

LISEZ
LE NOUVEAU
SCIENCE & VIE

N° 1205
FÉVRIER 2018

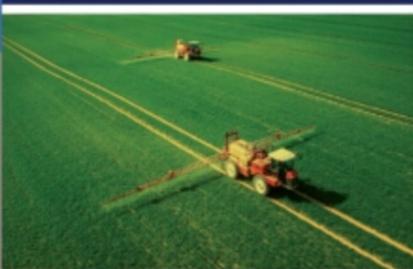
RÉVÉLATIONS SUR LA BIBLE

Génomique, big data,
archéométrie...



GLYPHOSATE

Les solutions
pour s'en passer



MINÉRAIS

La ruée vers
les abysses

INFLAMMATION

La mère de toutes
les maladies

SUPERNOVA

L'étoile qui
défie la mort



M 02578 - 1205 - F: 4,50 € - RD

D: 6,90 € - BEL: 4,80 € - ESP: 4,90 € - GR: 4,90 € - DOM S: 4,90 € - DOM A: 6,90 €
ITA: 4,90 € - LUX: 4,80 € - PORT CONT: 4,90 € - CAN: 6,75 \$ CAN - MAR: 50 DH
TOM S: 750 CFP - TOM A: 1400 CFP - CH: 8,50 FS - TUN: 9 DTU

NOUVEAU SUV COMPACT CITROËN C3 AIRCROSS

Plus Spacieux, Plus Modulable
#PlusDePossibilités

12 aides à la conduite*[†]
Citroën Advanced Comfort®
Volume de coffre jusqu'à 520 L*
Toit ouvrant vitré panoramique*
90 combinaisons de personnalisation
Grip Control avec Hill Assist Descent*
Banquette arrière coulissante en 2 parties*

INSPIRED
BY YOU

CITROËN préfère TOTAL * Équipement de série, en option ou non disponible selon les versions. [†] Dans la limite des stocks disponibles.
CONSOMMATIONS MIXTES ET ÉMISSIONS DE CO₂ DE NOUVEAU CITROËN C3 AIRCROSS : DE 3,7 À 5,6 L/100 KM
ET DE 96 À 126 G/KM.



SUWVAOLAH



Automobiles CITROËN : RCS Paris 642 050 199



cité

sciences
et industrie



froid

exposition
05 décembre 2017
— 26 août 2018

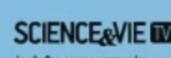
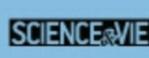


M > Porte de la Villette
cite-sciences.fr
#ExpoFroid

En partenariat
avec



Avec le soutien de

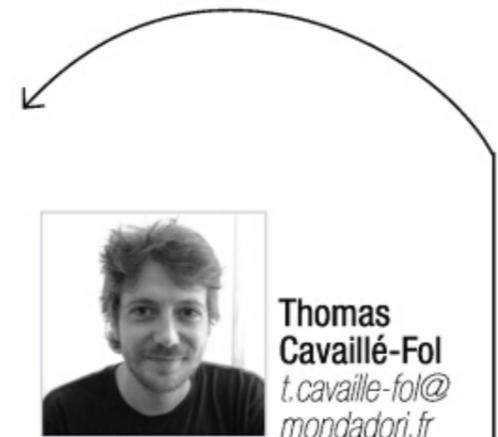




Jean-Baptiste Veyrieras
jb.veyrieras@mondadori.fr

Glyphosate : l'histoire sans fin

Trois ans. À l'heure où nous bouclons, c'est le délai – très court! – que le gouvernement envisage d'imposer aux agriculteurs pour se passer de leur principal herbicide. Si la polémique autour de ce produit a largement débordé la seule question agronomique, cela oblige *de facto* la première agriculture d'Europe à remettre la science agricole au centre du débat. Le casse-tête du glyphosate ne fait que commencer...



