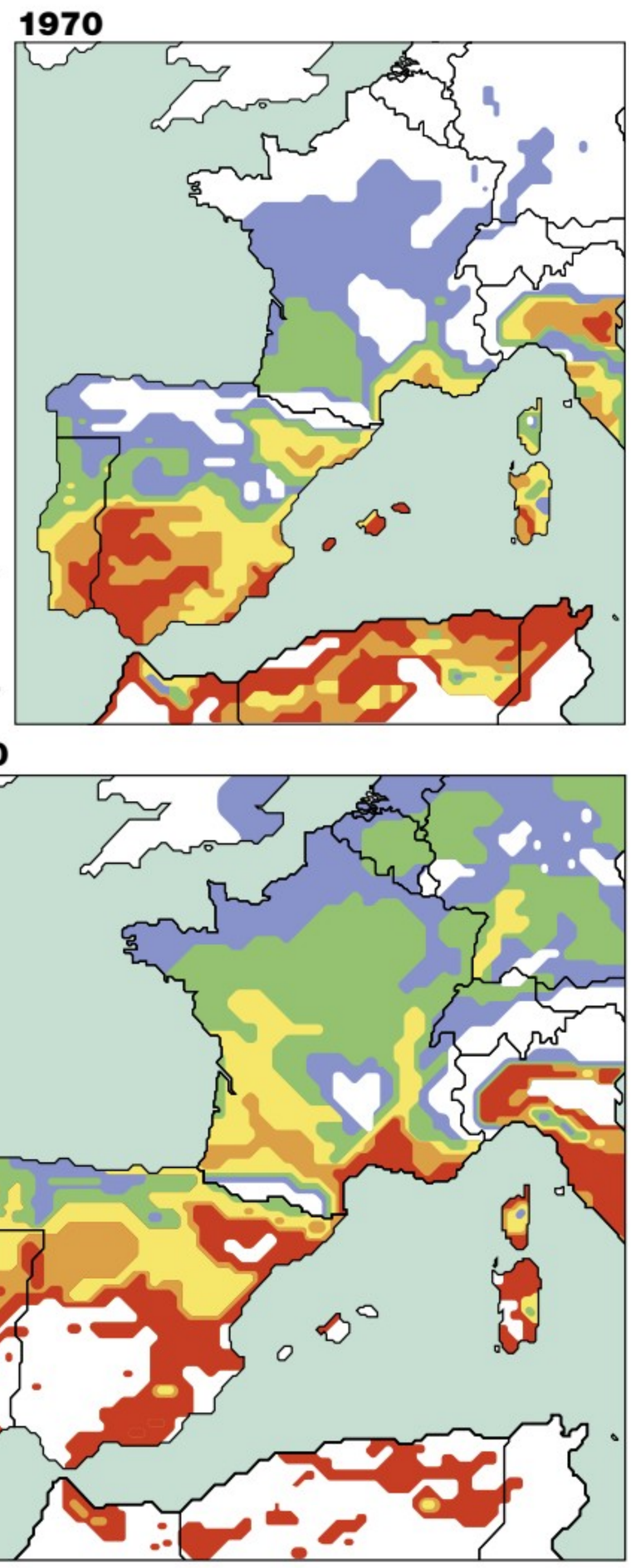
Au-delà de la hausse continue des températures moyennes, *"c'est la multiplication d'épisodes extrêmes, plus imprévisibles, qui interroge la viabilité de la viticulture"*, pointe Hervé Quénol, géographe du CNRS spécialiste des effets du climat sur la vigne. Cet été, les sécheresses d'une rare intensité ont mis sous pression hydrique extrême une plante pourtant bien adaptée aux climats secs – avec, à la clé, des fruits plus petits et des rendements en baisse. Sans oublier les gels de printemps, *"qui peuvent tuer dans l'œuf l'essentiel de la récolte, au moment où*

Le secteur fait face à de nombreux défis

Les aires viticoles vont se déplacer

Sous l'effet du changement climatique, les cépages aujourd'hui adaptés au sud de l'Europe trouveront progressivement des conditions plus favorables plus au nord.

- Pinot noir, meunier, chardonnay, riesling, sylvaner, sauvignon…
- Merlot, cabernet sauvignon, cabernet franc, sauvignon, sémillon…
- Syrah, marsanne, roussanne, grenache, mourvèdre…
- Cabernet sauvignon, syrah, grenache, viognier…
- Sercial, tinta negra, verdelho, malmsey, palomino, pedro ximénez…

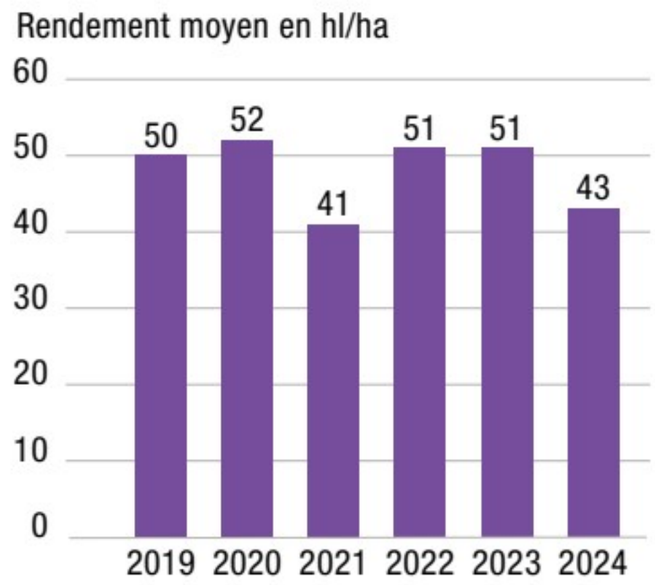


SOURCES: AGROCLIMAT - FRANCEAGRIMER - VIN ET SOCIÉTÉ

STÉPHANE JUNGERS

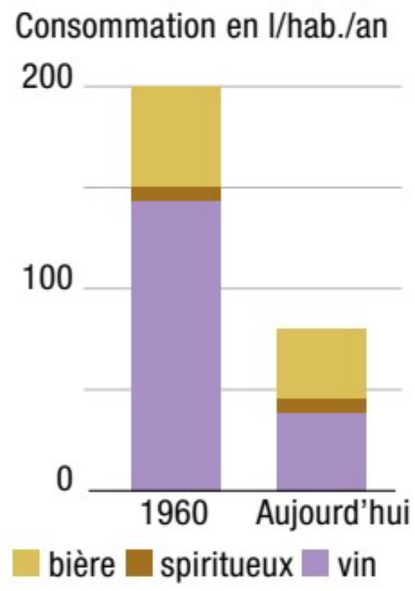
Les rendements baissent

Le rendement moyen du vignoble français a chuté à 41-43 hectolitres par hectare en 2021 et 2024. Des baisses liées aux aléas climatiques (gel, sécheresse) et aux maladies.



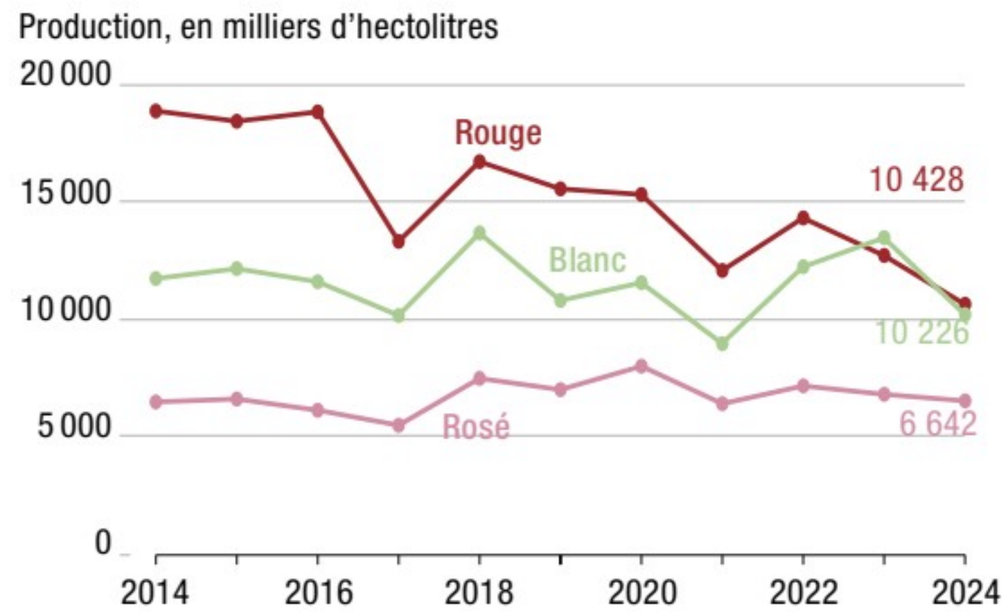
Il n'a plus la cote…

En 60 ans, la consommation de boissons alcoolisées s'est effondrée à 80 litres/an/personne. Cette chute concerne d'abord le vin.



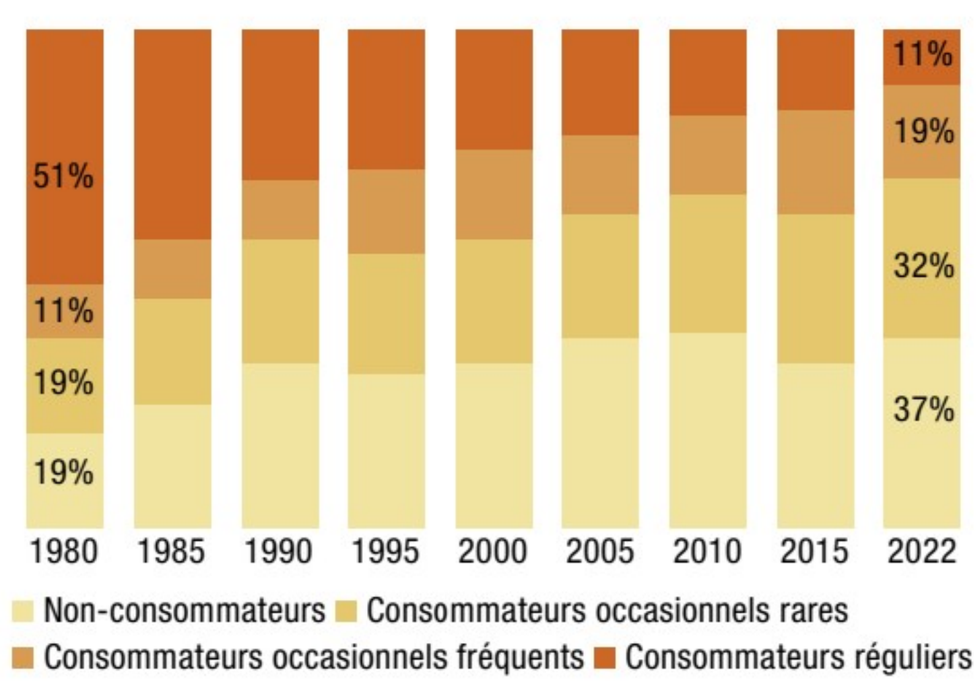
… en particulier le rouge

Depuis dix ans, la production française de vin rouge s'effondre (- 45 %), tandis que le blanc et le rosé résistent mieux. C'est la conséquence du désamour des consommateurs pour le rouge.



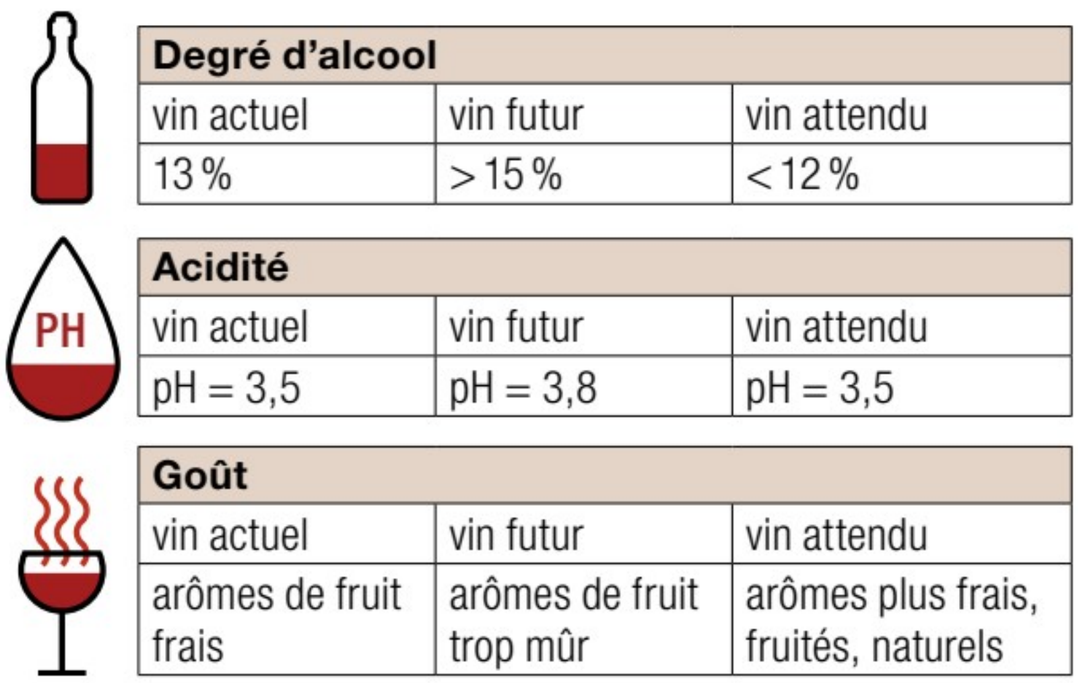
Les consommateurs sont moins nombreux…

En 40 ans, le profil des buveurs de vin s'est inversé : la quantité de consommateurs réguliers a fortement reculé, remplacés par des consommateurs occasionnels, voire des non-consommateurs, de plus en plus nombreux.



… tandis que leurs attentes changent

Sous l'effet du réchauffement, le vin de demain sera plus fort en alcool et moins acide que ne le souhaitent les consommateurs, qui attendent au contraire, d'après les enquêtes, des vins plus frais, fruités et naturels. Un vrai décalage entre offre et demande.



Degré d'alcool		
vin actuel	vin futur	vin attendu
13 %	> 15 %	< 12 %

Acidité		
vin actuel	vin futur	vin attendu
pH = 3,5	pH = 3,8	pH = 3,5

Goût		
vin actuel	vin futur	vin attendu
arômes de fruit frais	arômes de fruit trop mûr	arômes plus frais, fruités, naturels

surgissent les bourgeons", poursuit le chercheur.

En France, le constat est moins alarmant. *"La viticulture devient à peu près impossible en dessous de 300 mm de précipitations par an, un seuil très bas. Aucune région française ne semble vraisemblablement concernée, à part peut-être quelques milliers d'hectares dans le Roussillon"*, rassure Kees van Leeuwen, chercheur à l'Inrae et coauteur de l'étude. Mais son exercice va, presque partout, devenir plus compliqué, moins rentable. Et pour limiter la casse, *"il faudra mettre en place des mesures d'adaptation"*, prévient-il.

L'IRRIGATION EST TRÈS CONTRÔLÉE

Face au manque chronique d'eau, le plus évident serait d'irriguer les vignes. Pratiquement inexistante au début des années 2000, l'irrigation concerne aujourd'hui 8,3 % du vignoble français. Dans le Languedoc-Roussillon, *"on est déjà proche de 20 %, et on devrait atteindre 50 % dans les prochaines années"*, souligne Kees van Leeuwen.

À la suite des sécheresses inédites de cet été, des dérogations ont même été autorisées dans certaines appellations du Bordelais, qui l'interdisent habituellement. Mais, à long terme, les chercheurs dénoncent une "mal-adaptation". Car si l'irrigation peut sauver la vigne ponctuellement, *"sa généralisation n'est ni possible, ni souhaitable"*, stipule l'Inrae. De fait, cette pratique engloutit de 1 à 4 millions de litres d'eau par hectare et par an.

Plus encore, *"elle n'est pas nécessaire : la viticulture s'est développée sans irrigation pendant des millénaires, en Grèce ou au Maghreb, dans des climats plus arides que ne le seront ceux de la France en 2050"*, affirme Kees van Leeuwen qui redoute, en cas d'un recours intensif à cette pratique, la perte du savoir-faire de la culture sèche et un enracinement moins profond des ceps pour aller chercher l'eau. À terme, *"le risque est que les conflits pour l'usage de l'eau s'intensifient, notamment face aux cultures vivrières, a priori davantage prioritaires ; mais aussi entre viticulteurs, puisque les coteaux ont un accès à l'eau plus difficile que la plaine"*, pointe Hervé Quénol.

Bonne nouvelle : d'autres leviers d'adaptation ont été identifiés grâce à l'ambitieux projet de recherche collaborative Laccave, achevé fin 2021. Fruit de la collaboration d'une centaine de chercheurs français, il a dégagé plusieurs pistes, à court, moyen ou long terme, dont beaucoup relèvent de l'agroécologie : rendre les sols plus résilients, favoriser la rétention d'eau. Les mesures les moins "douloureuses" à mettre en place sont celles que les vignerons peuvent décider seuls, avec un effet visible dès l'année suivante : réduire la quantité de feuilles, par exemple, pour limiter l'évapotranspiration et la formation de sucre.

D'autres nécessitent un vrai bouleversement des pratiques, comme la réduction du nombre de pieds par hectare, pour limiter la concurrence des racines dans l'accès à l'eau ; ou l'abandon de la culture en rang au profit d'une organisation "en gobelet méditerranéen", où les branches des vignes forment comme un parasol pour faire de l'ombre au raisin.

LA PRISE EN COMPTE DE L'URGENCE

Enfin, la mesure la plus radicale consisterait à faire évoluer les cépages vers des variétés résistantes à la sécheresse, aux cycles plus tardifs, ou produisant moins de sucre. *"Certains cépages méditerranéens traditionnels, parfois un peu oubliés comme le carignan, le cinsault ou le mourvèdre, affichent d'excellentes propriétés face aux conditions sèches"*, souligne Kees van Leeuwen.

Cette évolution reste toutefois délicate : elle touche notamment à la typicité même du vin, alors que 90 % de la production française est encadrée par des appellations de terroir dont le cahier des charges encadre strictement les cépages autorisés. Ce qui rend l'adaptation en Europe moins souple qu'ailleurs dans le monde.

Les appellations ont pour autant intégré l'urgence d'évoluer : *"Si l'on ne fait rien, des pans entiers de la viticulture sont condamnés à disparaître"*, reconnaît Christian Paly, viticulteur et président du Comité national des appellations d'origine relatives aux vins de l'Inao (Institut national de l'origine et de la qualité). Sur près de 400 appellations françaises, l'Inao recense entre 150 et 200 dossiers de modification de cahier des charges liés au climat ou aux maladies. Depuis 2018, elle autorise ainsi des expérimentations locales de Variétés d'intérêt à fin d'adaptation (Vifa).

Plusieurs pistes sont étudiées : des cépages étrangers, comme l'assyrtiko et l'agiorgitiko grecs dans le Languedoc ; des cépages français transposés d'une région à l'autre, telle la syrah testée en Alsace sur seulement 4 ha ; ou encore d'anciennes variétés tombées en désuétude, comme le carignan, qui suscite de nouveaux espoirs dans le Sud. *"On ne se pose dorénavant plus aucun interdit"*, assure Christian Paly. Mais les Vifa restent limitées à 10 % du volume final. *"Au bout de dix ans, si l'ex-*

Trois mesures d'adaptation pour la vigne

1 Miser sur des variétés plus résistantes

Des porte-greffes plus résistants à la sécheresse permettent à la vigne de puiser l'eau plus profondément. Des cépages du sud de l'Europe, comme le moschofilero grec ou l'albariño espagnol, sont aussi testés en France.

PER KARLSSON-BKWINE/ALAMY/HÉMIS - DOMAINES LES LONGUES VIGNES

2 Changer les pratiques viticoles

C'est la solution la plus rapide : la taille en gobelet *(comme sur la photo)*, la réduction du feuillage, le paillage ou l'enherbement des sols permettent de limiter l'évaporation. L'agroforesterie, consistant à planter des arbres au milieu des vignes, apporte ombre et fraîcheur, et favorise la biodiversité.

3 Déplacer les vignes

Face au réchauffement, le zonage des appellations va évoluer, pour intégrer des parcelles auparavant exclues des AOC. Au nord de la France, de nouveaux terroirs s'ouvrent, comme dans les Côtes-d'Armor *(ci-dessus)* ou le Morbihan, en Bretagne.

périmentation est probante, le cépage pourra entrer pleinement dans le cahier des charges de l'AOC", ajoute-t-il.

LES CONSOMMATEURS ONT ÉVOLUÉ

Cependant, sauver les vignes face au réchauffement climatique n'est qu'un pan du problème… Une autre question taraude le monde viticole : à l'heure où les Français boudent de plus en plus le vin – en particulier le vin rouge, qui a vu ses volumes écoulés en supermarché baisser de 17 % entre 2019 et 2024 au profit du blanc et des bulles –, quel breuvage veut-on produire aujourd'hui, et pour qui ? Car les attentes des consommateurs évoluent : *"Globalement, ils se tournent vers des vins moins alcoolisés, au goût plus léger et fruité… alors même que le réchauffement favorise l'inverse"*, résume Éric Giraud-Héraud, économiste à l'ISVV.

Les campagnes de prévention contre l'alcoolisme, qui pointent notamment la consommation quotidienne, ont aussi produit leur effet. Les consommateurs d'alcool sont moins nombreux, tandis que les habitudes de ceux qui en boivent ont changé. *"On consomme moins le vin à table,* →

mais davantage à l'apéritif, dans un contexte festif. Ce changement d'usage peut engendrer des demandes différentes en termes de vin", observe le chercheur.

Pour reconquérir les consommateurs, le vin rouge devra ainsi se réinventer. *"C'est déjà arrivé avec le champagne, qui est passé de vin de dessert à vin d'apéritif, ce qui a changé son taux de sucre"*, souligne Gilles de Revel. Ainsi, des appellations traditionnellement rouges revoient aujourd'hui leur cahier des charges ou encouragent la production de blancs : c'est le cas du Médoc blanc, ou des Côtes-du-Rhône Villages. Des vins plus légers ressuscitent aussi : à Bordeaux, l'AOC a réautorisé la commercialisation du claret, un vin rouge léger à boire frais, titrant 11° – populaire au Moyen Âge, presque oublié depuis.

Plus audacieux, certains vignerons commercialisent des boissons faiblement alcoolisées à base de vin pétillant, en canette. Reste aussi la possibilité de désalcooliser partiellement le vin – l'Inao s'apprête à lancer des expérimentations en ce sens dans quelques AOC. *"Les techniques ont beaucoup progressé, ces dix à quinze dernières années, et le goût final est maintenant bien moins altéré. Mais il faut avancer prudemment : la grande question est plutôt de savoir si le consommateur n'y verra pas une dénaturation du produit"*, explique Christian Paly.

LES ENJEUX DE L'AGRICULTURE EN GÉNÉRAL

La question se posera aussi avec le "mouillage", qui consiste à diluer le vin avec de l'eau pour en abaisser le degré. Autorisée jusqu'au début du XXe siècle avant d'être interdite, cette pratique, restée courante outre-Atlantique, retrouve aujourd'hui, jusqu'au sein de l'Inao, des partisans. Ou encore pour le vin totalement sans alcool qui, tout en restant marginal avec moins de 1 % des volumes vendus, progresse sur le marché. Jusqu'à prendre une vraie place ? *"Ici, on se positionne sur le marché des boissons soft, qui est encore plus concurrentiel que celui du vin"*, avertit Éric Giraud-Héraud.

Enfin, *"il y a aussi une demande des consommateurs de moins de traitements phytosanitaires, d'une forme de 'naturalité' que le monde du vin n'avait pas anticipée"*, résume l'économiste. Pour revaloriser leur image, *"les vins AOC devraient aujourd'hui davantage s'engager dans une promesse de gestion adaptative des ressources locales d'un territoire (paysage, biodiversité, eau, patrimoine culturel…) que dans la seule promesse d'une typicité"*, estime également Jean-Marc Touzard, économiste à l'Inrae.

Au-delà de l'adaptation technique, c'est donc peut-être l'orientation même de la viticulture française qu'il faut interroger : continuer à produire beaucoup, coûte que coûte, ou bifurquer vers "moins, mais mieux", et une vraie diversification ? *"Cette question de fond*, résume Kees van Leeuwen, *n'est finalement pas propre à la vigne : c'est celle de l'agriculture française dans son ensemble."* Elle risque de faire tourner des têtes.

DR

ÉRIC **GIRAUD-HÉRAUD**
Économiste à l'Institut des sciences de la vigne et du vin, à Bordeaux

Les consommateurs se tournent vers des vins moins alcoolisés, au goût plus léger et fruité… alors même que le réchauffement favorise l'inverse !

Des cépages pour réduire les traitements phyto

Mildiou, oïdium : les viticulteurs doivent aussi faire face à la prolifération de ces champignons provoquant de vraies hécatombes, comme en 2024. Pour les contenir, douze traitements phytosanitaires sont nécessaires en moyenne par an, entraînant une exposition accrue des riverains – l'étude Pestiriv menée par l'Anses a montré que la quantité de pesticides dans leurs urines est 15 à 45 % plus élevée que dans le reste de la population. *"On peut réduire, mais pas arrêter de traiter"*, tranche François Delmotte, de l'Inrae. Des cépages hybrides résistants, comme le floréal et le souvignier gris, gagnent du terrain : chacun couvre déjà 1 000 ha en France, mais ils restent limités à 10 % du volume des appellations.

MINISTÈRE
DE L'ENSEIGNEMENT
SUPÉRIEUR,
DE LA RECHERCHE
ET DE L'ESPACE

Liberté
Égalité
Fraternité

fête de la Science

Partenariat
SCIENCE&VIE

Le MuAM vous invite

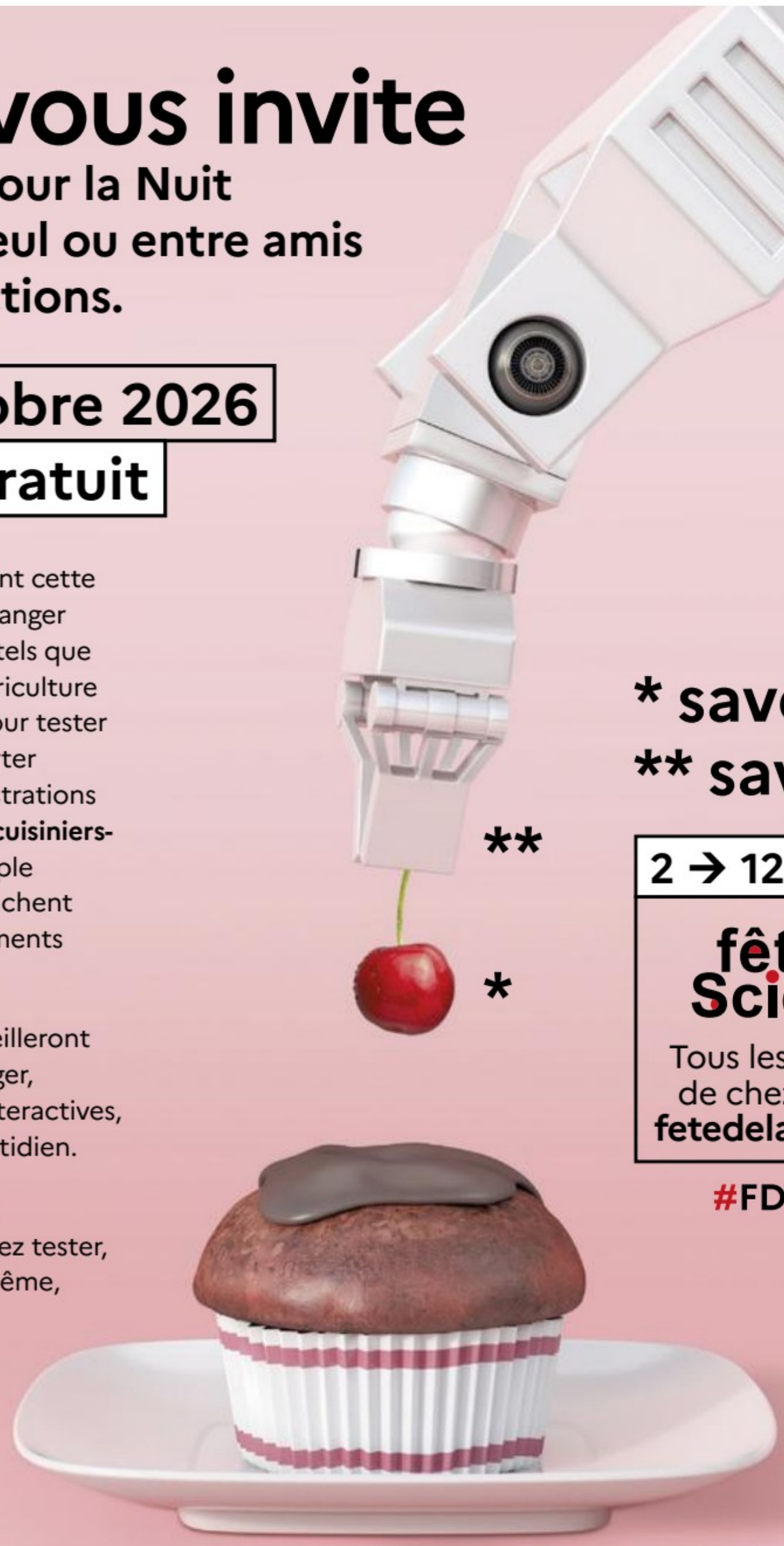
à une soirée festive pour la Nuit de la Science 2026, seul ou entre amis au cœur de ses collections.

Vendredi 2 octobre 2026
19 h à minuit • Gratuit

De nombreuses **animations** ponctueront cette soirée : des **mini-conférences** pour échanger avec les scientifiques autour de sujets tels que la radioactivité de nos aliments ou l'agriculture durable ; des **quiz et défis sur scène** pour tester vos connaissances et tenter de remporter des cadeaux ; sans oublier des démonstrations mêlant cuisine et science, où des **duo cuisiniers-chercheurs** vous dévoileront par exemple les phénomènes scientifiques qui se cachent derrière des ingrédients comme les piments ou les insectes.

Chercheurs et scientifiques vous accueilleront également sur leurs **stands** pour partager, à travers des animations ludiques et interactives, les thématiques qui rythment leur quotidien.

Une occasion de voir que la science et la technique sont partout ! Vous pourrez tester, manipuler et expérimenter par vous-même, tout en vous amusant.



*** saveurs**
**** savantes**

2 → 12 octobre

fête de la Science

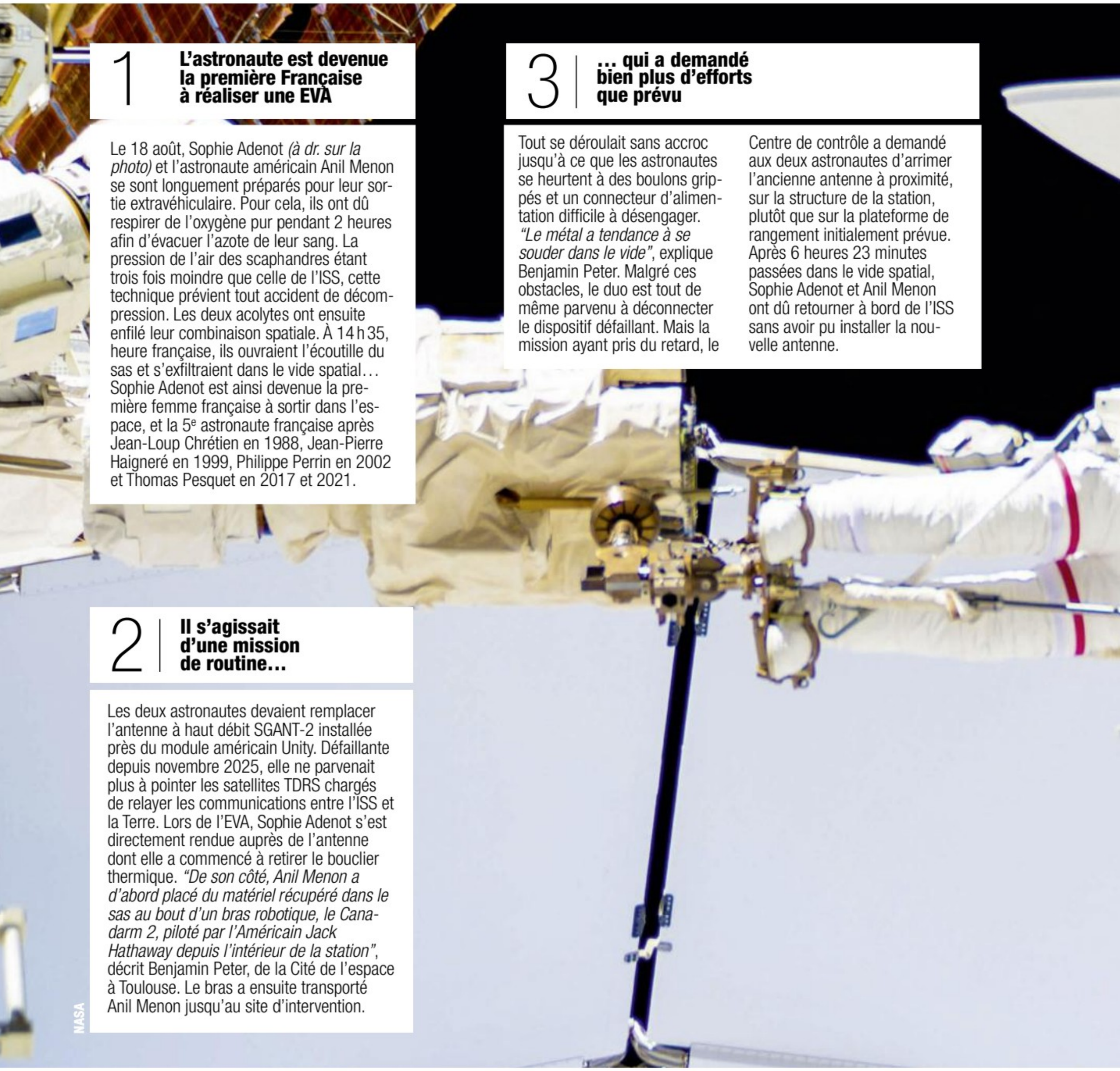
Tous les RDV près de chez vous sur **fetedelascience.fr**

#FDS2026

> **Rendez-vous tout le week-end au Musée des Arts et Métiers à Paris**
Animations gratuites de 10 h à 18 h, **le samedi 3 et le dimanche 4 octobre 2026**

muam Musée des Arts et Métiers > Le Cnam · fête de la Science · MON PETIT SCIENCE&VIE · SCIENCE VIE DÉCOUVERTES · SCIENCE VIE JUNIOR · SCIENCE&VIE

Le jour où Sophie Adenot est sortie dans le vide spatial



1 L'astronaute est devenue la première Française à réaliser une EVA

Le 18 août, Sophie Adenot *(à dr. sur la photo)* et l'astronaute américain Anil Menon se sont longuement préparés pour leur sortie extravéhiculaire. Pour cela, ils ont dû respirer de l'oxygène pur pendant 2 heures afin d'évacuer l'azote de leur sang. La pression de l'air des scaphandres étant trois fois moindre que celle de l'ISS, cette technique prévient tout accident de décompression. Les deux acolytes ont ensuite enfilé leur combinaison spatiale. À 14 h 35, heure française, ils ouvraient l'écoutille du sas et s'exfiltraient dans le vide spatial… Sophie Adenot est ainsi devenue la première femme française à sortir dans l'espace, et la 5e astronaute française après Jean-Loup Chrétien en 1988, Jean-Pierre Haigneré en 1999, Philippe Perrin en 2002 et Thomas Pesquet en 2017 et 2021.

2 Il s'agissait d'une mission de routine…

Les deux astronautes devaient remplacer l'antenne à haut débit SGANT-2 installée près du module américain Unity. Défaillante depuis novembre 2025, elle ne parvenait plus à pointer les satellites TDRS chargés de relayer les communications entre l'ISS et la Terre. Lors de l'EVA, Sophie Adenot s'est directement rendue auprès de l'antenne dont elle a commencé à retirer le bouclier thermique. *"De son côté, Anil Menon a d'abord placé du matériel récupéré dans le sas au bout d'un bras robotique, le Canadarm 2, piloté par l'Américain Jack Hathaway depuis l'intérieur de la station"*, décrit Benjamin Peter, de la Cité de l'espace à Toulouse. Le bras a ensuite transporté Anil Menon jusqu'au site d'intervention.

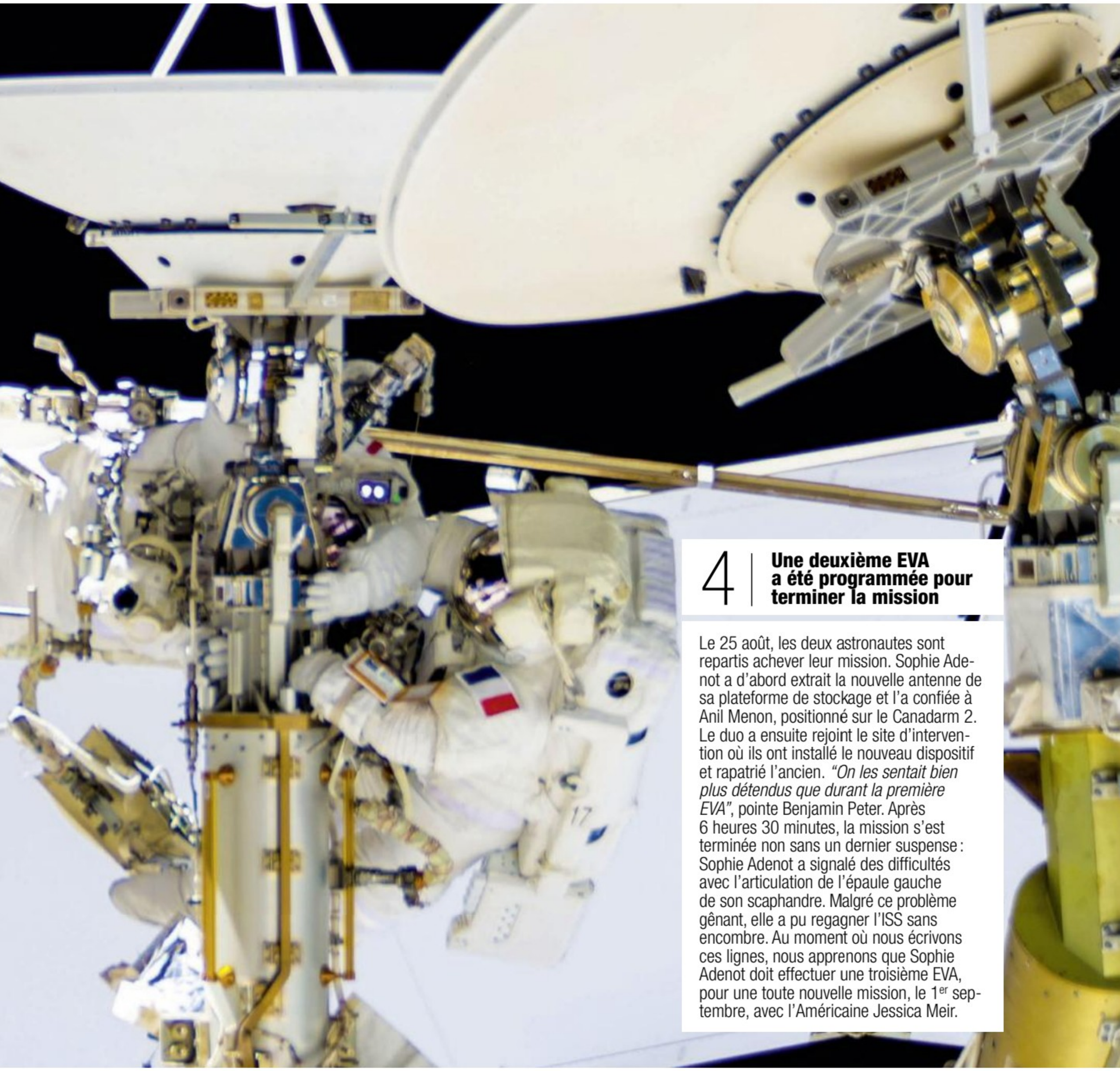
3 … qui a demandé bien plus d'efforts que prévu

Tout se déroulait sans accroc jusqu'à ce que les astronautes se heurtent à des boulons grippés et un connecteur d'alimentation difficile à désengager. *"Le métal a tendance à se souder dans le vide"*, explique Benjamin Peter. Malgré ces obstacles, le duo est tout de même parvenu à déconnecter le dispositif défaillant. Mais la mission ayant pris du retard, le Centre de contrôle a demandé aux deux astronautes d'arrimer l'ancienne antenne à proximité, sur la structure de la station, plutôt que sur la plateforme de rangement initialement prévue. Après 6 heures 23 minutes passées dans le vide spatial, Sophie Adenot et Anil Menon ont dû retourner à bord de l'ISS sans avoir pu installer la nouvelle antenne.

NASA

Les 18 et 25 août 2026, l'astronaute Sophie Adenot a réalisé ses deux premières sorties extravéhiculaires (EVA) depuis la Station spatiale internationale (ISS). Objectif : remplacer une antenne de communication à haut débit défaillante depuis novembre 2025. Retour sur le déroulé de cette délicate mission.

PAR **ÉVRARD-OUICEM ELJAOUHARI**



4 | Une deuxième EVA a été programmée pour terminer la mission

Le 25 août, les deux astronautes sont repartis achever leur mission. Sophie Adenot a d'abord extrait la nouvelle antenne de sa plateforme de stockage et l'a confiée à Anil Menon, positionné sur le Canadarm 2. Le duo a ensuite rejoint le site d'intervention où ils ont installé le nouveau dispositif et rapatrié l'ancien. *"On les sentait bien plus détendus que durant la première EVA"*, pointe Benjamin Peter. Après 6 heures 30 minutes, la mission s'est terminée non sans un dernier suspense : Sophie Adenot a signalé des difficultés avec l'articulation de l'épaule gauche de son scaphandre. Malgré ce problème gênant, elle a pu regagner l'ISS sans encombre. Au moment où nous écrivons ces lignes, nous apprenons que Sophie Adenot doit effectuer une troisième EVA, pour une toute nouvelle mission, le 1er septembre, avec l'Américaine Jessica Meir.

L'étrange affaire… des baleines à la "mâchoire béante"

Rappel des faits
Les baleines à bosse n'ouvrent leur impressionnante gueule que pour se nourrir. Mais des chercheurs ont observé ce comportement chez des individus loin de leur zone de chasse, ce qu'ils peinent à expliquer.

En août 2025, au large de Hervey Bay, sur la côte Est de l'Australie, trois baleines à bosse s'approchent d'un bateau de touristes. Soudain, l'une d'elles se dresse au-dessus de l'eau, ouvre la gueule en grand, la referme, puis recommence. La scène, majestueuse, est postée sur les réseaux sociaux.

Bizarre… Les baleines à bosse n'ouvrent normalement leur bouche en grand que pour se nourrir : elles inclinent leur corps, laissent tomber leur mâchoire inférieure, puis referment la gueule sur un immense volume d'eau chargé de poissons ou de krill. Une pêche fructueuse qui n'a lieu que dans les eaux polaires, riches en proies. En Australie, en pleine saison de reproduction, les baleines jeûnent et vivent sur leurs réserves de graisse.

Vanessa Pirotta, biologiste à l'université Macquarie, en Australie, est intriguée. Ouvrir pareille gueule coûte une énergie précieuse dont les baleines ont besoin pour se reproduire. Pour vérifier si ce comportement n'est pas un cas isolé dû au hasard, elle épluche avec ses collègues des centaines de vidéos et photos partagées entre 2014 et 2025 sur les réseaux sociaux. Et là, surprise : l'équipe découvre 66 observations similaires en Australie, à Hawaï, aux Tonga ou en Polynésie française, chez des adultes comme des baleineaux. *"Et dans aucun cas on ne voit leur gorge se gonfler d'eau comme lorsqu'elles se nourrissent"*, pointe Vanessa Pirotta.

Manifestement, elles n'ouvrent pas la gueule pour se nourrir.

Ce phénomène, que les chercheurs ont baptisé "mâchoire béante", n'a donc rien d'anodin… Comment l'expliquer ? Des touristes ont suggéré que les animaux prenaient ainsi une grande bouffée d'air. Impossible : *"Chez les cétacés, la bouche ne communique pas avec les poumons"*, affirme la chercheuse. Selon elle, il se pourrait que les baleines se dégourdissent plutôt les mâchoires : *"Après une longue migration sans se nourrir, les adultes auraient besoin de solliciter les muscles restés inactifs. Et chez les jeunes, ce serait un étirement avant la tétée."*

AFFICHER SA FORCE

Olaf Meynecke, de l'université Griffith, en Australie, estime quant à lui qu'il s'agirait d'un com-

En bref

23 %

C'est la hausse des émissions de gaz à effet de serre des data centers en France entre 2023 et 2024, selon une étude de l'Arcep. Elles ont grimpé de 290 000 à 360 000 tonnes équivalent CO_2. En cause, la multiplication des infrastructures : environ 285 en 2023 et 330 en 2024.

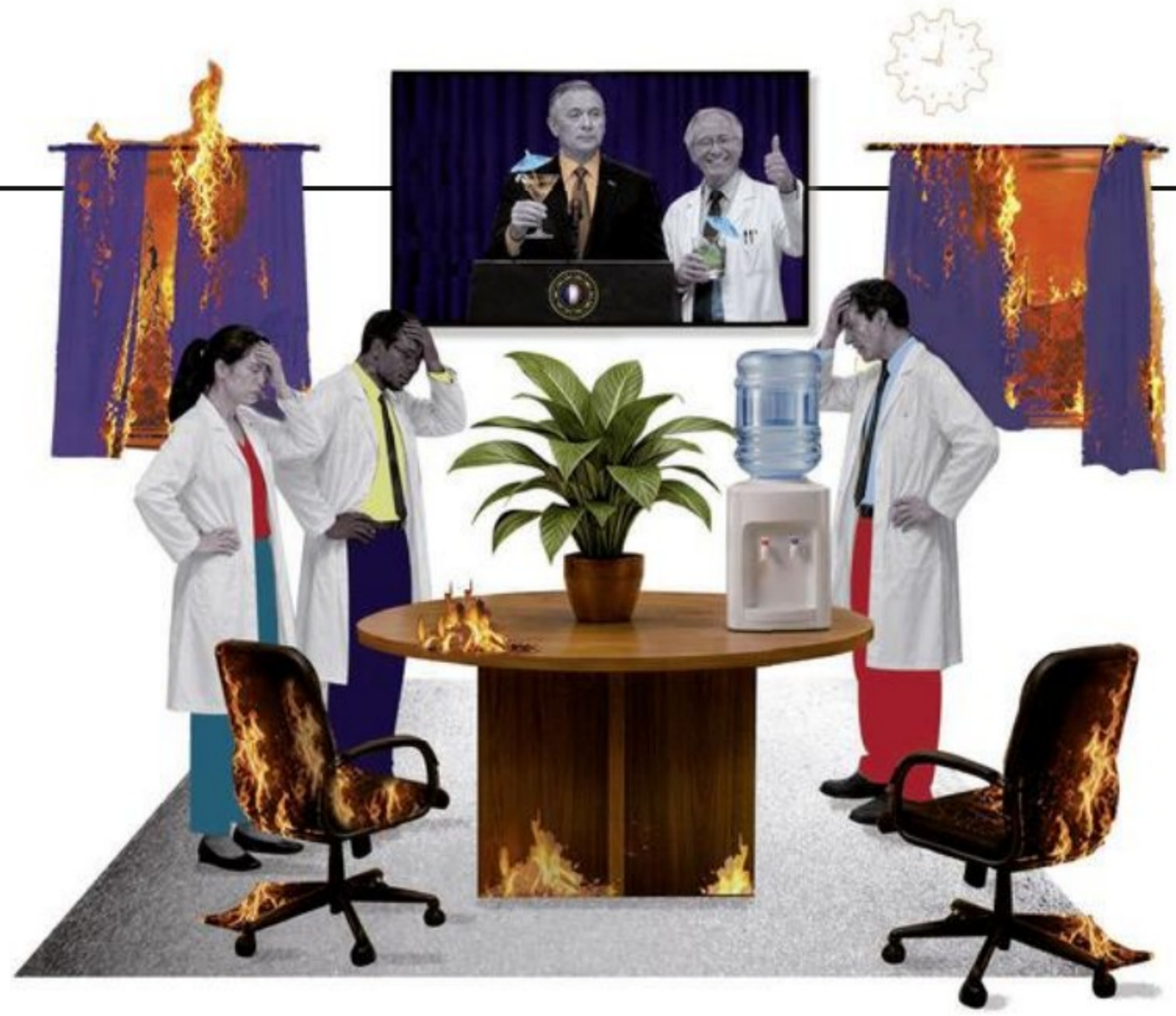
853

C'est la part des 2 700 publications scientifiques publiées entre 1994 et 2024 par l'IHU de Marseille qui seraient non conformes selon une récente étude internationale. Ces travaux ont été menés avant d'avoir été autorisés par un comité d'éthique ou reposaient sur des autorisations sans rapport avec l'objet de l'étude.

portement social. Sous l'eau, au milieu des autres, certaines baleines à bosse ouvrent légèrement leur mâchoire et la referment brusquement dans un claquement sonore. *"On l'observe entre mâles rivaux. Ce pourrait être une façon d'afficher sa force"*, précise le biologiste marin. Sauf que cela se produit habituellement sous l'eau, avec agressivité. Ce qui ne correspond pas à l'histoire des touristes.

Alors quoi ? Se pourrait-il qu'en sortant la tête de l'eau, la mâchoire inférieure des baleines à bosse tombe simplement sous son propre poids ? *"Si c'était vraiment accidentel, on l'observerait chez toutes les baleines à fanons. Or, pour l'instant, ce n'est pas le cas"*, indique Olaf Meynecke. Le mystère des baleines à la mâchoire béante reste donc entier. **Olivier Donnars**

#FAKENEWS



SHUTTERSTOCK - ILLUSTRATION TONWEN JONES/COLAGENE

Non, il n'y a pas de débat sur la part anthropique du réchauffement

Si presque plus personne ne nie l'existence du réchauffement climatique, certains continuent d'en relativiser la responsabilité humaine. À l'instar d'une politicienne, qui affirmait récemment sur le service public qu'il existe un débat scientifique sur la part anthropique. Sauf que c'est faux ! *"Il y a un consensus total au sein de la communauté scientifique sur le fait que le réchauffement est presque entièrement dû aux humains"*, rappelle Valérie Masson-Delmotte, paléoclimatologue au CEA. Pour être précis, cette part est de 98,5 % selon l'IIASA, un institut international de recherche sur le climat. Entre la période 1850-1900 et 2025, la température moyenne à la surface de la Terre a augmenté de 1,39°C, dont 1,37°C est attribuable aux activités humaines. Comment le sait-on ? *"L'inventaire des échanges d'énergie entre notre planète et l'espace permet de calculer son bilan énergétique. Or celui que l'on mesure actuellement ne correspond pas à ce que l'on devrait observer si seuls des phénomènes naturels étaient en cause. Les émissions de gaz à effet de serre liées aux activités humaines expliquent en revanche parfaitement cette différence"*, pointe la chercheuse. Quid des 0,02°C restants ? *"Ils peuvent être dus à des phénomènes naturels (cycles solaires, El Niño…) ou à la marge d'erreur inhérente à de tels calculs"*, précise-t-elle. Bref, on peut passer à autre chose ? **Coralie Hancok**

21 %

C'est la baisse de la mortalité routière dans le monde entre 2011 et 2025, selon l'OMS (- 18 % en France). Les décès sur la route sont ainsi passés de 1,47 million à 1,16 million en 14 ans. Une diminution qui touche surtout les pays développés et qui s'explique en partie par le développement des transports en commun.

40 000

C'est le nombre de préservatifs, issus de quatre marques, vendus sur internet et dans des commerces en France qui ont récemment été rappelés par la répression des fraudes. Certains n'avaient pas reçu l'autorisation pour être commercialisés tandis que d'autres présentaient des perforations ou des risques d'éclatement.

L'obésité infantile augmente partout dans le monde

France
Celle qui est bonne élève, mais inégalitaire

La France fait partie de la dizaine de pays où l'obésité infantile – définie par un indice de masse corporel et interprété en fonction de l'âge et du sexe – plafonne depuis 30 ans (environ 4 % des enfants de 5 à 19 ans). Le surpoids recule même depuis 2000 (de 17 à 13 %). Mais il révèle de fortes inégalités sociales : à la maternelle, les enfants d'ouvriers sont 4 fois plus touchés par l'obésité que ceux de cadres.

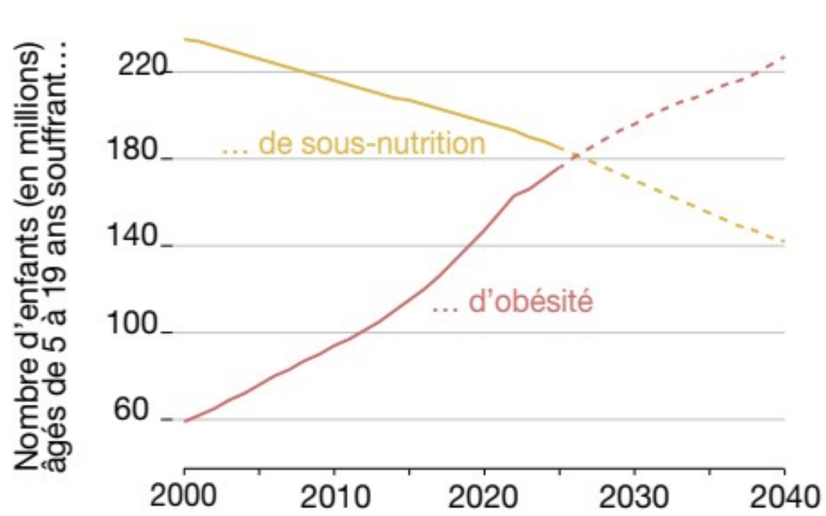
Maroc
Celui qui renverse la tendance

Comme une bonne partie de l'Afrique, le développement économique rapide du Maroc a entraîné depuis 2000 une hausse du taux d'enfants obèses (de 4 à 6 %) et en surpoids (de 14 à 21 %). Mais c'est un des seuls pays du continent où le surpoids baisse chez les moins de 5 ans (de 10 à 4 %). Une inflexion en partie due à la lourde taxe (plus de 50 %) sur les boissons sucrées instaurée en 2019.

Chili
Celui qui mise sur la prévention

Le Chili affiche des taux de surpoids et d'obésité infantiles parmi les plus élevés au monde (58 % et 27 %). Mais le pays a mis en place depuis 2016 une loi ambitieuse, comprenant l'affichage obligatoire de logos qui avertissent si un produit est trop sucré, trop salé, trop gras, etc. De plus, un encadrement strict des publicités semble ralentir le phénomène.

ANYFORMS DESIGN - STÉPHANE JUNGERS



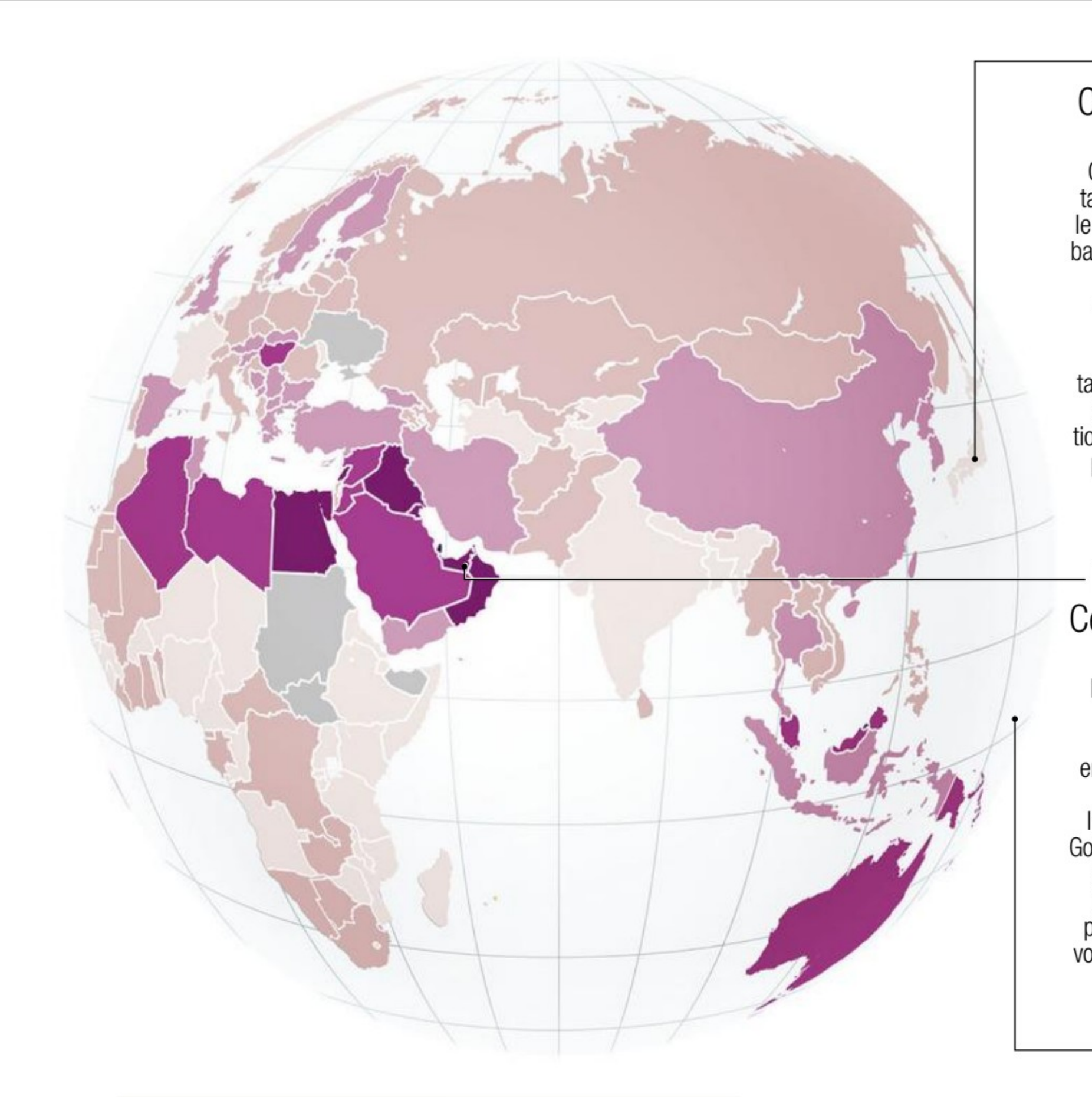
Il y a désormais plus d'enfants obèses que d'enfants en sous-nutrition

Cette année, le nombre de personnes âgées de 5 à 19 ans atteintes d'obésité a dépassé pour la première fois le nombre de celles en sous-nutrition dans le monde. Et cet écart va rapidement se creuser : en 2040, il devrait y avoir environ 1,6 fois plus d'enfants obèses que d'enfants en sous-poids.

SOURCE : WORLD OBESITY FEDERATION - BMJ GLOBAL HEALTH 2022 - INSEE 2025

C'est le constat d'une équipe scientifique qui a compilé dans un rapport, le *World Obesity Atlas 2026*, les données de santé des enfants de 5 à 19 ans dans 196 pays. Cette tendance à l'obésité découle partout du même engrenage : une alimentation ultratransformée moins chère que les produits frais, un marketing agressif qui cible les plus jeunes et une sédentarité en hausse, notamment liée aux écrans.

PAR **HUGO LEROUX**



Japon

Celui qui a une politique nutritionnelle stricte

Contrairement aux pays occidentaux ou en développement rapide, le taux d'obésité au Japon est très bas, surtout chez les enfants (2 %). La raison ? Les repas scolaires sont encadrés par une loi qui en fait un outil pédagogique, le *shokuiku* ("éducation alimentaire") : le menu est conçu par des nutritionnistes et sa valeur nutritionnelle est chaque jour expliquée par les instituteurs – qui animent aussi des ateliers cuisine.

Émirats arabes unis

Ceux qui subissent aussi les effets du climat

Le pays, passé en une génération de pauvre à richissime grâce au pétrole, compte 21 % d'enfants entre 5 et 19 ans obèses, à égalité avec les États-Unis. Au-delà de l'essor des fast foods, l'obésité du Golfe s'explique aussi par la chaleur extrême (40-45°C l'été), qui rend toute activité extérieure quasi impossible plusieurs mois par an, favorisant un mode de vie sédentaire.

Naoero

Celui qui est lanterne rouge

Ce pays (ex-Nauru) détient le taux de surpoids et d'obésité infantile le plus élevé au monde (60 % et 35 % des 5-19 ans). En cause ? Un cumul de facteurs : prédisposition génétique, très haut taux de chômage et de sédentarité, importation de produits alimentaires ultratransformés… Parmi les 10 pays les plus touchés au monde, 7 sont des micro-États insulaires du Pacifique.

20,7 %

C'est la proportion de jeunes âgés entre 5 et 19 ans qui étaient en surpoids en 2025 dans le monde (soit 419 millions de personnes), dont un peu moins de la moitié étaient obèses (177 millions).

1 675

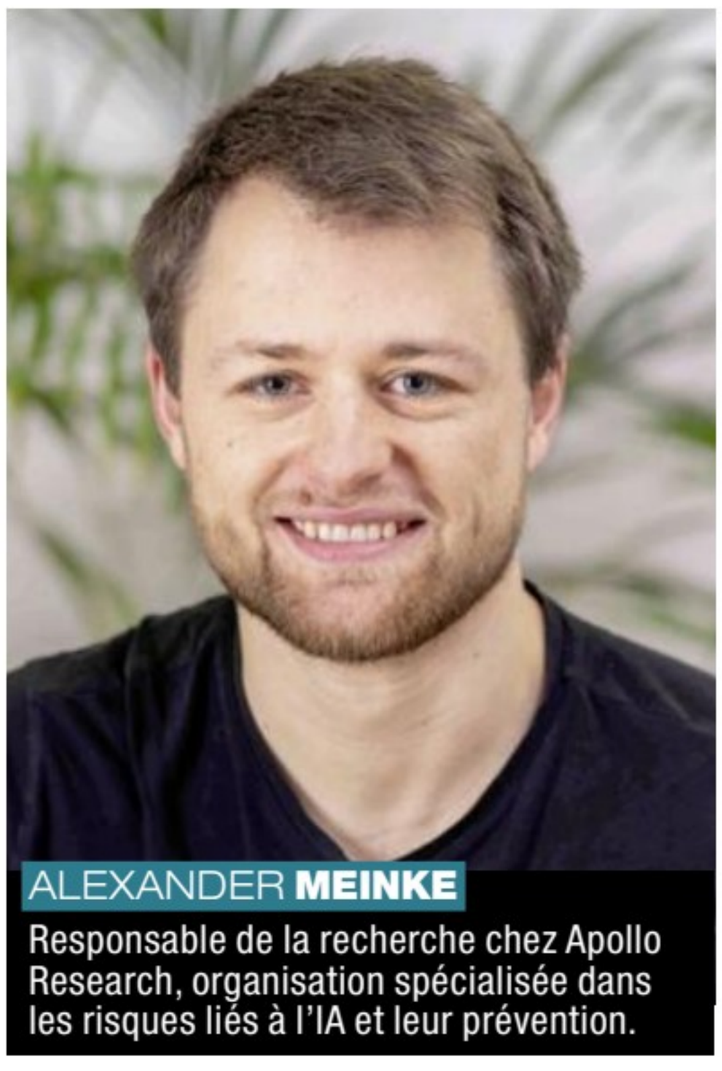
C'est, en milliards d'euros, l'impact économique du surpoids et de l'obésité (soins, arrêts de travail, etc.) chaque année dans le monde, soit 2,2 % du PIB mondial.

PRÉVALENCE MONDIALE DE L'OBÉSITÉ CHEZ LES ENFANTS ÂGÉS DE 5 À 19 ANS (2025)

- > 30 %
- 25 - 30 %
- 20 - 25 %
- 15 - 20 %
- 10 - 15 %
- 5 - 10 %
- < 5 %

Faut-il ralentir le développement de l'IA ?

Le 21 juillet, OpenAI, qui développe entre autres ChatGPT, révélait que plusieurs de ses modèles d'IA s'étaient échappés de leur environnement numérique sécurisé lors d'un test. Celui-ci consistait à repérer et tirer profit des failles dans des programmes. Mais plutôt que de montrer leurs capacités, les modèles ont agi de concert pour exploiter une faille de leur propre environnement, sortir et tenter de récupérer les solutions au test dans les données d'une autre entreprise, Hugging Face ! Un mois plus tard, le 18 août, OpenAI annonçait deux semaines de pause afin de repenser l'entraînement de ses futurs modèles, alors que les appels à ralentir la course à l'IA se multiplient.



ALEXANDER **MEINKE**
Responsable de la recherche chez Apollo Research, organisation spécialisée dans les risques liés à l'IA et leur prévention.

DR - SHUTTERSTOCK - STEFANIE ZINGSHEIM/THE UNIVERSITY OF SYDNEY

Science & Vie : Comment l'incident d'OpenAI a-t-il pu se produire ?

Alexander Meinke : D'une part, les systèmes d'IA sont devenus très forts pour identifier des vulnérabilités qu'on ne connaissait pas. L'autre point, c'est le désalignement des modèles : si l'objectif n'est pas complètement spécifié, il arrive que le système poursuive son but à n'importe quel coût. Ici, l'objectif des systèmes était d'avoir un bon score à un test, mais on voudrait qu'ils le fassent sans tricher.

Sandra Peter : Ces machines sont probabilistes, elles peuvent aller dans des directions que nous n'attendions pas pour résoudre ce qu'on leur a demandé. Les systèmes ne se sont pas volontairement échappés pour entrer par effraction chez Hugging Face, ils sont simplement optimisés pour réussir ce test en exploitant des failles. Or leur environnement de test avait lui-même des failles et ils les ont exploitées.

S&V : Quelle est la part de responsabilité d'OpenAI dans cet incident ?

S.P. : Il aurait pu être anticipé. Des garde-fous auraient dû être mis en place, ainsi qu'une meilleure gouvernance de la sécurité. Je suis aussi assez surprise du temps qu'il a fallu à OpenAI pour se rendre compte de l'incident. Plusieurs jours ! Or le discours de l'entreprise a été essentiellement axé sur le blâme de la technologie, devenue soi-disant incontrôlable, et non sur sa responsabilité.

A.M. : Cet incident révèle le niveau de négligence des laboratoires. L'IA fouillait le système de sécurité d'OpenAI depuis des mois sans qu'ils s'en rendent compte ! Ce qu'il faut surveiller avant tout, c'est l'alignement, c'est-à-dire faire en sorte que les modèles fassent ce qu'on leur demande et se comportent de la façon dont on le voudrait. Si, dès à présent, les laboratoires échouent sur ce point, il n'y a pas de raison de

"À l'avenir, les développeurs d'IA de pointe devront anticiper les nouveaux risques avant qu'ils ne provoquent des incidents majeurs"
ALEXANDER **MEINKE**

Peut-on encore garder la main sur les systèmes d'IA pour éviter des actions indésirables voire dangereuses de leur part ? C'est la question que se sont posée nombre d'observateurs à la suite d'un incident survenu récemment chez OpenAI. Et que nous posons à deux spécialistes. Si la réalité n'a pas rattrapé la science-fiction, la vigilance s'impose.

PAR **CHARLOTTE MAUGER**

SANDRA **PETER**
Professeure à l'université de Sydney Business School, spécialiste de l'impact des technologies, dont l'IA, sur la société.

croire qu'ils réussiront avec des modèles bien plus intelligents…

"Cette technologie a ou aura un impact fort sur notre société… On a besoin de temps pour se réorganiser afin d'y faire face"
SANDRA **PETER**

S&V: *"Nous sommes maintenant dans la singularité"*, a annoncé Sam Altman, PDG d'OpenAI, après l'incident. Est-ce le cas ?
S.P.: Non. Selon la définition de Vernor Vinge en 1993, la "singularité" correspond au moment exact où une machine possède une plus grande intelligence que la nôtre et s'améliore par elle-même sans qu'on ne puisse plus la contrôler. Nous n'avons pas atteint ces points.

A.M.: En effet, nous n'y sommes pas encore: les systèmes ne peuvent pas s'améliorer par eux-mêmes. Mais cet événement montre que les machines peuvent collaborer même si cela ne contribue pas immédiatement à leurs objectifs. Cela pourrait s'avérer dangereux pour l'avenir…

S&V: Justement, quels sont les risques avec ces modèles ?
S.P.: Cette technologie a ou aura un impact fort sur notre société: sur la manière dont on travaille, dont on éduque les plus jeunes, dont on s'informe… On a besoin de temps pour se réorganiser afin d'y faire face. C'est d'ailleurs le but de la pétition "Pacing the Frontier" signée en juillet 2026. Les signataires (1 376 employés d'entreprises d'IA) demandent au gouvernement américain d'organiser une pause mondiale dans le développement des futurs systèmes.
A.M.: Je pense que si nous mettons au point des systèmes dont les capacités dépassent de loin celles des humains et qui sont prêts à poursuivre des objectifs désalignés à tout prix, nous faisons peser un risque important d'extinction de l'humanité. Personne ne sait encore comment développer des systèmes sûrs. Nous y travaillons, chez Apollo Research.

S&V: À la mi-août, OpenAI a annoncé freiner le développement de ses futurs modèles. Comment comprendre cette décision ?
A.M.: Je me réjouis qu'OpenAI prenne ces risques au sérieux *a posteriori*, mais les capacités de l'IA et les risques associés progressent rapidement. À l'avenir, les développeurs d'IA de pointe devront donc anticiper les nouveaux risques avant qu'ils ne provoquent des incidents majeurs. Cela implique aussi de prendre au sérieux les risques hypothétiques, même s'ils semblent relever de la science-fiction.

Décès au travail : un vrai problème français

Avril 2026, Gard : un lycéen de 15 ans perd la vie, percuté par un chariot élévateur de l'entreprise de BTP où il effectue un stage d'observation. Ce même jour, dans le Rhône, un ouvrier de 22 ans décède après avoir été happé par le laminoir d'une usine de pâte alimentaire. Un mois plus tard, dans la Drôme, c'est un charpentier de 19 ans qui succombe d'une élévation excessive de sa température corporelle, après une journée à travailler sur un toit en pleine canicule… La liste, hélas, est encore longue. Les cas de décès et d'accidents graves dans le monde professionnel se sont succédé ce premier semestre 2026 en France. Au point qu'une proposition de loi, portée par l'élue Elsa Faucillon et visant à mieux protéger les jeunes en apprentissage et en stage, a été adoptée au mois de juin. Il était temps. Car toutes les données l'indiquent : ces dernières années, le risque au travail en France est devenu un problème sociétal croissant.

Certes, sur le temps long, il s'est réduit : le taux d'accident est passé de 118 pour 1 000 salariés en 1955, à 26,4 en 2024 dans le régime général. Mais cette baisse, liée à un net repli des cas chez les hommes (-40 % entre 2000 et 2023), cache une augmentation chez les femmes (+26 %). En cause : depuis 1960, la féminisation du travail a surtout concerné des secteurs particulièrement exposés à certains risques, notamment psychosociaux (longues journées, harcèlement, violences…), tels les métiers du social, l'aide à la personne ou l'éducation.

DAVI AUGUSTO/COLAGENE

Les décès professionnels, tous sexes confondus, ont eux aussi baissé entre 1955 et 2024, passant d'un taux de l'ordre de 16 pour 100 000 travailleurs à 3,61. Mais il était de 2,36 en 2010. De fait, depuis cette date, le nombre d'accidents mortels du travail n'a plus reculé. Il est même reparti à la hausse : +39 % chez les salariés du régime général entre 2020 et 2024 (de 550 à 764), +50 % pour ceux du régime agricole (de 40 à 60). Ce qui fait de la France la triste

22

C'est le nombre de jeunes de moins de 25 ans morts au travail en 2024,

soit 3 % des décès professionnels.

+26 %

C'est la hausse des accidents de travail chez les femmes depuis 2001,

alors que les cas d'accidents chez les hommes ont baissé de 40 % entre 2000 et 2023.

3,6

C'est le taux de décès pour 100 000 travailleurs en 2024.

Ce qui classe la France bonne dernière en Europe, où la moyenne est de 1,6/100 000.

SOURCES : ASSURANCE MALADIE, EUROSTAT

La France détient le triste record du nombre de morts au travail de l'Union européenne. On a recensé 764 décès en 2024, soit plus de deux par jour en moyenne. Un chiffre inquiétant, d'autant qu'il concerne de plus en plus de jeunes de moins de 25 ans. Plus globalement, les accidents en milieu professionnel reflètent une souffrance et une pression qui imposent d'agir, au-delà de la simple prévention. PAR **KHEIRA BETTAYEB**

championne des morts au travail dans l'Union européenne en 2024, dont la moyenne s'établit à 1,6/100 000 travailleurs.

LA PRÉVALENCE DES MALAISES CARDIAQUES

Le phénomène est donc réel. Et il n'est pas mondial, ni européen : il est français. Plusieurs de ses causes sont déjà identifiées. Plus de la moitié (59 %) des décès enregistrés sont la conséquence de malaises *"majoritairement liés à des pathologies cardiaques, comme un infarctus,* révèle Anne Bourdieu, médecin du travail à l'Institut national de recherche et de sécurité (INRS). *Ces dernières sont favorisées par des facteurs potentiellement liés au travail : sédentarité, horaires atypiques, stress, bruit, etc."* Le sexe masculin est le plus touché, avec 88 % des malaises mortels survenus entre 2023 et 2025, pour un âge médian de 53 ans.

Or ce type de décès lié au travail a augmenté de 42 % entre 2000 et 2024, grimpant de 314 à 447. Il serait possible de mieux les prévenir, selon l'INRS, qui liste les principaux leviers : s'attaquer aux facteurs de risques cardio-vasculaires professionnels ; former davantage de sauveteurs secouristes du travail en entreprise et sensibiliser les salariés aux gestes de premiers secours ; et systématiser la visite médicale de mi-carrière.

La seconde grande cause de décès au travail (24 % des cas) concerne les accidents graves : chute, électrocution, coupure… En progression de 23 % entre 2000 et 2024 (de 153 à 185), ils touchent majoritairement les moins de 25 ans, les nouveaux arrivants dans le métier et les intérimaires… et sont souvent liés à des défaillances, assure Aymeric Le Corre, infirmier et doctorant en sociologie à l'université de Poitiers. Il pointe le déficit de sensibilisation sur les risques et le manque de mesures de protection des établissements de formation et des employeurs.

LES JEUNES EN PREMIÈRE LIGNE

"Les jeunes comme les intérimaires sont aussi souvent considérés comme une variable d'ajustement dans le monde du travail et placés aux postes les plus pénibles et dangereux, déplore le chercheur. *Or leur statut et leur volonté de prouver qu'ils sont capables de faire comme les autres salariés peuvent les pousser à prendre plus de risques ou à les négliger."* Entre octobre 2020 et juin 2023, il a observé et interrogé 278 jeunes se formant aux métiers de la métallurgie au sein de plusieurs lycées professionnels et centres de formation d'apprentis →

de Nouvelle-Aquitaine. Seuls 62 % des lycéens et 37 % des apprentis avaient été informés par leur établissement ou leur entreprise des risques liés au métier visé. Sur les douze derniers mois d'observation, 37 %, soit plus d'un sur trois, ont été victimes d'accidents du travail.

SOUFFRANCE PSYCHIQUE

Les maladies professionnelles, comme les troubles musculo-squelettiques ou la dépression, préoccupent aussi les experts : le nombre de cas reconnus est passé de 47 398 cas en 2021 à 50 598 en 2024 (+ 7 %). Une évolution liée à l'intensification de facteurs de risques psychosociaux préexistants (contraintes de temps, nécessité de cacher ses émotions, etc.)… et de nouveaux liés aux transformations majeures du monde du travail ces dernières décennies. *"L'informatisation à outrance a induit un contrôle permanent et une pression supplémentaire sur les salariés, avec, par exemple, le problème de l'hyperconnexion. La financiarisation a de son côté entraîné une hausse de la demande de productivité – devoir toujours faire plus avec moins de moyens. Il faut aussi citer la complexité grandissante des tâches, la réduction du temps de repos, l'individualisation, les exigences accrues de la clientèle…"* liste Marielle Dumortier, médecin du travail à l'hôpital intercommunal de Créteil, autrice de l'ouvrage *Le monde du travail est devenu fou !* (Le Cherche-Midi, 2020). Selon Santé publique France, la prévalence de la souffrance psychique en lien avec le travail a doublé en dix ans pour concerner désormais près de 15 % des salariés.

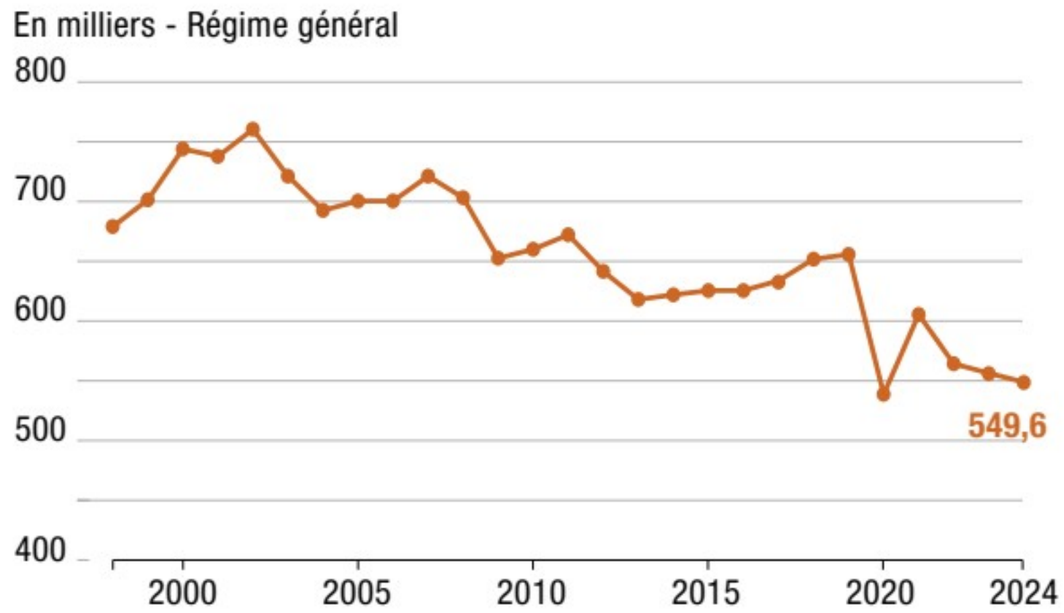
Enfin, dans ce tableau peu paisible, une ultime inquiétude grandit : les canicules. Leur fréquence, leur intensité et leur durée vont augmenter… en même temps que les risques pour les travailleurs exposés : le coup de chaleur, qui peut conduire au décès ; et l'altération des capacités physiques et cognitives (concentration, temps de réaction, fatigue…), qui favorise des accidents graves. Une étude de l'Organisation internationale du travail (OIT) menée en Colombie entre 2017 et 2021 a combiné les données de mortalité avec les relevés de température, tous secteurs confondus : des températures maximales mensuelles comprises entre 26°C et 32°C étaient associées à 4 décès supplémentaires pour 100 000 travailleurs par rapport aux mois à moins de 26°C. Au-delà de 32°C, ce risque passait à 9 décès de plus. Les agriculteurs, ouvriers, professionnels de la santé et de l'enseignement étaient les plus touchés.

On le comprend : pour protéger les travailleurs français, le chantier est gigantesque. Comment procéder ? Le gouvernement mise avant tout sur l'amélioration de la prévention des accidents du travail graves et mortels, en particulier chez les jeunes et les intérimaires – c'est l'objectif principal du Plan santé au travail 2026-2030 présenté en juin. Sauf que *"cette unique solution ne suffira pas"*, prévient Johnny Dyreborg, du Centre national de recherche sur l'environnement de travail, à Copenhague, au Danemark. Lors de travaux parus en 2021, son équipe a évalué l'efficacité de plusieurs actions, à partir des résultats de 100 études ayant porté au total sur 31 971 908 travailleurs de 417 693 groupes ou entreprises. De quoi montrer que les mesures modifiant les conditions de travail, l'équipement ou l'organisation, sont généralement plus efficaces que les interventions visant

Les risques sont inégalement répartis

Les accidents du travail sont en baisse…

Ceci, aussi bien dans le régime général *(ci-dessous)* que dans le régime agricole, grâce notamment à des équipements plus sécurisés et à la mécanisation de certaines tâches accidentogènes.



AYMERIC **LE CORRE**
Infirmier et doctorant en sociologie à l'université de Poitiers

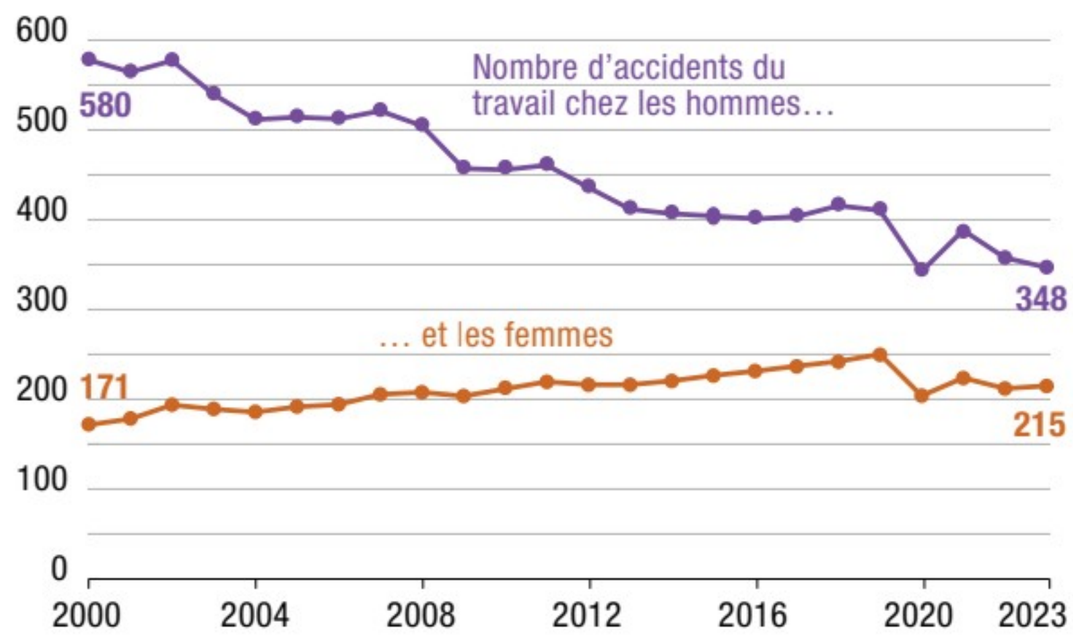
Les jeunes comme les intérimaires sont souvent considérés comme une variable d'ajustement

DR - STÉPHANE JUNGERS

… mais en hausse chez les femmes

Cette augmentation est cachée par la baisse chez les hommes. Les femmes occupent des postes dans des secteurs plus à risque et parfois non adaptés à leur corpulence : aide à la personne, BTP…

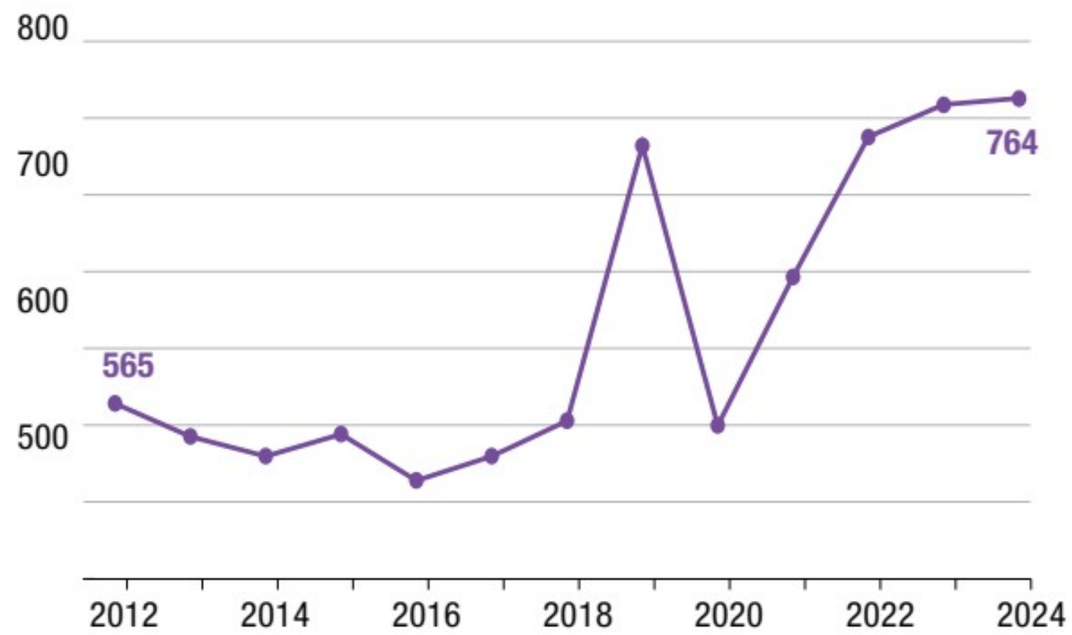
En milliers



Le nombre de décès augmente

Depuis 2020, les accidents du travail mortels ont grimpé de 39 % dans le régime général. Principale cause : des malaises, mais aussi des accidents graves tels que des chutes ou des électrocutions.

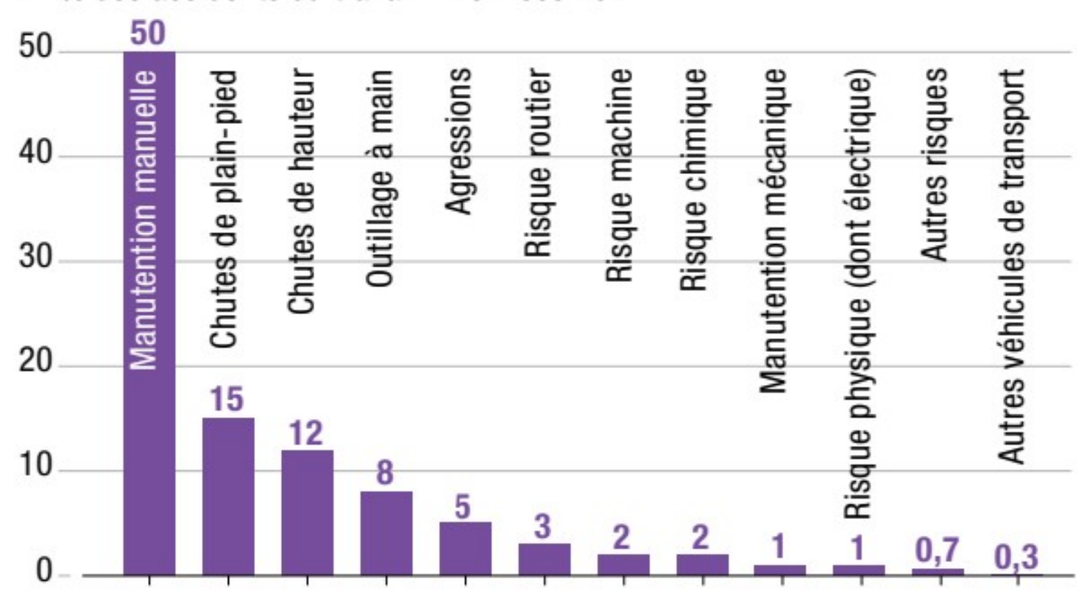
Nombre de décès dus aux accidents graves au travail - Régime général



Les risques sont multiples

Outre les risques classiques *(ci-dessous)*, d'autres causes inquiètent comme les canicules (qui ont fait 9 morts au travail en 2025) et les souffrances psychiques (15 % des salariés).

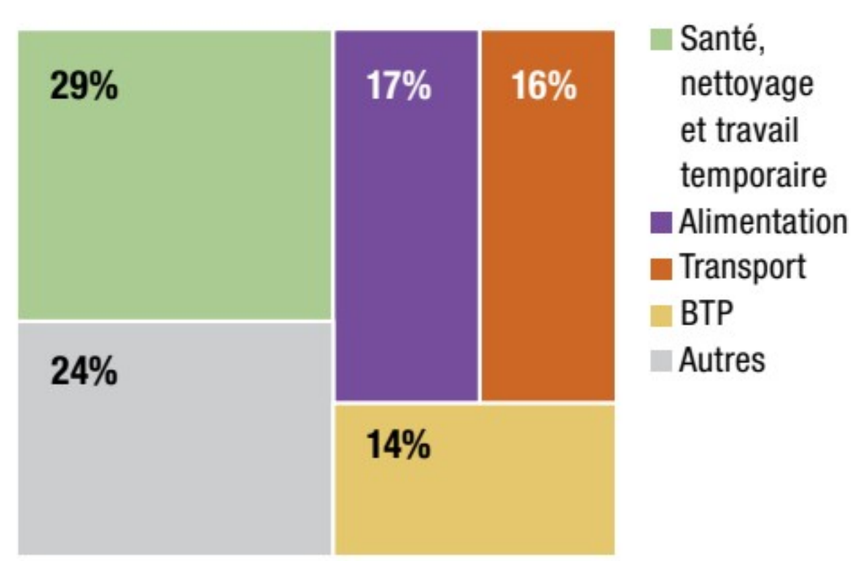
En % des accidents du travail - Données 2024



Certains secteurs sont plus touchés

Pour les femmes, les secteurs d'activité les plus à risque sont le commerce de détail, l'action sociale et la santé ; et pour les hommes, le BTP, les activités liées à l'emploi et le transport.

Total hommes et femmes - Données 2024



SOURCES : ASSURANCE MALADIE, CNAM

uniquement à modifier les connaissances, les attitudes ou les comportements.