Thomas Cavallé-Fol
t.cavalle-fol@mondadori.fr

Exégèses high-tech

Que l'on ait la foi ou pas, là n'est pas la question. Car chacun d'entre nous a été marqué, de près ou de loin, par ce Livre, probablement la plus influente des inventions culturelles de l'humanité. Noé et son arche, les dix plaies d'Égypte, les Tables de la Loi, Jésus sur sa croix... Ces histoires nous appartiennent à tous. Et donc aussi aux scientifiques qui, chacun dans son domaine, chacun avec ses outils et ses concepts, se sont penchés sur ces récits. Et devinez quoi : ils ont des révélations à nous faire.

Vincent Nouyrigat
v.nouyrigat@mondadori.fr

La possibilité d'une mine

Avouons-le, nous avons été assez sceptiques lorsqu'en 2008 la compagnie canadienne Nautilus avait déclaré son intention d'établir une mine sous-marine au large de la Papouasie-Nouvelle-Guinée. Tout cela sentait l'arnaque à plein nez, d'autant plus que les délais d'ouverture annoncés étaient sans cesse repoussés. Dix ans plus tard, il faut bien constater que leurs robots d'extraction sont fin prêts et les mineurs sur le point de pénétrer dans les grands fonds...

Sommaire

Février 2018 n°1205

10 **Forum**

L'actu des sciences

- 14 **En images**
Une picobalance a réussi à peser une cellule vivante; le poisson le plus abyssal jamais découvert...
- 18 **Grand angle**
Pour chasser, une mouche se dote d'un scaphandre; un champignon contre les maladies génétiques...
- 20 **Focus**
Un astéroïde venu d'ailleurs a enfin été observé
- 24 **Zoom**
4 découvertes sur la couleur de la peau
- 26 **En chiffres**
Le cortex du raton laveur remporte la palme chez les carnivores

Science & société

- 30 **Enquête**
Glyphosate: mais comment s'en passer?
- 36 **Data**
Depuis 1970, l'espérance de vie a gagné plus de 10 ans
- 38 **Tendance**
L'intelligence artificielle relève aussi le défi du suicide
- 42 **Retour sur image**
Et la Corée du Nord devint une puissance nucléaire...
- 44 **Décryptage**
L'étrange affaire... du nuage radioactif au-dessus de l'Europe
- 46 **Les clés pour comprendre**
La vérité sur les nouvelles drogues psychoactives
- 48 **Événement**
Une première maison a été imprimée en 3D en France
- 50 **En débat**
Donald Trump n'est pas le seul à vouloir la Lune
- 52 **L'objet du mois**
Voici le casque qui démocratise la réalité virtuelle

- 54 **Futur**
Irak: projet de 5 ponts habitables ; France: un avion hybride se prépare à décoller...



A. SUMMERS/UNIVERSITY OF WASHINGTON - HEMIS - OCULUS - GETTY SHUTTERSTOCK
- AGUASONIC ACOUSTICS/SPL/COSMOS - A. MARTIN. COUVERTURE: GETTY - SHUTTERSTOCK

30



SCIENCE VIE 8, rue François-Ory 92543 Montrouge Cedex
Tél.: 01 46 48 48 48 - Fax: 01 46 48 48 67 E-mail: svmens@mondadori.fr Recevez *Science & Vie* chez vous. **Votre bulletin d'abonnement se trouve p. 129.** 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.

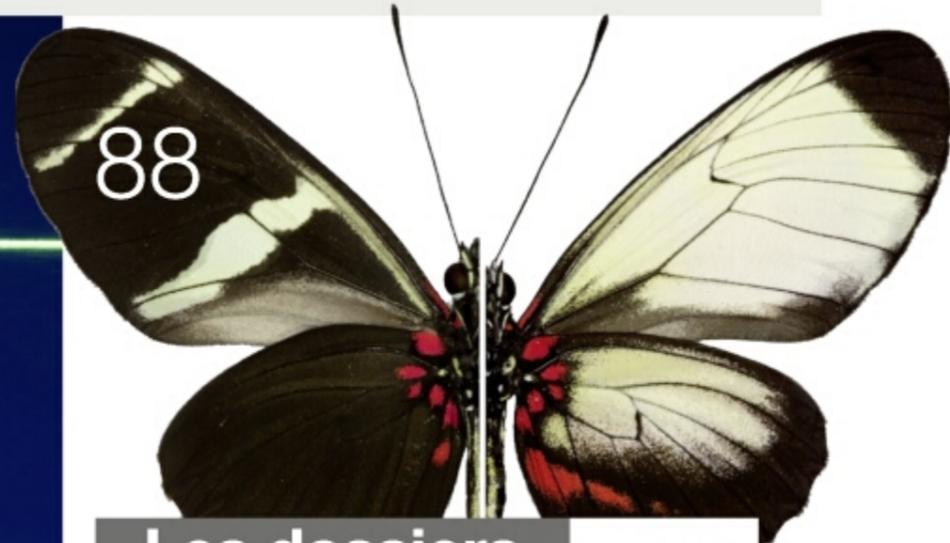
Un encart Bonne année-30 magazines à -50% est jeté sur toute la diffusion abonnés France Métropolitaine. Un encart dictionnaire électronique est jeté sur toute la diffusion abonnés France Métropolitaine. Un "tout-en-un" Société française des monnaies est jeté sur toute la diffusion abonnés France Métropolitaine. Un catalogue Voyages 2018 est jeté sur toute la diffusion abonnés France Métropolitaine.

60

À la une

60 RÉVÉLATIONS SUR LA BIBLE

Qu'il s'agisse d'éclairer ses récits ou d'en déchiffrer les manuscrits, de toutes nouvelles technologies apportent aujourd'hui leur lot de découvertes... parfois très surprenantes.



Les dossiers

- 80** Ressources
Cuivre, or, cobalt, nickel... : la ruée vers les abysses
- 88** Génétique
Ils ont redessiné les ailes de papillons
- 92** Médecine
Inflammation : la mère de toutes les maladies modernes ?
- 98** Astrophysique
Supernova iPTF14hls, l'étoile qui défie la mort
- 102** Biochimie
Origine de la vie : tout aurait commencé au pied des volcans

124

Bon à savoir

- 110 C'est maintenant**
"Joint électronique" : de quoi parle-t-on exactement ?
- 113 En pratique**
Avoir un chien est bon pour le cœur ; manger très salé affecte la flore intestinale ; les ronflements peuvent rendre fou ; le bébé reconnaît les visages sur sa gauche...
- 116 Technofolies**
- 122 À voir/à lire**
- 124 Questions/Réponses**
Pourquoi entend-on des crépitements sous l'eau ?
Quel est l'endroit le plus froid de l'Univers?...
- 130 Bulle de science**





Nouveau Dacia Duster





Le SUV décomplexé
à partir de 11 990 €⁽¹⁾

www.dacia.fr/nouveau-duster

Modèle présenté : Nouveau Dacia Duster finition Prestige TCe 125 4x4 avec options à 20 850 €
au tarif 2207-01 du 9 janvier 2018. (1) Prix maximum conseillé pour Nouveau Dacia Duster SCe 115 4x2 (niveau de finition Duster).
Consommations mixtes min/max (l/100 km) : 4,4/8,8. Émissions CO₂ min/max (g/km) : 115/156. Données provisoires en attente
d'homologation.

MINI-RÉACTEURS : ET LES SOUS-MARINS ALORS ?

Je suis actuellement en train de lire votre numéro de décembre (n° 1203) et l'article sur les mini-centrales nucléaires (p. 80) me laisse perplexe. Vous dites que ce concept est génial, que l'on pourra en mettre partout, mais n'y en a-t-il pas déjà dans les sous-marins militaires ? Il me semble que ces versions

miniatures existent bel et bien aujourd'hui, non ?