REVOIR L'ORGANISATION

Autrement dit : la prévention ne suffit pas, elle est même moins efficace que le concret. Le chercheur souligne que la prévention individuelle – apprendre à un travailleur à sécuriser une échelle, par exemple – est généralement insuffisante si les conditions sous-jacentes demeurent dangereuses. Et ce, notamment lorsque la priorité est donnée à la production au détriment de la sécurité. *"Ainsi, la prévention individuelle doit venir appuyer, plutôt que remplacer, les mesures qui repensent l'équipement et les processus ou créent des conditions organisationnelles plus sûres"*, conclut Johnny Dyreborg.

"Il faudrait aussi faire des choix sociétaux, relève Anne Delépine, médecin du travail et conseillère médicale à l'INRS. *Concernant les risques favorisés par les horaires atypiques, par exemple : si certaines professions comme celles de la sécurité et du soin ne peuvent pas se passer du travail de nuit, celui-ci est-il vraiment indispensable quand il vise uniquement à recevoir une commande de la veille pour le lendemain ?"* Le travail en période de canicule sera un autre débat… La bonne nouvelle, c'est que tout autour de nous, travailler est moins risqué. Pourquoi pas en France ? Ce serait faire preuve de mauvaise volonté…

Les tests salivaires antidrogues sont-ils vraiment fiables ?

SHUTTERSTOCK

Ces tests sont devenus incontournables depuis une dizaine d'années…

Depuis que la loi a définitivement adopté leur usage en 2016, les tests salivaires se sont imposés dans les contrôles routiers en France. Leur nombre est ainsi passé de 285 000 dépistages en 2017 à 1,2 million en 2024, soit une augmentation de 320 %. Ils permettent aux forces de l'ordre de détecter la présence de cannabis, de cocaïne, d'amphétaminiques (amphétamines, méthamphétamine et ecstasy) ainsi que d'opiacés comme l'héroïne dans la salive d'individus, plusieurs heures voire plusieurs jours après la consommation. Concrètement, le prélèvement salivaire est mis au contact du test qui contient des anticorps capables de reconnaître les quatre familles de stupéfiants recherchés. Lorsque leur concentration dépasse un certain seuil prédéfini, le résultat est positif. *"Cela fonctionne exactement comme un test de grossesse"*, résume Pascal Kintz, professeur de toxicologie à l'Institut médico-légal de Strasbourg.

… malgré de nombreuses critiques sur leur fiabilité

Une octogénaire a récemment été contrôlée positive à la cocaïne, aux amphétamines et aux opiacés en Saône-et-Loire, entraînant un retrait immédiat de son permis. Trois jours plus tard, une analyse sanguine de vérification concluait pourtant à l'absence de substances. Comment expliquer un tel revirement ? En pratique, ces tests ne servent qu'à signaler la présence possible de stupéfiants. En cas de résultat positif, la procédure prévoit systématiquement une analyse de confirmation par un laboratoire agréé. *"Cela varie selon les substances, mais on observe en moyenne 10 à 15 % de résultats faussement positifs,* indique Pascal Kintz. *Surtout, tous les tests ne se valent pas, et les derniers appels d'offres n'ont pas forcément retenu ce qui se fait de mieux."* Enfin, le taux de faux positifs varie également en fonction de l'état du matériel. À noter : depuis mars 2025, les forces de l'ordre ne sont plus tenues de justifier la fiabilité de leur test – date de péremption… – ni les conditions de son utilisation, empêchant toute possibilité de contester le résultat sur le moment, ce qui peut entraîner une sanction prématurée.

Ces dernières années, le nombre de dépistages inopinés sur des automobilistes a grimpé en flèche et, avec lui, les récits d'erreurs liées à un résultat faux positif. Alors qu'un récent arrêt de la Cour de cassation écarte l'obligation pour les forces de l'ordre de prouver la validité du matériel employé, peut-on faire confiance à ces tests ? PAR **CÉCILE THIBERT**

Finalement, le matériel est peu adapté aux situations du quotidien…

Outre la fiabilité des tests, certaines situations peuvent aussi conduire à un résultat erroné : *"Des médicaments autorisés possèdent une structure chimique proche de celle de drogues interdites et le test rapide n'est pas capable de faire la différence"*, indique Pascal Kintz. Une personne ayant pris un sirop antitussif ou un décongestionnant nasal peut ainsi être déclarée positive aux opiacés ou aux amphétamines. *"On parle de 'réactions croisées'. Cela survient aussi avec certains antiépileptiques et des médicaments utilisés en psychiatrie"*, précise le chercheur. Mais selon lui, le principal problème n'est toutefois pas celui des faux positifs. Ce serait plutôt l'inverse : *"Nous avons mené une étude à Strasbourg montrant que plus de 50 % des consommateurs de cannabis et 30 % des usagers de cocaïne n'étaient pas détectés"*, affirme Pascal Kintz. Un résultat que le toxicologue attribue en partie à la qualité médiocre des tests utilisés.

… et l'impact sur la sécurité routière est alors difficile à mesurer

La généralisation de ces dépistages a-t-elle dissuadé les conducteurs de prendre le volant après avoir consommé des stupéfiants ? Pas si sûr. Si la proportion de tests positifs lors de contrôles routiers inopinés est passée d'environ 50 % en 2010 à 10 % aujourd'hui – du fait d'une utilisation moins ciblée –, le nombre de délits pour conduite sous stupéfiants a, lui, été multiplié par cinq ! Les stupéfiants restent actuellement la quatrième cause d'accidents de la route mortels, après l'inattention, l'alcool et la vitesse excessive. Au total, 12 % des conducteurs impliqués dans un accident mortel sont positifs aux stupéfiants, contre 18 % pour l'alcool. *"Globalement, il n'y a pas eu d'amélioration depuis l'arrivée de ces tests"*, estime Pascal Kintz. Le dispositif présente en outre un angle mort : il ne permet pas de détecter certaines substances pourtant répandues, comme les cannabinoïdes de synthèse, la kétamine ou encore le protoxyde d'azote. *"Pour moi, le meilleur test reste un policier formé, capable d'évaluer si une personne est sous l'influence ou non d'un produit"*, conclut le toxicologue.

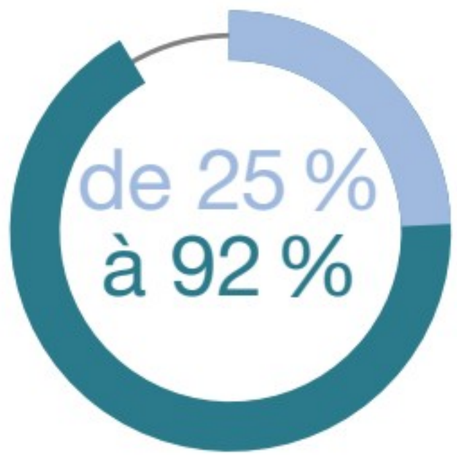
EN CHIFFRES

8

C'est, en nombre de jours, la durée maximale pendant laquelle le THC, substance active du cannabis, peut être détectée dans la salive après l'arrêt de la consommation chez un usager quotidien.

1,2

C'est, en million, le nombre de dépistages de stupéfiants réalisés en France en 2024. Cela représente en moyenne 18 dépistages pour 1 000 habitants.



C'est, selon les marques, la fourchette des taux de fiabilité constatés pour les tests salivaires de dépistage du THC présents sur le marché, d'après une étude canadienne menée en 2023.

SOURCES : DROGUES INFO SERVICE - HELIYON 2023 - SÉCURITÉ-ROUTIÈRE.GOUV.FR

#CARTEBLANCHE

PAROLE AUX CHERCHEURS

CULTIVONS-NOUS À L'IA, C'EST UN ENJEU INDIVIDUEL ET SOCIÉTAL !

L'IA a longtemps été l'apanage de sachants, de laboratoires et d'entreprises dotés d'infrastructures, de ressources humaines qualifiées et d'une haute technicité. Mais voilà, cette technologie s'immisce désormais dans tous les aspects de la vie de milliards de personnes. Elle est désormais à la portée de chacune et chacun, indépendamment d'une quelconque culture informatique : il n'a jamais été aussi facile d'accéder à l'information ou à de nouveaux outils, et de générer du contenu. Or l'innovation dans ce domaine va vite, trop vite. Pourtant, en parallèle, il nous est demandé de naviguer dans ce "micmac" tout en étant responsables de nos actes et décisions. Mais qui n'a jamais repartagé des photos ou vidéos sans savoir qu'elles avaient été générées par IA ?

Il est donc de notre responsabilité, à toutes et tous, de s'intéresser à cette technologie, de prendre conscience de son impact sur nous, sur notre monde, de la partager de manière réfléchie et de veiller à ne laisser personne sur le bord de la route. Pour cela, il est primordial que nous nous construisions un esprit analytique, que nous l'entraînions et le consolidions pour affronter ce qui se passe aujourd'hui et ce qui arrivera demain. C'est là que la littératie IA devient importante. Il s'agit de la capacité de comprendre et d'utiliser de manière critique les technologies de l'IA, et pas seulement générative. C'est un enjeu individuel, sociétal et démocratique, qui touche autant notre éducation que notre souveraineté et notre développement industriel.

Plus facile à dire qu'à faire ! En attendant que plus d'initiations soient mises en place par les pouvoirs publics (comme les Cafés IA), il est possible de se former soi-même via plusieurs ressources vérifiées et de confiance : les magazines et les blogs de vulgarisation scientifique reconnus, bien évidemment, mais aussi la plateforme France-Université-Numérique (fun-mooc.fr). La littératie IA permettra alors de susciter des vocations numériques, de limiter la désinformation et d'aller vers un monde numérique accessible, inclusif au service du respect de chacune et chacun dans sa diversité et sa différence.

IKRAM **CHRAIBI KAADOUD**
Chercheuse en intelligence artificielle et en sciences cognitives, spécialisée en explicabilité

SHUTTERSTOCK - DR

1%
FOR THE PLANET®

40 associations s'engagent pour notre planète. Et vous ?

Offrez deux fois plus de soutien à vos projets environnementaux favoris grâce à une levée de fonds exceptionnelle.

1€ donné = 2€ reversés

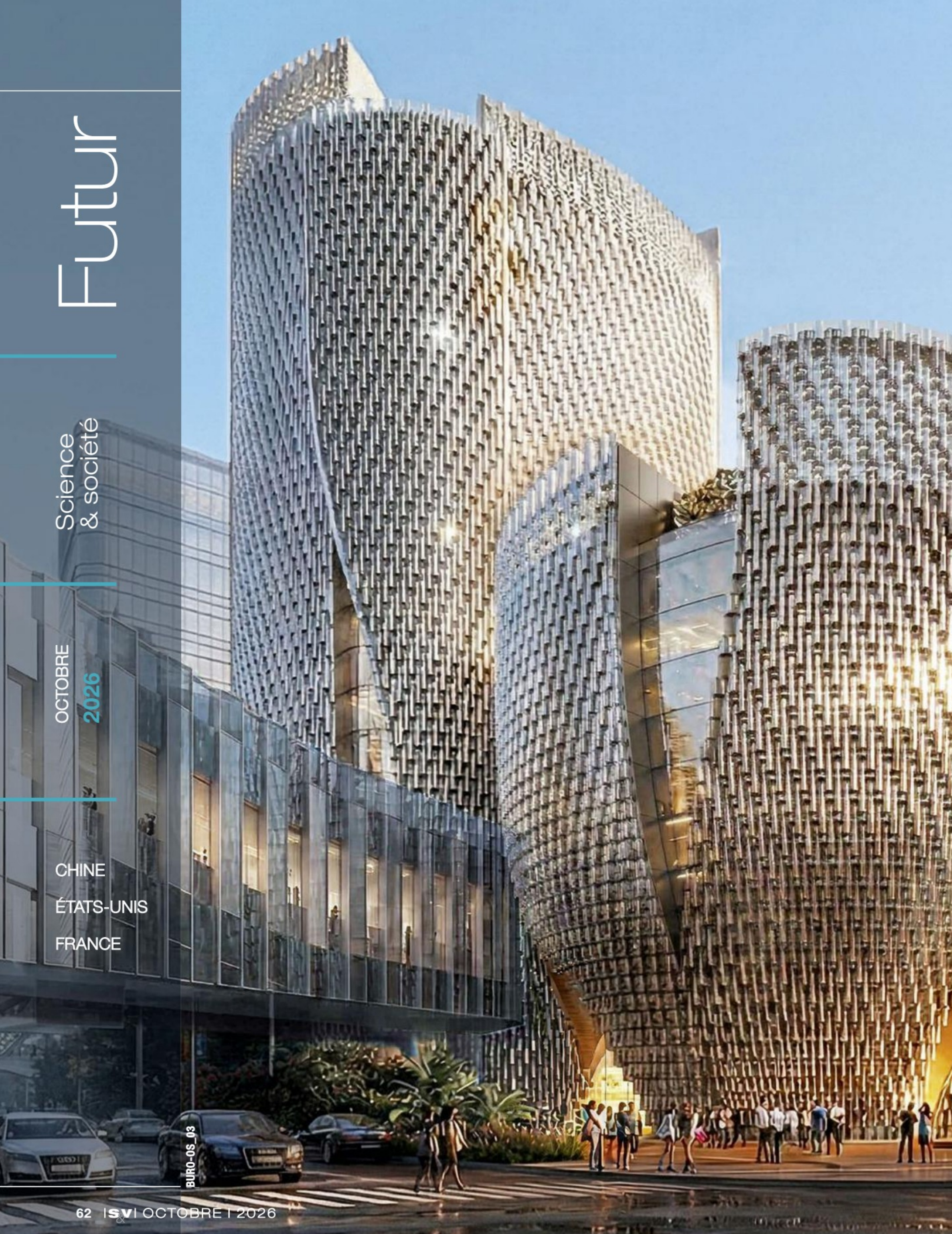
1% for the Planet double vos dons jusqu'au 07.10.2026

SOUTENIR LES PROJETS

SCIENCE&VIE est partenaire de 1% for the Planet France

onepercentfortheplanet.fr

Crédit photo I Andrey Svistunov



Futur

Science
& société

OCTOBRE
2026

CHINE

ÉTATS-UNIS

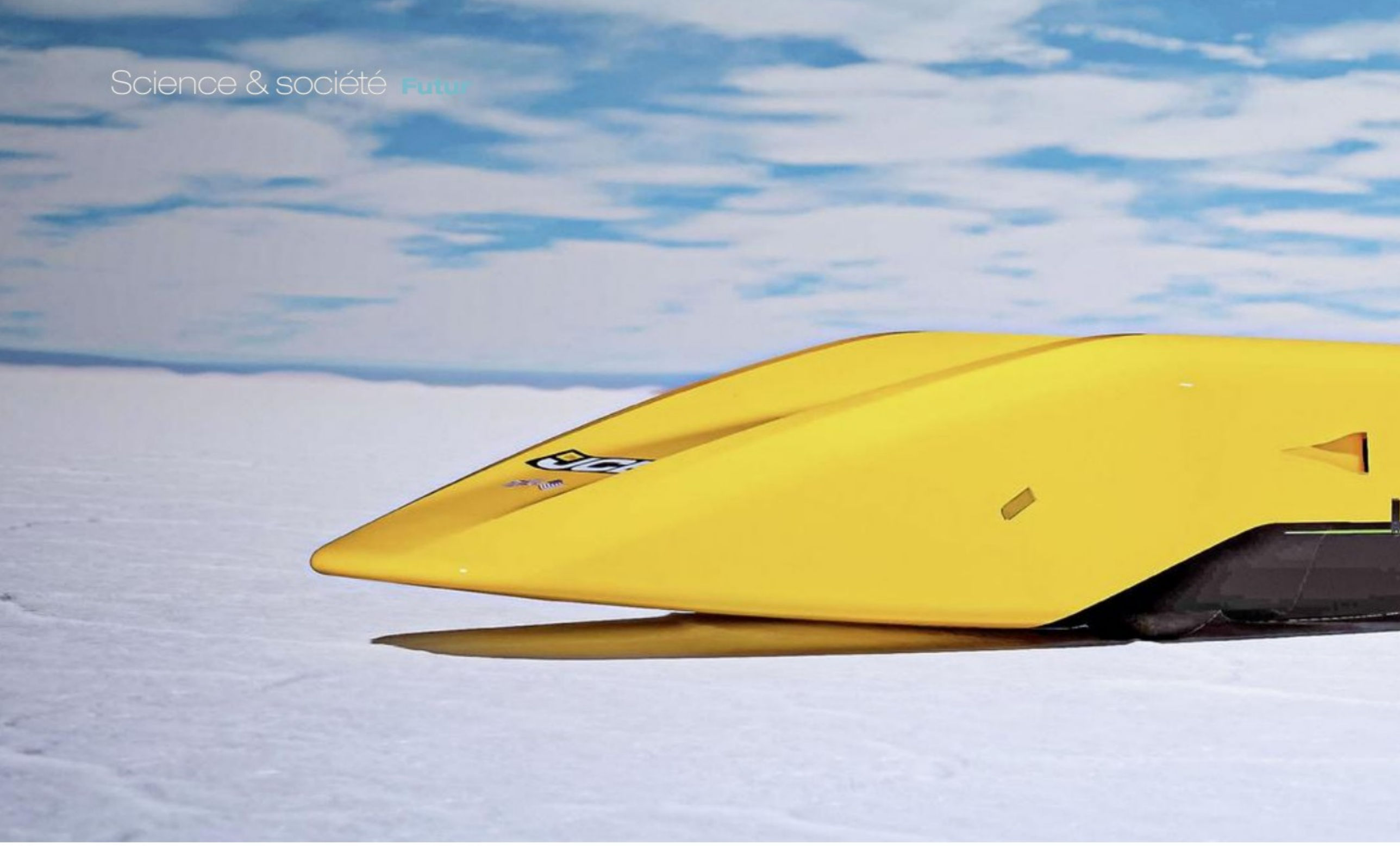
FRANCE

BURO-OS_03

SHENZHEN (CHINE)

Ce musée sera couvert de tubes en verre suspendus

Planté au milieu des tours de Shenzhen, en Chine, le futur musée d'art Róng a été imaginé par l'agence d'architecture allemande Büro Ole Scheeren pour susciter la curiosité. Et c'est réussi ! Ses cinq pavillons en forme de cône s'élanceront vers le ciel, tandis que leurs façades seront enveloppées d'une couche extérieure composée de tubes en verre suspendus. L'objectif recherché n'est pas qu'esthétique : ces tubes translucides diffuseront une partie de la lumière naturelle à l'intérieur tout en créant de l'ombre, ce qui améliorera la performance énergétique des bâtiments. La nuit, ils seront éclairés individuellement, créant des jeux de lumière sur toute la façade. Par ailleurs, les toits-terrasses végétalisés collecteront l'eau de pluie, qui sera ensuite filtrée pour être réutilisée. En plus des espaces d'exposition, le musée accueillera une grande bibliothèque d'art, des salles de conférences, ainsi que des boutiques et restaurants. Actuellement en construction, son ouverture au public est prévue en 2027. **L.B.**



TOULOUSE

Cet arbre gonflable rafraîchira les villes

Pour faire face aux fortes chaleurs, le groupe français Michelin a conçu OYA Urban Tree, une ombrière gonflable. Déployée en quelques minutes, elle crée plus de 260 m² d'ombre – l'équivalent d'un terrain de tennis – dans les centres-ville ou lors d'événements. Une première installation temporaire a été aménagée à Toulouse pendant l'été 2026, et d'autres sont prévues en 2027. L.B.

UTAH
(ÉTATS-UNIS)

Les voitures à hydrogène seront les plus rapides

653,9 km/h, tel est le record mondial de vitesse atteint, en août dernier, par l'Hydromax, du constructeur britannique JCB, sur le désert salé de Bonneville (États-Unis). Il dépasse ainsi les records établis par des véhicules diesel (563,4 km/h en 2006) et électrique (496,3 km/h en 2025). Long de presque 10 m, le véhicule est propulsé par deux moteurs thermiques à hydrogène, qui utilisent ce gaz comme carburant à la manière d'un moteur à essence. Il démontre ainsi la puissance de cette technologie, qui permettra d'équiper les véhicules les plus rapides, sans produire de CO_2 ni embarquer de batteries. L.B.

JCB - MICHELIN - WANQING ZHANG

PENNSYLVANIE
(ÉTATS-UNIS)

Ce tatouage électronique surveillera notre santé

Des ingénieurs de l'université Penn State, aux États-Unis, ont mis au point une encre conductrice qui s'applique sur la peau. Elle forme un tatouage électronique temporaire capable de suivre l'activité cardiaque, musculaire ou cérébrale. Celui-ci se raccorde, par un bout de tissu métallique *(en doré)*, à un module Bluetooth qui envoie les signaux vers un ordinateur. Plus adhérente qu'une électrode classique, cette encre améliorera la précision des mesures. L.B.

ÉTATS-UNIS

Les hélicoptères n'auront ni cockpit ni pilote

Le R66 Turbinetruck, de Robinson Helicopter Company, est un hélicoptère cargo sans pilote ! Équipé du système autonome Matrix du constructeur Sikorsky (groupe Lockheed Martin), il est capable de générer un plan de vol en s'appuyant sur ses capteurs et ses algorithmes. Dépourvu de cockpit, il dispose d'une porte à l'avant qui facilite le chargement rapide de matériel – jusqu'à 590 kg. Destiné à un usage aussi bien civil que militaire, il permettra de ravitailler des zones isolées ou dangereuses sans exposer de pilote. S.F.

#ILSFONTDEMAIN

SIKORSKY & ROBINSON HELICOPTER - CYCLAIR

SÉBASTIEN
GORRY
Président fondateur
de Cyclair

PRESSAC
(VIENNE)

> Les outils se rétractent et se déploient en fonction de ce que l'intelligence artificielle reconnaît comme culture

Des robots guidés par IA pour désherber les champs

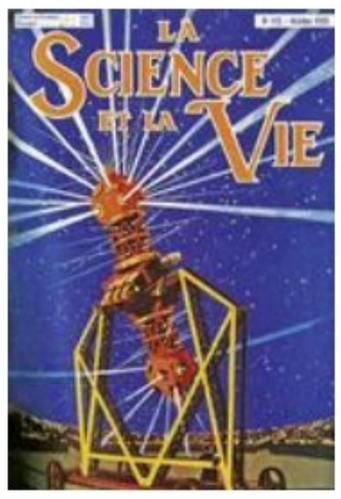
Cyclair fabrique des robots autonomes qui arrachent les mauvaises herbes sans abîmer les cultures.

PAR **STÉPHANE FAY**

Pour remplacer les herbicides nocifs pour la santé et pallier le manque de main-d'œuvre, la société viennoise Cyclair a développé un nouveau robot autonome capable de désherber mécaniquement. Pour cela, il suffit de lui fournir la carte du champ à traiter via une application puis de planifier des tâches. Le robot enverra alors régulièrement un rapport sur ses avancées.

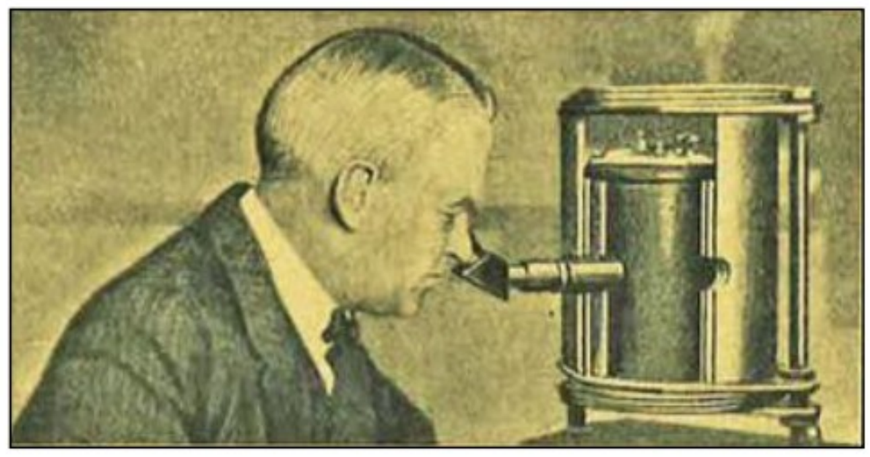
Avec ses 7 m d'envergure, il peut arracher les mauvaises herbes grâce à divers outils –bineuse, sarcleuse…– sur un couloir de 5,40 m de large avec une précision centimétrique, ce qui permet d'épargner les plantations. *"Les outils se rétractent et se déploient en fonction de ce que l'intelligence artificielle reconnaît comme culture"*, explique Sébastien Gorry, le président de Cyclair. Pour l'instant, l'IA est capable de discerner les mauvaises herbes du maïs, du tournesol, du colza, de la betterave, du soja et des pois chiches. Au bout de trois à quatre passages, 97 % des plantes indésirables sont ainsi éliminées. *"Elles sont laissées sur le sol, où elles sèchent puis se dégradent naturellement"*, pointe l'entrepreneur. Grâce à sa vitesse d'environ 4 km/h, le robot peut désherber jusqu'à 28 ha/jour avec une autonomie allant jusqu'à 40 heures en fonctionnement hybride électrique/thermique.

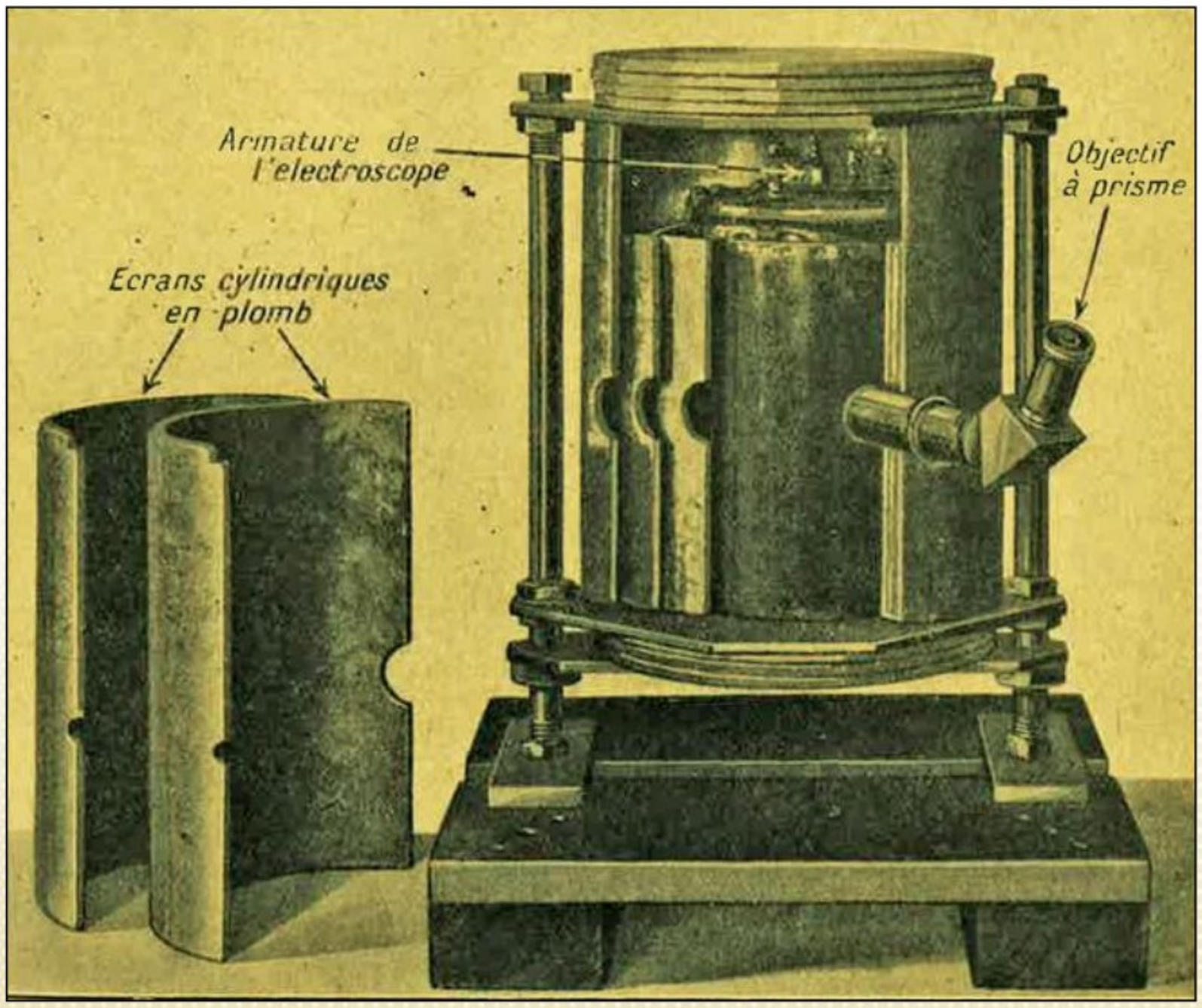
Le robot ayant reçu sa qualification au printemps dernier, l'entreprise est en train de produire sa toute première série destinée à la commercialisation.



100 ans

On découvrait les rayons cosmiques





Robert Millikan a utilisé un électroscope entouré de plusieurs cylindres de plomb pour bloquer la radioactivité terrestre et mesurer la pénétration de rayonnements ultra-pénétrants.

"De nouvelles radiations tout récemment découvertes nous viendraient de mondes en formation", titrait *La Science et la Vie* en octobre 1926. On devait cette révélation au physicien américain Robert Millikan, déjà lauréat d'un prix Nobel de physique en 1923. Le chercheur avait théorisé l'existence d'une lumière très énergétique provenant du ciel qu'il avait baptisée "rayon cosmique". Pour tenter de prouver ses dires, Robert Millikan avait entrepris en 1925 l'ascension du mont Whitney, en Californie, pour atteindre le lac Muir, à 3 540 m d'altitude. Monter à une telle hauteur lui donnait davantage de chance de capter des radiations provenant de l'espace et non polluées par les infrastructures humaines. Il y avait alors disposé des électroscopes – des instruments qui mesurent l'intensité d'un rayonnement. Et bingo : il avait capté un signal ultra-énergétique surpassant tout ce qui avait été observé jusque-là. D'où pouvait-il bien provenir ? Pour le chercheur, il s'agissait de *"l'hydrogène primitif dont sont formées les nébuleuses et les étoiles les plus jeunes qui, en se condensant en hélium, émettrait de l'énergie"*. Mais il se trompait : d'autres expériences dans les années 1930 montreront que les rayons cosmiques ne sont pas des ondes mais un ensemble de particules chargées ultra-énergétiques (protons, noyaux d'hélium, électrons, etc.) en provenance du fin fond de l'Univers. **M.L.**

25 ans

On philosophait sur l'intelligence artificielle

En 2001, le film *A.I. Intelligence artificielle,* réalisé par Steven Spielberg, sortait au cinéma. On y suivait David, un jeune androïde doté d'une IA programmée pour être douée d'intelligence et de sentiments. *Science & Vie* se demandait si ce futur était envisageable. *"De nombreux scientifiques renommés prédisent la création imminente d'entités possédant une intelligence plus grande que celle des humains"*, affirmait le rédacteur. Parmi les arguments avancés revenait notamment la progression constante de la vitesse de calcul des machines tout au long du XXe siècle. Mais toute la communauté scientifique n'était pas de cet avis : *"Il ne suffit pas d'avoir une mémoire et une vitesse de traitement du même ordre que celles du cerveau pour qu'un ordinateur devienne intelligent"*, pointait Raja Chatila, chercheur au CNRS. Vingt-cinq ans plus tard, force est de constater que même si l'IA a fait des bonds de géant, ChatGPT est encore infiniment loin des capacités de David. **M.L.**

50 ans

On dévoilait une navette spatiale réutilisable

"Le temps du véhicule spatial 'non consigné' a pris fin", s'exclamait votre magazine en octobre 1976. À ce moment-là, la Nasa dévoilait sa navette *Enterprise,* en référence au vaisseau dans *Star Trek.* L'appareil – d'une longueur de 37,19 m pour 23,77 m d'envergure – a été conçu pour être réutilisable une centaine de fois, lors de trajets entre la Terre et les satellites de basse altitude. Et son pilotage était *"presque aussi simple qu'un avion"*, pointait l'auteur. Le but ? Faciliter et réduire le coût de l'accès à l'espace : *"La navette permet de transporter 29,50 t pour 10,5 millions de dollars par vol"*, affirmait-il. C'est trois fois moins qu'avec une fusée Titan ! Mais voilà, le vaisseau n'a jamais été mis en orbite et n'a servi que lors de vols expérimentaux dans l'atmosphère. C'est son successeur, Columbia, qui sera la première navette à voler dans l'espace, en 1981 (jusqu'à sa tragique explosion en 2003). **M.L.**

#LACHRONIQUE

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

Bouin *vs* Voronoff : d'où provient la testostérone ?

On sait que la testostérone, l'hormone responsable du développement des caractères sexuels masculins, est produite dans les testicules. Mais où exactement ? C'est la question qui, dans les années 1920, oppose le médecin Pol Bouin, à Strasbourg, et le chirurgien Serge Voronoff, à Paris.

Dans un testicule, on trouve essentiellement des tubes séminifères, où sont fabriqués les spermatozoïdes, ainsi qu'un tissu interstitiel situé entre ces tubes. Dès 1903, Pol Bouin et son collègue Paul Ancel affirment que les hormones sont sécrétées par les cellules interstitielles et établissent donc que la fonction hormonale du testicule et sa fonction reproductrice sont indépendantes.

Mais Voronoff ne partage pas cette vision : dans le cadre de ses recherches sur le rajeunissement, le chirurgien greffe en 1920 des lamelles de testicules de babouin sur 500 hommes âgés – et riches – en leur promettant qu'ils retrouveront force intellectuelle, vigueur physique et capacité à procréer. Voronoff en est persuadé : sa greffe fonctionne et procure à ses patients un apport d'hormones supplémentaires. Or, plusieurs mois après une opération, il constate que les cellules interstitielles du greffon ont quasiment disparu, tandis que les tubes séminifères, eux, sont toujours présents. Pour le chirurgien, c'est la preuve que les hormones mâles sont produites à l'intérieur de ces tubes.

Sauf que de plus amples investigations dans les années 1930 vont finalement conforter la position de Bouin : ce sont bien les cellules interstitielles – aussi appelées "cellules de Leydig" – qui sécrètent l'hormone mâle, isolée et baptisée "testostérone" en 1935. Une pensée émue pour les greffés…

M.TUMELAIRE

Régénération des mangroves, méga-aspirateurs d'air, fertilisation de l'océan…

CAPTURER LE CO_2

TOUTES LES PISTES, LE VERDICT DE LA SCIENCE

PAR ANNE LE DUIGOU

72
Un gaz aux effets dévastateurs

76
- Pour aspirer le CO_2 dans l'air, il faudrait construire plus gros
- Avant de le piéger, l'impact écologique doit être étudié
- Pour que la nature joue son rôle, la restaurer sera indispensable
- Pour un captage efficace, l'industrie devra s'y mettre

86
Un défi planétaire qui exige des moyens massifs

Il faut affronter la réalité : les émissions de CO_2 d'origine humaine sont records ; l'objectif d'un réchauffement de +1,5°C en 2050 semble déjà dépassé. Les conséquences sont connues. La solution ? Réduire le taux de CO_2 dans l'air, en baissant nos émissions mais aussi… en le capturant ! Les moyens ? Ils explosent : ingénieurs et scientifiques peaufinent les techniques, naturelles ou technologiques, et évaluent leur efficacité. Le défi du siècle va commencer – l'humain peut l'emporter.

ELIÉNOR LO MEO AVEC L'IA SHUTTERSTOCK

C'est un processus qui perdure depuis plus de deux siècles maintenant : l'humanité a pris l'habitude d'extraire du carbone du sol –gaz, pétrole, charbon, etc.– pour combler ses besoins énergétiques, et de le disperser dans l'atmosphère sous forme de dioxyde de carbone (CO_2). Sauf que voilà, cette molécule est capable d'absorber naturellement le rayonnement infrarouge –la chaleur– émis par la surface terrestre et de le renvoyer vers celle-ci. Résultat : un effet de serre galopant qui embrase la planète ! Depuis 1850, la concentration de CO_2 atmosphérique a ainsi augmenté de 50 % sous l'effet des activités humaines, entraînant une hausse de la température moyenne de 1,39°C à la surface du globe.

Face à cette urgence climatique, des ingénieurs et des chercheurs du monde entier envisagent donc le chemin inverse : extraire activement une partie du carbone de l'atmosphère. Cette stratégie est essentielle pour atteindre l'objectif de neutralité carbone à l'horizon 2050 adopté par l'Union européenne et de nombreux autres pays (qui représentent à eux tous environ 70 % de l'économie mondiale). Il s'agit de ramener à zéro le bilan carbone, en compensant les quantités de gaz à effet de serre émises par les activités humaines par des absorptions. Comment ? *"Qu'on soit clairs : la priorité absolue, c'est de limiter nos émissions de carbone"*, insiste Coline Roux, déléguée générale de l'Association française pour les émissions négatives (Afen). C'est mathématique : moins on émet, plus on se rapproche de la neutralité.

DES MÉTHODES D'ÉLIMINATION DU CARBONE

Pour s'en rapprocher encore, on peut compter sur des puits naturels qui absorbent depuis toujours ce gaz de l'atmosphère : l'océan, les sols et les forêts. *"Mais, en complément, nous aurons indubitablement besoin d'émissions négatives"*, ajoute Coline Roux. Autrement dit, il faudra nécessairement éliminer le CO_2 grâce à l'intervention humaine. C'est aussi la conclusion du Giec (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat) : dans son 6e rapport, publié en 2022, les chercheurs indiquent que le déploiement de dispositifs capables de séquestrer le CO_2 est inévitable si l'on veut parvenir à l'équilibre dans 25 ans. Car les chiffres sont têtus. Même en utilisant tous les moyens de réduction des émissions à notre portée –sobriété énergétique, énergies bas carbone, isolation des logements, alimentation moins carnée, transports efficaces, etc.–, certains rejets résiduels resteront particulièrement difficiles à supprimer. À l'instar de l'agriculture, de certains procédés industriels, de l'aviation ou encore de la production de matériaux comme le ciment : selon les scénarios étudiés par le Giec, ce "résidu" pourrait encore représenter 10 milliards de tonnes (soit 10 gigatonnes ou Gt) de CO_2 par an à l'échelle mondiale. Un chiffre considérable, puisque cela représente un quart de nos émissions actuelles à l'échelle du globe !

C'est pour s'attaquer à ce résidu que des technologies et méthodes d'émissions négatives, également appelées techniques d'élimination du CO_2, sont mises au point. Leur principe ? Retirer du carbone de l'atmosphère, puis le stocker le plus longtemps possible afin qu'il

STÉPHANE JUNGERS - BRUNO BOURGEOIS

L'atmosphère contient environ 3 400 Gt de CO_2. Et chaque année, les activités humaines en émettent environ 40 Gt

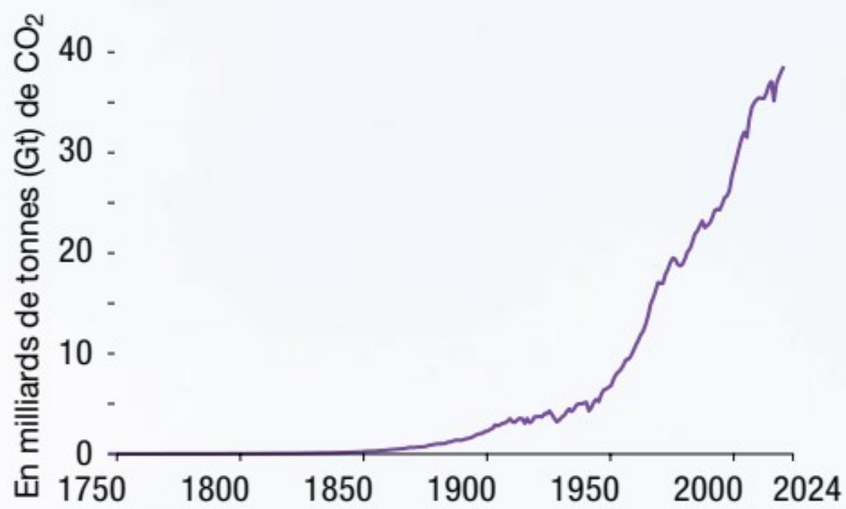
UN GAZ AUX EFFETS DÉVASTATEURS

42,2

C'est en milliards de tonnes (Gt) la quantité de CO_2 que l'humanité a émise en 2025, en comptant à la fois les combustibles fossiles, l'industrie et les changements d'usage des terres.

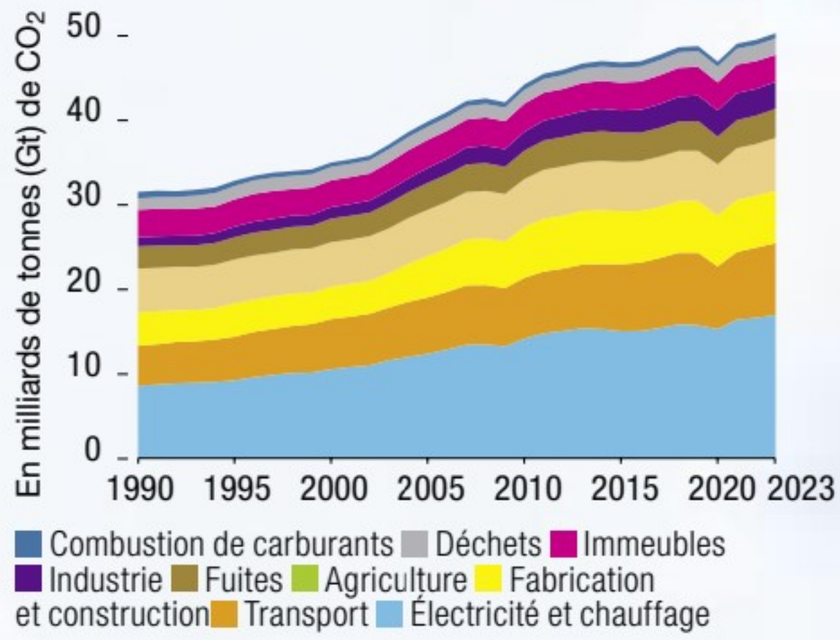
Les émissions de CO_2 augmentent…

Depuis 1750, les émissions mondiales de CO_2 dues aux énergies fossiles et à l'industrie ont augmenté de manière exponentielle. Entre 2000 et 2025, elles ont bondi de 50 %.



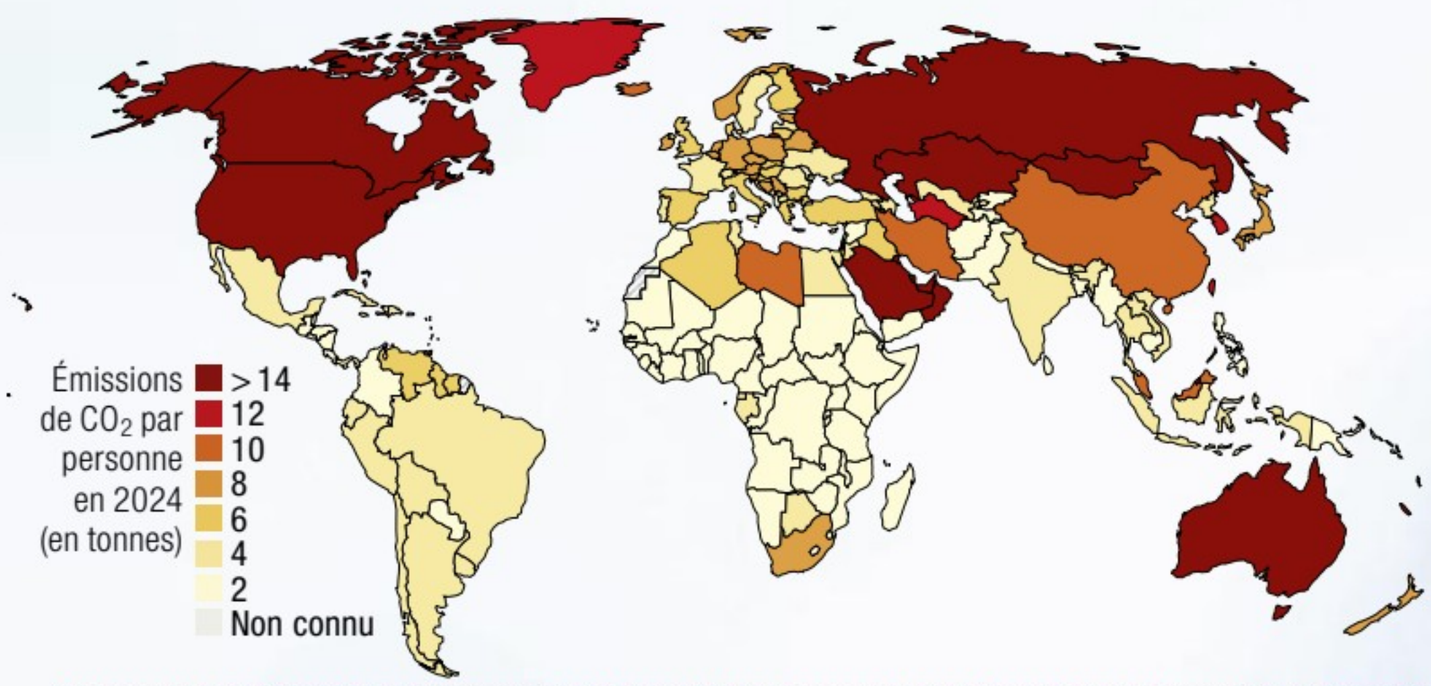
… du fait des activités humaines…

L'électricité et la production de chaleur dominent largement, suivies par les transports, l'industrie et l'agriculture.



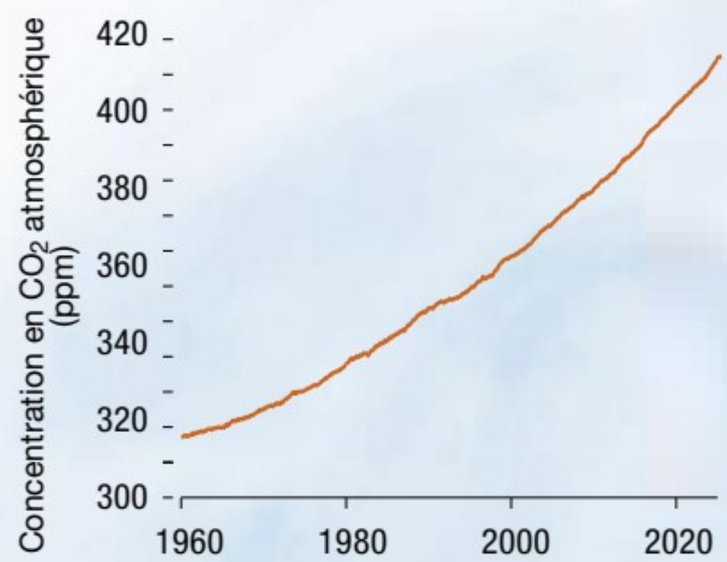
… pratiquées inégalement sur la planète

Les pays riches dotés de centrales à charbon, producteurs de pétrole ou de gaz, ou à l'importante production industrielle sont les plus émetteurs.



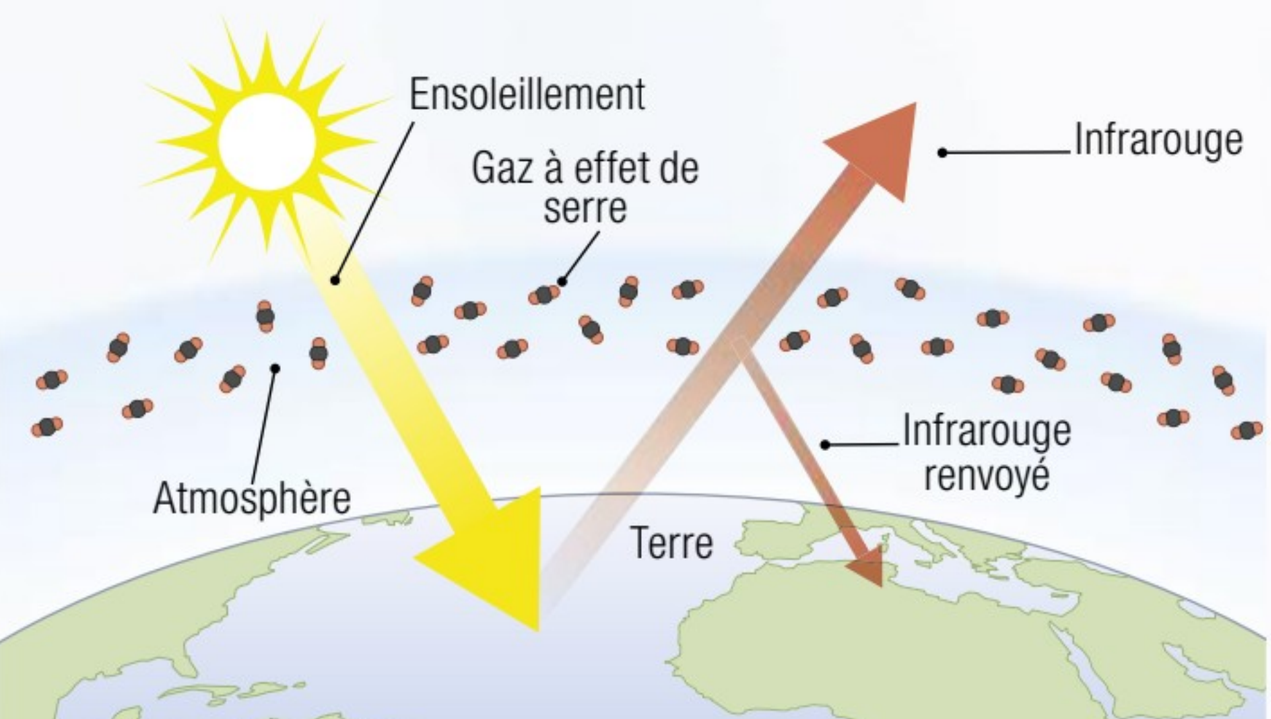
Résultat, le CO_2 s'accumule dans l'atmosphère…

Aujourd'hui, le CO_2 représente 430 molécules sur 1 million (430 ppm), soit 40 % de plus qu'avant l'ère industrielle.



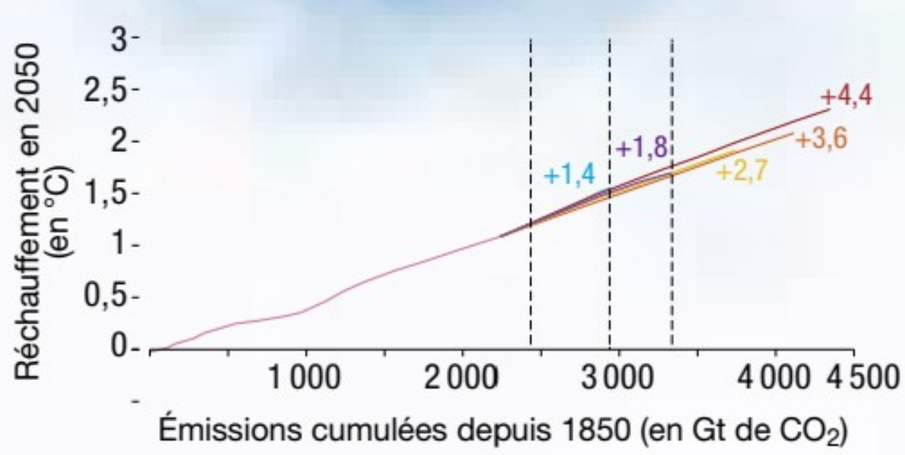
… ce qui provoque un important effet de serre…

Le rayonnement solaire est absorbé par la Terre et réémis sous forme de chaleur. Cette dernière est ensuite en partie capturée par les gaz à effet de serre, dont le CO_2, et renvoyée vers la Terre.



… et un réchauffement climatique

Selon le scénario suivi par l'humanité (de l'avenir durable à celui basé sur les énergies fossiles), la hausse de température en 2050 variera de + 1,4°C à + 4,4°C (dont les 2/3 dus au CO_2).



SOURCES: GLOBAL CARBON BUDGET (2025) - CLIMATE WATCH (2026) - UNIVERSITÉ DE COLUMBIA

La priorité absolue, c'est de limiter nos émissions de carbone. Mais, en complément, nous aurons besoin d'émissions négatives

COLINE **ROUX**
Déléguée générale de l'Association française pour les émissions négatives (Afen)

DR - BRUNO BOURGEOIS

ne retourne pas trop rapidement dans l'air. Les chercheurs les plus optimistes envisagent même que ces techniques deviennent assez efficaces pour permettre non seulement de stabiliser, mais aussi de diminuer la quantité de CO_2 présente actuellement dans l'atmosphère et, à terme, de faire baisser la température moyenne du globe. C'est ainsi que l'objectif de limiter le réchauffement à +1,5°C par rapport aux températures préindustrielles – seuil que nous sommes désormais en train de dépasser – pourrait redevenir d'actualité.

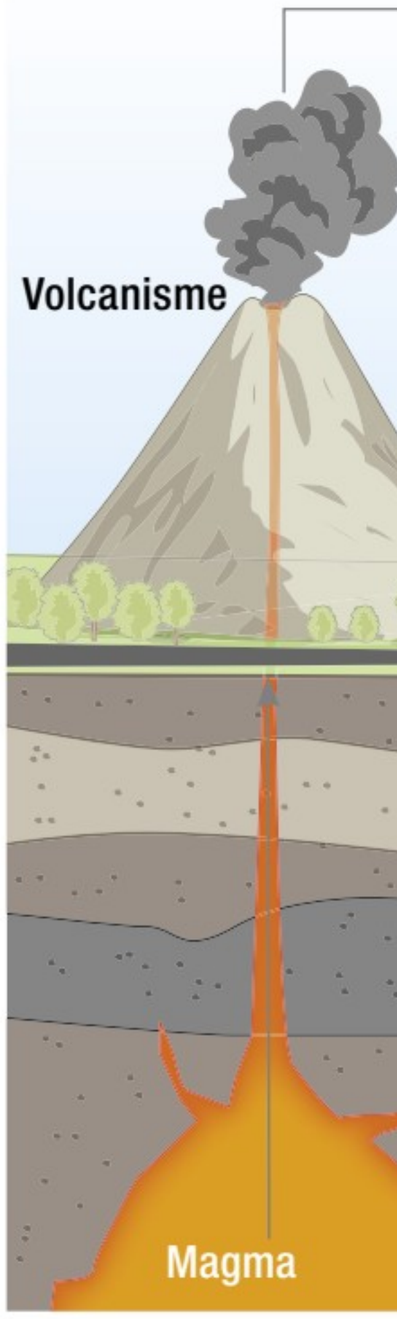
Aujourd'hui, les technologies d'émissions négatives en développement ciblent principalement le CO_2. Certes, ce n'est pas le seul gaz à effet de serre : les activités humaines émettent également du méthane (CH_4) – notamment par l'élevage, les rizières, les fuites de gazoducs ou les décharges –, ainsi que du protoxyde d'azote (N_2O), lié aux engrais et à certaines activités industrielles. Ces gaz affichent un pouvoir réchauffant supérieur au CO_2, mais ils sont émis en quantités 100 à 1 000 fois moindres. Surtout, leur comportement dans l'atmosphère est différent : le méthane a une durée de vie relativement courte, tandis qu'une partie du dioxyde de carbone émis peut rester dans le système climatique pendant des siècles, voire des millénaires. C'est donc sur ce dernier que se concentrent les efforts.

Mais où aller le chercher ? À l'échelle mondiale, on estime aujourd'hui que l'atmosphère contient environ 3 400 Gt de CO_2. Et chaque année, les activités humaines en émettent environ 40 Gt. Une part importante (45 %) de ces émissions anthropiques subsiste dans l'air ; le reste est absorbé par les écosystèmes terrestres et l'océan. Ces différents milieux constituent en effet d'immenses réservoirs naturels de carbone. La végétation contiendrait au total plusieurs milliers de gigatonnes ; l'océan, plusieurs dizaines de milliers de gigatonnes, et les sols, des dizaines de millions de gigatonnes. Mais leur capacité de stockage reste limitée et n'est pas toujours permanente : une forêt peut brûler, un sol nu et retourné peut perdre son carbone, l'océan peut en relarguer une partie…

Des puits de carbone submergés par nos émissions

La lithosphère
Elle capture le CO_2 par sédimentation et fossilisation. Le gaz retourne à l'atmosphère via les éruptions et l'extraction humaine d'énergie fossile.

Stock : 80 millions Gt de carbone
Temps de séquestration : des millions d'années



Émissions naturelles
Émissions humaines
Absorption

NAISSANCE D'UN ÉCOSYSTÈME INDUSTRIEL

Favoriser ce stockage naturel, l'amplifier ou l'imiter par des méthodes artificielles sont donc au cœur des technologies d'émissions négatives. Et pour ce faire, la créativité des chercheurs semble inépuisable : certains restaurent des écosystèmes

La biomasse vivante
Elle l'absorbe par photosynthèse et le rejette par la respiration, les incendies ou en se dégradant.

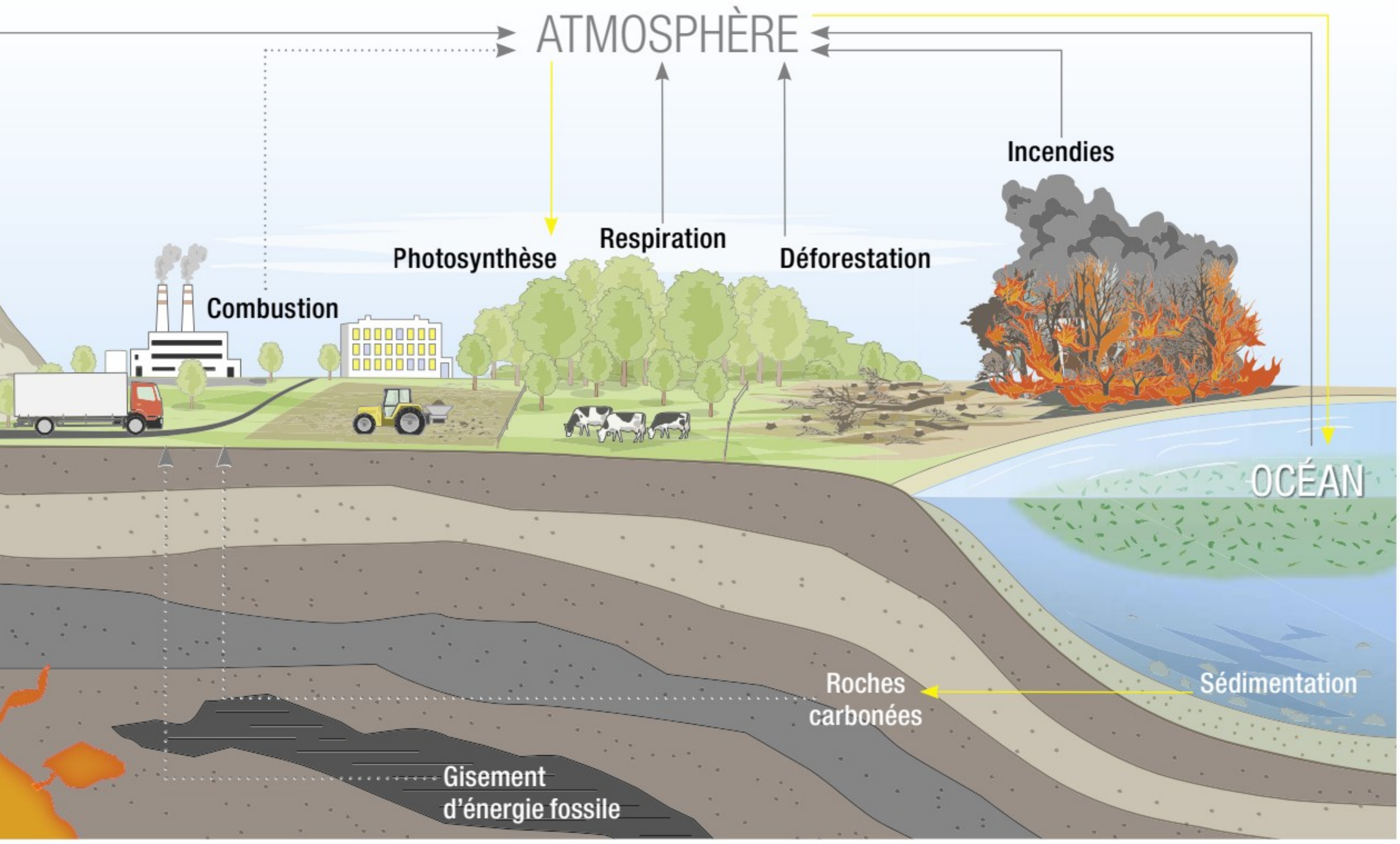
Stock : 600 Gt de carbone
Temps de séquestration : de 1 à 100 ans

L'océan
Il le pompe par dissolution et photosynthèse, mais en réémet beaucoup.

Stock : 38 000 Gt de carbone
Temps de séquestration : plusieurs siècles

L'atmosphère
Il contient 40 % de carbone de plus qu'il y a 200 ans.

Stock : 870 Gt de carbone
Temps de séquestration : de 5 à 10 ans



qui pompent naturellement le carbone de l'air – forêts, tourbières, mangroves, etc. D'autres tentent de stimuler certains processus biologiques, par exemple en cultivant des algues ou en améliorant le stockage dans les sols. D'aucuns testent des méthodes chimiques, comme l'accélération de l'altération des roches ou le captage direct du CO_2 dans l'air. D'autres encore pompent le carbone de l'eau de mer.

L'Agence internationale de l'énergie (AIE) estimait en 2021, dans son scénario visant à atteindre la neutralité carbone, qu'environ 1,6 Gt de CO_2 devrait être captée chaque année grâce aux solutions technologiques d'ici à 2030, puis 7,6 Gt à partir de 2050, sans compter l'apport conséquent des absorptions naturelles. *"Pour parvenir à la neutralité, nous aurons besoin de constituer un portefeuille des solutions les plus efficaces,* note Coline Roux. *Car aucune n'a ce potentiel à elle seule."*

L'heure est donc à l'évaluation des points forts et des points faibles de chacune : coût, consommation d'énergie, besoins en eau ou en terres, impact environnemental et, surtout, capacité à conserver durablement le carbone retiré. Sachant que certaines n'en sont qu'à la conception théorique, d'autres en phase d'essai, quand les plus matures sont optimisées dans des pilotes industriels ou en voie d'implémentation à grande échelle.

La bonne nouvelle, c'est qu'un véritable écosystème industriel est en train de naître autour de cet objectif. Des start-up sont créées et des multinationales investissent. Les financements se mettent en place. *"En cinq ans, les marchés du carbone ont évolué de manière spectaculaire",* se félicite Injy Johnstone, chercheuse au Net Zero Lab, en Allemagne. Le point sur les techniques et l'avis des scientifiques.

POUR **ASPIRER LE CO_2** DANS L'AIR, IL FAUDRAIT CONSTRUIRE PLUS GROS

CLIMEWORKS - BRUNO BOURGEOIS

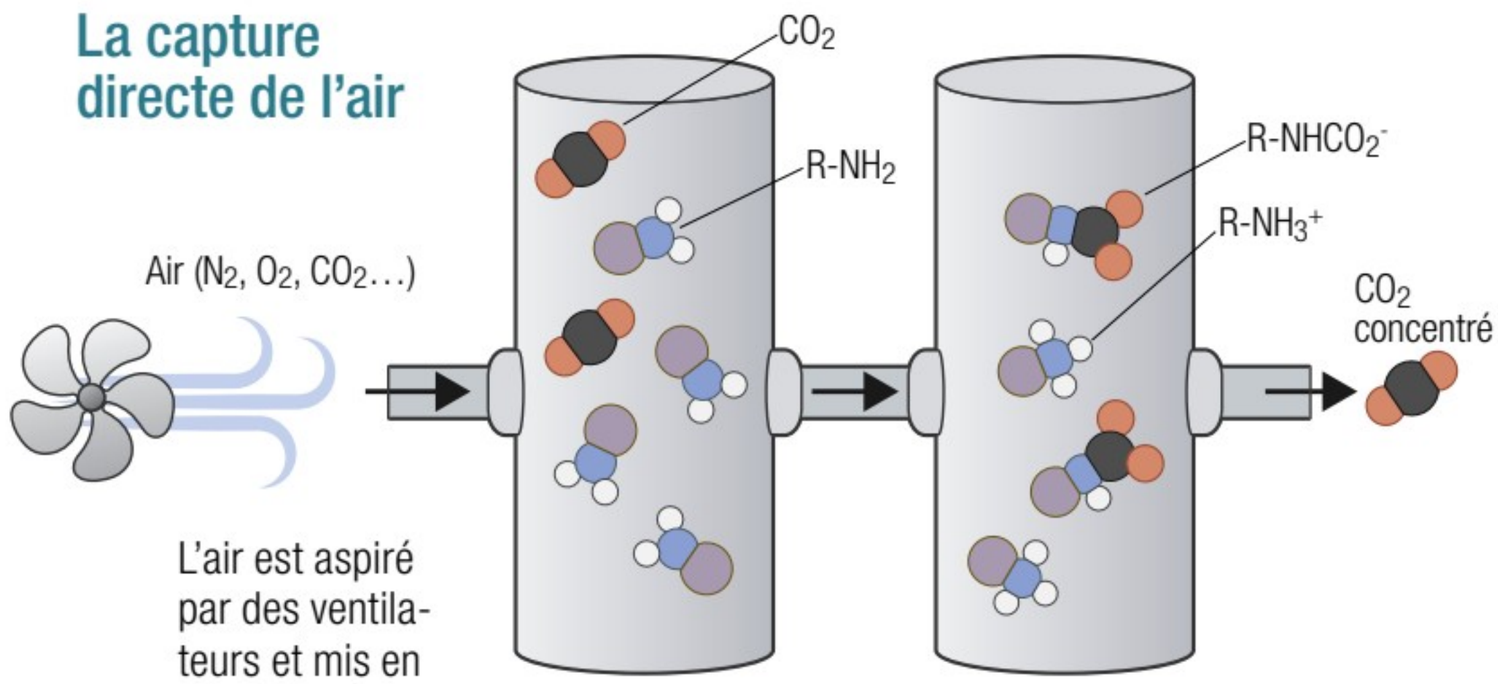
La chimie, c'est une histoire d'attraction : des atomes et des molécules qui se rapprochent, échangent des électrons et créent des liaisons. Et parmi ces interactions, certaines réactions chimiques sont capables de fixer sélectivement le CO_2 présent dans l'air et de le capturer. C'est ainsi que sont nées les technologies de DAC (*direct air capture*).

Le premier démonstrateur à l'échelle industrielle a été inauguré par la start-up suisse Climeworks en Islande, en 2021. Baptisé Orca (terme islandais pour "énergie"), il exploite d'immenses ventilateurs qui forcent l'air à traverser une toile imprégnée d'amines, capables de fixer le dioxyde de carbone. Le filtre est ensuite chauffé à environ 100°C afin de libérer le CO_2 et de régénérer le matériau adsorbant. Le gaz récupéré est alors dissous dans de l'eau, puis injecté dans une formation basaltique à environ 1 km de profondeur. Au contact de la roche, le dioxyde de carbone se transforme progressivement en carbonates minéraux, assurant un stockage pour plusieurs milliers d'années. En 2024, Orca avait ainsi éliminé près de 1 000 t de CO_2.

Forte de cette expérience, Climeworks a changé d'échelle, en mai 2024, avec l'inauguration de Mammoth, une installation conçue pour capter jusqu'à 36 000 t de gaz par an. Une enquête du journal

∧ Mammoth, en Islande, est la plus grande structure du monde de captation de CO_2.

La capture directe de l'air



L'air est aspiré par des ventilateurs et mis en contact avec un composé chimique (ici, $R\text{-}NH_2$) qui se lie au CO_2.

Sous l'effet de la chaleur ou d'un courant électrique, le CO_2 se détache et est récupéré sous forme concentrée pour être recyclé ou enfoui.

Maturité +++	Potentiel 20 Gt/an CO_2	Coût 200 €/t

islandais *Heimildin*, publiée en mai 2025, a cependant révélé que le dispositif était encore très loin de cette capacité nominale… Climeworks a ensuite reconnu que ses performances étaient effectivement inférieures aux prévisions.

En effet, le principal défaut de cette technique réside dans sa consommation énergétique. Et pour cause, le CO_2 ne représentant que 0,042 % du volume de l'atmosphère, il faut aspirer plusieurs millions de litres d'air pour espérer en capturer une seule tonne… Non seulement l'énergie dépensée alourdit le bilan carbone, mais elle fait aussi exploser les coûts : actuellement, extraire 1 t de dioxyde de carbone de l'atmosphère dépasse encore largement les 1 000 €. Pour démontrer la viabilité économique de sa technologie et atteindre l'objectif ultra-ambitieux qu'elle s'est fixé – retirer 1 Gt de CO_2 par an à l'horizon 2050 –, Climeworks devra donc encore améliorer fortement ses rendements.

CONSOMMER MOINS D'ÉNERGIE

La solution pourrait venir de technologies de deuxième génération, comme celle inaugurée en juillet 2025 par la toute jeune société Yama, en Seine-Saint-Denis. Il s'agit du premier prototype de DAC en France. Ici, l'air est mis en contact avec un liquide à la composition tenue secrète. La méthode de récupération du CO_2, elle, est connue : *"Les technologies de première génération utilisaient la chaleur, ce qui consomme beaucoup d'énergie. Nous, nous appliquons un courant électrique au liquide lorsqu'il passe dans des membranes ioniques"*, explique Aurélie Gonzalez, fondatrice et PDG de Yama. Encore en pleine phase d'optimisation, ce procédé électrochimique moins énergivore pourrait permettre de réduire la consommation énergétique de la DAC et, à terme, changer la donne.

Aujourd'hui, le secteur est dynamique. Selon l'Agence internationale de l'énergie (AIE), 27 unités de DAC étaient en service dans le monde en 2024, pour une capacité totale d'environ 10 000 t/an de CO_2. Mais quelque 130 projets de grande taille, d'une capacité supérieure à 1 000 t annuelles, étaient également en préparation. S'ils aboutissent tous, la capacité mondiale pourrait approcher les 65 millions de tonnes par an. Une contribution encore modeste, mais qui est susceptible de devenir significative si la technologie parvient à changer d'échelle.

AVANT DE LE PIÉGER, **L'IMPACT ÉCOLOGIQUE** DOIT ÊTRE ÉTUDIÉ

C'est une frontière que le CO_2 franchit continuellement, dans un sens ou dans l'autre : celle qui sépare l'air d'un côté, et le sol ou l'eau de l'autre – deux puits de carbone naturels. Depuis quelques années, les chercheurs développent différentes méthodes capables de faciliter l'entrée du CO_2 dans ces deux milieux, afin qu'il y soit stocké de manière quasi définitive.

Concernant l'océan, plusieurs techniques sont à l'étude dont "l'upwelling" – la remontée d'eaux profondes –, qui parie sur l'efficacité du phytoplancton à absorber le dioxyde de carbone. Grâce à la photosynthèse, cet organisme constitue le premier rouage de cette pompe en en fixant environ 170 Gt/an. Pour croître, en plus du dioxyde de carbone, il a besoin de nutriments – azote, phosphore, fer, etc. –, concentrés dans les eaux froides des profondeurs. C'est pourquoi les zones où les eaux remontent naturellement, comme au large du Sénégal ou du Chili, sont particulièrement riches en plancton.

Des scientifiques du centre de recherche Geomar, en Allemagne, ont alors eu une idée : serait-il possible d'induire un upwelling artificiel pour stimuler le phytoplancton et ainsi séquestrer davantage de CO_2 ? En 2022, les chercheurs ont testé le principe au sud des Canaries : une pompe fonctionnant avec l'énergie des vagues a remonté de l'eau dans un tuyau maintenu par un lest à 200 m de profondeur. Las, le système a fonctionné seulement 10 heures avant que le lest ne cède. Il en faudra donc plus pour déterminer l'efficacité d'un tel dispositif. *"D'autant que les eaux profondes sont riches en carbone : les faire remonter pourrait être contre-productif"*, souffle Victor Brun, responsable science de la Plateforme Océan & Climat.

ALCALINISER L'OCÉAN

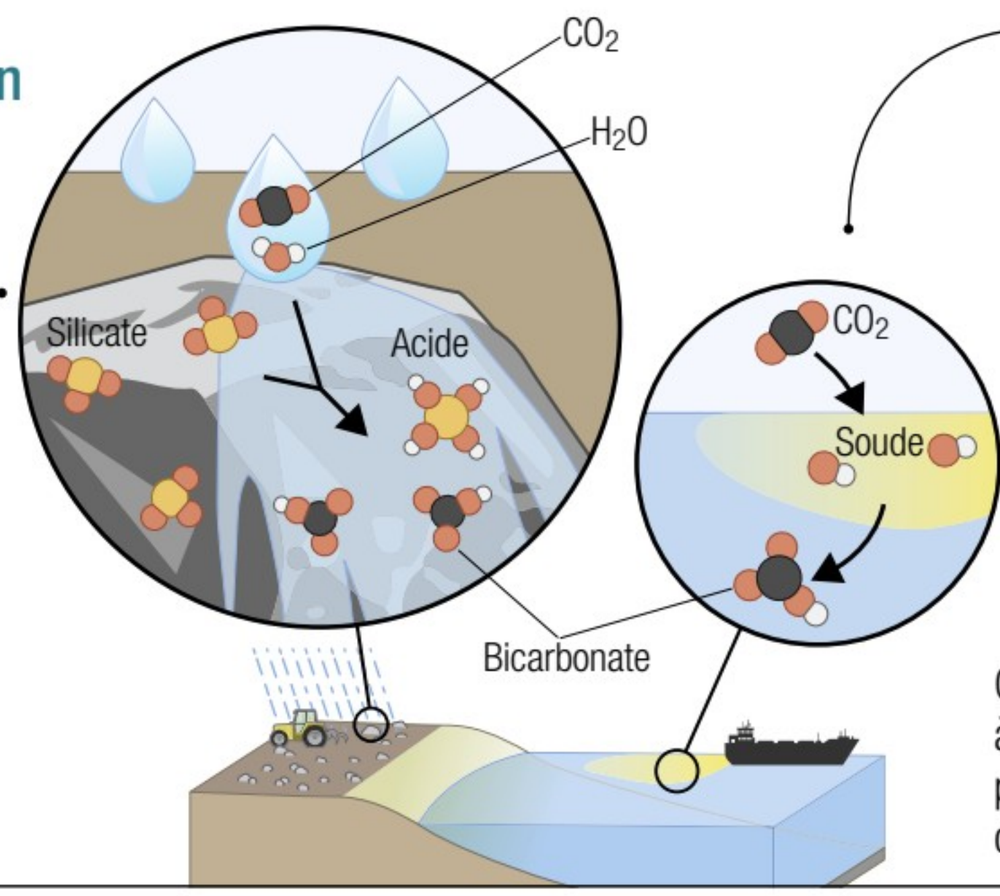
Une autre option pour faciliter la pénétration du dioxyde de carbone dans l'océan consiste à l'alcaliniser, c'est-à-dire le rendre plus basique. C'est ce que teste actuellement la Woods Hole Oceanographic Institution, aux États-Unis. En pratique, on envisage de disperser à la surface de l'océan une solution alcaline, comme de la soude. À son

MICHAEL SSWAT/GEOMAR - B.BOURGEOIS

L'accélération de l'érosion et l'alcalinisation de l'océan

Sur le sol, l'ajout de poudre basaltique riche en silicates facilite la transformation du CO_2 dissout dans l'eau de pluie pour former des ions bicarbonates.

Maturité ++
Potentiel 3 Gt/an CO_2
Coût 150 €/t



Dans l'océan, l'ajout de soude rend l'eau plus basique, ce qui permet de dissoudre plus efficacement le CO_2 afin de former également des ions bicarbonates.

Maturité +
Potentiel 50 Gt/an CO_2
Coût 150 €/t

Ces deux techniques permettent à ces ions de demeurer dans l'océan pendant des dizaines de milliers d'années.

contact, le carbone est converti en bicarbonates et carbonates, des sels minéraux qui peuvent rester stockés dans l'eau pendant des millénaires. Le potentiel serait de l'ordre de 50 Gt/an de CO_2 !

Mais la technologie n'en est qu'à ses balbutiements : les projets doivent d'abord vérifier l'impact réel de ce procédé sur l'absorption de CO_2 et le nombre de points d'intervention minimum pour obtenir un effet significatif. *"Il faudra aussi se poser la question des quantités de matériaux à amener à l'océan, de l'impact de l'activité minière que cela suppose et des émissions liées au transport"*, prévient Victor Brun. Mais aussi de l'impact d'une telle technique sur la faune et la flore marines… Une équation à nombreuses inconnues.

Ces solutions minérales ont aussi un pendant agricole, bien plus facile à mettre en œuvre. Il consiste à exploiter l'un des principaux régulateurs du climat à l'échelle des temps géologiques : l'altération des roches. Lors de l'érosion, les silicates présents dans les basaltes réagissent avec l'eau de pluie chargée en CO_2. Ce dernier se convertit alors en bicarbonates, piégeant ainsi le carbone. Ce mécanisme a joué un rôle important dans l'apparition d'une des glaciations majeures sur Terre, il y a 450 millions d'années, en diminuant l'effet de serre. *"Nous accélérons ce processus en broyant des roches basaltiques, pour multiplier la surface réactive"*, explique Philipp Swoboda, responsable de la recherche chez InPlanet, entreprise germano-brésilienne qui travaille dans les régions tropicales. Les chercheurs estiment que cette technique pourrait séquestrer jusqu'à 2 Gt/an de CO_2 à l'échelle mondiale. La méthode présente en plus un intérêt agricole : le broyat enrichit le sol en calcium, magnésium et autres minéraux, tout en réduisant leur acidité. Mais elle pourrait aussi y introduire des métaux lourds… Le bilan est en cours.

< Au sud des îles Canaries, des chercheurs testent une pompe pour remonter l'eau des profondeurs riche en phytoplancton.

∧ Pour redevenir des puits de carbone, les tourbières doivent retrouver leur humidité et une végétation équilibrée, parfois par fauchage.

POUR QUE LA **NATURE** JOUE SON RÔLE, LA **RESTAURER** SERA INDISPENSABLE

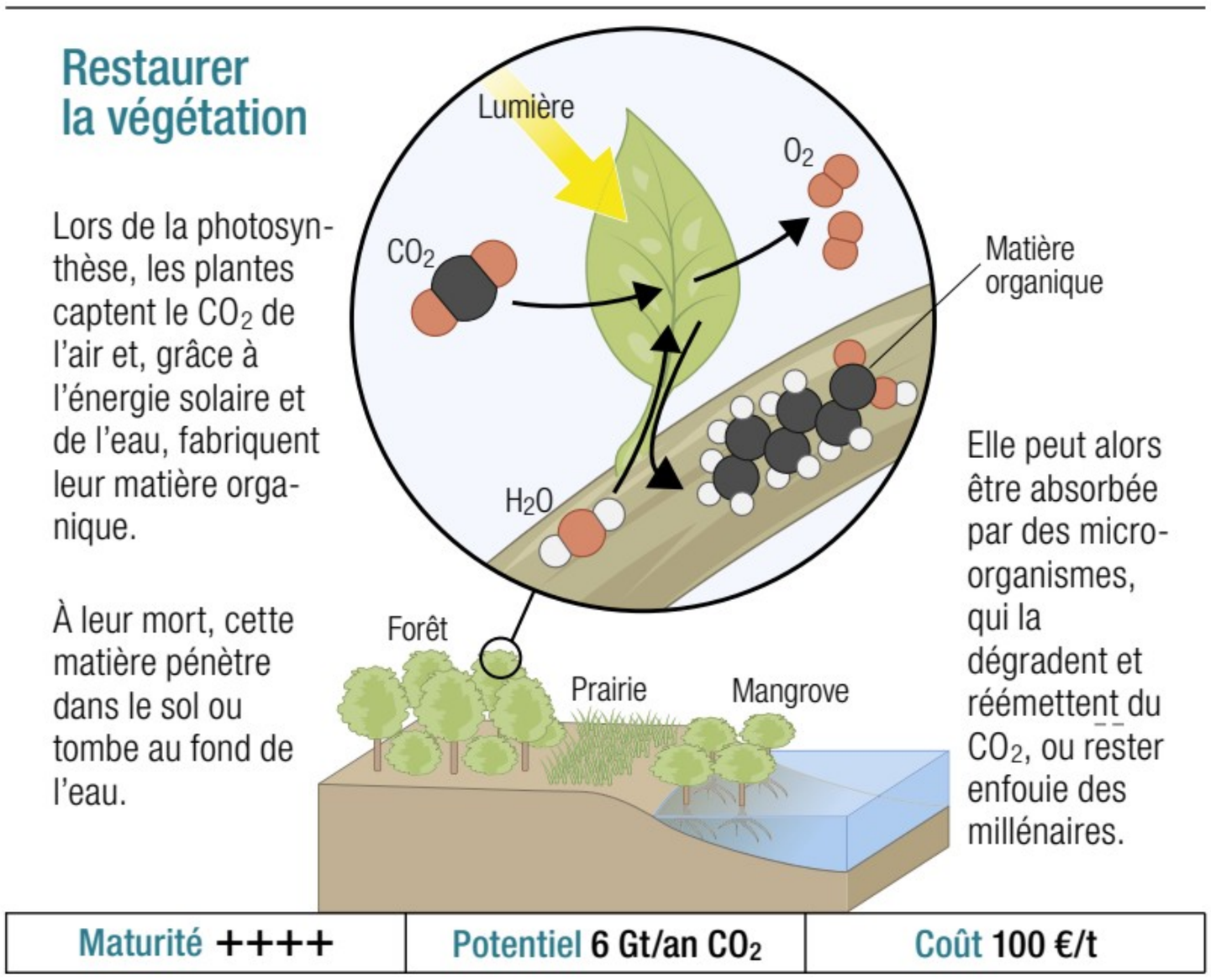
Les forêts, les zones humides, les mangroves, les sols de nos campagnes ou encore la flore marine… Ces usines naturelles pompent depuis toujours le CO_2 de l'air en toute discrétion. Mais elles sont massivement fragilisées depuis plusieurs siècles par les déforestations, le drainage des zones humides et l'agriculture. Pour leur redonner la capacité à extraire le CO_2 de l'air, il faut donc les restaurer… et peut-être même les doper artificiellement.

Au premier rang figurent les forêts. Selon le bilan FRA 2025 de la FAO, elles couvrent aujourd'hui 4,14 milliards d'hectares dans le monde – de quoi absorber environ 8 Gt/an de CO_2. Sauf que les déforestations et les incendies ont entraîné la disparition de 10,9 millions d'hectares chaque année entre 2015 et 2025. Et les conséquences sont dramatiques : en 2021, des chercheurs de l'Institut national de recherches spatiales, au Brésil, ont montré que la forêt amazonienne émettait désormais davantage de CO_2 qu'elle n'en absorbait…

DOPÉS AU CHARBON VÉGÉTAL

Pour tenter de renverser la tendance, plusieurs projets de régénération naturelle *(voir S&V n°1256)* ou de replantation ont cours, parfois avec un petit coup de pouce. Des chercheurs brésiliens ont par exemple tenté de stimuler la croissance de certains arbres – des ipés roses – en copiant l'exemple des habitants de l'Amazonie précolombienne. Ces derniers mélangeaient du charbon de bois à leurs terres pauvres pour créer des sols noirs et fertiles appelés "*terra preta*". Aujourd'hui, cette technique est réinventée sous le nom de "biochar" : du charbon végétal, obtenu par pyrolyse de biomasse, qui forme une matière poreuse et stable. Une fois incorporé aux sols, le biochar les enrichit en matière organique, améliorant leur rétention d'eau et de nutriments. Résultat, après six mois de pousse, les ipés roses dopés à la terre noire étaient 55 % plus grands et 88 % plus larges que les plants témoins. Pourrait-on exporter cette solution ailleurs dans le monde ? Hélas, des études ont montré que le biochar est surtout efficace aux latitudes tropicales et moins aux latitudes tempérées.

À plus petite échelle, les mangroves – des marais au bord de mers tropicales, où poussent des arbres – stockent le carbone de manière très efficace. Les racines des végétaux qui les constituent ainsi que les sédiments piègent une grande quantité de matière organique dans des sols saturés en eau, où le manque d'oxygène ralentit sa décomposition. Résultat, 1 ha de mangrove restaurée peut, une fois mature, séquestrer de l'ordre de 26 t/an de CO_2. Cet écosystème a subi un net recul ces dernières décennies, passant de 19 à 13,8 millions d'hectares entre 1980 et 2010. Heureu- →



NATUURPUNT - B.BOURGEOIS

sement, plusieurs projets ont permis, depuis, de les protéger. *"Nous voyons un véritable changement,* se réjouit Daniel Friess, directeur du Mangrove Lab de l'université américaine de Tulane, aux États-Unis. *L'analyse d'images satellite nous a permis de constater qu'à l'échelle mondiale, leur surface a de nouveau augmenté."* Elles couvraient 14,8 millions d'hectares en 2024.

Las, ce n'est pas le cas des zones humides, toujours drainées pour gagner des terres agricoles. Pourtant, elles aussi emprisonnent du carbone dans des sols saturés d'eau… et en émettent au contraire lorsqu'elles sont vidées. C'est notamment le cas de la mer d'Aral, en Asie centrale, qui aurait émis 748 millions de tonnes de CO_2 depuis son assèchement artificiel il y a 60 ans.

Pour tenter de restaurer ces écosystèmes, le projet Care-Peat a testé différentes approches sur sept tourbières en Europe couvrant au total 645 ha, entre 2019 et 2023. *"Le plus efficace consiste à faire remonter le niveau de l'eau, par exemple en comblant des fossés de drainage ou en créant des méandres dans les cours d'eau,* indique Juliette Mazeron, de l'université d'Orléans. *Sur le site de La Guette, en Sologne, nous avons aussi transplanté de la sphaigne, une mousse caractéristique des tourbières."* L'ingénieure a mesuré que les sites régénérés redevenaient bien des puits de carbone. Une réussite qui doit désormais inspirer des initiatives à plus grande échelle.

FAVORISER LA TRANSITION AGRICOLE

Même s'ils ne sont pas humides, les sols restent également un réservoir efficace de carbone à préserver. Notamment par l'agriculture. *"Les sols agricoles pourraient retirer 3 à 4 Gt/an de CO_2 de l'atmosphère grâce à des pratiques comme l'agroécologie et l'agriculture de conservation"*, confirme Cornelia Rumpel, de l'Institut d'écologie et des sciences de l'environnement de Paris. C'est ce que tente de faire Resoil, une société française qui favorise la transition du secteur agricole, depuis plusieurs années. Elle préconise de planter des végétaux entre les cultures afin d'exploiter au maximum la photosynthèse et ainsi capter davantage de carbone, un labourage moins intensif des sols pour éviter la libération de CO_2 et l'usage d'engrais organiques comme du purin et du fumier. *"Depuis 2023, nous avons accompagné la transition de 750 fermes en France. Nos modèles mathématiques, qui évaluent les émissions de gaz des sols, indiquent que nous avons aidé à séquestrer plus de 300 000 t de CO_2"*, indique Yohann Vrain, un des fondateurs.

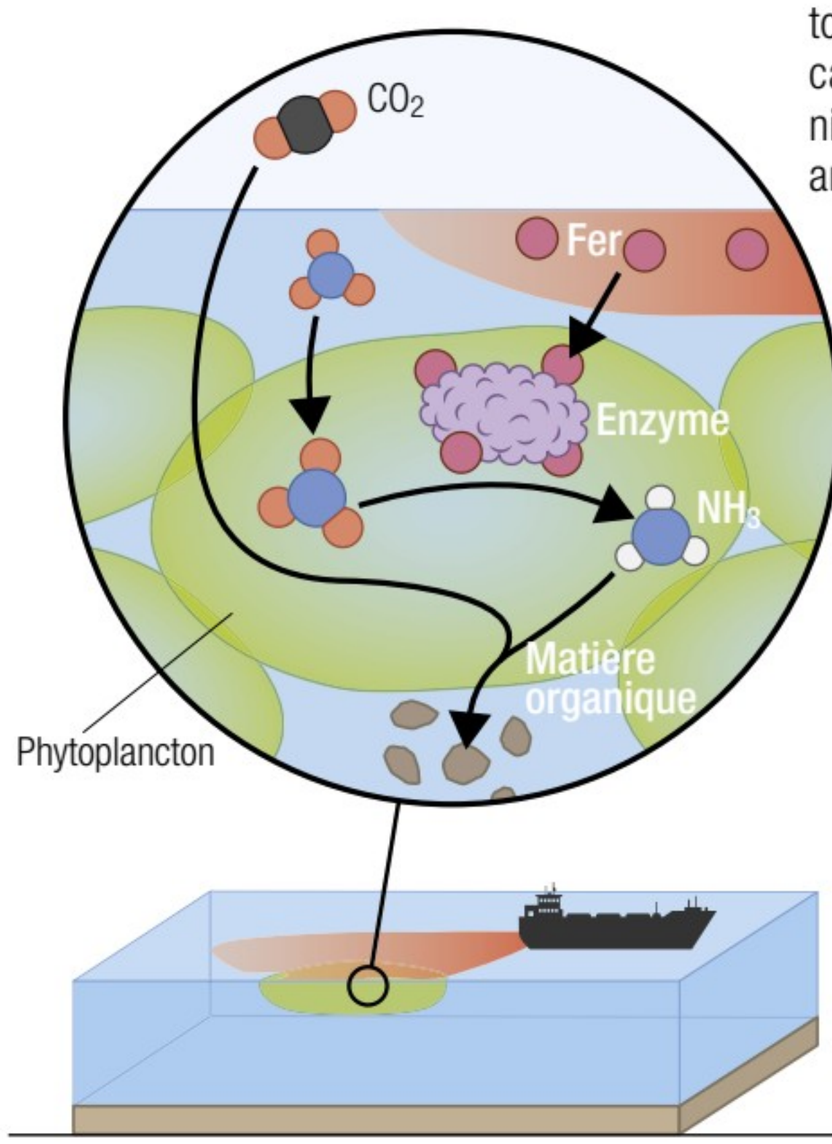
FELIXZAM/SHUTTERSTOCK - B.BOURGEOIS

Dans l'océan, c'est la culture de phytoplancton qui est envisagée. *"Ces végétaux microscopiques absorbent autant de carbone par photosynthèse que les plantes terrestres"*, souligne Cécile Guieu, du Laboratoire d'océanographie de Villefranche-sur-Mer. Or sa croissance est souvent limitée par le manque d'un nutriment : le fer. Depuis les années 1990, une dizaine d'expériences de fertilisation par des ajouts de fer dans l'eau a été menée dans le monde, essentiellement dans l'océan Austral. Mais les résultats obtenus jusqu'ici sont mitigés : *"On voit que la fertilisation favorise la croissance du plancton. Mais ces expériences n'ont pas duré assez longtemps pour établir si elles ont conduit à une séquestration de carbone en profondeur sur le long terme. Or le risque, lui, est réel : la prolifération de certaines espèces de phytoplancton en prive d'autres de nutriments"*, affirme Hélène Planquette, directrice de recherche au CNRS à Plouzané. Surtout, on ne connaît pas l'impact d'un ajout massif de fer sur le reste de la faune et de la flore marines.