Erwan Maurice, Fouesnant (29)

S&V Précisons d'abord que notre article n'avait pas vocation à vanter les mérites du concept, mais à décrire une nouvelle approche de la production nucléaire qui méritait d'être analysée, avec ses avan-



tages et ses inconvénients. Cependant, vous avez tout à fait raison : des réacteurs nucléaires de faible puissance équipent déjà de nombreux sous-marins, et

aussi des porte-avions et quelques brise-glace. Au total, il existerait actuellement environ 220 mini-réacteurs dans le monde consacrés à ces usages maritimes. À ceci près que les caractéristiques de ces machines de propulsion sont bien différentes de celles des futurs réacteurs producteurs d'électricité évoqués dans l'article : implantés au milieu des populations civiles, ces derniers devront fonctionner de manière stable et extrêmement sûre, quand le réacteur d'un sous-marin d'attaque est conçu pour répondre à de très brutales variations de puissance... avec des exigences de sécurité bien différentes.

Vous affirmez que les moutons peuvent distinguer nos visages (S&V n° 1204, p. 17). Savez-vous s'ils les comptent pour s'endormir ?

Fabrice Pasquier, internet



LE GRAND TOUT RESTERA UNE ÉNIGME

Votre dossier sur les trous noirs s'intitule "Ils sont à l'origine de tout". Ce n'est pas tout à fait exact. Vous précisez qu'ils pourraient être à l'origine de *notre* univers. Mais comme notre univers est probablement relié à d'autres univers via des trous de ver... Je sais que *Science & Vie* ne fait pas dans la métaphysique. Métaphysiquement parlant, la question de l'origine du "grand tout" reste – et restera ? – une énigme.

Ray Heim, Saint-Genis-Laval (69)

Vive les caniveaux ?

Dans votre dernière édition, vous indiquez que la perte de biodiversité est largement sous-estimée. À la page suivante, on apprend que la vie pullule dans les caniveaux et que, dites-vous, c'est "une prodigieuse biodiversité qui s'écoule dans les eaux de Paris". Faut-il comprendre que l'urbanisation et l'accumulation de déchets sauveront notre planète ?!

Emmanuel Payet, internet

LEVOTHYROX: BIEN PLUS QU'UN SIMPLE EFFET "NOCEBO"

L'article sur "l'affaire du Levothyrox" m'a vraiment surpris... Pour avoir échangé avec quelques endocrinologues, il apparaît que "quelque chose" se produit avec cette nouvelle formule qui ne peut pas être rabaissé au rang de simples effets "nocebo". Peut-être serait-il judicieux qu'un journal sérieux comme *Science et Vie* investigate un peu plus plutôt que de balayer d'un revers de main les conséquences négatives de cette formulation ?

Maurice Vassieur, internet

S&V Il est clair que toutes les personnes qui ont souffert du changement de formule du Levothyrox n'ont pas été victimes du fameux effet nocebo, qui a trop souvent bon dos. Oui, "quelque chose" s'est produit ! Il est avéré que le passage de l'ancienne à la nouvelle formule est susceptible de provoquer un déséquilibre thyroïdien chez les utilisateurs. Sauf que rien pour l'instant ne permet de mettre en cause la nouvelle formule. Mais l'affaire est loin d'être terminée.

On en reparle



DÉSORMAIS, TOUTE PLANTE PEUT DEVENIR LUMINEUSE

Transformer les plantes en lampes... Nous avons relayé cette étrange idée lorsque deux équipes américaines avaient rendu des plants de tabac luminescents grâce à une séquence d'ADN de bactéries marines et fait phosphorer l'*Arabidopsis thaliana* grâce à un gène de luciole (voir S&V n°1183, p. 105)... Ces deux plantes étaient encore des cas particuliers difficilement transposables. La première offrait une grande facilité de mise en culture cellulaire et la seconde, un petit génome facile à modifier. Une équipe menée par Michael Strano, du MIT, vient de trouver une nouvelle technique pour faire briller n'importe quelle plante et, qui sait, transformer des arbres entiers en sculptures de lumière. Nul besoin de manipuler le génome: les chercheurs ont juste encapsulé des molécules bioluminescentes dans des nanoparticules et les ont déposées sur des feuilles de cresson. En jouant sur la taille de ces nanoparticules, ils ont pu contrôler la destination et la libération des composés dans les cellules végétales... et rendre le cresson lumineux.