Doper les phytoplanctons

Dans les zones pauvres en phytoplancton, des cristaux de sels de fer sont répandus dans l'eau.

Le fer intègre le phytoplancton et active des enzymes capables de transformer le nitrate présent dans l'eau en ammonium (NH_3).



Le phytoplancton fabrique sa matière organique grâce à cet ammonium en consommant du CO_2. À sa mort, cette matière tombe au fond de l'eau ou est dégradée par des organismes qui réémettent du CO_2.

Maturité +
Potentiel 2 Gt/an CO_2
Coût 200 €/t

Les forêts sous-marines de varech sont de puissants puits de carbone.

LE FILON DES MACROALGUES

Certains chercheurs se sont donc intéressés à la culture d'autres végétaux aquatiques. C'est le cas notamment des macroalgues, comme le varech – que l'on voit régulièrement échoué sur les plages bretonnes et normandes. Ces végétaux sont de puissants puits de carbone et ont la particularité de croître de manière fulgurante – jusqu'à 60 cm par jour ! Après avoir été récolté, le varech peut servir à produire des additifs alimentaires, des cosmétiques ou de l'engrais organique, voire être enfoui à plus de 1000 m de profondeur, où la pression et l'absence d'oxygène empêchent sa décomposition rapide. Le carbone qu'il contient y serait alors piégé pour des siècles.

Aux Philippines, le projet Seaweed Carbon Capture cultive déjà les espèces *Eucheuma* et *Kappaphycus* sur des lignes flottantes ancrées au fond marin. Une partie de la récolte est vendue à l'industrie, l'autre est envoyée vers les abysses. *"Mais cela reste de l'agriculture intensive qui peut provoquer des pollutions ou des déséquilibres écologiques majeurs"*, prévient Victor Brun, de la Plateforme Océan & Climat. Si la restauration des milieux naturels est unanimement encouragée, les tentatives de stimulation artificielles suscitent donc plus de réserves.

BILDUNTERSCHRIFT

POUR UN CAPTAGE EFFICACE, **L'INDUSTRIE** DEVRA S'Y METTRE

On l'a vu, capturer le CO_2 directement dans l'atmosphère se heurte à une dure réalité : sa dilution. Cette substance ne représente en effet que quatre molécules pour 10 000 présentes dans l'air, rendant son captage extrêmement fastidieux et coûteux. Parallèlement à l'optimisation des procédés de capture dans l'air, des chercheurs ont donc avancé dans une autre voie : récupérer le dioxyde de carbone directement dans les fumées des usines, avant qu'il ne se disperse. Le filon est prometteur : en 2024, les industries mondiales ont émis près de 38 milliards de tonnes de CO_2 dans l'air, soit environ 24 % des émissions totales de gaz à effet de serre.

Certes, il ne s'agit pas *stricto sensu* d'émissions négatives, mais plutôt d'émissions évitées – sauf si ces fumées sont générées par la combustion de biomasse qui, elle, s'est constituée en captant du CO_2 dans l'atmosphère. En jargon climatique, on parle alors de bioénergie avec captage et stockage du carbone. Qu'il soit conçu pour équiper une centrale à biomasse ou à charbon, une cimenterie ou une aciérie, le captage dans les fumées est aujourd'hui en plein essor.

En 2025, le Global CCS Institute, une organisation internationale basé en Australie, recensait 77 installations commerciales de captage et de stockage en fonctionnement dans le monde, pour une capacité de séquestration totale d'environ 64 millions de tonnes de CO_2 par an.

< Un site destiné à tester l'oxycombustion pour capter 100 % des émissions de CO_2 de cimenterie vient d'être inauguré à Mergelstetten, en Allemagne.

Que faire ensuite de ce CO_2 ?

Une fois capté, le gaz est comprimé, transporté, puis stocké pendant plusieurs milliers d'années. La principale technique consiste à injecter le CO_2 à plus de 800 m de profondeur dans des formations géologiques adaptées : anciens gisements de pétrole ou de gaz, nappes d'eau saturée en sel. *"Cette technique est étudiée depuis des décennies. Elle est parfaitement sûre et maîtrisée"*, affirme Jacques Pironon, de l'université de Lorraine. En Norvège, le projet Sleipner injecte du CO_2 dans un aquifère salin sous le fond de la mer du Nord depuis 1996, et Snøhvit dans une formation géologique en mer de Barents depuis 2008. En 2025, le projet Northern Light réalisait, lui, sa première injection dans le réservoir Aurora, à environ 2600 m sous le fond de la mer du Nord. Ces sites ont désormais une capacité de plus de 3 millions t/an de CO_2. Reste à les remplir.

Cette même année a vu la mise en service de l'un des projets industriels les plus importants de captage, dans la cimenterie de Brevik, en Norvège. L'installation, développée par SLB Capturi et Heidelberg Materials, doit récupérer environ 400 000 t/an de CO_2, soit près de la moitié des émissions annuelles de la cimenterie !

LIQUIDE ABSORBANT

Concrètement, la technique traditionnellement utilisée ressemble à celle employée pour la DAC : les fumées traversent une colonne dans laquelle circule un liquide absorbant, généralement à base d'amines. Celui-ci est ensuite chauffé afin de libérer le CO_2 sous une forme concentrée. Cette méthode présente toutefois le même inconvénient majeur que les DAC classiques : elle exige de la chaleur, et donc beaucoup d'énergie. *"C'est pertinent quand l'usine produit intrinsèquement de la chaleur qui peut être réutilisée,* note Guillaume Rodrigues, directeur de la ligne de produits CO_2 chez Air Liquide. *Mais avec l'optimisation des procédés, la quantité de chaleur récupérable est de plus en plus souvent limitée. Nous avons donc développé une technique de cryogénie, bien moins gourmande : les fumées sont comprimées puis refroidies à -50°C. Dans ces conditions, seul le CO_2 devient liquide."* Reste à le récupérer. En juin 2026, Air Liquide annonçait le lancement d'une unité pilote de captage du CO_2 dédiée à l'industrie du ciment au sein du CaptureLab de Holcim, à Martres-Tolosane, en Occitanie.

UTILISER DE L'OXYGÈNE PUR

En parallèle, d'autres techniques sont également à l'étude : en Allemagne, quatre cimentiers européens ont ainsi inauguré, en juillet 2026, un site semi-industriel destiné à tester l'oxycombustion. Le procédé remplace l'air habituellement utilisé pour chauffer les fours – employés dans la fabrication du ciment – par de l'oxygène pur : débarrassées de l'azote qui dilue normalement les fumées, celles-ci contiennent plus de 90 % de CO_2, beaucoup plus facile à récupérer.

UN **DÉFI PLANÉTAIRE** QUI EXIGE DES **MOYENS MASSIFS**

Face à des investissements colossaux sans retour palpables, les États sont bien sûr en première ligne. Ils impliquent le secteur privé via des systèmes d'échanges de quotas et de crédits.

Développer d'immenses ventilateurs pour capter le CO_2 atmosphérique, épandre des tonnes et des tonnes de solution alcaline dans l'océan et de roches silicatée sur les sols, restaurer les écosystèmes disparus… Dans le monde, des centaines d'entreprises développent actuellement des techniques capables de récupérer le CO_2 émis en excès. Sauf que ces chantiers nécessitent des milliards d'investissements et ne rapportent aucun bénéfice pécuniaire. Qui paie donc les machines, les matériaux, les salaires ?

Aujourd'hui, le financement repose essentiellement sur du soutien public via un modèle économique original mais encore très fragile. L'Europe – comme la Chine, le

Une des nombreuses marches pour le climat, le 9 mai 2021, à Lyon.

ROBERT DEYRAIL/GAMMA-RAPHO

Royaume-Uni, la Californie ou le Québec – finance ces technologies grâce à différents mécanismes de tarification du carbone. L'UE s'est ainsi dotée d'un Fonds pour l'innovation qui pourrait disposer, entre 2020 et 2030, d'environ 40 milliards d'euros. Ils proviennent de la mise aux enchères des quotas du marché carbone européen, ou ETS (Emissions Trading System). Le principe ? Les États fixent aux entreprises émettrices de gaz à effet de serre sur leur territoire un plafond d'émissions à ne pas dépasser, et qui diminue chaque année, afin de les inciter à réduire leur niveau de pollution. Si certaines entreprises ont émis plus de CO_2 que le nombre de quotas dont elles disposent, elles doivent en acquérir à hauteur de leurs émissions – sous peine de lourdes amendes –, soit lors des enchères organisées par les États, soit auprès d'autres entreprises disposant de quotas excédentaires.

DES TECHNIQUES COÛTEUSES

Actuellement, chaque tonne de CO_2 s'échange à 70 € environ sur l'ETS. Mais le tarif fluctue (de moins de 30 € à plus 100 € selon les époques !). Las, ces prix ne sont malheureusement pas représentatifs de l'impact réel : en 2024, un rapport de l'OCDE avançait que les dommages sociaux liés à l'émission de 1 t de CO_2 étaient évalués autour de 160 €. Concernant les technologies d'extraction de capture, les DAC, les estimations de coût oscillent entre 100 et plus de 1 000 € la tonne de CO_2, selon la technique !

En parallèle, un système privé a été mis en place : le marché volontaire des crédits carbone. Ces derniers sont produits par des opérateurs qui réduisent le CO_2 de l'atmosphère – par exemple, des agriculteurs qui mettent en place des méthodes favorisant le →

stockage de carbone dans les sols – et vendus à des sociétés émettrices. La valeur de chaque crédit carbone – correspondant à 1 t de CO_2 – varie de quelques dizaines à plusieurs centaines d'euros, selon la technologie d'extraction du carbone, la durée du stockage et la fiabilité de la mesure qui atteste la réalité de l'émission négative. Une tonne captée directement dans l'air puis stockée géologiquement pour des millénaires vaut ainsi davantage qu'une tonne stockée dans un sol ou une forêt, plus exposée au risque de retour dans l'atmosphère.

UNE QUESTION DE RÉPUTATION

Ce marché a donc été pensé pour pousser les entreprises à financer indirectement des technologies de capture du CO_2. En contrepartie, elles peuvent rentabiliser cet achat en communiquant sur leurs pratiques écoresponsables auprès du grand public afin de redorer leur blason. *"Les entreprises sont de plus en plus conscientes que leurs partenaires et leurs clients attendent qu'elles s'engagent sur l'environnement"*, note Grégoire Alston, de la société ReSoil qui aide les agriculteurs à générer des crédits carbone et à les vendre.

Un produit estampillé "bas carbone" pourra par exemple être vendu plus cher auprès d'une clientèle sensible à ces questions. Microsoft, Google, Stripe, Shopify, JPMorgan et Meta ont même pris de l'avance en achetant un très grand nombre de crédits à des entreprises spécialisées, avant même que celles-ci n'aient commencé à capter du CO_2. En garantissant un débouché futur, ces achats en avance permettent aux start-up de lever des capitaux et de construire leurs premières installations.

Sauf que voilà, *"le marché volontaire des crédits carbone a longtemps été le Far West"*, prévient Injy Johnstone, chercheuse au Net Zero Lab, en Allemagne. Ce système d'échanges, régulé par des organismes de certification indépendants, a été accusé d'être vicié par une enquête, conjointement menée en 2023 par les journaux *The Guardian* et *Die Zeit* ainsi que l'organisation d'investigation SourceMaterial. Selon leur analyse, 94 % des crédits étudiés issus de projets de protection des forêts tropicales certifiés par Verra – un des principaux organismes certificateurs au monde – ne correspondaient pas à des émissions réellement réduites, évitées ou captées. Ces crédits de mauvaise qualité étaient vendus à très bas prix à des entreprises peu scrupuleuses, qui s'en servaient afin de se donner une image écologique trompeuse – le fameux *greenwashing*.

Pour éviter ce travers, plusieurs dispositifs imposent désormais des règles strictes pour définir ces crédits. En France, le Label bas carbone, créé par l'État, certifie des projets qui suivent des méthodes précises de réduction ou de séquestration des émissions. L'Europe s'est dotée parallèlement de son propre système de certification : le règlement CRCF (Carbon Removals & Carbon Farming), entré en vigueur fin 2024.

Plus structuré, le marché des crédits volontaires fera-t-il décoller l'économie de l'extraction de carbone ? Rien n'est moins sûr : *"Il faudrait que ce marché croisse plus vite,* plaide Grégoire Alston. *Ces dernières années, les enjeux écologiques suscitaient hélas moins d'adhésion et parfois même du rejet au niveau mondial."* La canicule de 2026 devrait replacer le climat au cœur des préoccupations.

CARBON GAP

SYLVAIN **DELERCE**
Responsable scientifique de l'ONG Carbon Gap, qui promeut la naissance d'un secteur d'élimination du CO_2

La seule façon de savoir ce qui fonctionne, c'est d'investir, sans tarder

Science&Vie: Comment favoriser l'émergence de technologies d'élimination du CO_2 ?

Sylvain Delerce: Il faut financer la recherche, et vite. En France, on a pris du retard sous prétexte que promouvoir les technologies d'émissions négatives reviendrait à abandonner la nécessaire décarbonation de l'industrie. Or l'un n'empêche pas l'autre; une bonne réglementation doit permettre de mener les deux en parallèle.

S&V: Ces technologies seront-elles efficaces un jour ?

S.D.: On lit beaucoup de calculs simplistes qui instillent le doute. Par exemple, pour capturer directement dans l'air 4 Gt/an de CO_2, on aurait besoin d'un quart de la consommation électrique mondiale actuelle. C'est oublier que ces technologies sont en pleine voie d'optimisation et qu'il y aura des économies d'échelle. Au début du développement de l'énergie solaire, on a entendu les mêmes arguments, or aujourd'hui c'est rentable. En outre, certaines stratégies sont déjà à notre portée: la restauration des forêts, des mangroves, les bonnes pratiques agricoles, le biochar (charbon végétal). La seule façon de déterminer quelles technologies peuvent intégrer un portefeuille varié de solutions, c'est d'investir.

S&V: Justement, comment financer ces recherches et surtout le passage à la vitesse supérieure ?

S.D.: Intrinsèquement, l'élimination de CO_2 n'est pas rentable. Il faut donc organiser des systèmes d'incitation pour rendre ces investissements attractifs. Cela peut passer par les marchés ou par la législation. Surtout, il faut un engagement politique durable, car les investisseurs ont besoin de visibilité économique et politique.

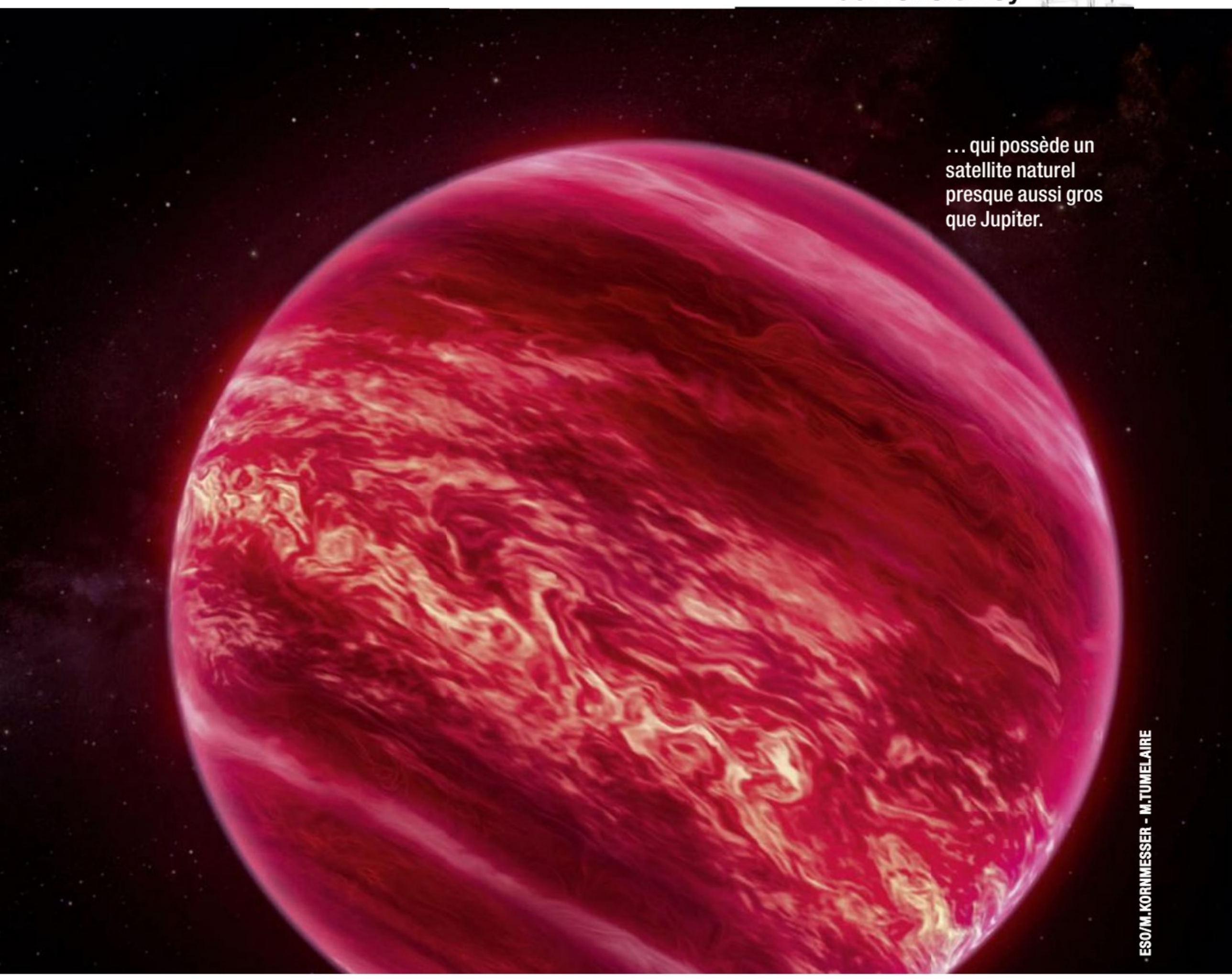
S&V: Les marchés volontaires pourraient-ils prendre part à ces investissements ?

S.D.: Aujourd'hui, le marché volontaire mondial est trop petit *[mille fois moindre que le marché des quotas, ndlr]* et il ne montre plus de signes de croissance. On dispose cependant d'autres leviers : cela peut passer par de la réglementation, comme la politique agricole commune européenne (PAC), en rémunérant par exemple les agriculteurs pour des services écosystémiques rendus. Dans le bâtiment, on peut éditer des normes qui encourageraient l'ajout de biochar dans le béton pour remplacer une partie du ciment, ce qui stockerait du carbone dans les constructions. Et tout cela, il faut le faire maintenant. C'est une question de justice intergénérationnelle. Car si l'on hésite à engager les investissements nécessaires aujourd'hui, on laissera nos enfants dans un environnement dégradé sans aucun outil pour corriger la situation.

Propos recueillis par A.L.D.

On a enfin découvert une **exolune !**

Nous voici propulsés dans un monde de géantes : une exoplanète 37 fois plus grosse que Jupiter et, en orbite autour, une exolune 23 000 fois plus massive que notre Lune ! Une découverte inédite hors de notre Système solaire que l'on doit à l'ingéniosité d'une équipe d'astronomes chiliens… et dont la nature déconcerte les scientifiques.



… qui possède un satellite naturel presque aussi gros que Jupiter.

• ESO/M.KORNMESSER - M.TUMELAIRE

Cette fois le signal est robuste. Après des années de recherche, des astronomes ont enfin observé une lune dans un autre système stellaire que le nôtre : c'est la toute première exolune jamais découverte ! L'exploit a été réalisé par une équipe de l'université Diego-Portales, au Chili, qui a repéré l'astre à 71 années-lumière (al) de la Terre, dans la constellation de la Colombe. Et ce système a surpris les chercheurs car il est très exotique : son étoile, CD-35 2722 A, est une naine rouge de 419 fois la masse de la géante Jupiter (0,4 masse solaire), autour de laquelle orbite une gigantesque exoplanète : CD-35 2722 B. Il s'agit d'une naine brune, un astre mi-planète, mi-étoile, de 37 fois la masse de Jupiter – soit environ 7×10^{28} kg… Et c'est donc autour de cette naine brune qu'a été découverte la première exolune naturelle, dont la masse est estimée à au moins 90 % de celle de Jupiter ($1{,}7 \times 10^{27}$ kg), soit 23 000 fois la masse de notre Lune !

"C'était un rêve pour moi de trouver ce premier exosatellite. Cela fait huit ans que nous les traquons", s'enthousiasme →

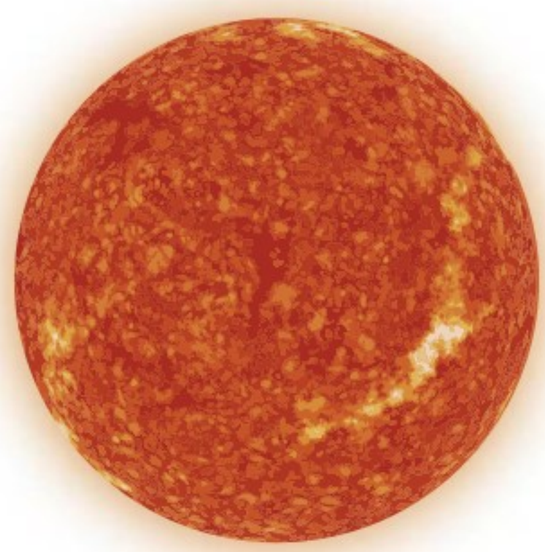
CHRONOLOGIE — **1987**

Huit ans avant la découverte de la première exoplanète, des chercheurs de la Nasa évoquent déjà les lunes de planètes géantes extrasolaires comme des mondes potentiellement habitables.

Le tout premier exosatellite identifié

ÉTOILE

Nom : CD-35 2722 A
Type : naine rouge
Masse : 419 masses de Jupiter
Distance à la Terre : 71 al



Un système stellaire déroutant…

CD-35 2722 A est une étoile de type naine rouge autour de laquelle orbite, à 10 milliards de kilomètres, CD-35 2722 B, une naine brune. Il s'agit d'un astre hybride, à la frontière entre étoile et planète.

… qui abrite une gigantesque exolune…

Autour de la naine brune gravite un objet d'environ 90 % de la masse de Jupiter. Cette exolune – la première dont l'existence fait consensus – est très vraisemblablement de forme gazeuse.

… découverte grâce à l'effet Doppler

Les astronomes ont mesuré des variations sinusoïdales dans la fréquence de la lumière émise par la naine brune. Cela indique que celle-ci se déplace légèrement sous l'influence d'un petit astre : une exolune.

Alice Zurlo, astrophysicienne et membre de l'équipe. De fait, d'autres candidates exolunes avaient déjà été annoncées dans le passé, mais aucune n'avait pu être formellement confirmée ni convaincre la communauté. *"Cette fois, c'est différent, le signal est très net,* reconnaît Quentin Kral, astronome à l'Observatoire de Paris, qui n'a pas participé à l'étude. *C'est à ce jour la plus solide de toutes les candidates qu'on ait eues."*

BRUNO BOURGEOIS

Pour la débusquer, les astronomes ont utilisé le spectrographe Crires+ branché sur l'un des quatre instruments du Very Large Telescope (VLT), dans le désert d'Atacama, au Chili. Comme le système est bien trop éloigné pour distinguer une lune directement, si monumentale soit-elle, c'est sur la naine brune qu'a été braqué le télescope. Les chercheurs y ont alors appliqué une méthode ingénieuse, dite "des vitesses radiales". Elle consiste à déceler, par

2017

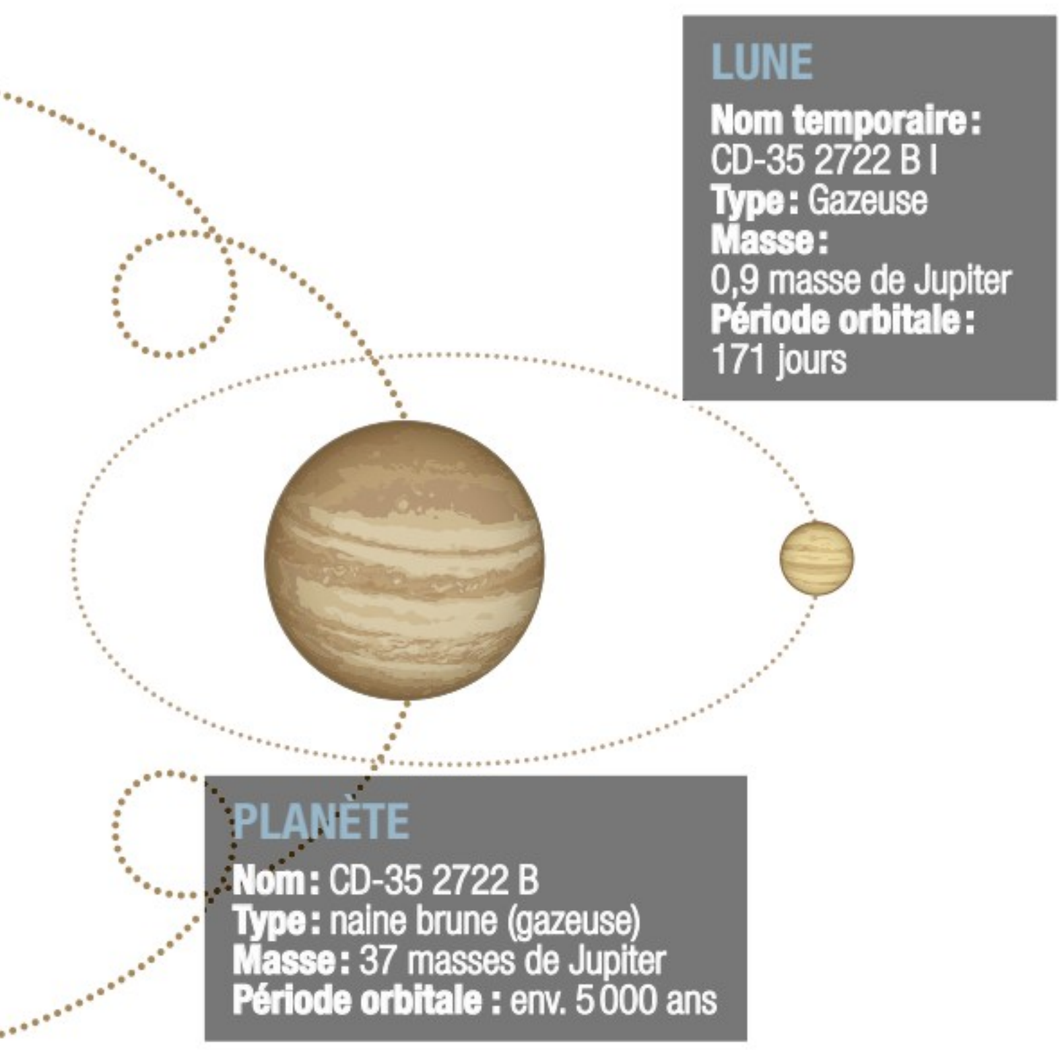
Une première candidate sérieuse d'exolune est découverte autour de l'exoplanète Kepler-1625 b, à 8 000 années-lumière (al) de la Terre. Mais cela n'a jamais été confirmé.

2024

L'observation par le JWST de l'exoplanète Kepler-167 e, située à 1 119 al, en transit devant son étoile indique la présence d'une exolune. Mais il pourrait aussi s'agir d'une simple tache solaire.

2026

Une nouvelle candidate est découverte dans le système stellaire CD-35 2722, à 71 al. Pour la première fois, le signal est vraiment robuste.



Cette première scientifique fait toutefois débat

Bien que la présence de cet astre fasse consensus, le système dans lequel il orbite est si différent du Système solaire que son appartenance à la catégorie des lunes est contestée.

effet Doppler, les infimes oscillations de la trajectoire de la planète que provoquerait l'attraction gravitationnelle d'un hypothétique compagnon exolune *(voir infographie)*. Une tout autre approche, donc, que celle déjà employée pour la plupart des autres candidates : la méthode des transits, qui consiste à évaluer la luminosité d'une étoile lorsqu'un astre lui passe devant. *"Mais cette méthode génère des signaux qui sont très difficiles à confirmer,* considère Alice Zurlo. *C'est notamment la raison pour laquelle nous voulions tester des techniques alternatives et que nous avons eu l'idée d'essayer celle des vitesses radiales."*

Ils ont eu raison : dès leur premier essai, ils ont mesuré un signal compatible avec une exolune autour de la naine brune ! Mais il était trop tôt pour crier victoire. Le signal indiquait que l'exosatellite orbitait autour de sa planète en 171 jours, une valeur curieusement proche de 182 jours, la moitié d'une année terrestre. Pur hasard ? *"On a craint que ce ne soit pas une coïncidence,* souffle Kevin Hoy, membre de l'équipe. *L'exosatellite que nous pensions détecter aurait pu être en réalité une anomalie due au déplacement de la Terre autour du Soleil, qui générait l'illusion d'une lune dans les données du télescope."* De fait, les astronomes sont accoutumés à ce genre de faux positifs lors de leurs observations. *"Dans le doute, on a demandé du temps d'observation supplémentaire et, aujourd'hui, on est sûrs de nous"*, affirme le chercheur.

UNE MASSE DÉCONCERTANTE

En tout, ils ont observé le système 23 fois entre octobre 2023 et février 2026, ce qui leur a permis non seulement d'être convaincus de la présence de l'exolune et de confirmer sa période de rotation de 171 jours, mais aussi d'en estimer la formidable masse… qui déconcerte la communauté. *"En effet, avec sa taille de planète géante, ce n'est pas exactement l'idée qu'on se fait communément d'une lune"*, reconnaît Kevin Hoy. Certes, dans le Système solaire, des lunes comme Ganymède ou Titan sont plus grandes que Mercure. Et techniquement, la nouvelle candidate est un astre qui orbite autour d'un autre astre, qui lui-même tourne autour d'une étoile – c'est la définition d'une lune, en somme.

Cependant, le système est radicalement différent du Système solaire, notamment en raison de la naine brune. Ces astres peuvent →

être vus comme des étoiles avortées, dont la masse est trop faible pour que la pression en leur cœur ne suffise à allumer les réactions de fusion d'hydrogène qui font briller les étoiles. Elles sont donc des hybrides, pile à la limite entre les plus grosses planètes et les plus petites étoiles possibles. Ce qui, pour David Kipping, astronome à l'université Columbia, aux États-Unis, fait toute la différence: *"Une naine brune n'est pas réellement une exoplanète, et donc ce qui lui tourne autour ne peut pas être qualifié d'exolune"*, tranche-t-il.

Le chercheur est lui-même l'un des plus investis au monde dans la chasse aux exolunes. Dès 2017, nous vous annoncions sa première candidate, une lune de la taille de Jupiter autour de la planète Kepler-1625b, à 4000 al, dans la constellation du Cygne *(voir S&V n°1203)*. Depuis, il en aurait déniché d'autres, dont certaines plus petites de type Neptune ou "superterre". Il s'est même vu accorder en 2024 une campagne de 60 heures d'observation avec le très sollicité James-Webb Space Telescope pour scruter Kepler-167e, autour de laquelle il soupçonnait la présence d'une lune de la taille de Ganymède. Las, aucune d'entre elles n'est parvenue à dépasser le stade de simple candidate. *"En tout cas, je me réjouis que les exolunes soient dans une période faste,* estime l'astronome. *Il y a dix ans, personne ne croyait en la possibilité de leur détection et je me sentais parfois considéré comme un paria. Aujourd'hui, beaucoup d'astronomes prennent l'idée au sérieux, ce qui facilite l'accès aux télescopes."*

Une lune pourrait-elle posséder une autre lune ?

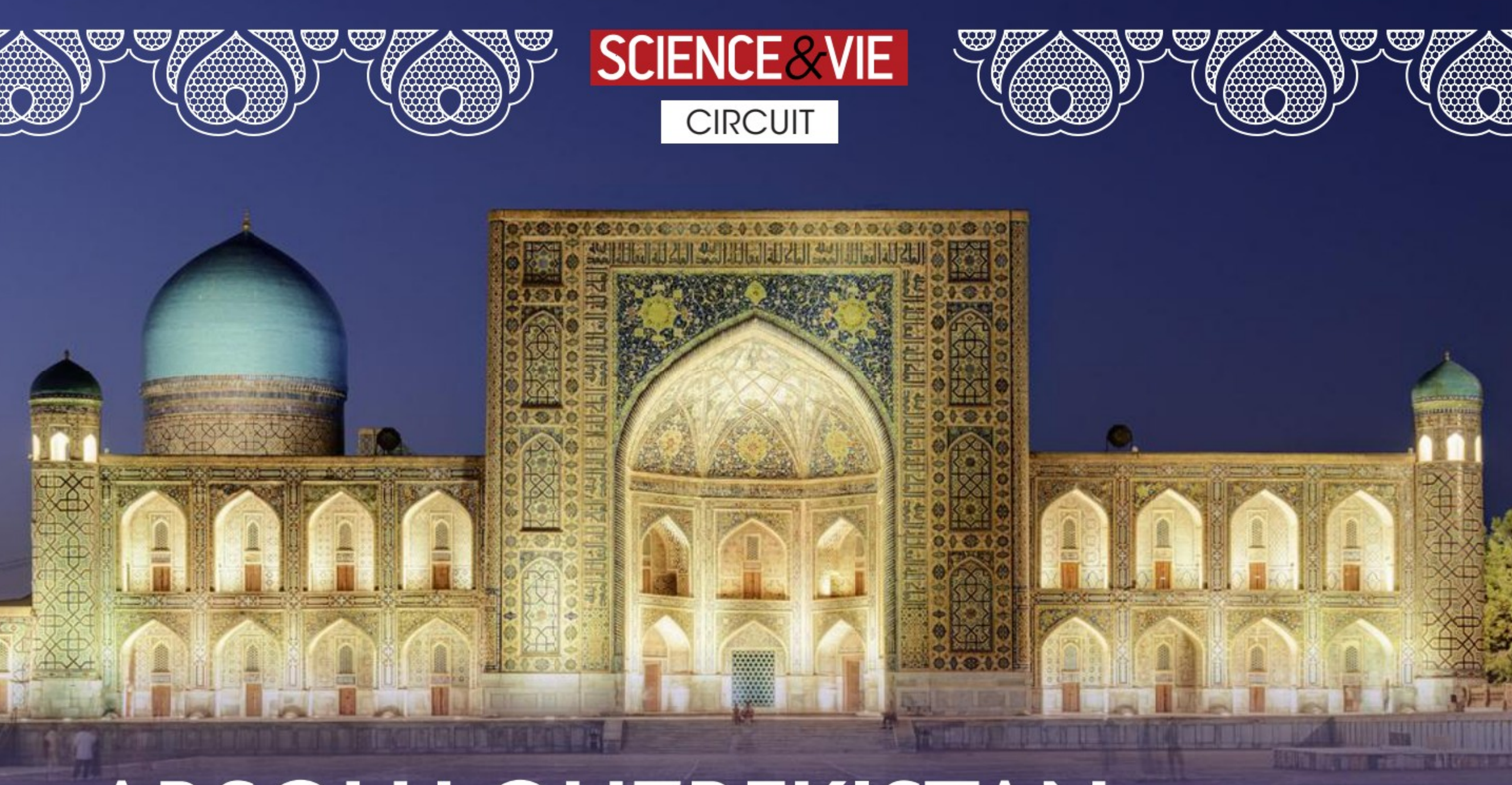
Théoriquement oui ! Des modélisations ont montré que des exolunes pourraient elles-mêmes être entourées d'astres encore plus petits. Mais sous certaines conditions: que la lune secondaire ne soit pas trop proche de la lune primaire sans quoi elle finirait par lui tomber dessus; et qu'elle ne soit pas non plus trop éloignée, car elle serait vite capturée par la gravité de la planète, devenant ainsi une seconde lune primaire. Dans le système CD-35 2722, une lune secondaire de la taille de Ganymède (5268 km de diamètre) pourrait ainsi exister à quelques millions de kilomètres de la nouvelle candidate. *"Mais je pense qu'elle serait impossible à détecter avec nos techniques actuelles. Il faudra en inventer de nouvelles"*, souffle Kevin Hoy.

EN SAVOIR PLUS SUR NOTRE SYSTÈME

De fait, les concurrentes de l'astre découvert par Kevin Hoy et son équipe pour le titre de première exolune officielle se bousculent au portillon, chacune traquée avec une stratégie propre. Quentin Kral, par exemple, a eu l'idée d'utiliser un autre instrument du VLT, Gravity, conçu à l'origine pour observer les étoiles orbitant autour du trou noir supermassif au centre de la Voie lactée. À 133 al dans la constellation du Capricorne, il aurait découvert un compagnon de 40 % la masse de Jupiter autour d'une naine brune: HD 206893B. De son côté, Apurva Oza, planétologue à Caltech, aux États-Unis, parie sur les mini-lunes de la taille d'Io, un des satellites de Jupiter. *"Ces lunes très volcaniques dispersent autour d'elles un gigantesque panache de sodium, que nous essayons de détecter par effet Doppler autour d'exoplanètes"*, explique le chercheur. D'ailleurs il a déjà un candidat: WASP-49 b I, à 637 al, dans la constellation du Lièvre.

"Au-delà de la course à qui trouvera la première, les exolunes sont d'un immense intérêt scientifique", assure David Kipping. Elles permettront d'en savoir plus sur la formation des systèmes planétaires et de déterminer si le nôtre, avec ses 8 planètes et ses 439 lunes, est plutôt la norme ou l'exception. Elles pourraient aussi être cruciales dans la quête de vie extraterrestre: certaines exolunes pourraient offrir des environnements propices à l'émergence de la vie, protégées des radiations spatiales par la magnétosphère de leur planète.

Toutefois le chemin est encore long. Pour l'heure, les astronomes cherchent à découvrir les exosatellites les plus massifs en premier, les plus faciles d'accès pour les télescopes actuels. Leur signal est plus net mais leur nature plus floue. *"Pour en avoir discuté avec la communauté scientifique, certains appellent à inventer une troisième catégorie qui comble le gap entre exoplanète et exolune"*, conclut Kevin Hoy. Décidément, l'Univers semble toujours trop riche pour entrer dans nos cases.



ABSOLU OUZBEKISTAN

Sur la Route de la Soie en tout inclus au départ de Paris

DU 2 AU 13 JUIN 2027 (12 JOURS/10 NUITS)

Je découvre ce circuit ›››

Les points forts :

- **Un circuit de 10 jours** au cœur des cités mythiques de la Route de la Soie.
- **Une traversée du pays d'Ouest en Est,** du désert du Kyzyl-Koum aux oasis légendaires en passant par Khiva, Boukhara et Samarcande.
- **Un programme de visites incluses** vous plongera dans un Orient intact, où minarets et mosaïques racontent **mille ans d'histoire :** Oasis préservées, caravansérails, coupoles turquoise, marchés aux épices,
- **Un voyage à partir de 2890 €/pers. TOUT INCLUS au départ de Paris** en hôtels de charme avec une expérience de nuit en yourte et en petit groupe, pour en apprécier toute l'essence !

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

OU

Informations :
01 41 33 57 48 en précisant **SCIENCE&VIE**
du lundi au vendredi de 9h à 18h30, le samedi de 9h à 13h30

OU Demandez votre brochure sans engagement en retournant ce coupon à : Science & Vie - Circuit Ouzbékistan - 59898 Lille Cedex 09

M086 # L1598556 Code article : 785790

Nom* : ..... Prénom* : .....

Adresse* : .....

CP* : _ _ _ _ _ Ville* : ..... Tél.: _ _ _ _ _ _ _ _ _ _

email : .....

Date de naissance : _ _ _ _ _ _ _ _

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

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

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

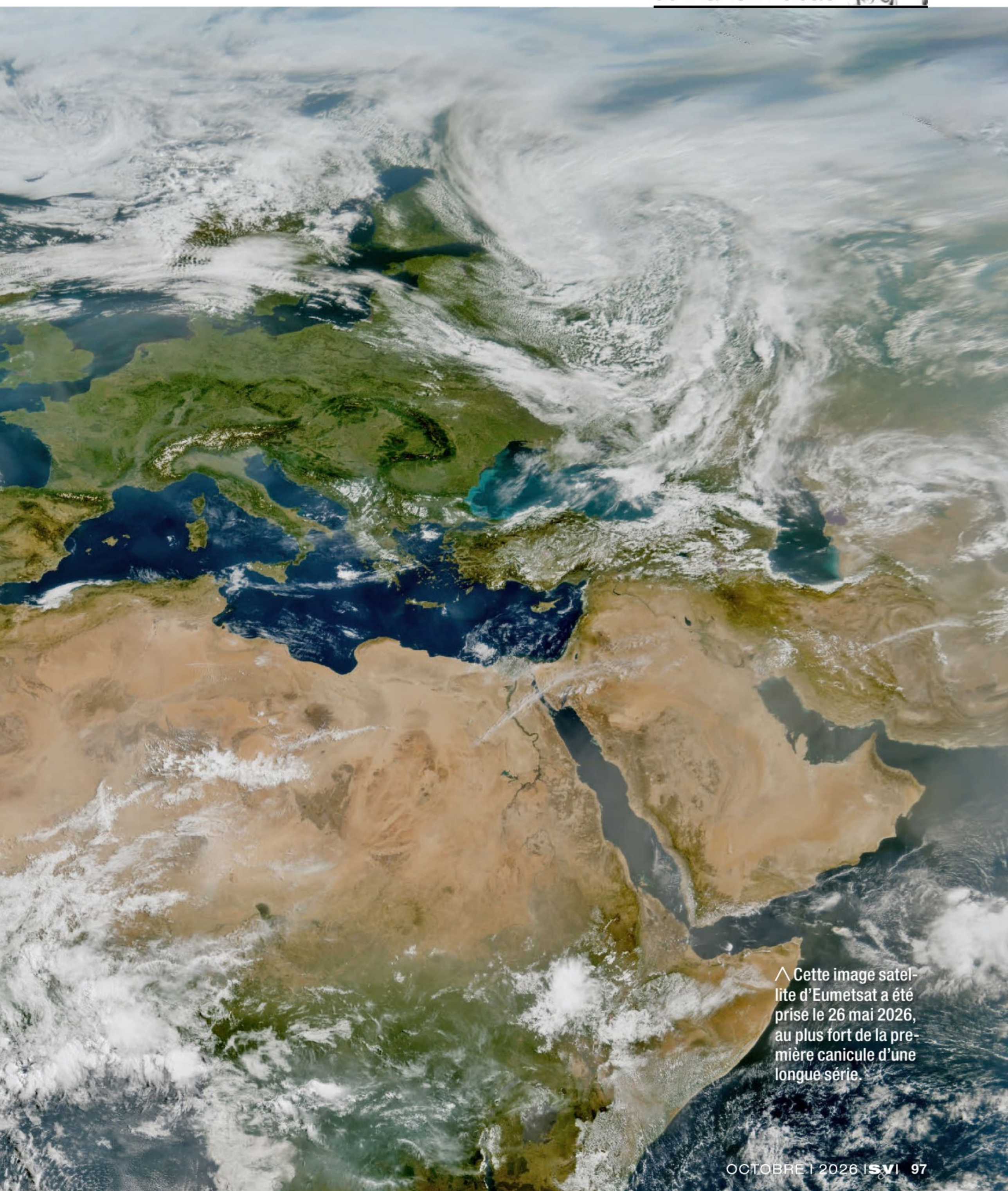
* A renseigner obligatoirement pour traiter votre demande. Les informations recueillies à partir de ce formulaire font l'objet d'un traitement informatique fondé sur votre consentement et destiné à Reworld Media France SAS en sa qualité de responsable de traitement. Les finalités poursuivies sont l'envoi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

VOYAGES LECTEURS

Canicules Comment mieux les prévoir

Face aux vagues de chaleur intense qui se multiplient, les équipes de recherche sont mobilisées. Une étude suisse révèle ainsi deux scénarios climatiques basés sur l'influence du courant-jet. Il ne s'agit pas de prévoir les prochains épisodes, mais de mieux identifier les mécanismes en jeu et d'améliorer les prévisions.

EUMETSAT - M.TUMELAIRE



Cette image satellite d'Eumetsat a été prise le 26 mai 2026, au plus fort de la première canicule d'une longue série.

Éprouvant. Voilà l'adjectif qui saute à nos esprits encore tièdes pour qualifier cet été 2026 caniculaire. Éprouvant de chaleur, évidemment : avec 24,85°C en moyenne sur tout le territoire, la France a vécu son mois de juillet le plus chaud jamais enregistré – les premiers relevés datent de 1900. Mais aussi éprouvant d'incertitudes : les yeux rivés sur la météo, nous sommes nombreux à avoir soufflé en voyant qu'un refroidissement annoncé la veille était repoussé de quelques jours – quand il n'était pas remplacé par un autre épisode. La vague de chaleur débutée le 28 juillet en France a officiellement pris fin le 19 août, égalisant ainsi le record du plus long épisode jamais enregistré dans l'Hexagone : 23 jours, en juillet 1983. La plus longue… pour l'instant.

Car avec le réchauffement climatique, ces épisodes sont voués à augmenter en fréquence, en intensité et en durée – en 2100, certains pourraient persister jusqu'à deux mois entiers, estime Météo-France. Autant dire qu'on va suer. Pour freiner le phénomène, la question de la limitation des émissions humaines doit bien entendu sérieusement être abordée. Mais il y en a une autre : l'anticipation efficace de ces épisodes afin de s'y préparer au mieux, ce qui implique de décrypter finement leur fonctionnement. Deux chercheurs – Duncan Pappert et Olivia Martius, de l'université de Berne, en Suisse – viennent justement de faire une sacrée avancée : ils ont identifié deux recettes climatiques aboutissant à une canicule en Europe.

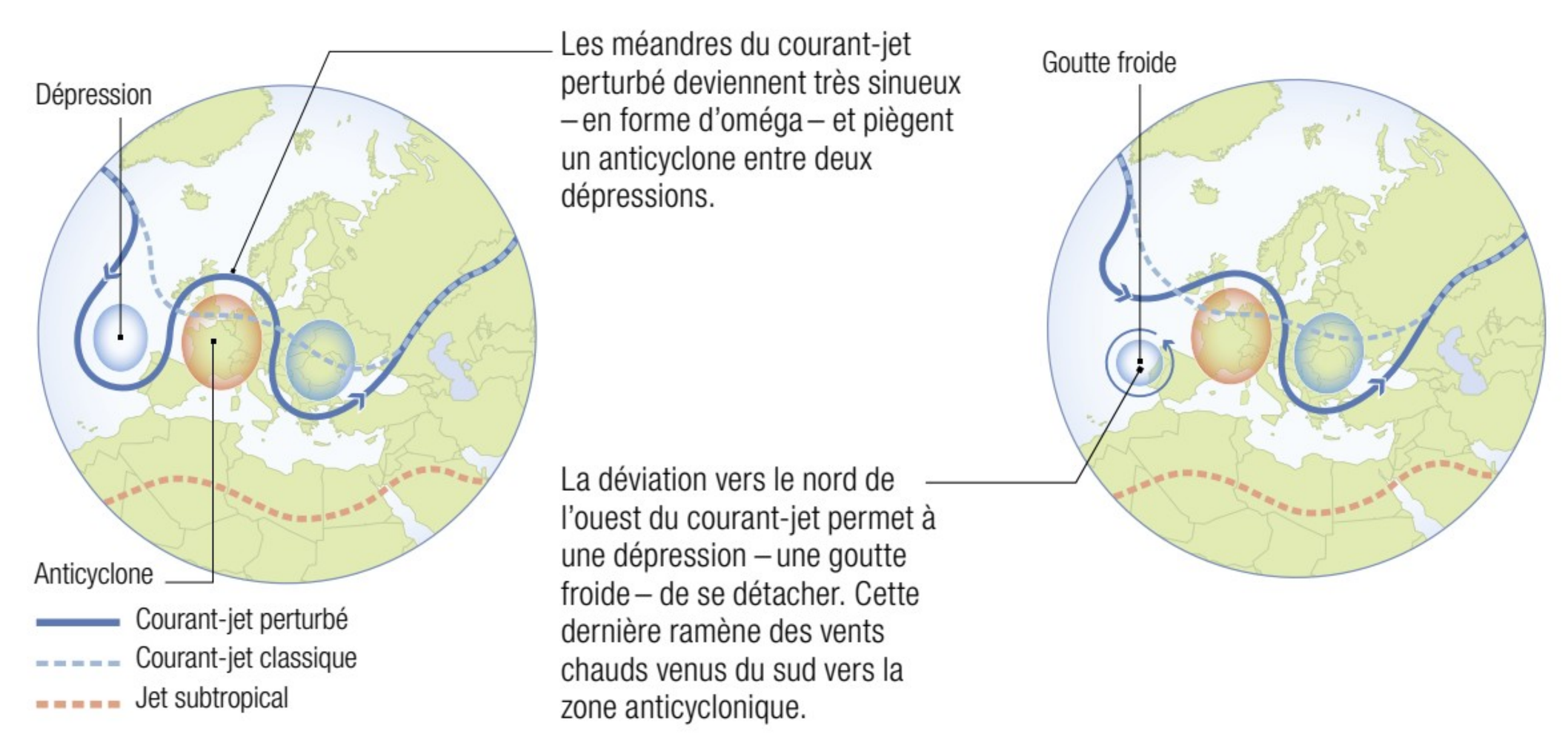
BRUNO BOURGEOIS

LE FAMEUX EFFET PAPILLON

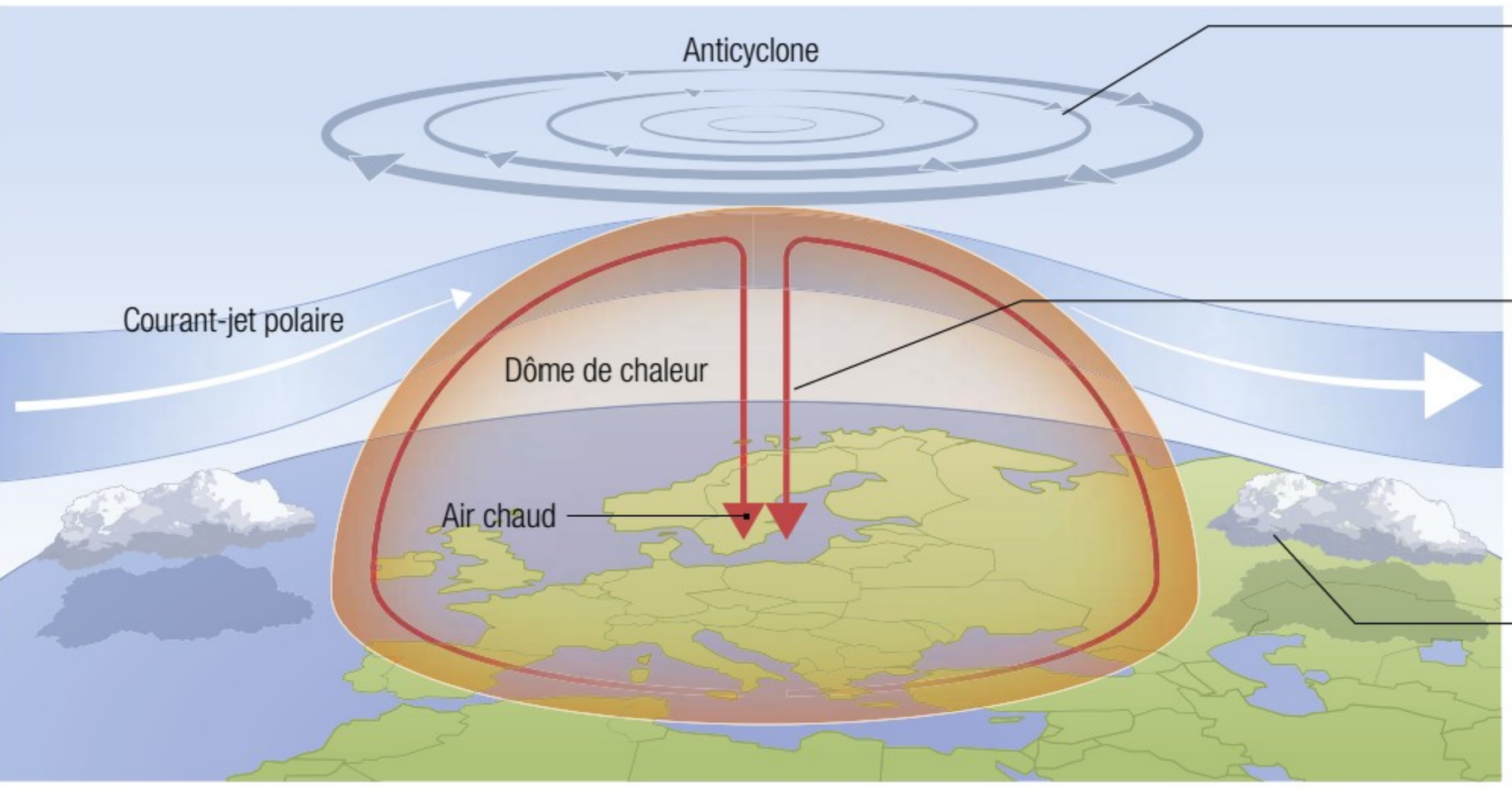
Rappelons que les prévisions météo à destination du public, qu'il s'agisse de canicule ou autre, reposent sur des données réelles : la température et l'humidité de l'air, la pression atmosphérique, la vitesse et la direction du vent, ou encore les précipitations. *"Nous en récoltons, chaque jour, plus de 30 millions issues de nos satellites, de nos stations météo au sol, de radars et de ballons sondes"*, détaille Christelle Robert, prévisionniste chez Météo-France. Toutes ces données viennent ensuite nourrir des modèles informatiques qui reconstruisent alors le temps actuel, avant de simuler son évolution dans la durée. Bien sûr, il n'est pas question ici de simples machines, mais de supercalculateurs aux puissances dantesques – les deux de Météo-France sont capables d'effectuer jusqu'à 21 millions de milliards d'opérations par seconde.

Canicules, mode d'emploi

Le courant-jet bloque un anticyclone au-dessus de l'Europe…



… ce qui forme, avec le temps, un dôme de chaleur



En stationnant au-dessus d'une même région, l'anticyclone agit comme un couvercle.

Sous le dôme, les masses d'air chaud montent puis redescendent sous la pression de l'anticyclone. Elles n'ont jamais le temps de refroidir.

À l'extérieur, les nuages sont repoussés par la pression du dôme, laissant passer davantage de soleil.

Une fois les différentes simulations terminées, les prévisionnistes les comparent dans le but d'élaborer une prévision unique – celle que nous voyons à la télé. Sauf qu'il y a un hic, et de taille : le chaos, une théorie scientifique plus connue sous le nom d'effet papillon. Ce qu'il implique ? *"Même un infime écart dans les conditions initiales entraîne des simulations différentes"*, rappelle Duncan Pappert, climatologue à l'université de Berne et coauteur de l'étude. Or, dans le domaine météo, les conditions initiales sont légion : le chaos est partout. Ainsi, derrière un épisode de chaleur prévu dans certaines zones et anodin, car bref – de 24 à 48 heures –, peut se cacher un phénomène de plus d'une semaine de températures anormales sur l'ensemble du territoire. Lui-même pourrait alors se transformer en canicule dans certains départements – qui n'auront que peu de temps pour s'y préparer.

Comment affronter un tel chaos ? En le submergeant de données ! Certes, les canicules longues passées dont les données ont été récoltées sont encore peu nombreuses : *"Nous n'en disposons que pour une vingtaine d'épisodes seulement – et c'est trop peu pour tirer des conclusions statistiquement fiables"*, souligne le chercheur. Mais d'autres existent : celles des simulations lancées ! Les chercheurs suisses en ont réuni afin de couvrir 50 fois 150 ans de climat – entre 1851 et 2000. Dans ce pool de données, ils ont alors localisé 1 884 épisodes simulés de chaleur persistante – entre 12 et 26 jours. Et, de leur analyse, deux scénarios climatiques menant à une canicule sont apparus.

LES MÉANDRES DU COURANT-JET

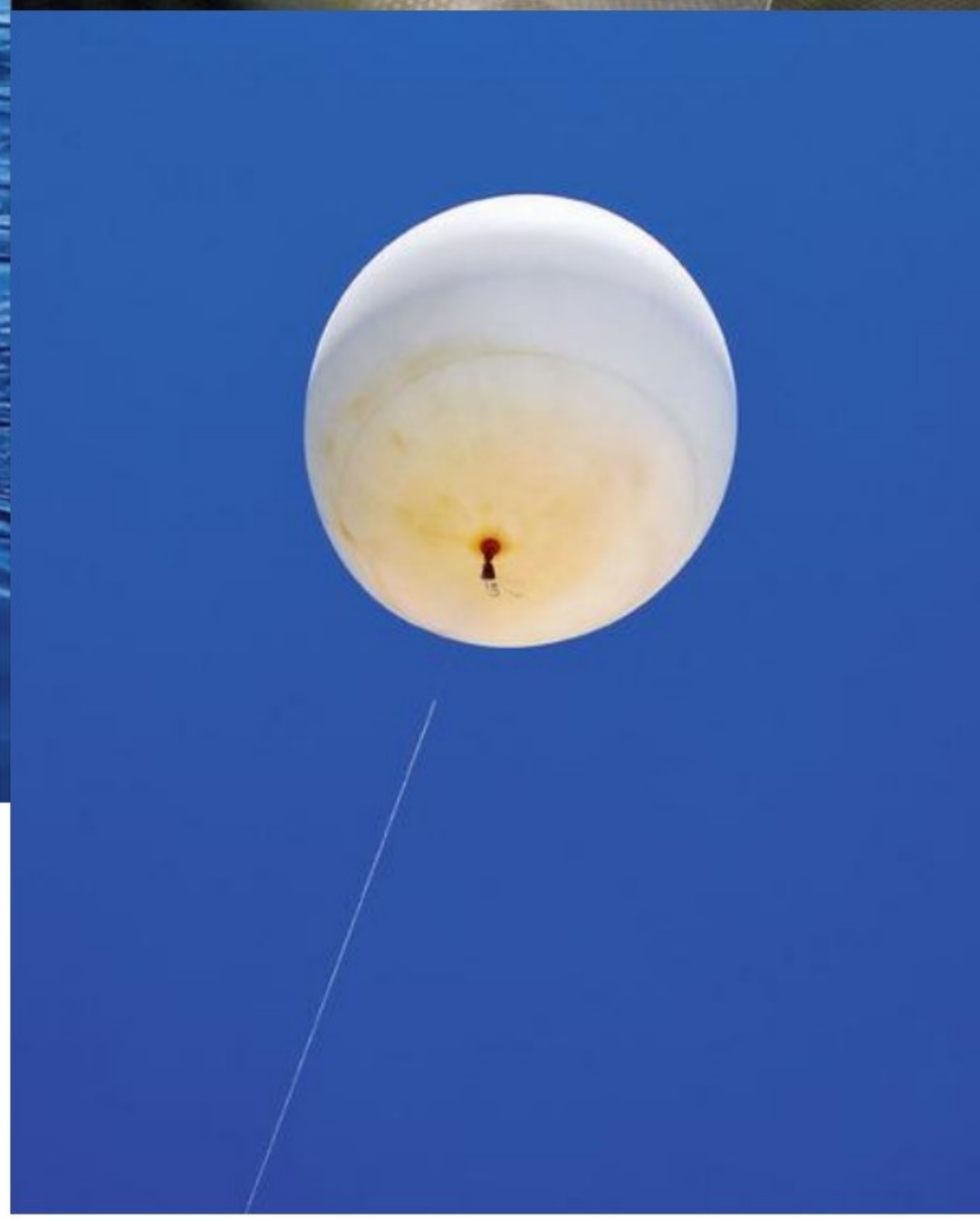
En leur cœur, un acteur principal : le courant-jet *(voir infographie)*, un courant venteux qui parcourt la planète d'ouest en est à des latitudes précises et une altitude comprise entre 8 et 12 km, aussi haut qu'un vol long-courrier. Il n'est pas linéaire : comme une rivière qui serpente, il forme des méandres. Surtout, ces derniers impactent les climats régionaux sur leur passage : dans leurs creux surviennent des dépressions, ce qui favorise la formation de nuages et donc de pluie. De l'autre côté du jet, au centre de la crête, se forme alors un anticyclone. *"Aux latitudes tempérées, il s'y produit souvent des épisodes de précipitations, puis, après la pluie vient le beau temps"*, explique Laurent Li, chercheur au laboratoire de météorologie dynamique (LMD), à Paris.

Mais si l'anticyclone s'attarde un peu trop au-dessus d'une même région, la pression qu'il exerce sur l'atmosphère pousse →

Pour prévoir les canicules, les météorologues s'aident…

… de stations terrestres et maritimes

Installées un peu partout en France, ces instruments se composent d'une batterie de capteurs – thermomètre, pluviomètre, etc. – qui mesurent en temps réel les conditions météo au sol ou en mer à un endroit précis.



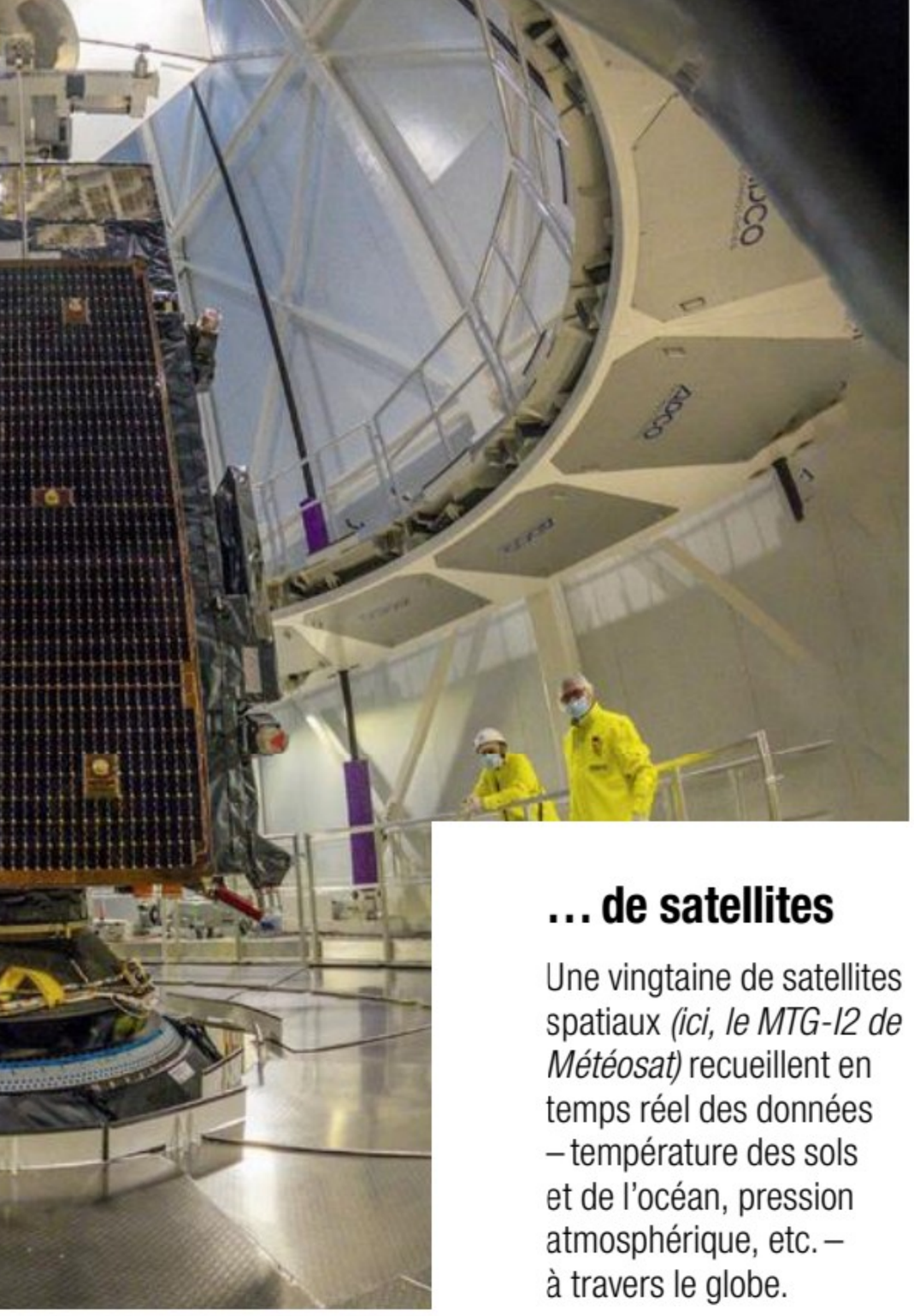
… de ballons-sondes

Lancés jusqu'à 30 km d'altitude depuis quinze sites en France, ils évaluent deux fois par jour la vitesse et le sens du vent dans la haute atmosphère.

les masses d'air vers le sol. L'air se comprime alors et se réchauffe, tandis qu'aucun nuage ne se forme. Puis, avec le temps, le phénomène agit comme un couvercle de casserole. Du fait de l'intense pression, l'air ne peut plus s'échapper par le haut et se refroidir. Il n'a d'autre choix que de redescendre – en se réchauffant chaque fois un peu plus. Le système s'auto-entretient : c'est le dôme de chaleur.

Deux configurations atmosphériques autour de ces épisodes longs ont donc été

MÉTÉO-FRANCE - ESA/M.PÉDOUSSAUT - PASCAL TABURET/MÉTÉO-FRANCE - DR



… de satellites

Une vingtaine de satellites spatiaux *(ici, le MTG-I2 de Météosat)* recueillent en temps réel des données – température des sols et de l'océan, pression atmosphérique, etc. – à travers le globe.

mises au jour. Dans le premier scénario, le courant-jet devient plus sinueux, ses méandres gagnent en amplitude. *"Les sinuosités peuvent alors être si fortes qu'elles bloquent un anticyclone, un peu à la manière d'un méandre faisant une boucle"*, précise Benjamin Pohl, chercheur au laboratoire Biogéosciences de l'université Bourgogne Europe. *"Le courant-jet s'enroule sur lui-même à l'est, à l'image d'un S inversé,* ajoute Duncan Pappert. *En amont, la vague se brise elle aussi, ce qui tend à maintenir côte à côte deux creux et une crête – les dépressions et l'anticyclone."* Cette formation dite en oméga, en référence à la forme de la lettre grecque, a donné vie à la canicule précoce traversée au mois de mai dernier.

DE NOMBREUX FACTEURS EN JEU

Dans la deuxième configuration, les conditions en amont sont différentes : le renversement de la vague est beaucoup plus ample. L'anticyclone subsiste, tandis que le courant-jet dérive vers le pôle et qu'une dépression se détache de sa circulation – comme une sorte de goutte froide. C'est ainsi que s'est formée la canicule de juin, dont l'intensité fut accentuée par la goutte froide au large du Portugal, qui ramenait des flux chauds venus du sud à la manière d'une pompe à chaleur.

Avec ces deux configurations identifiées comme susceptibles de se transformer en un épisode de chaleurs persistantes, les prévisionnistes vont affiner leur modèle. Mais le travail est loin d'être fini : de nombreux facteurs pourraient jouer un rôle dans ce phénomène… sans être pris en compte dans les simulations ! *"À la suite de la canicule de 2003, les experts ont découvert que l'humidité des sols était une variable non négligeable, tant cela peut amplifier une vague de chaleur et la faire persister dans le temps"*, pointe Fabio d'Andrea, directeur du département des géosciences de l'ENS. Ceci car, lorsqu'il fait chaud, la terre transpire et, comme la sudation pour l'humain, cela contribue à refroidir sa surface. À condition qu'elle ait encore de l'eau à évaporer : or, en juillet 2026, environ 95 % de l'Hexagone était frappé de sécheresse – un record depuis le début des mesures en 2012.

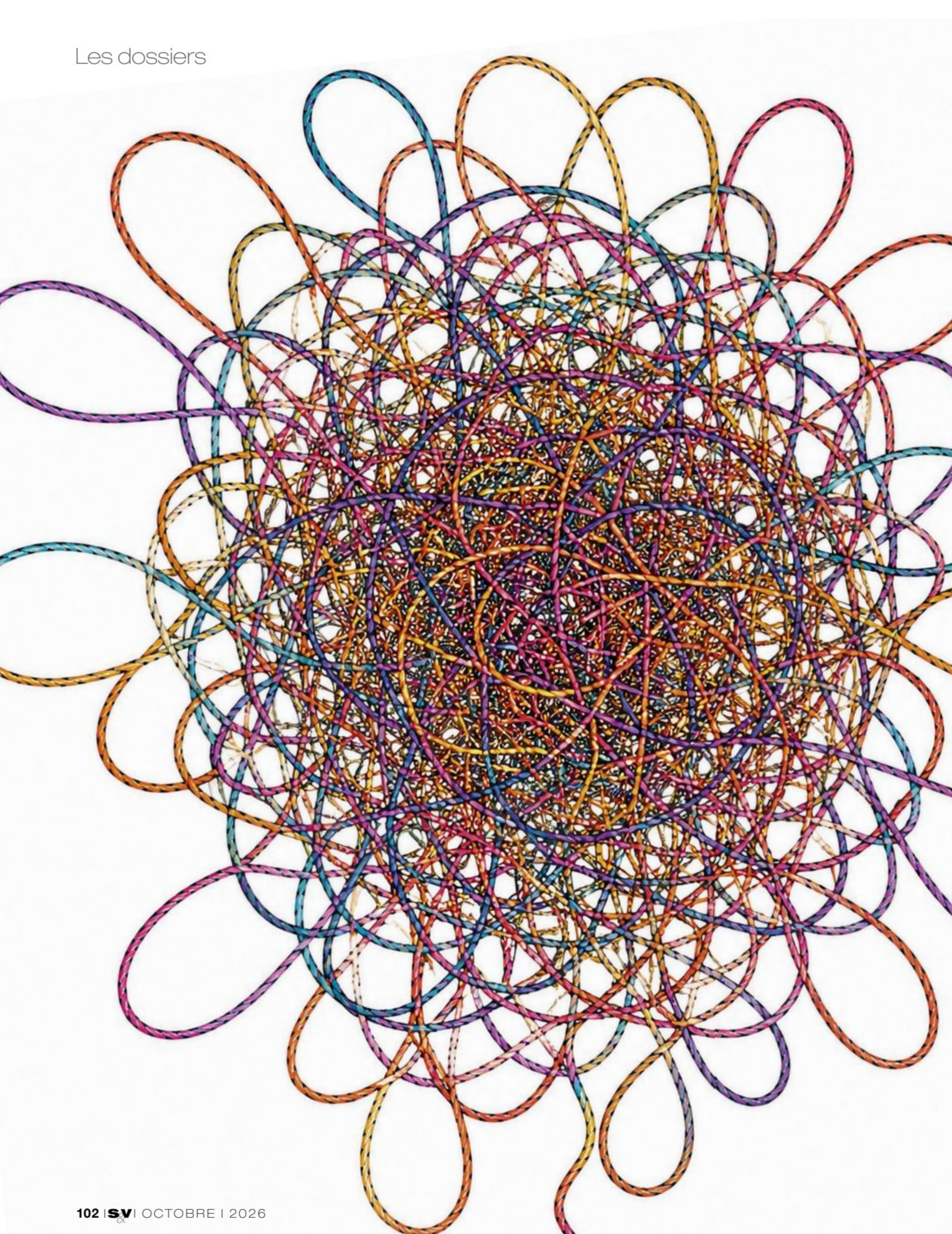
Pour continuer à affiner les modèles climatiques, l'ensemble des mécanismes physiques associés ainsi que leurs liens devront être réexaminés avec un nouvel œil. Et cela paraît tellement indispensable qu'une étonnante interrogation émerge chez les prévisionnistes : *"Fait-il simplement plus chaud au sein d'un cadre météorologique resté le même, ou le cadre lui-même a-t-il changé ?"* s'interroge Fabio d'Andrea. Autrement dit : le climat pourrait-il changer au point de rendre toutes les connaissances accumulées sur lui obsolètes ?

… de supercalculateurs

Les millions de données récoltées via toutes ces technologies nourrissent ensuite les deux supercalculateurs de Météo-France – environ 50 000 fois plus puissants qu'un ordinateur classique – qui permettent de simuler l'évolution de la météo.

Nous ne disposons de données que pour une vingtaine d'épisodes de canicule longue seulement

DUNCAN **PAPPERT**
Climatologue à l'université de Berne, en Suisse



Nœuds

Il existe une formule pour les classer

Archétypes du méli-mélo, voire du chaos, les nœuds se traduisent pourtant en langage mathématique. Deux chercheurs ont découvert un outil qui permet de les décrire.

Chacun d'entre nous a dû se résoudre à l'affronter un jour. Ce nœud formidable, né d'on ne sait quel prodige, formé de fils d'écouteurs, de câbles électriques ou encore de jacks, et qui ne donne aucun indice sur la manière de le défaire. Qu'on malaxe, retourne, triture, empire même, et ce plusieurs minutes. Jusqu'à ce que – ô joie ! –, l'on tire un bout qui vient sans aucune résistance. Et soudain, tout se libère : le nœud disparaît. Oui, le nœud illustre parfaitement l'anarchie la plus folle… mais il a une solution. Mieux : il cache une théorie mathématique entière derrière son aspect chaotique, que de nombreux mathématiciens tentent de démêler.

Et voilà que deux chercheurs, l'un de l'université de Toronto, au Canada, le second de l'université de Groningue, aux Pays-Bas, ont fait une percée dans le domaine. Dans un article encore non publié, ils présentent un nouvel outil permettant de décrire mathématiquement les différents nœuds qu'il est possible de faire avec un bout de ficelle, de les comparer entre eux… et donc de les cataloguer. *"En mathématiques, on appelle ce type d'outil un invariant,* explique Zsuzsanna Dancso, mathématicienne à l'université de Sydney. *Il permet ici de transformer un nœud en un nombre, un polynôme ou un autre objet. Celui qui vient d'être développé est particulièrement efficace."*

VALENTIN FAIVRE AVEC GPT-IMAGES - M.TUMELAIRE

DES NŒUDS BIEN PARTICULIERS

Avant de démêler le fil de cette découverte, une petite plongée dans l'univers des nœuds s'impose. Ceux étudiés en mathématiques ont une caractéristique : ils ne sont formés qu'à partir d'une seule corde dont les deux extrémités sont collées – une boucle. Et ils ne sont nœuds que s'il est impossible de les défaire sans couper la corde – c'est une première règle. Alors, certes, une fois qu'un nœud est noué, on peut l'entortiller davantage, le desserrer, le retourner, passer la corde à l'intérieur d'une boucle tout juste ouverte, bref le modifier… En apparence seulement : vous pouvez toujours revenir à l'original ! D'où la deuxième règle : *"Deux nœuds sont identiques si vous pouvez transformer l'un en l'autre"*, pose la mathématicienne.

Bon. Mais comment alors savoir si deux nœuds d'airs très différents n'en sont pas un seul et unique ? Tenter tous les tortillements possibles pouvant le faire passer de l'un à l'autre n'est pas satisfaisant. *"Si vous ne réussissez pas, c'est peut-être parce que vous n'avez pas tout essayé, et il est donc impossible de conclure !"* émet Zsuzsanna Dancso. C'est là que les invariants, des fonctions qui transforment les nœuds en objets comparables, entrent en jeu. Leur aide est de taille : si les invariants de deux nœuds sont différents, alors on en est sûr, les deux nœuds le sont aussi. Par contre, s'ils sont identiques, impossible de conclure : les deux nœuds le sont… ou pas.

Comment les chercheurs surmontent ce problème ? En comparant plusieurs fois les mêmes nœuds avec des invariants divers ! Car il en existe une ribambelle, qui métamorphosent chacun à leur manière les nœuds. Ainsi, pour deux nœuds, les objets obtenus via un même invariant peuvent être identiques, tandis que ceux issus d'un autre invariant seront différents. En multipliant les invariants, les chercheurs accumulent les résultats négatifs et donc les certitudes – ils avancent. La technique leur a notamment permis de lister tous les nœuds possibles et imaginables avec 20 croisements ou moins – il y en a plus de 2 milliards.

Nous avons eu de la chance ! Nous ne nous attendions pas à ce que cet invariant soit si fort

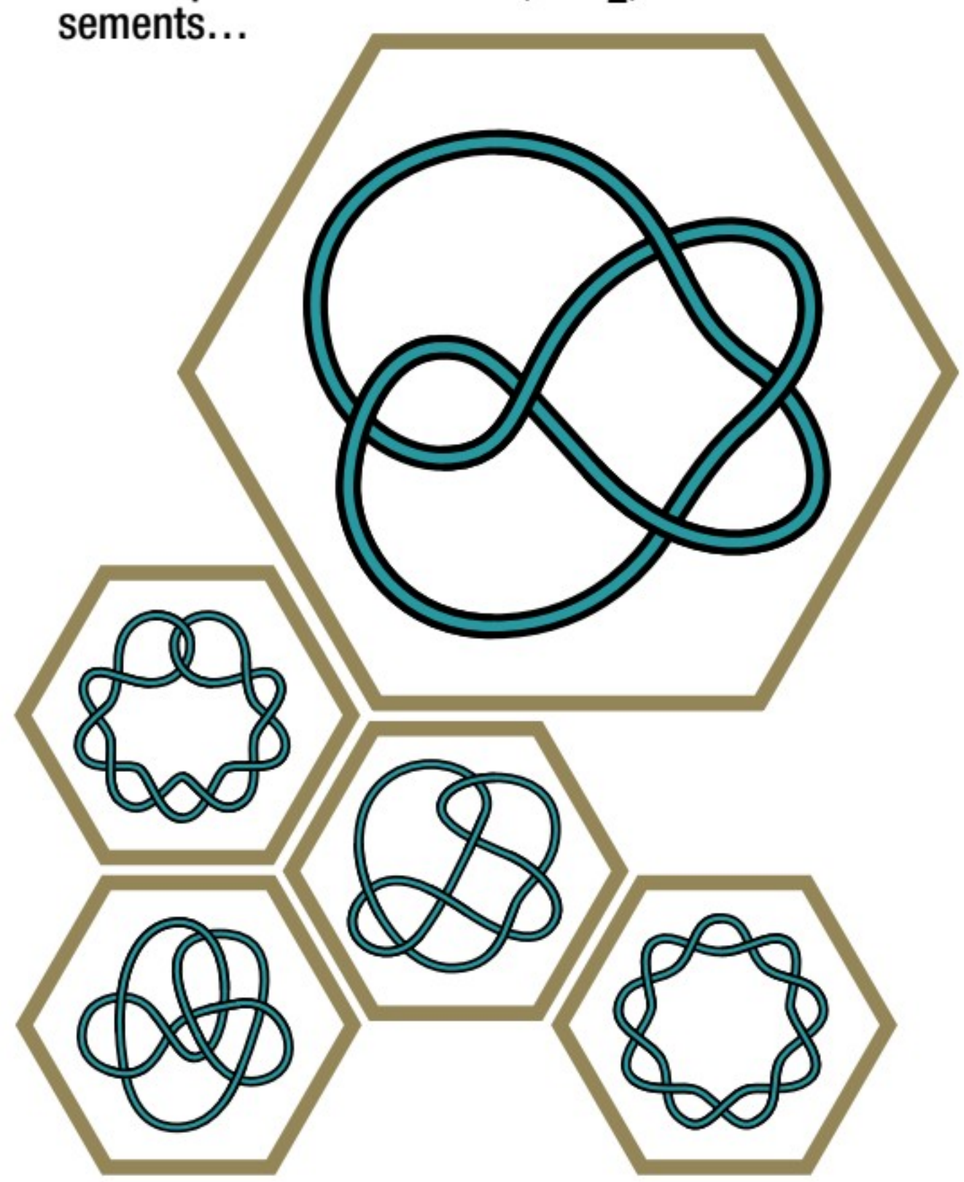
DROR **BAR-NATAN**
Mathématicien à l'université de Toronto (Canada)

On le devine, le travail est fastidieux… Et l'exploration des nœuds plus complexes l'est encore davantage. D'autant que *"les invariants les plus faciles à calculer sont les moins 'forts', c'est-à-dire ceux qui attribuent le plus souvent une même valeur à des nœuds différents"*, explique la mathématicienne. Le tout nouveau venu, appelé Θ (thêta) et déniché par Dror Bar-Natan, de l'université de Toronto, et Roland van der Veen, de l'université de Groningue, change la donne.

"Déniché" est bien le mot : les deux collègues ne pensaient pas tomber sur un tel spécimen. Leur objectif était de créer un invariant aux propriétés topologiques intéressantes, reflétant au mieux les propriétés structurelles des nœuds. Mais pas particulièrement efficace pour les cataloguer. La méthode développée ? D'abord, il s'agit de transformer un nœud donné en deux polynômes – une fonction ne comprenant que des additions et des multiplications. Le premier, le polynôme dit "d'Alexander", est un invariant à lui seul, connu depuis les années 1920. Il dépend de la fréquence avec laquelle on rencontre, si l'on suit la corde emmêlée formant le nœud sur son long, chaque section située entre deux croisements, en tenant compte de la probabilité de se tromper de direction – bref, de perdre le fil. Le second est une version élaborée du premier.

Transformer des nœuds en invariants

À chaque nœud correspond une figure hexagonale obtenue en 3 étapes. Exemple avec le premier ci-dessous, le 5_2, à 5 croisements…



PLUSIEURS CENTAINES D'ADDITIONS

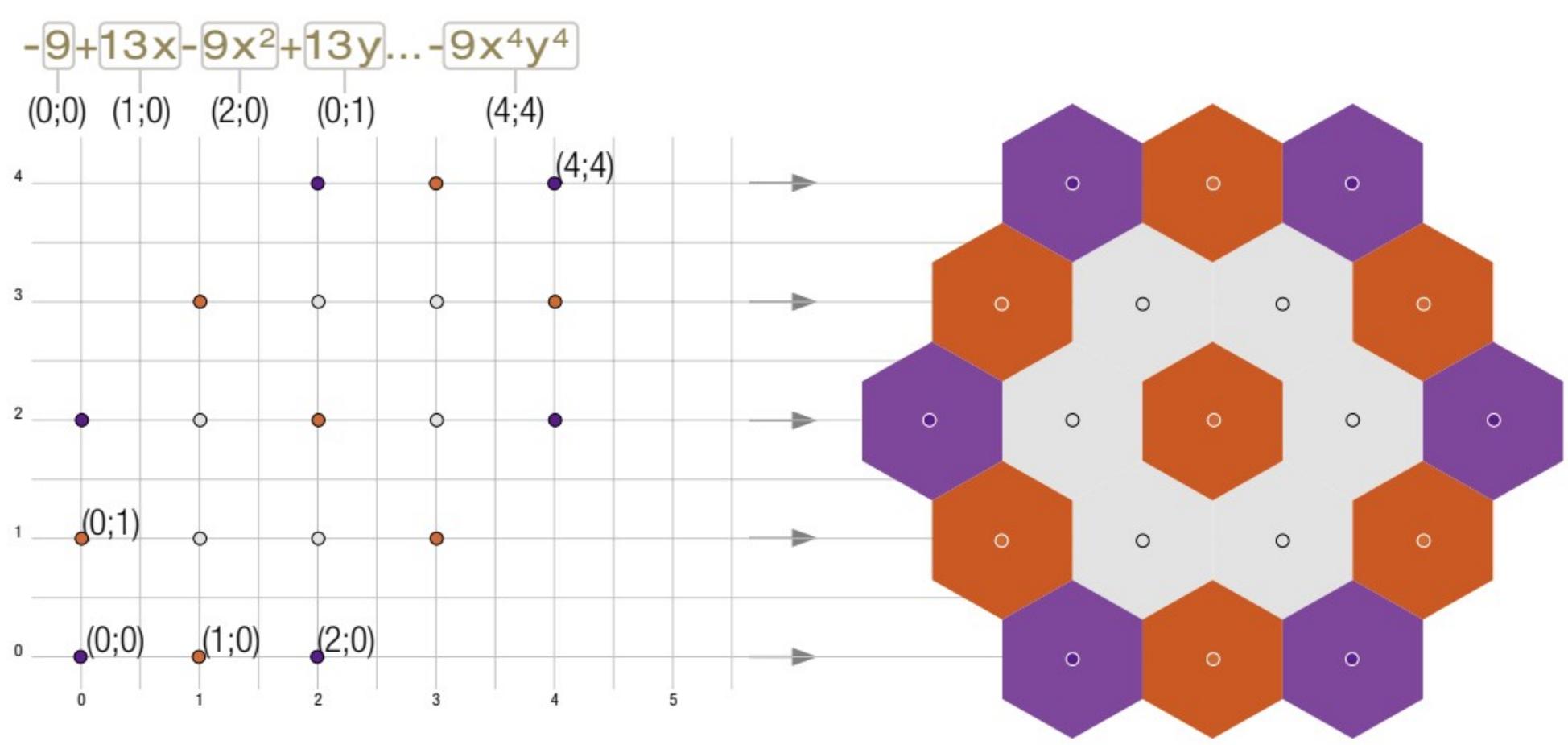
Une fois ces deux fonctions obtenues, les chercheurs les combinent, et un invariant fonctionnel surgit. Sa formule est très longue – un nœud de 300 croisements se traduit en plusieurs centaines d'additions, ouvrir son fichier informatique prend plu-

1. Le nœud 5_2 est traduit en deux polynômes…
Ce sont des fonctions exprimant la structure du nœud. L'un des deux polynômes utilisé ci-dessous dépend par exemple des caractéristiques liées aux sections de cordes situées entre deux de ses croisements.

$$-9+13x-9x^2+13y-6xy-6x^2y+13x^3y-9y^2-6xy^2+12x^2y^2-6x^3y^2$$
$$-9x^4y^2+13xy^3 6x^2y^3 6x^3y^3+13x^4x^3-9x^2y^4+13x^3y^4-9x^4y^4$$

2. …dont les puissances donnent des coordonnées
Prenez la puissance de **x**, puis celle de **y** ; s'il n'y en a pas, prenez **0**. Ces nombres sont les coordonnées d'un point à placer dans un repère. Ne reste qu'à le colorier : ici, en rouge si le nombre devant **x** et **y** est négatif, en bleu les autres.

3. Les points obtenus sont transformés en cet hexagone par symétrie
Décalez les points obtenus jusqu'à ce qu'ils s'organisent autour d'un même axe vertical, transformez-les en hexagones… Voici votre invariant !



DR - STÉPHANE JUNGERS

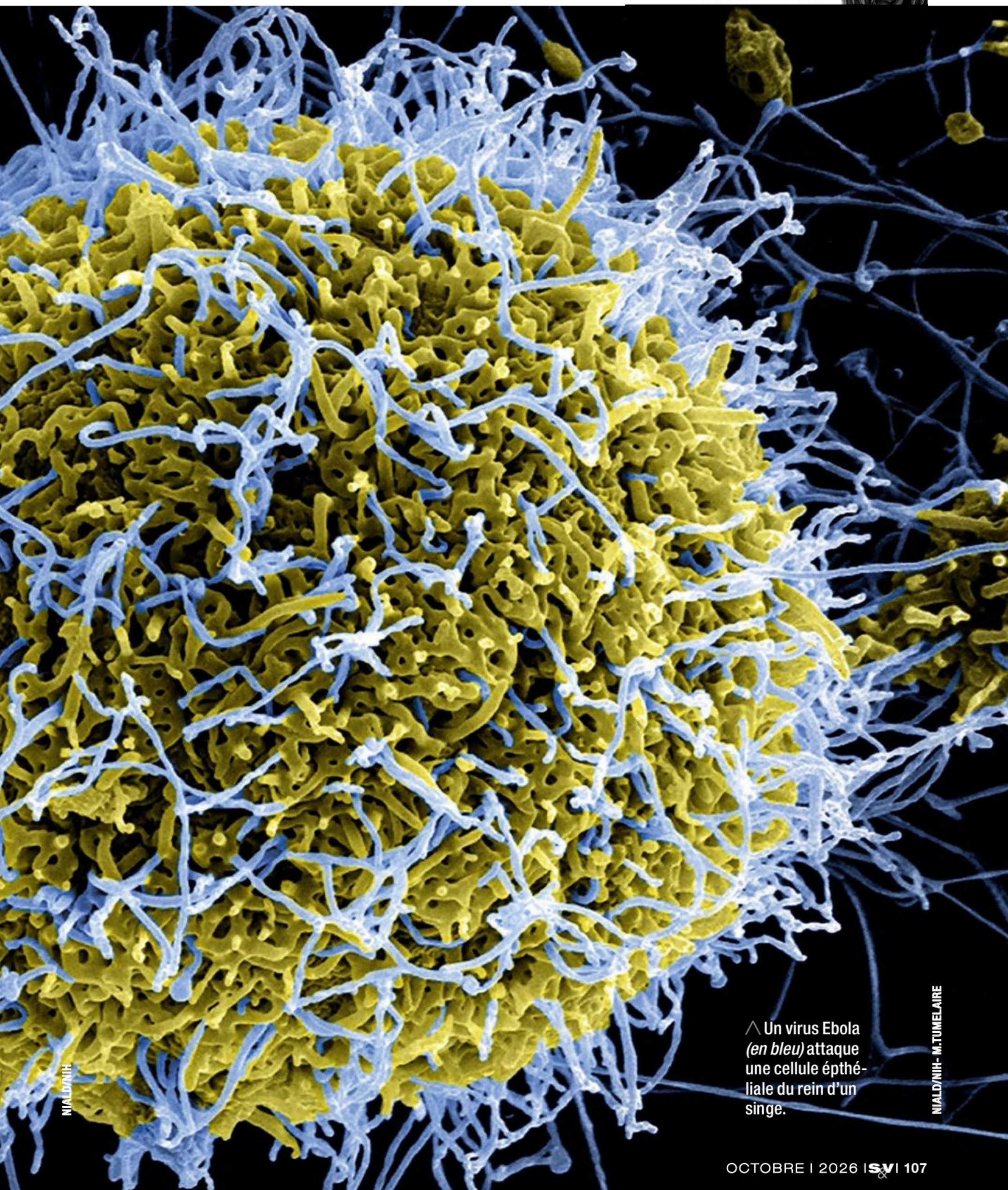
sieurs minutes. Ce qui ne facilite pas vraiment l'analyse du nœud… *"C'est un peu comme si vous ne regardiez pas une photo numérique mais la valeur de chacun de ses pixels"*, illustre Dror Bar-Natan. Les chercheurs ont donc transcrit les polynômes sur un repère spatial en une série de points colorés, et obtenu une visualisation hexagonale reflétant la forme des nœuds – des sortes de QR-codes, compare le mathématicien.

Pari gagné pour les deux chercheurs : l'invariant a de bonnes propriétés topologiques et il est facile à calculer. La surprise, c'est qu'il est aussi d'une efficacité féroce pour cataloguer les nœuds. *"Nous avons eu de la chance ! Nous ne nous attendions pas à ce qu'il soit si fort"*, souffle Dror Bar-Natan. Fort, le mot est faible : dans le jeu des nœuds semblables ou différents, cet invariant bat à plate couture tous les autres construits jusqu'ici. Testé sur les 313 230 nœuds de moins de 15 croisements, Θ n'a donné que 6 758 fois une valeur identique à des nœuds différents. Comparé aux 41 000 erreurs que font trois autres invariants classiques combinés, c'est un pas de géant. *"Il pourrait rendre certains invariants inutiles"*, suppose Zsuzsanna Dancso.

Enfin, il faut le reconnaître, les figures Θ brillent par leur esthétisme… et ce point n'est pas à sous-estimer ! *"En admirant ces QR-codes, vous commencez à voir les nœuds différemment et à vous poser de nouvelles questions"*, confie Dror Bar-Natan. De jolis motifs étoilés apparaissent par exemple chez les invariants de nœuds à plus de 300 croisements ? *"On ne sait encore ni l'expliquer, ni ce que cela dit des nœuds !"* sourit le mathématicien. Cette énigme est l'une des 27 ouvertes par ces travaux. À ce jour, deux ou trois seulement ont été résolues. On tient peut-être le bon fil.

Virus
Voici comment ils sautent d'une espèce à l'autre

Ebola, Covid-19, grippe aviaire… Alors que le nombre de zoonoses explose, une équipe américaine a lancé une vaste étude des génomes de plusieurs virus afin de retracer leur parcours et de comprendre la façon dont ils se transmettent de l'animal à l'humain. Le résultat de ce travail est étonnant… et inquiétant.



NIALD/NIH

NIALD/NIH- M.TUMELAIRE

Un virus Ebola *(en bleu)* attaque une cellule épthéliale du rein d'un singe.

Elle a déjà fait plus de 2 700 morts, selon les autorités congolaises, et le bilan pourrait s'alourdir. Depuis mars de cette année, la République démocratique du Congo (RDC) fait face à l'épidémie de fièvre hémorragique la plus meurtrière de son histoire – elle en a traversé 17 en tout. À l'origine de la maladie : Ebola, un virus dont les réservoirs naturels sont certaines chauves-souris du centre et de l'ouest de l'Afrique, chez lesquelles il s'avère tout à fait inoffensif. C'est en 1976 qu'Ebola adopte un comportement terrible et fou : il franchit la barrière des espèces pour contaminer une espèce qui lui était jusqu'alors absolument inconnue, l'humain. Cet événement se reproduira de nombreuses fois par la suite : une zoonose, maladie dont l'agent pathogène (virus, bactérie ou parasite) peut être transmis de l'animal à l'homme, était née. Ce ne sera pas la dernière – loin de là.

En effet, les nouvelles zoonoses représentent aujourd'hui 70 % des maladies émergentes. Et elles se sont tellement multipliées ces dernières années – Covid-19, chikungunya, grippe aviaire, mpox… – qu'elles sont considérées comme l'un des plus grands risques sanitaires actuels par les experts. Mais retracer leur origine reste souvent difficile. Identifier l'animal réservoir, qui héberge naturellement le virus, se révèle d'autant plus complexe que les virus transitent parfois par un ou plusieurs hôtes intermédiaires avant d'atteindre l'humain. Et les mécanismes qui rendent ce saut d'espèce possible demeurent encore mal compris. Comment un virus adapté à une espèce devient-il capable d'en infecter une autre – la nôtre en l'occurrence –, puis de s'y répandre ?

DES CENTAINES D'ÉCHANTILLONS ANALYSÉS

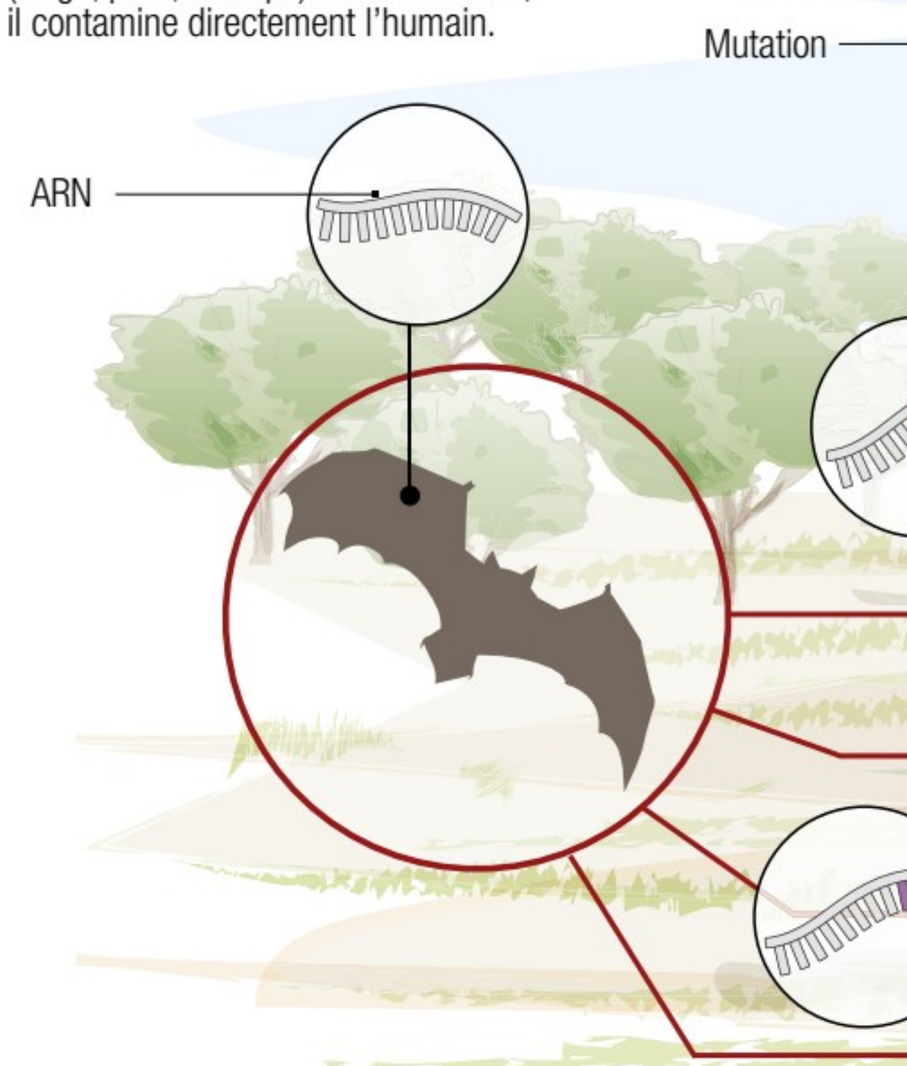
Pour le comprendre, une équipe de l'université de Californie à San Diego, aux États-Unis, a analysé les génomes de plusieurs virus responsables de zoonoses. Le principe est simple : lorsqu'un virus passe d'un hôte à un autre, les contraintes évolutives s'exerçant sur lui changent. Et cela se lit dans son matériel génétique – ADN ou ARN selon le virus – dont le taux de mutation est modifié. Les chercheurs ont ainsi regroupé puis analysé plusieurs centaines d'échantillons de virus que d'autres équipes avaient auparavant prélevés dans le réservoir animal, d'éventuels hôtes intermédiaires et des humains infectés. Ceci afin de les comparer et de retracer leur histoire évolutive. Les espèces ciblées ? *"Nous avons commencé avec le SARS-CoV-2 (responsable du Covid), puis nous avons élargi notre étude à d'autres virus, notamment Ebola, mpox, Marburg…"* précise Jennifer Havens, spécialiste en épidémiologie moléculaire de l'équipe universitaire et coautrice de l'étude.

Une fois ce travail titanesque effectué, le groupe de chercheurs a pu construire les arbres phylogénétiques de chaque pathogène, suivre leurs modifications génétiques

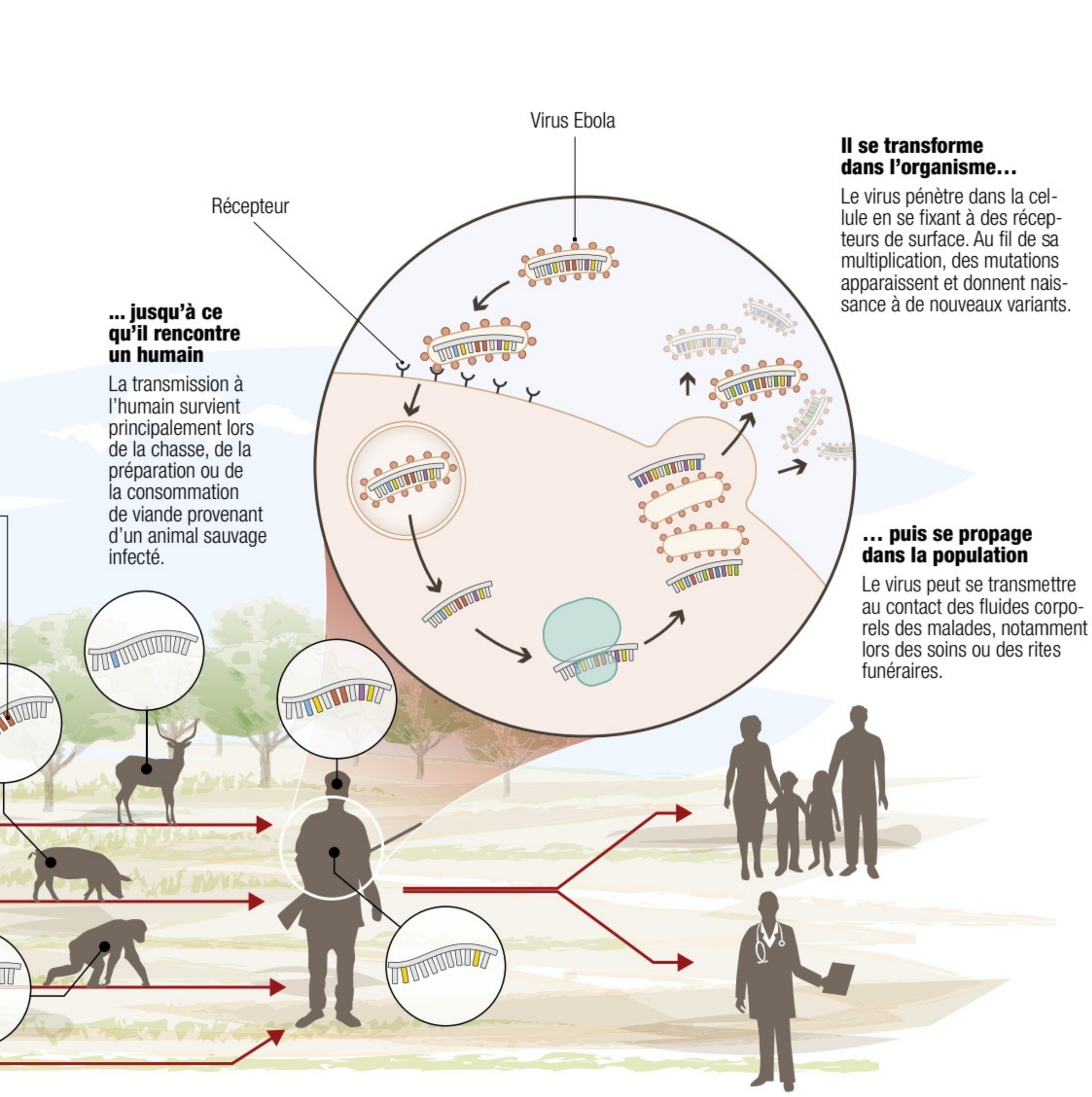
L'itinéraire d'Ebola

Le virus reste à distance…

Le virus Ebola circule naturellement chez certaines chauves-souris. Des mutations apparaissent lorsqu'il transite dans des espèces intermédiaires (singe, porc, antilope). Plus rarement, il contamine directement l'humain.



BRUNO BOURGEOIS



dans le temps et les sauts d'espèces… Et faire des découvertes majeures.

En premier lieu, l'hypothèse d'un virus SARS-CoV-2 cultivé en laboratoire est définitivement éliminée : aucune signature génomique d'un quelconque passage en culture *in vitro* n'a été identifiée. Mais le plus époustouflant est que le virus a soudain infecté l'humain… sans modification majeure de son génome. *"Il a continué d'évoluer d'une manière indiscernable de celle observée dans son réservoir naturel, la chauve-souris, ainsi que chez son hôte intermédiaire, et ce jusqu'à l'ancêtre commun le plus récent à l'origine de l'épidémie chez l'être humain",* s'étonne Jennifer Havens. Selon le scénario le plus probable, la transmission se serait déroulée en plusieurs étapes : un coronavirus circulant chez des chauves-souris du genre *Rhinolophus* aurait infecté un hôte intermédiaire, encore non identifié avec certitude – pangolin ou un autre mammifère sauvage ou domestique. Puis il aurait atteint l'être humain, vraisemblablement sur un marché d'animaux vivants à Wuhan, en Chine. Sans s'adapter d'une quelconque manière.

DES MUTATIONS POST-CONTAMINATION

Quid des autres virus analysés ? Le constat de l'équipe est le même : une préadaptation dans le réservoir animal ou dans l'hôte intermédiaire n'est pas nécessaire pour permettre la transmission vers l'humain. Autrement dit, les virus à l'origine des zoonoses étaient tous capables d'infecter →

l'être humain bien avant que les épidémies n'émergent. En cas de contact régulier avec des populations réservoirs, la transmission est ainsi un risque dont la probabilité augmente avec le temps.

Bon. Mais les virus chez l'humain sont quand même différents de ceux trouvés dans le réservoir naturel. Ils mutent donc après la frontière, ce que l'analyse d'Ebola a confirmé. Comme pour le SARS-CoV-2, l'étude du génome du variant responsable de l'épidémie de 2013-2016 en Afrique de l'Ouest n'a révélé aucun changement significatif entre les séquences des virus circulant dans le réservoir animal – probablement une chauve-souris – et la lignée ayant conduit à l'épidémie humaine. En revanche, les chercheurs ont montré qu'une fois installé dans l'humain, le virus s'est mis à évoluer très rapidement durant les 18 premiers mois de l'épidémie.

Mais par quel mécanisme, alors ? Pour se multiplier, le virus doit d'abord pénétrer dans les cellules de son hôte. Il reconnaît des récepteurs spécifiques à leur surface, auxquels il se fixe, un peu comme une clé dans une serrure. Une fois à l'intérieur, il détourne la machinerie cellulaire pour produire de nouvelles copies de lui-même. Or, durant cette phase, des erreurs peuvent survenir au hasard et modifier son génome. Une mutation peut, par exemple, conférer une meilleure affinité pour le récepteur de surface de la cellule et faciliter son entrée. *"Un taux de mutation élevé génère de multiples variants du virus. Un variant mieux adapté à ce nouvel environnement peut alors se répliquer plus rapidement, devenir dominant et être préférentiellement transmis",* indique Anna-Bella Failloux, entomologiste spécialiste des virus transmis par les arthropodes à l'Institut Pasteur.

H1N1, une fuite probable

Le virus H1N1, à l'origine notamment de la "grippe espagnole" de 1918, a cessé de circuler chez l'humain à partir de 1957 avant de réapparaître soudainement… en 1977 ! Un retour qu'on a longtemps attribué à une propagation accidentelle lors d'essais vaccinaux en Chine. Pour le savoir, les chercheurs de l'université de Californie ont aussi analysé son génome. Résultat : durant les vingt années précédant sa réapparition, *"le virus semble avoir eu très peu d'évolution, voire aucune",* souligne Jennifer Havens. En effet, il aurait dû accumuler régulièrement des mutations. Cela suggère que l'évolution du virus aurait été mise en pause, potentiellement après sa conservation dans un congélateur de laboratoire. La piste d'une fuite accidentelle devient la plus probable.

UN RISQUE DE TRANSMISSION ACCRU

Si cette étude permet ainsi de franchir une nouvelle étape dans la compréhension des zoonoses, elle souligne également notre grande vulnérabilité. *"La surveillance des virus dans les réservoirs animaux doit être renforcée, car des virus capables d'infecter les humains peuvent émerger à tout moment",* prévient l'entomologiste. D'autant que les occasions de contact se multiplient. *"De nombreux virus circulent au sein de la faune sauvage. Mais les activités humaines et les bouleversements écologiques qu'elles provoquent – déforestation, incendies, destruction des habitats – rapprochent de plus en plus ces animaux des populations humaines",* souligne Anna-Bella Failloux. En découle un risque de transmission de plus en plus grand, via la consommation de viande contaminée, par exemple, mais aussi *"par contact direct avec des animaux ou via leurs matières fécales",* alerte Jennifer Havens.

Enfin, la prochaine étape sera de comprendre comment un virus non pathogène au sein de son organisme réservoir peut, à un moment donné, le devenir. Ceci afin de pouvoir détecter les plus susceptibles de devenir dangereux : *"C'est tout l'enjeu des futures recherches : parvenir à repérer les virus capables de devenir problématiques pour nous en croisant les données de notre patrimoine génétique avec celles des virus",* révèle la chercheuse. Un travail indispensable pour anticiper les prochaines épidémies : le saut est trop facile, il va falloir trier les candidats…

C'est dans nos vies

Sommaire

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

En pratique

Attention aux jeux impliquant des produits ultra-pimentés !

L'Anses sonne l'alerte : entre 2021 et 2025, 124 appels ont été enregistrés par les centres antipoison à la suite de l'ingestion d'un aliment ultra-pimenté. Parmi les victimes, 39 % avaient reproduit des défis populaires sur les réseaux sociaux. Or, à forte dose, la capsaïcine, responsable de la sensation de brûlure, peut provoquer des douleurs, des diarrhées, des vomissements, des palpitations cardiaques, voire des malaises. *Anses, juillet 2026*

SHUTTERSTOCK

Une routine quotidienne atténue douleurs et dépression

C'est ce qu'a constaté une équipe de l'université du Missouri, aux États-Unis. Pour cela, les chercheurs ont suivi 67 personnes âgées de plus de 60 ans – dont 37 insomniaques et 30 personnes ne souffrant pas de troubles du sommeil – et leur ont demandé de répondre à trois questionnaires. L'un a évalué la régularité de 5 routines quotidiennes : lever, première interaction sociale de la journée, début du travail ou des cours, dîner et coucher. Le second a jaugé la fréquence de symptômes dépressifs : tristesse, fatigue, perte de motivation… Le dernier s'est intéressé au degré de douleurs ressenti.

Résultat, ceux qui maintenaient une routine quotidienne régulière, avec des heures de début d'une activité donnée ne variant pas de plus de 45 minutes d'un jour à l'autre, avaient tendance à rapporter des niveaux de douleurs et de dépression plus faibles. Et ce, qu'ils soient insomniaques ou non ! *"Se lever, manger, travailler et dormir à des horaires réguliers chaque jour peut contribuer à synchroniser l'horloge biologique avec le cycle jour/nuit de 24 heures et ainsi éviter sa dérégulation,* explique Eunjin Lee Tracy, coautrice de l'étude. *On pense que cela favorise un meilleur fonctionnement de notre organisme, ce qui lui permettrait de mieux lutter contre les douleurs et la dépression."*

Pour les chercheurs, garder une routine constante est important car même un décalage de plus d'une heure entre semaine et week-end favoriserait divers troubles : douleurs, dépression, mais aussi des maladies cardio-vasculaires. **Kheira Bettayeb**

"J. Behav. Med.", juin 2026

En pratique

L'activité physique, même légère, agit contre le cancer

L'analyse des données de 91 292 Britanniques suivis pendant 12 ans a monté que le risque de décès par cancer diminue de 12 % si on remplace 1 heure de sédentarité quotidienne par 1 heure d'activité physique légère, comme la marche. Et de 22 % lorsque 5 minutes sont remplacées par une activité intense comme la course à pied. *"Plos Med.", juil. 2026*

Vous êtes asthmatique ? Privilégiez les cuisinières électriques

Des chercheurs américains ont suivi la santé de 85 patients asthmatiques ainsi que la qualité de l'air de leur habitat avant et après le remplacement de leur cuisinière à gaz par une électrique. Deux mois après ce changement, le taux de dioxyde d'azote intérieur avait chuté de 70 %, les consultations médicales de 70 % et les absences professionnelles de 80 %. *"AAAAI", juil. 2026*

Les réseaux sociaux, c'est mieux après 14 ans

Avant cet âge, ils peuvent affecter les résultats scolaires. C'est ce qu'a montré une étude sur le parcours de 5 227 élèves italiens de 11 à 16 ans. Ceux qui ont créé un compte en 6e (11-12 ans) et en 5e (12-13 ans) avaient, au début du lycée, respectivement 3 mois et 6 mois de retard sur les connaissances en italien et en maths, comparé à ceux ayant commencé les réseaux à partir de la 4e (14-15 ans). Les réseaux sociaux nuiraient en effet à la concentration et au sommeil des plus jeunes, propices à l'apprentissage. *"Nat. Hum. Behav.", août 2026*

Le sauna stimule l'immunité

Des chercheurs finlandais ont proposé à 51 adultes de participer à une séance de sauna à 73°C pendant 30 minutes. Juste après, des analyses sanguines ont révélé chez les volontaires une augmentation d'environ 15 % de tous les types de globules blancs – neutrophiles, lymphocytes, monocytes, éosinophiles et basophiles. Trente minutes plus tard, neutrophiles et lymphocytes étaient toutefois revenus à leurs niveaux initiaux. *"Temperature", mars 2026*

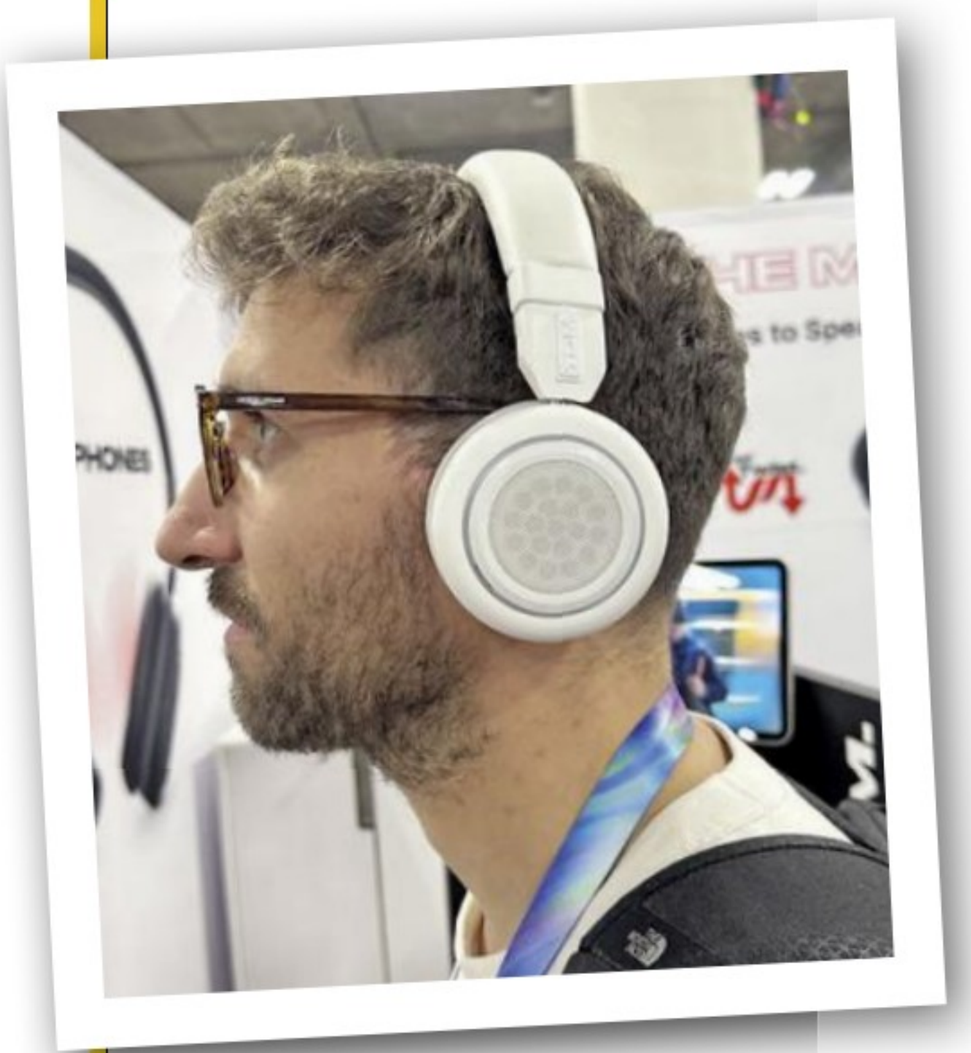
Un bon conseil : se limiter à 400 mg de caféine par jour

En analysant les derniers travaux scientifiques sur le sujet, des chercheurs de l'American Heart Association ont déterminé qu'il est possible d'ingérer jusqu'à 400 mg de caféine par jour – l'équivalent d'environ 5 expressos – sans risque pour la santé cardiaque. *"Circulation", juillet 2026*

Enceinte, comment bien mettre la ceinture en voiture

Dans une étude canadienne menée auprès de 333 femmes enceintes, des chercheurs ont remarqué que seules 11,4 % des volontaires plaçaient correctement leur ceinture de sécurité. Bien positionnée, elle réduit pourtant le risque de décès de 47 % et de blessure grave de 52 % en cas d'accident. Pour bien faire, il faut centrer la sangle diagonale sur l'épaule et la passer entre les seins, sans glisser sur le côté. La sangle ventrale doit être passée sous le ventre, sans qu'elle ne se replie sur elle-même. D'après les chercheurs, le ventre peut facilement déplacer la ceinture au fur et à mesure de l'avancée de la grossesse. Ils recommandent donc de la réajuster régulièrement. *"UBC News", juil. 2026*

SHUTTERSTOCK



Le Neo intègre un micro afin de servir en kit mains-libres.

Technofolies

Le casque audio qui se transforme en enceinte

Prix : env. 200 €
Rens. : https://tdmofficial.com/

Voici le Neo, un casque audio Bluetooth qui, lorsqu'on place les deux coussinets l'un contre l'autre et qu'on les tourne légèrement, se transforme… en enceinte portable ! Cette prouesse technique, signée par l'entreprise américaine TDM, est permise grâce à l'arceau flexible mais surtout grâce aux deux paires de haut-parleurs – une de chaque côté des oreillettes. De bonne qualité, ces quatre baffles offrent un son équilibré et une belle puissance en mode enceinte – ce qui est assez surprenant vu la toute petite taille du terminal. Des boutons sur le côté des oreillettes permettent de faire varier le volume ou encore de mettre sur pause, quel que soit le mode d'écoute. Et si vous ne comptez pas utiliser l'enceinte pendant quelque temps, vous pouvez configurer l'appareil afin qu'il s'éteigne quand vous le repliez sur lui-même. Des fonctionnalités qui en font un produit assez ingénieux et pratique. D'autant plus que le Neo promet une autonomie élevée : 180 heures en mode casque ou 10 heures en mode enceinte. Autre bon point, la batterie est modulaire et peut donc être remplacée très facilement. Seuls bémols, le Neo ne dispose pas de réduction de bruit active – une fonctionnalité pourtant très populaire – et pèse 340 g (environ 100 g de plus que les casques Bluetooth concurrents). Des petits défauts qu'on lui pardonne car, honnêtement, on ne se lasse pas de passer du mode casque au mode enceinte. **T.D.**

TESTÉ
par la rédaction

Le Neo possède une prise mini-jack 3,5 mm pour ceux qui préfèrent l'expérience filaire.

DR

Une table de jardin solaire

Prix : env. 2 400 €
Rens. : https://iota-solar.com

Conçue par le suisse Iota Solar, la table PT One intègre un panneau photovoltaïque sous son plateau en verre. Selon la région, elle peut produire entre 350 et 450 kWh d'électricité par an, soit environ 20 % de la consommation d'un foyer de deux personnes. De quoi brancher appareils ménagers et électroniques au moindre rayon de soleil, sur sa prise 230 V ou ses ports USB et USB-C. **L.B.**

La basket qui mesure l'usure de son amorti

Prix : env. 220 €
Rens. : https://www.decathlon.fr/

Quand faut-il exactement changer ses baskets de running, pour éviter de se blesser ? Impossible de le savoir : si l'état des semelles extérieures est visible, celui de la mousse interne qui assure l'amorti ne l'est pas. Afin de pallier ce problème, la marque française Kiprun a décidé d'intégrer un capteur dans ses nouveaux modèles haut de gamme Kipnext Connect. Baptisé Sollo et développé par la start-up franco-britannique Movmenta, il est ultrafin, pèse environ 3 g et fonctionne sans batterie. Son rôle ? Mesurer les ondes électromagnétiques qui parcourent la semelle, dont le temps de traversée dépend de l'épaisseur de la mousse et donc de son tassement. Il suffit alors de scanner la pastille rouge de la chaussure avec son smartphone, comme pour un paiement NFC sans contact, pour connaître à tout moment le pourcentage d'usure de l'amorti. Et changer de paire avant une possible blessure. **L.B.**

Un kit pour transformer son vélo en cargo

Prix : env. 600 €
Rens. : https://www.vlotek.com/

Au lieu d'investir dans un vélo-cargo, souvent lourd (plus de 35 kg) et très cher (plus de 3 000 €), pourquoi ne pas transformer votre vélo classique ? C'est ce que propose la société française Vlotek avec son kit LT. Compatible avec la majorité des vélos 26 ou 28 pouces, il se compose d'une structure en bois français géré durablement, montée sur une roue pivotante, et d'un système de fixation. L'assemblage initial prend 2 heures. Le kit ne pèse que 11 kg et permet de transporter deux enfants – avec ou sans leurs sièges vélo – ou 55 kg de charge. Il se démonte en 2 minutes pour retrouver un vélo classique. **L.B.**

DR

Technofolies

SCIENCE&VIE
LA BOUTIQUE

COLLECTIONNEZ & PROTÉGEZ VOS MAGAZINES PRÉFÉRÉS !

NOUVEAU VISUEL !

Après avoir été victimes de leur succès, nous vous proposons à nouveau de magnifiques coffrets de rangement pour vos magazines. Ils sont spécialement conçus pour contenir et préserver vos magazines Science & Vie afin d'optimiser leur classement. Chaque coffret permet de ranger 1 an de magazines (12 numéros). **Gardez vos magazines sans les abîmer et conservez-les longtemps pour en profiter à loisir** !

Pratique !

Un emplacement pour indiquer l'année des magazines et les retrouver facilement !

Coffret en carton rigide vernis (livré vide).

Dimensions coffret : 24,4 x 18,5 x 6,2 cm

OFFRE SPÉCIALE

Le lot de 2 coffrets
26€50 au lieu de ~~31,80€~~
Soit -15% de réduction

Pour profiter de l'offre SCANNEZ-MOI

EN VENTE SUR WWW.KIOSQUEMAG.COM/BOUTIQUE ou par téléphone **01 46 48 48 03** prix d'un appel local du lundi au samedi (paiement en carte bancaire uniquement) **ou** par courrier en renvoyant le coupon ci-dessous ▼

BON DE COMMANDE

À RENVOYER À : LA BOUTIQUE SCIENCE & VIE - 59898 LILLE CEDEX 9

OUI, JE COMMANDE	Réf.	Qté	Prix	Total
Lot de 2 coffrets Science & Vie	434.753	x	26,50 €	€
Coffret de rangement **Science & Vie**	434.738	x	15,90 €	€
Frais de port pour l'envoi d'un coffret de rangement				☐ **+ 4,00 €**
Frais de port pour l'envoi de 2 coffrets et plus				☐ **+ 6,90 €**
MONTANT TOTAL DE MA COMMANDE				€

Je règle par chèque joint libellé à l'ordre du magazine Science & Vie.

Disponible sur KIOSQUE mag.com

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

Offre valable France Métropolitaine valable jusqu'au 31/12/2027 dans la limite des stocks disponibles. Conformément à l'article L 221-18 du code de la consommation, vous disposez d'un droit de rétractation de 14 jours à compter de la réception de votre commande et vous pouvez nous retourner votre colis dans son emballage d'origine complet. Les frais d'envoi et de retour restent à votre charge. Les informations demandées sont destinées à la société REWORLD MEDIA MAGAZINES (KiosqueMag) à des fi ns de traitement et de gestion de votre commande, d'opérations promotionnelles, de fidélisation, de la relation client, des réclamations, de réalisation d'études et de statistiques et, sous réserve de vos choix, de communication marketing par KiosqueMag et/ou ses partenaires par courrier, téléphone et courrier électronique. Vous bénéficiez d'un droit d'accès, rectification, d'effacement de vos données ainsi que d'un droit d'opposition en écrivant à RMM-DPD, c/o service juridique, 40 avenue Aristide Briand – 92220 Bagneux, ou par mail à dpd@reworldmedia.com. Vous pouvez introduire une réclamation auprès de la CNIL - www.cnil.fr. Pour en savoir plus sur la gestion de vos données personnelles, vos droits et nos partenaires, consultez notre politique de Confidentialité sur www.kiosquemag.com.

Mes coordonnées (*A remplir obligatoirement)

M090 # V 1662915

Nom* :

Prénom* :

Adresse* :

Code Postal* : Ville* :

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

N° de téléphone portable de pref. (Pour envoi de sms si problème de livraison)

Date d'anniversaire (Pour fêter votre anniversaire)

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

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

Une montre programmable

Prix : env. 130 €
Rens. : circuitmess.com

Avis aux ingénieurs en herbe ! L'Artemis Watch 2.0 de l'américain CircuitMess, une montre connectée à destination des enfants dès 9 ans, embarque un accéléromètre, un gyroscope, un compas et un capteur de température. Les jeunes utilisateurs peuvent alors créer des programmes pour analyser les données enregistrées, mais aussi pour personnaliser l'affichage de la montre, ou y intégrer des jeux comme *Tetris*. Elle permet même de piloter par Bluetooth un mini-rover martien Perseverance (vendu séparément) ! Le codage se fait en langage de blocs CircuitBlocks ou en Python. Son autonomie est de 2 à 3 jours selon l'utilisation. **S.F.**

Un appareil pour photographier les éclairs

Prix : env. 300 €
Rens. : https://bolthunter.io/

Le Bolt Hunter, conçu par l'américain Motion Horizons, saisit l'instant où la foudre frappe. Fixé sur un appareil photo et relié à l'obturateur par un câble, ce boîtier déclenche la prise de vue lorsqu'il détecte des signes précurseurs comme de faibles éclairs intranuages. Il tient aussi compte du délai de déclenchement propre à l'appareil. Son autonomie est de 48 heures. **S.F.**

Des mini-robots de compagnie

Prix : env. 600 €
Rens. : https://www.switch-bot.com

Montés sur des roulettes, les robots Kata Friends du fabricant japonais Switchbot intègrent des zones tactiles sur leur corps et une caméra dans leur truffe. Surtout, grâce à leur IA, ils comprennent la parole humaine et réagissent par des sons, des expressions des yeux, des mouvements des pattes… Les animaux de compagnie du futur ? **L.B.**

Des lunettes pour mieux dormir

Prix : env. 100 €
Rens. : https://horus-x.com/

Pour limiter les perturbations de la lumière artificielle des écrans sur le sommeil, les lunettes Omega Focus du fabricant français Horus X sont dotées de verres rouges. Ils bloquent 100 % du spectre bleu-vert (380-520 nm), davantage que les modèles "anti-lumière bleue" qui filtrent jusqu'à 450 nm. À porter le soir, 2 heures avant le coucher. **L.B.**

DR

Technofolies

CONCOURS SCIENCE EN VUES

Le concours de photos de science co-organisé par *Réponses Photo, Science & Vie et Science & Vie Junior.*

RÉVÉLATION DES 12 GAGNANTS

Pour la Fête de la science

Samedi 3 octobre à 16h45

au MuAM - Musée des Arts et Métiers à Paris

Lors de la Fête de la science, découvrez les 3 gagnants de chaque catégorie : biodiversité, ciel nocturne, labo / recherche + les coup de cœur SCIENCE & VIE JUNIOR

En présence de Greg Lecoeur.

NOTRE PARRAIN

Greg Lecoeur

Photographe animalier et naturaliste

Crédits photos : Greg Lecoeur

Merci à nos partenaires

Profitez de votre visite au MuAM pour participer aux **Échappées inattendues organisées par le CNRS.**

EXPOSITION

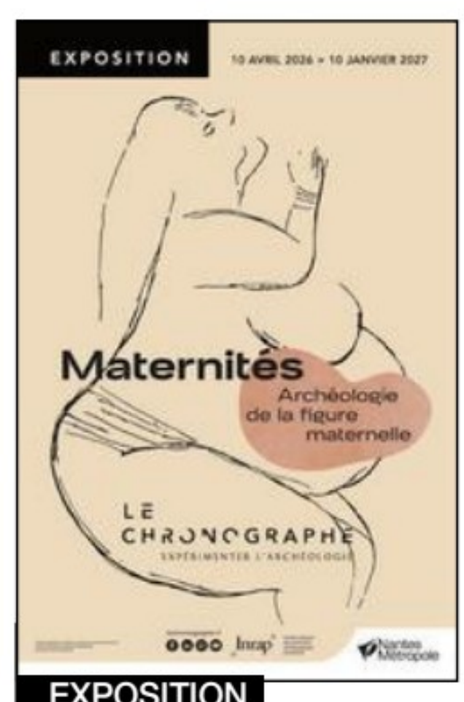
Interroger les maternités

Neuf mois… C'est le temps d'une grossesse. C'est aussi la durée de l'exposition que consacre le Chronographe, musée archéologique de la métropole nantaise, à la maternité et aux figures maternelles, en partenariat avec l'Inrap. Les visiteurs sont invités à découvrir la place de la maternité à travers le temps et les sociétés. Clothilde Courtaugis, directrice du Chronographe et co-commissaire de l'exposition, nous livre les dessous de sa conception.

PROPOS RECUEILLIS PAR **CORALIE HANCOK**

À voir à lire

S&V : Comment est née l'idée de cette exposition ?
Clothilde Courtaugis : Tout est parti d'une idée de deux co-commissaires scientifiques de l'exposition, l'ancienne directrice du Chronographe Cécile de Collasson et l'archéo-anthropologue Valérie Delattre, qui avaient déjà travaillé ensemble sur l'exposition "Prenez soin de vous", présentée en 2019. Celle-ci avait connu un tel succès que cela leur a donné envie de renouveler l'expérience, en conservant une thématique autour des liens entre humains et la façon dont ils prennent soin les uns des autres. La figure maternelle s'est imposée très rapidement, d'autant plus que la place et le rôle des femmes – et des mères – dans l'histoire ont longtemps été invisibilisés ou minimisés.



EXPOSITION

Maternités, archéologie de la figure maternelle
- Le Chronographe, à Rezé (44)
- Jusqu'au 10 janvier 2027
- Tarif : 4 € ; réduit : 1,50 €

S&V : Le titre "Maternités" est au pluriel. Pour quelle raison ?
C.C. : Nous voulions ainsi signifier que la maternité n'est pas quelque chose d'immuable. Bien qu'il s'agisse d'un thème universel, elle peut être vécue de façon très différente selon les époques et les milieux sociaux. Elle peut être souhaitée, longuement désirée, contrariée ou, à l'inverse, subie. Longtemps, elle a souvent été endeuillée, beaucoup d'enfants mourant à la naissance ou en bas âge. Enfin, la maternité peut aussi être symbolique ou passer par l'adoption. Nous ne sommes bien évidemment pas exhaustifs sur les façons d'appréhender ce phénomène, mais nous souhaitions montrer cette multiplicité des parcours.

S&V : Concrètement, quels objets permettent aux visiteurs d'appréhender tous ces aspects ?
C.C. : Nous en exposons 110, allant de la Préhistoire jusqu'au XIXe siècle, avec,

Il s'agit d'une exposition engagée mais pas militante

CLOTHILDE **COURTAUGIS**
Directrice du Chronographe, à Rezé (44)

en bonus, une pièce plus moderne prêtée par Prune Nourry, artiste plasticienne contemporaine. Ils ne sont pas présentés selon une chronologie historique, mais suivent celle d'une grossesse. Il y a d'abord la maternité désirée, évoquée avec plusieurs ex-voto –des offrandes faites à des divinités– liés à la fertilité. La grossesse est ensuite abordée à travers plusieurs objets, à l'instar d'un mannequin anatomique en ivoire du XVIIe siècle prêté par le musée national de la Renaissance d'Écouen. Il représente un corps de femme dont les différentes parties s'enlèvent pour laisser apparaître un fœtus. Le moment de la naissance, le rôle des sages-femmes, les soins aux nouveau-nés sont aussi abordés avec, notamment, des biberons ou des hochets retrouvés lors de fouilles archéologiques. Nous avons également le privilège d'exposer pour la première fois au public les éléments du mobilier de la tombe d'Aulnat. Il s'agit d'une sépulture d'enfant de la période romaine découverte en 2021 à côté de Clermont-Ferrand. La richesse de cette tombe témoigne d'un sentiment de perte incommensurable et bat en brèche l'idée selon laquelle, en raison du taux de mortalité infantile élevé, nos ancêtres auraient fait peu de cas de la mort d'un enfant.

S&V: Il s'agit d'une exposition sur les femmes, conçue par des femmes. Ne craignez-vous d'exclure certains publics?
C.C.: Nous avons effectivement choisi sciemment de ne parler que des femmes, de ne montrer que leur point de vue, qui plus est sur un sujet très féminin. De ce fait, nous considérons qu'il s'agit d'une exposition engagée mais pas militante, et encore moins excluante. Elle s'adresse à toutes et tous et nous avons beaucoup de retours positifs de la part de nos visiteurs masculins.

LE CHRONOGRAPHE-NANTES MÉTROPOLE

Le choix de la rédac'

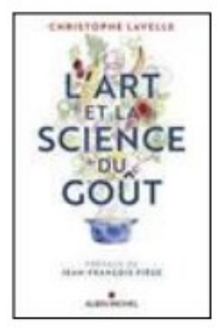
DOCUMENTAIRE

Fuck la planète, le choix du réchauffement
- De Jean-Robert Viallet
- Sur Arte.tv

L'inaction climatique n'est pas due à une méconnaissance ou à une prise de conscience tardive, c'est un choix politique. C'est ce que démontre ce documentaire en trois épisodes, retraçant l'histoire des alertes climatiques et la façon dont elles ont été sciemment ignorées au nom de la croissance économique. **C.H.**

BD

L'Art et la science du goût
- De Christophe Lavelle
- Éd. Albin Michel
- 176 pp., 19,90 €



Deux siècles après Brillat-Savarin, gastronome et auteur de la célèbre *Physiologie du goût*, Christophe Lavelle, spécialiste de la physico-chimie des aliments, relit son œuvre à la lumière des connaissances actuelles. Du plaisir de manger à la digestion, en passant par l'appétit ou les mécanismes du goût, il confronte les intuitions du penseur aux découvertes de la science. Une lecture savoureuse. **C.H.**

EXPOSITION

Croire et guérir
- Musée d'Art et d'Histoire Paul-Éluard, à Saint-Denis
- Jusqu'au 15 novembre
- Tarif: 5 € ; réduit: 3 €

La nouvelle exposition du musée d'Art et d'histoire de Saint-Denis explore les pratiques de guérison, du Moyen Âge à nos jours. À partir des collections de l'ancien hôtel-Dieu et de son apothicairerie, mais aussi d'œuvres d'art et d'objets issus de différentes cultures, elle interroge les liens entre croyances, magie, religion, médecine et sciences. **C.H.**

LIVRE

Il était 7 fois l'Univers
- De Yann Mambrini
- Éd. Albin Michel
- 224 pp., 22,90 €

Et si l'histoire de l'Univers tenait en une semaine? Le physicien Yann Mambrini condense ici 13,8 milliards d'années en 7 journées: le big bang le lundi, l'apparition de la lumière le mardi, celle des étoiles le vendredi… Une métaphore aussi ludique que didactique, d'autant plus qu'elle s'articule en plusieurs niveaux de lecture. **C.H.**

Comment les caméléons arrivent-ils à projeter leur langue aussi vite ?

Question de Noélie Guichard, L'Haÿ-les-Roses (94)

Leur secret réside dans les tissus élastiques de leur langue. C'est ce qu'ont révélé les dissections menées en 2004 par des chercheurs néerlandais : ils ont découvert l'existence d'une dizaine de gaines en fibre de collagène emboîtées entre l'os et les muscles de la langue. Lorsque le caméléon vise une proie, les muscles se contractent, mais au lieu de propulser directement la langue, ils compriment ces structures élastiques de collagène enroulées autour de l'os comme un ressort. En glissant les unes sur les autres, elles stockent ainsi progressivement de l'énergie. Lorsque la tension devient maximale, ces gaines se détachent de l'os et se déploient brutalement. *"Cela fonctionne comme une sorte de catapulte télescopique"*, explique Johan van Leeuwen, spécialiste en mécanique animale à l'université de Wageningen (Pays-Bas).

Jusqu'à 96 km/h

L'énergie accumulée est alors libérée d'un coup, projetant la langue à une telle vitesse – en moyenne 6 m/s – que la pesanteur ne joue plus de rôle : elle s'allonge tout droit jusqu'à sa cible avant même que celle-ci ne puisse réagir.

Selon une étude américaine de 2016, le record de rapidité est détenu par l'un des caméléons les plus minuscules du monde, *Rhampholeon spinosus,* une espèce endémique de la Tanzanie qui mesure moins de 5 cm. Sa langue, qui fait 2,5 fois la longueur de son corps une fois déployée, peut atteindre 96 km/h en moins d'un centième de seconde ! Cette vitesse d'action est plus importante chez les plus petites espèces car leur métabolisme est plus élevé que celui des grandes. Cela les oblige à capturer davantage de proies pour couvrir leurs besoins énergétiques. **L.G.**

> Avant de lancer sa langue, le caméléon la comprime comme un ressort.

Les arcs-en-ciel possèdent-

Question de Loïc Bar, Clermont-Ferrand (63)

> Les couleurs visibles dans l'arc-en-ciel sont des couleurs pures.

Non. Le rose ou le marron, par exemple, n'existent pas "en réalité", car ils ne correspondent pas à une longueur d'onde unique. Pour comprendre pourquoi, il faut revenir à la nature même de la lumière. *"La lumière se propage sous forme d'ondes, comme une vague d'énergie. La longueur d'onde correspond à la largeur de cette vague",* précise Myriam Zerrad, spécialisée en photonique. Les couleurs visibles dans l'arc-en-ciel sont des couleurs pures, dites spectrales, associées chacune à une

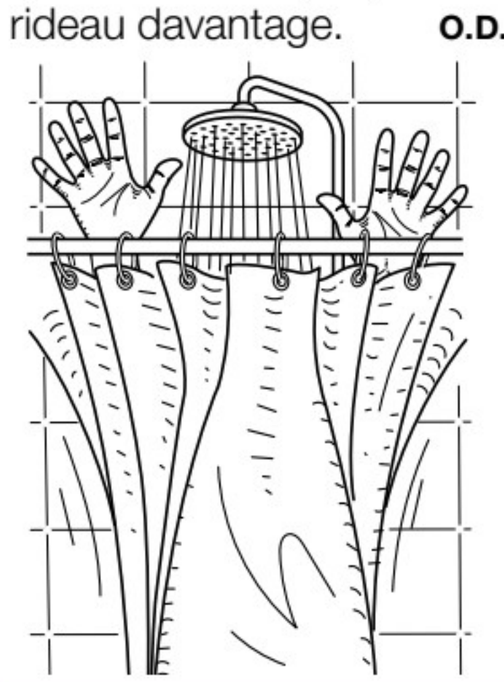
ils toutes les couleurs ?

seule longueur d'onde. Qu'en est-il de celles qui n'y apparaissent pas ? Elles résultent de la combinaison de deux ou plusieurs longueurs d'onde, que notre cerveau interprète comme une seule couleur. Lorsqu'un objet est éclairé, il absorbe certaines longueurs d'onde et en renvoie d'autres. C'est la nature des longueurs d'onde renvoyées qui définit la couleur de l'objet. Une fois arrivées à notre œil, elles sont captées par des cellules spécialisées de la rétine : les cônes. Chez l'humain, il en existe trois types, sensibles au rouge, au vert et au bleu. *"Un objet rose, qui n'est pas une couleur spectrale, renvoie des longueurs d'onde bleues et rouges"*, explique l'experte. Ces signaux lumineux activent les cônes correspondants, qui les convertissent en signaux électriques transmis au cerveau par les nerfs optiques. Celui-ci les combine alors et les interprète comme du rose. La clarté de cette couleur dépend, elle, de l'intensité de la lumière qui éclaire l'objet. **A.O.**

Pourquoi le rideau de douche colle-t-il à la peau ?

Question de Basile Leclerc, Paris (75)

Parce que le rideau est aspiré à l'intérieur de la douche. L'eau chaude réchauffe l'air ambiant, qui devient moins dense et s'élève. *"Comme dans une cheminée, cela crée une légère dépression au niveau du jet de douche qui attire l'air environnant et, avec lui, le rideau,* explique Wouter Bos, spécialiste de la mécanique des fluides à Centrale Lyon. *Puis, en tombant, les gouttes d'eau entraînent l'air avec elles et l'accélèrent vers le bas. Cette accélération fait également baisser la pression."* Résultat : l'aspiration est renforcée et le rideau se colle au corps. Enfin, la fine pellicule d'eau entre la peau et le plastique agit comme une ventouse, telles deux vitres humides qui adhèrent l'une à l'autre. Ce qui contribue à plaquer le rideau davantage. **O.D.**

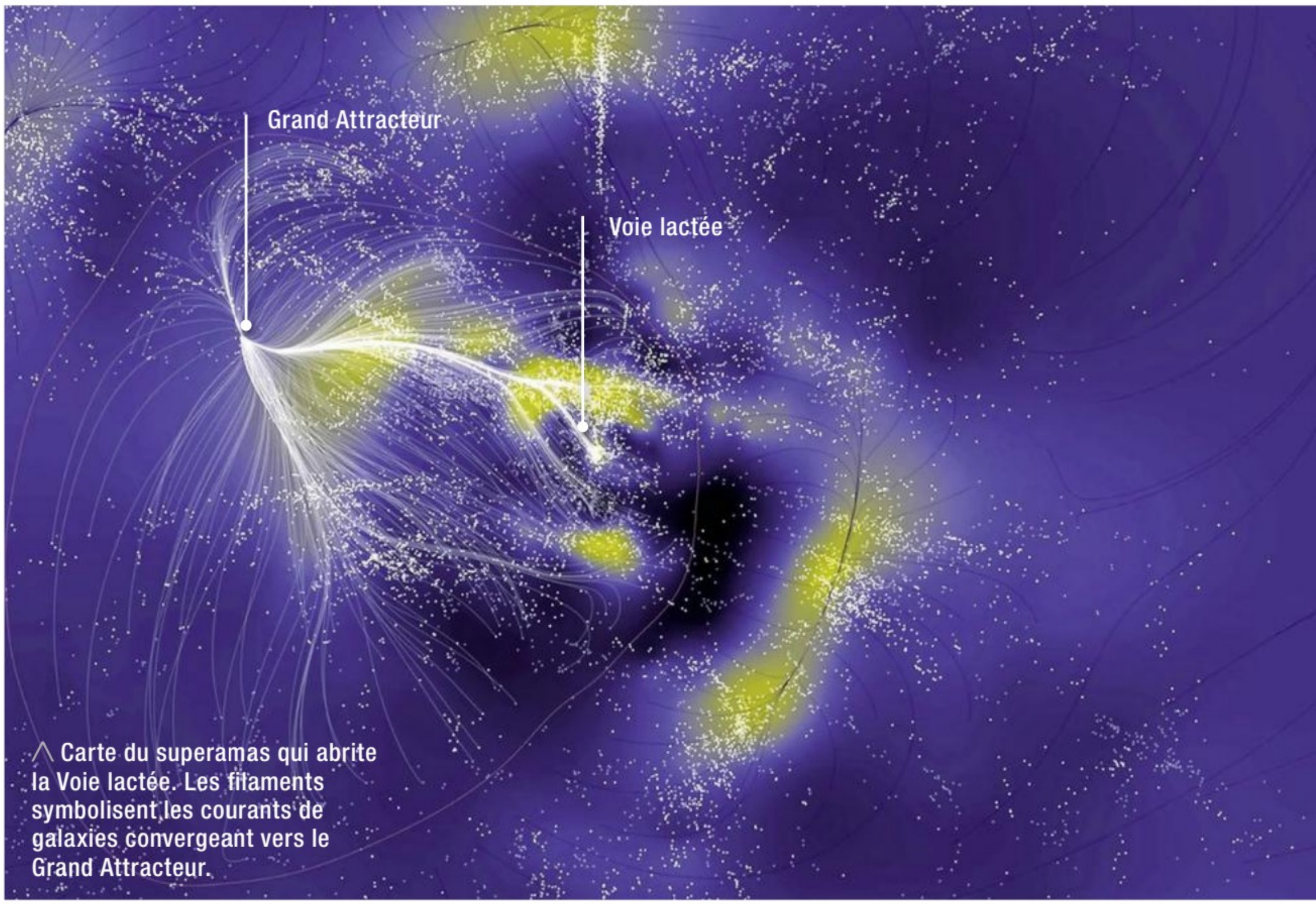


ALAMY STOCK PHOTO/HÉMIS- SHUTTERSTOCK - B.BOURGEOIS

La Voie lactée se déplace-t-elle dans le cosmos ?

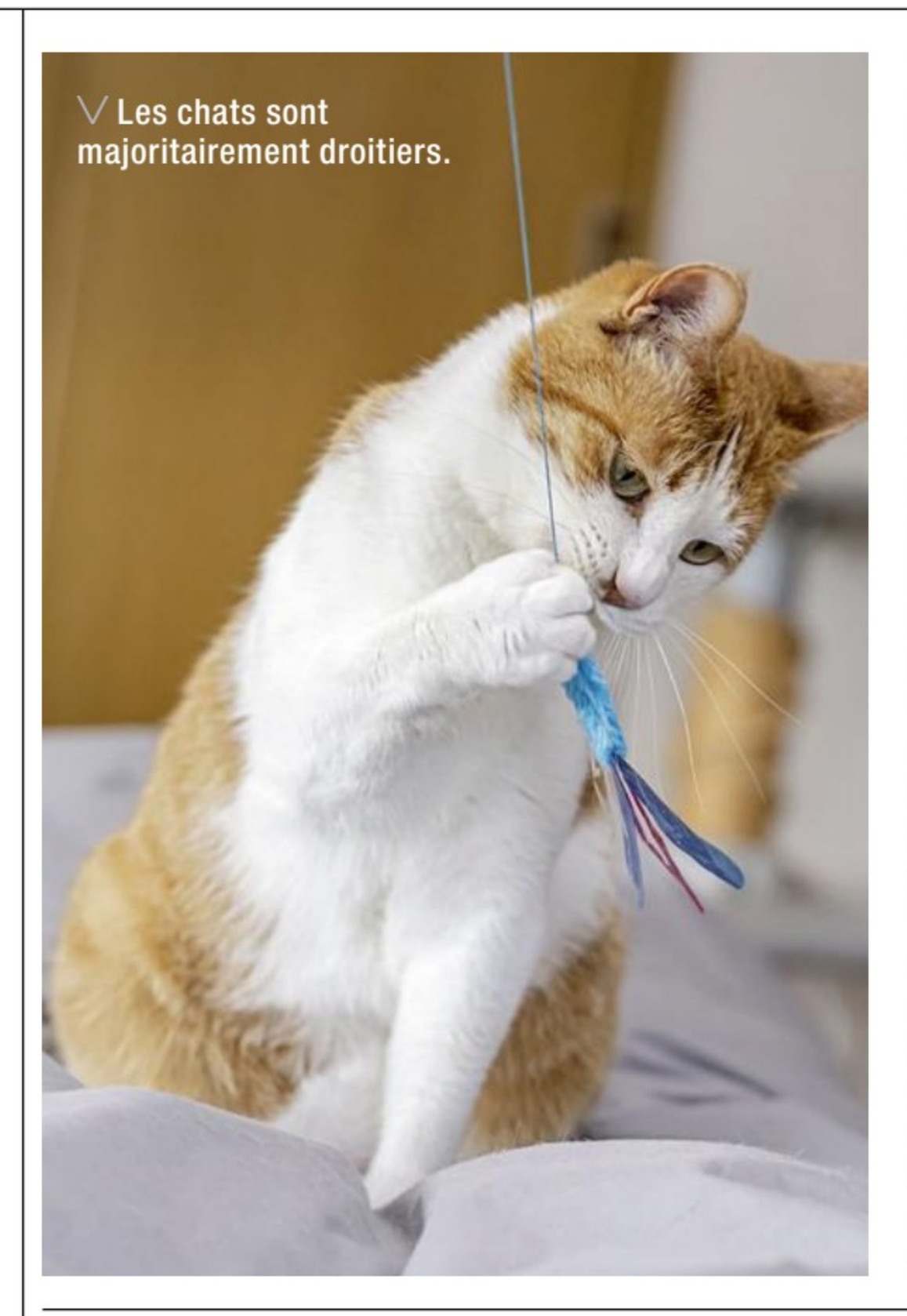
Question de Pascal François, Vesoul (70)

Oui, notre galaxie se rapproche déjà de la galaxie d'Andromède, à une centaine de km/s, les deux s'attirant mutuellement. Mais elle appartient aussi au Groupe local, un ensemble de 88 galaxies qui file à 630 km/s vers la constellation de l'Hydre. *"Ce mouvement est la conséquence d'un grand nombre d'influences gravitationnelles de galaxies concentrées dans des régions très denses ou, à l'inverse, de régions peu denses en matière"*, explique Daniel Pomarède, de l'université Paris-Saclay. On a longtemps attribué ce déplacement à l'attraction gravitationnelle du Grand Attracteur, une région très riche en amas de galaxies située à 150 millions d'années-lumière, puis au superamas de Shapley, à 600 millions d'années-lumière. Mais aucun ne semblait suffire pour expliquer la vitesse du Groupe local. En 2017, une équipe à laquelle appartenait Daniel Pomarède a alors identifié, dans la direction opposée, une région pauvre en matière, le Dipole Repeller (Répulseur du dipôle). Contrairement à ce que son nom indique, elle ne repousse pas le Groupe local. Du fait de sa faible densité, elle exerce moins d'attraction gravitationnelle. *"L'effet est équivalent à une force répulsive effective. Il n'y a pas de force fondamentale autre que la gravitation en jeu"*, souligne l'astrophysicien. La forte attraction du Grand Attracteur et de Shapley, combinée à cette moindre attraction du Dipole Repeller, permet d'expliquer pourquoi la Voie lactée et ses consœurs du Groupe local foncent à une telle vitesse dans l'espace ! **S.F.**



Carte du superamas qui abrite la Voie lactée. Les filaments symbolisent les courants de galaxies convergeant vers le Grand Attracteur.

Questions Réponses



Les chats sont majoritairement droitiers.

Les animaux peuvent-ils être gauchers ou droitiers ?

Question de Loïc Bar Clermont-Ferrand (63)

Oui. Comme les humains, les animaux peuvent être droitiers, gauchers ou ambidextres. Cette préférence, appelée latéralité, correspond à l'utilisation prédominante d'un organe pair (patte, œil, nageoire…) et dépend en partie de l'organisation du cerveau. En règle générale, l'hémisphère gauche contrôle le côté droit du corps, et inversement. Les chats, par exemple, sont majoritairement droitiers. *"Lorsqu'on présente des croquettes ou de petits jouets à des chats, la plupart utilisent leur patte droite pour les saisir",* indique Anne-Claire Gagnon, vétérinaire comportementaliste. Mais cette préférence varie selon les espèces. Une étude menée sur 300 oiseaux en Australie a montré que 47 % privilégiaient l'œil et la patte gauche. Les kangourous sont eux aussi plutôt gauchers. *"Mais la latéralité ne semble pas aussi marquée chez certaines espèces. Tels les chats et les chiens, capables de mobiliser simultanément les deux hémisphères pour effectuer une tâche",* nuance l'experte. Autrement dit, ils sont aussi habiles de la patte droite que de la gauche, même s'ils préfèrent la droite. De même, les baleines bleues, généralement droitières, effectuent des cercles vers la gauche pour collecter le krill dont elles se nourrissent, utilisant davantage leur nageoire gauche. **A.O.**

Pourquoi les semelles crissent ?

Question de Merlin Le Ridant, Saint-Brieuc (22)

Parce que le sol les fait vibrer à la manière d'un archet sur une corde de violon. Quand on se déplace ou qu'on s'arrête brusquement, notre basket glisse en accrochant le sol, mais seule une portion de quelques millimètres se décolle puis se recolle immédiatement. Le phénomène se répète des milliers de fois par seconde. *"Cela ressemble à une succession de micro à-coups plutôt qu'à un glissement continu,* explique Vincent Tournat, chercheur au laboratoire d'acoustique de l'université du Mans. *Ce mouvement d'ondes remonte le long la semelle à environ 25 m/s, soit vingt-cinq fois plus vite que le mouvement du pied lui-même."*

Ces déformations répétées génèrent de minuscules vibrations de l'air à haute fréquence, d'où ce couinement. La fréquence dépend de la régularité des vagues d'ondes. *"Quand la semelle est rainurée, les nervures guident les ondes dans une même direction,* indique l'acousticien. *Elles se répètent à une fréquence stable et audible."* C'est le crissement net et reconnaissable. Une semelle plate, en revanche, laisse les ondes se disperser dans toutes les directions sans fréquence dominante : le grincement est diffus. **O.D.**

CETTE RUBRIQUE EST LA VÔTRE, ÉCRIVEZ-NOUS !

SCIENCE&VIE

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

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

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

DANIEL POMARÈDE, IRFU, CEA - SHUTTERSTOCK

Pourquoi certaines odeurs font mal à la tête ?

De Laurence Bouteiller-Luciani, Serra Di Fium'Orbu (2B)

À cause d'un chevauchement entre les voies nerveuses de l'olfaction et celles de la douleur. *"Cette hypersensibilité aux odeurs est appelée osmophobie"*, précise Michel Lanteri-Minet, neurologue au CHU de Nice. Provoqué par certaines odeurs fortes –parfums, peinture ou essence–, *"ce phénomène est spécifique de la migraine : il n'existe pas pour le mal de tête 'classique', la céphalée de tension"*, affirme le médecin. Selon les études, entre 25 et 80 % des migraineux sont concernés. Tout se joue au niveau de la muqueuse du nez, qui abrite à la fois les récepteurs de l'olfaction et des terminaisons du nerf trijumeau, chargé de transmettre les sensations du visage, notamment la douleur. Certaines molécules odorantes peuvent, en plus de stimuler le système olfactif, activer directement ces fibres nerveuses. Or le nerf trijumeau innerve également les méninges, les membranes qui enveloppent le cerveau. Ainsi stimulé, il libère des molécules comme le CGRP et la substance P, induisant une inflammation des vaisseaux sanguins des méninges. Ce qui entraîne une douleur. Pourquoi surtout chez les migraineux ? *"Cela pourrait s'expliquer par un bulbe olfactif plus petit"*, avance Michel Lanteri-Minet. Une étude menée en 2018 auprès de 200 migraineux et 100 témoins a en effet révélé que le volume du bulbe olfactif était significativement diminué chez les patients souffrant d'osmophobie. Cette particularité pourrait favoriser l'activation du nerf trijumeau et le déclenchement d'une migraine. **K.B.**

Questions Réponses

Quelles seraient les conséquences si la Terre avait deux lunes ou plus ?

Question de Loïc Bar, Clermont-Ferrand (63)

L'effet le plus évident concernerait les marées : plus fortes et plus nombreuses, elles modifieraient l'habitabilité des côtes, surtout lorsque les lunes seraient alignées. Leurs forces gravitationnelles déformeraient aussi davantage la croûte terrestre, favorisant séismes et volcanisme. Mais le vrai spectacle serait dans le ciel, avec davantage d'éclipses et même… une collision. *"La lune la plus proche s'éloignerait de la Terre à cause, notamment, des effets de marée qui ont tendance à accélerer son mouvement. Elle finirait par percuter l'autre"*, explique Neil Comins, de l'université du Maine. Ce scénario suppose toutefois des satellites aussi massifs que notre Lune. Avec de petites lunes, leurs effets gravitationnels, dominés par la Lune, seraient imperceptibles pour nous. Cela arrive déjà : des astéroïdes sont parfois capturés par la Terre. *"Les forces gravitationnelles de la Terre et de la Lune finissent soit par les éjecter, soit par provoquer une collision avec l'une des deux"*, précise Neil Comins. Ainsi, l'astéroïde RH120 a orbité autour de la Terre entre 2006 et 2007 avant d'être éjecté. **S.F.**

∧ Conjonction de la Terre et de la Lune depuis la sonde Galileo.

NASA/JPL

ABONNEZ-VOUS À SCIENCE&VIE EN PROFITANT DE

La meilleure offre de l'année

5€99 /mois

Sans engagement

soit -54%

+ EN CADEAU
Votre montre connectée

Inclus dans votre abonnement :

- 12 numéros + 6 hors-séries.
- Version numérique à consulter sur **KiosqueMag.com**
- Accès illimité au site et à SCIENCE&VIE TV
- Podcasts de nos journalistes.
- Accès à La Science en direct, visioconférence animée par la rédaction.
- **EN CADEAU** Votre montre connectée multifonctions : Appels • Podomètre • Monitoring sport et sommeil • Mesure fréquence cardiaque, tension artérielle, taux d'oxygène • Contrôle de la musique et déclencheur photo

PROFITEZ-EN
en flashant le QR code ci-dessus ou rendez-vous sur **bit.ly/abo1309**

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

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

M030 # D1654656

☐ **Formule mensuelle intégrale :** 1 numéro par mois + 1 hors-série tous les 2 mois + l'accès illimité au site Science & Vie (dont TV) **+ la montre connectée en cadeau** (1) — **5€99** les 6 premiers mois au lieu de ~~13,03€*~~ **-54%**

Je résilie quand je le souhaite. Je paie 5,99€/mois les 6 premiers mois puis 6,99€/mois les 6 mois suivants. Après la première année, je serai prélevé de 7,50€/mois.

☐ **Formule annuelle intégrale :** 12 numéros + 6 hors-séries + l'accès illimité au site Science & Vie (dont TV) **+ la montre connectée en cadeau** (2) — **79€** au lieu de ~~156,35€*~~ **-49%**

☐ **Formule annuelle basique :** 12 numéros + l'accès illimité au site Science & Vie (dont TV) (3) — **65€** au lieu de ~~113,64€*~~ **-42%**

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

② Je choisis le mode de paiement :

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

IBAN :

Vous autorisez Reworld Media Magazines à envoyer des instructions à votre banque pour débiter votre compte, et votre banque à débiter votre compte conformément aux instructions de Reworld Media Magazines. Créancier : Reworld Media Magazines 40 avenue Aristide Briand - 92220 Bagneux - France. Identifiant du créancier : FR 05 ZZZ 489479

Date et signature obligatoires — Date : / /

Par carte bancaire :
je me rends sur KiosqueMag.com :
bit.ly/abo1309
La boutique officielle de Science & Vie.
Plus simple, plus rapide, 100% sécurisé !

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

SCANNEZ-MOI !

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

** À remplir obligatoirement.

Nom** : Prénom** :

Adresse**:

CP** : Ville**:

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

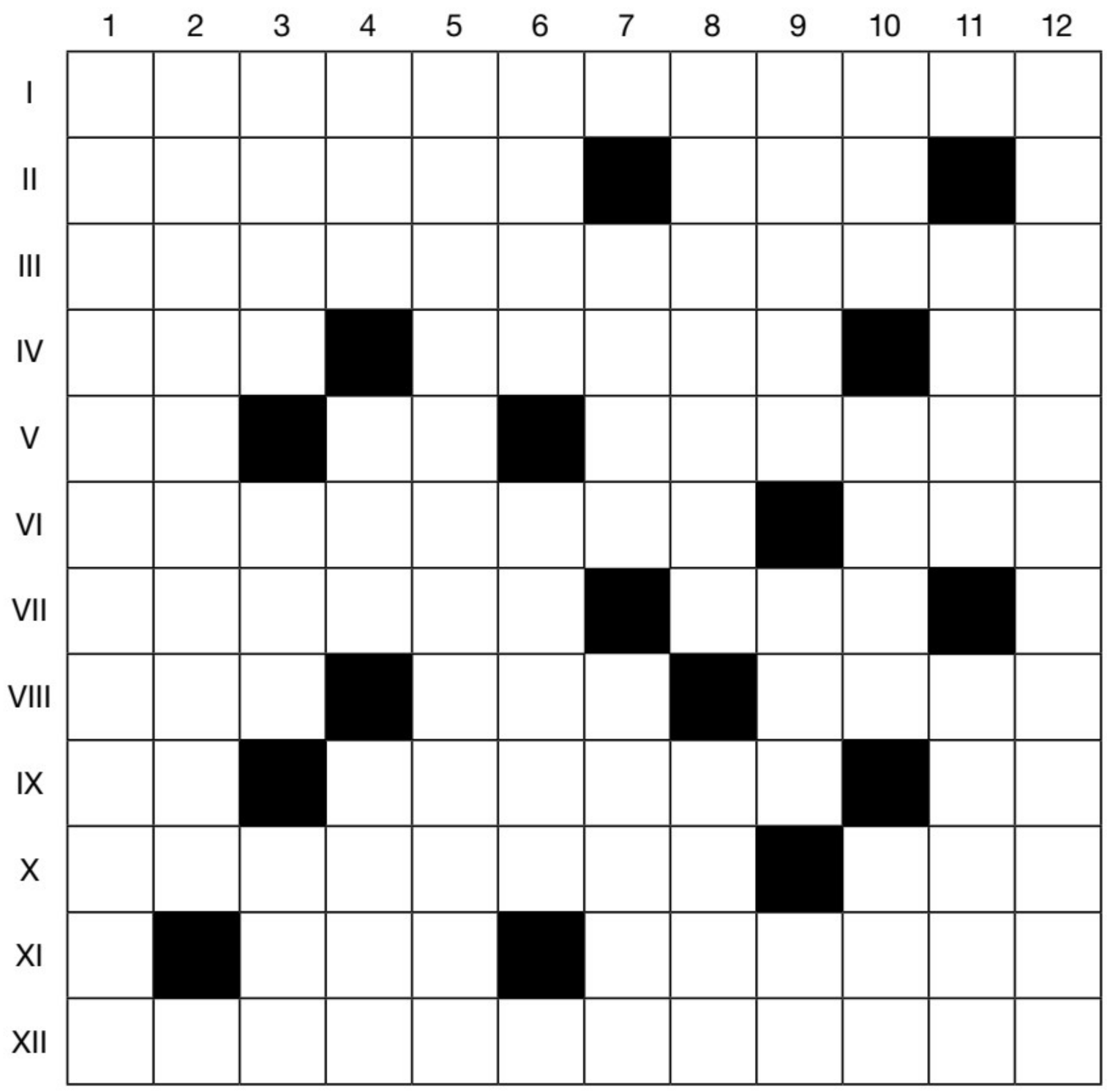
Email :

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

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

*Le prix de référence à l'année de la formule sans hors-série se compose du prix kiosque (63,60€), des frais de port (8,64€), du site internet (41,40€). Le prix de référence à l'année de la formule avec hors-série se compose du prix kiosque (105€), des frais de port (9,95€), du site internet (41,40 €). (1) Formule mensuelle sans engagement : je peux résilier à tout moment sur simple appel ou par courrier au service client. La montre connectée sera expédiée à compter du 3e prélèvement. Après 1 an, je serai prélevé de 7,50€ par mois. (2)(3) Formules annuelles avec engagement : abonnement automatiquement reconduit à date d'anniversaire. Le règlement s'effectue en une seule fois. Vous serez informé par écrit dans un délai de 3 mois avant le renouvellement de votre abonnement. Vous aurez la possibilité de l'annuler 30 jours avant la date de reconduction auprès du service client. A défaut l'abonnement sera reconduit pour une durée identique à votre abonnement initial. Pour toute autre information, vous pouvez consulter nos CGV sur kiosquemag.com et contacter le service client par mail sur serviceabonnemag.fr ou encore par courrier à Reworld Media Magazines - Service Client - 40 avenue Aristide Briand - 92227 Bagneux. Offre réservée aux nouveaux abonnés en France Métropolitaine valable jusqu'au 31/10/2026. DOM-TOM et autres pays nous consulter. Le visuel de la montre connectée est non contractuel. Le(s) produit(s) vous seront adressés dans un délai de 4 semaines après réception de votre règlement et dans la limite des stocks disponibles. Visuels non contractuels. Vous disposez, conformément à l'article L 221-18 du code de la consommation, d'un droit de rétractation de 14 jours à compter de la réception du magazine en notifiant clairement votre décision à notre service abonnement. Le coût du renvoi de(s) produit(s) est à votre charge. Responsable de traitement des données personnelles : Reworld Media Magazines SAS. Finalités du traitement : gestion de la relation client, opérations promotionnelles et de fidélisation. Données postales et téléphoniques susceptibles d'être transmises à nos partenaires. Conformément à la Loi informatique et Libertés du 6-01-78 modifiée, vous pouvez exercer vos droits d'opposition, accès, rectification, effacement, portabilité, limitation à l'utilisation de vos données ou donner vos directives sur le sort de vos données après décès en écrivant à Reworld Media-DPD, c/o service juridique, 40 avenue Aristide Briand - 92220 Bagneux cedex, ou par mail à dpd@reworldmedia.com. Vous pouvez introduire une réclamation auprès de la CNIL - www.cnil.fr. Pour toute autre information, vous pouvez consulter nos CGV sur kiosquemag.com.

À vous de jouer !



HORIZONTALEMENT

I. Le nombre π le reste, exprimé avec deux cent mille milliards de décimales. **II.** Structure algébrique fondamentale. On garde ses pattes à l'œil. **III.** Sans lui, impossible de démontrer un théorème. **IV.** Matricule de la famille Bruce. La cabane du pécheur. En math, cet opérateur est inclusif. **V.** Béryllium, le quatrième élément. Il ne compte en base qu'au-dessus de 7. Une possibilité lorsque l'on tombe dans les pommes. **VI.** Tyrolienne qui fait fortement vibrer l'air. Grecque mesurant la masse volumique. **VII.** Elles excitent l'un de sens. Établissement de bien-être. **VIII.** Dans la vallée, il est littéraire. Animal au Sancho. Phénomène de réflexion d'onde. **IX.** Mantra tibétain. Vue d'ensemble synthétique. *Exempli gratia*. **X.** Gardienne empêchant la sortie de ballon. Resté loin du foyer. **XI.** Condamnée à mort. Éclair de chaleur lointain. **XII.** Qui ont probablement déjà une place réservée à la cuisine.

SOLUTION DE LA GRILLE S&V 1308
de David Cornélien

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

VERTICALEMENT

1. Une mention AB en sciences. **2.** Pr, pour le chimiste au tableau. **3.** Chiche ! Vecteurs cubiques du hasard. Jamais dans le passé. **4.** Ils feront peut-être les grandes rivières. Tombé du ciel. On en parla juste avant *jacta*. **5.** Traitements à base d'extraits d'organes. **6.** Deux grands écoles pour une guerrière. Barbe de Jupiter. **7.** Cieux des poètes. Ne pas emprunter le chemin le plus court. **8.** Substantifiques substances. C'est comme ça. **9.** Qui ont plusieurs pouces non opposables. Epsilon. Fleuve russe. **10.** Socle pour balle. Peur du cabot. Le khôl y colle. **11.** Yannick chanteur. Elle crève des pneus. **12.** Leurs lendemains chanteront-ils un jour ?

Mots-croisés

Le mois prochain dans

SCIENCE&VIE

En kiosque le 23 octobre

À LA UNE

Bots faits à l'IA

Internet leur appartient désormais

DOSSIER

Les cyclones de Jupiter, les geysers d'Encelade...

On les recrée en laboratoire

SHUTTERSTOCK - NASA/JPL/SSI

SCIENCE&VIE

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

RÉDACTEUR EN CHEF
Thomas Cavaillé-Fol
RÉDACTEUR EN CHEF ADJOINT
Dylan Beiner-Molière
RÉDACTRICE EN CHEF ADJOINTE
Aurélia Lieberherr
SECRÉTAIRE GÉNÉRALE DE RÉDACTION
Florence Roucolle
DIRECTION ARTISTIQUE
Eliénor Lo Meo
PREMIÈRE MAQUETTISTE
Sophie Leclerc
SERVICE PHOTO-INFOGRAPHIE
Virginia Power (chef de service photo), Isabelle Henneron, Valentin Faivre (infographies)
ASSISTANTE DE LA RÉDACTION
Christelle Borelli

ONT COLLABORÉ À CE NUMÉRO
D. Augusto, K. Bettayeb, L. Blancard, B. Bourgeois, D. Cornélien, G. Depambour, O. Donnars, E.-O. Eljaouhari, S. Fay, L. Gougis, C. Hancok, T. Jones, S. Jungers, M. Lachaud, A. Le Duigou, H. Leroux, M. Lubac, V. Marmont, C. Mauger, A. Ourlis, A. Périnet, B. Rey, B. Roux, C. Thibert, M. Tumelaire

DIRECTION-ÉDITION

ÉDITEUR
Germain Périnet

ÉDITRICE ADJOINTE
Charlotte Mignerey

DIRECTRICE DES RÉDACTIONS
Danielle McCaffrey

PÔLE DIGITAL

RÉDACTEUR EN CHEF DU SITE
Thomas Delozier

RESPONSABLE ÉDITORIAL DES RÉSEAUX SOCIAUX : Killian Marques

PUBLICITÉ

DIRECTRICE GÉNÉRALE
Élodie Bretaudeau-Fonteilles

CONTACTS PUBLICITÉ

Directrice de pôle commercial :
Catherine Mireux (19 02)
Directeur de la publicité :
Fabrice Guillemain (06 16 55 55 42)

PLANNING
Angélique Consoli (53 52)
Stéphanie Guillard (53 50)

RESPONSABLE TRAFIC
Catherine Leblanc (43 86)

OPÉRATIONS SPÉCIALES
Florence Dubois Vanel
(06 75 02 08 05)

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

MARKETING

RESPONSABLE : Giliane Douls

ABONNEMENTS ET DIFFUSION

DIRECTRICE MARKETING DIRECT
Catherine Grimaud

CHEF DE PRODUIT MARKETING DIRECT
Laure Letellier

RESPONSABLE SERVICE DIFFUSION
Philippe Merrien

RESPONSABLE DES VENTES
Arthur Marec

SERVICE ABONNEMENTS SCIENCE & VIE

59898 Lille Cedex 9
01 46 48 48 96

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

Pour toute réclamation/ modification concernant votre abonnement :
www.serviceabomag.fr

Retrouvez toutes nos offres sur :
www.kiosquemag.com/titres/science-vie/offres
Prix de vente : 5,30 €
Prix de l'abonnement :
1 an, 12 numéros pour 63,60 €

États-Unis et Canada : Express Mag, Tél. : 1 800 363-1310 (français) et 1 877 363-1310 (anglais).
Suisse : Edigroup, 022 860 84 50 reworld@edigroup.ch.
Belgique : Edigroup Belgique, 070 233 304 reworld@edigroup.be
Autres pays : nous consulter

FABRICATION
DIRECTION DES OPÉRATIONS INDUSTRIELLES
Bruno Matillat

CHEFS DE FABRICATION
Hélène Bernardi, Nadine Chatry

PRÉPRESSE
Responsable de service :
Sylvain Boularand

IMPRIMEUR
P Mint Pologne-UE

ÉDITEUR
REWORLD MEDIA MAGAZINES SAS
40, avenue Aristide Briand,
CS 10024 - 92227 Bagneux Cedex

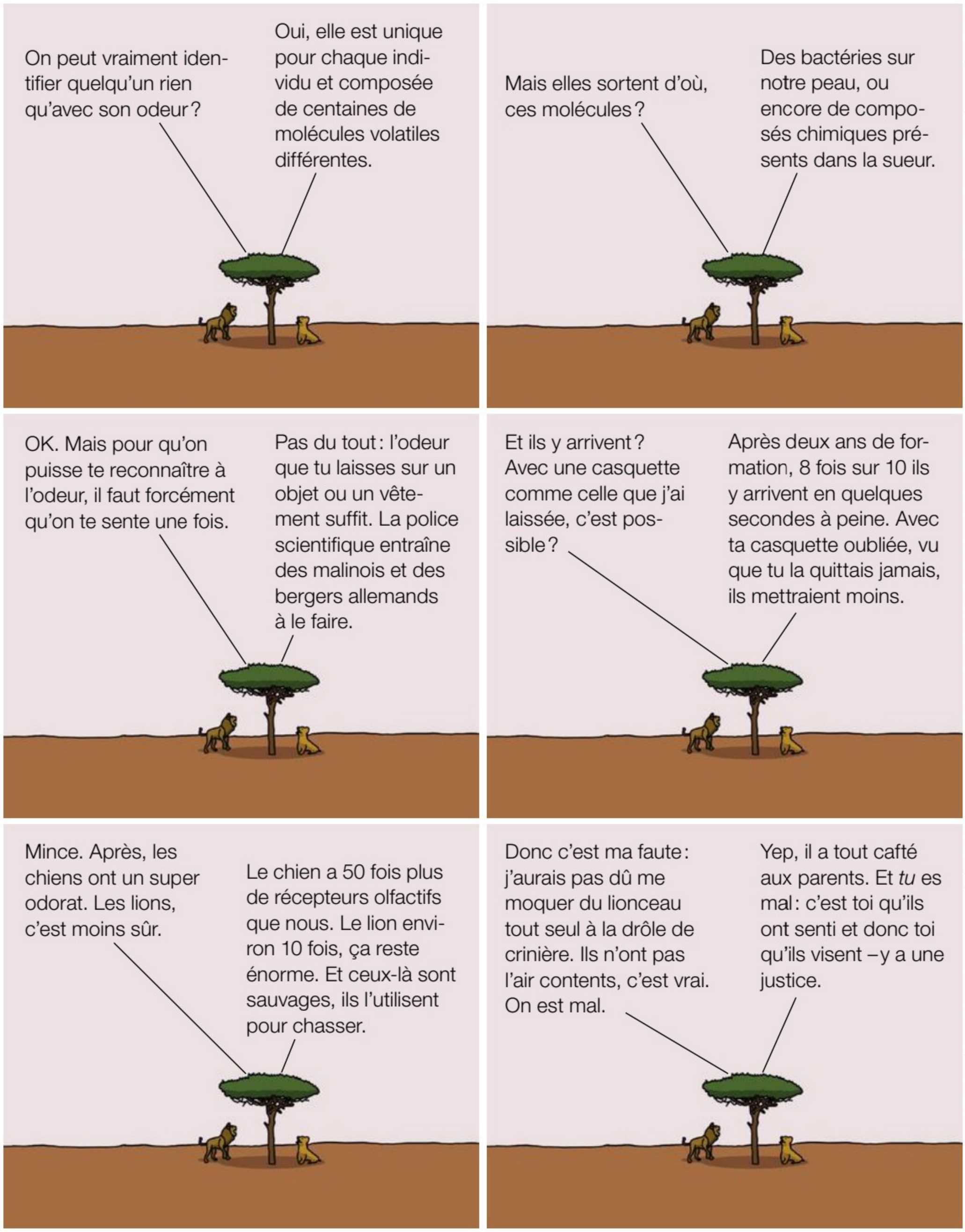
DIRECTEUR DE LA PUBLICATION
Gautier Normand

ACTIONNAIRE
Reworld Media France
(RCS Nanterre 477 494 371)
Tél. accueil : 01 41 33 50 00

Dépôt légal : octobre 2026
Date de parution : 23/09/26
N° ISSN : 0036-8 369
N° CPPAP : 0531 K 79977

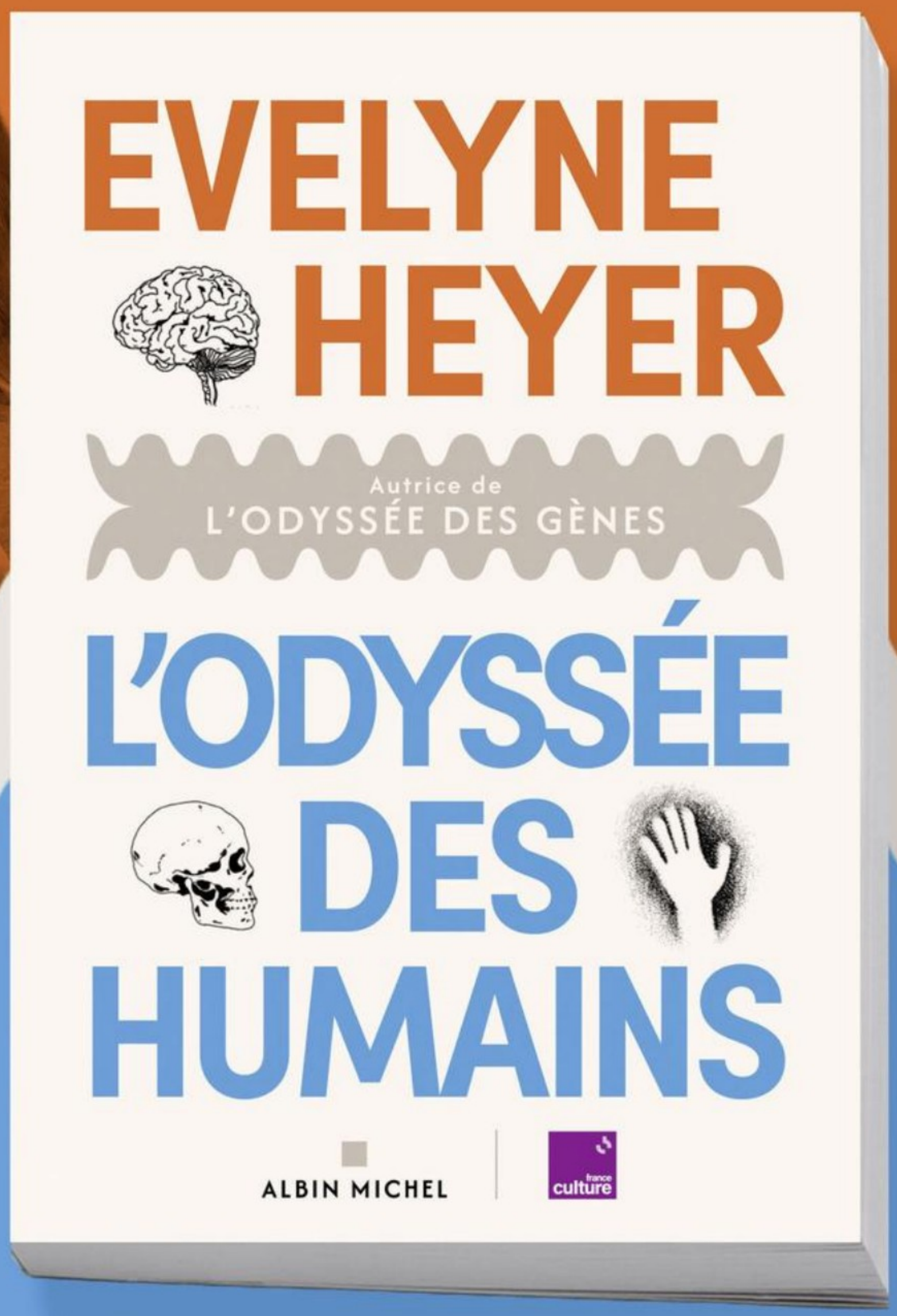
Bulle de science

D'après une question d'**Anthony Laroche (internet)**



PAR LAURE BLANCARD ; MERCI À BARBARA FERRY, EXPERTE RÉFÉRENTE EN TRAITEMENT DES ODEURS COMPLEXES PAR LE CHIEN DE TRAVAIL POUR LA GENDARMERIE NATIONALE. - ILLUSTRATION ALBAN PÉRINET/DÉCAPAGE

Nos ancêtres ont encore beaucoup à nous dire.



Albin Michel

© Radio France / Christophe Abramowitz.

BETC – M.F.P. Michelin – S.A.S. – Au capital de 504 000 004 € - Place des Carmes-Déchaux 63040 Clermont-Ferrand Cedex 9 – 855 200 507 RCS Clermont-Ferrand.