L'intensité atteinte, de 0,1 lumen par feuille, est encore faible (une ampoule à incandescence de 40 W émet 400 lumen). Mais Seon-Yeong Kwak, l'un des membres de l'équipe, l'assure: "En optimisant la concentration et la vitesse de libération des molécules, nous sommes convaincus de pouvoir obtenir un éclairage plus intense." **E.H.**

On en reparle



L'ÉNIGME DU YÉTI EST ENFIN RÉVOLUE

Le mythe d'un primate géant, le fameux Yéti escaladant les sommets enneigés de l'Himalaya, perdure depuis des siècles. Tels des trophées de vérité, ses défenseurs avaient recueilli des touffes de poils aux allures singulières, soigneusement conservées dans des collections privées – voire par de respectables musées de zoologie. Le Yéti aurait pu dormir sur ses deux oreilles encore bien des années si la biologie moléculaire n'avait fourni des armes redoutables à quelques scientifiques, chasseurs de légende à leur heures perdues. Le premier coup était venu du Britannique Bryan Sykes il y a trois ans (voir S&V n° 1165, p. 75). En séquençant un fragment d'ADN mitochondrial, il avait révélé que la grande majorité des poils de Yéti avait pour origine, en vrac, chevaux, rats laveurs, chiens ou encore moutons. Bref, rien de bien effrayant. Mais l'étude laissait planer un doute : la bête mystérieuse pourrait aussi être une espèce d'ours... inconnue ! Sauf qu'un "seul fragment du génome mitochondrial n'est pas assez informatif pour conclure", écrivent les auteurs d'une nouvelle étude qui vient aujourd'hui dissiper tous les doutes. En séquençant non plus un fragment mais la totalité de ce génome, ces chercheurs ont en effet retrouvé la véritable origine du mythe : il s'agit de deux espèces d'ours brun bien connues des montagnes d'Himalaya et du plateau tibétain. Une bonne chose de réglée. Qui n'empêche toutefois pas d'aimer *Tintin au Tibet*. **Jean-Baptiste Veyrieras**

CASSE-TÊTE EN PALÉO-ANTHROPOLOGIE

Suite à votre article "Un fossile d'*Homo sapiens* réécrit notre histoire" (S&V n° 1199), je rappelle que, bien avant l'annonce attribuant à notre espèce les fossiles de Jebel Irhoud, les chercheurs les considéraient comme des "Néandertaliens d'Afrique du Nord". Or, il n'est plus marginal de considérer *Neandertal* comme une sous-espèce de *Sapiens* archaïques. Ces derniers, apparus en Afrique de l'Est il y a plus de 600 000 ans, se seraient répandus en Afrique du Nord, Europe et Asie, d'autres seraient restés en Afrique de l'Est pour donner les hommes modernes, il y a 200 000 ans. Tout est question de définition.

Thierry d'Amato, Villeurbanne (69)

S&V Si, en effet, l'idée d'inclure *Neandertal* et les hommes mo-

dernes dans la même espèce *Sapiens* était dominante dans la paléoanthropologie jusqu'au début du XXI^e siècle, elle n'a aujourd'hui plus guère de soutiens. La majorité des chercheurs distinguent ces deux espèces. Ce qui est confirmé par les récentes études sur l'anatomie (comme l'identification de caractères propres à l'espèce néandertalienne par micro-scanner) ou le génome (comme celle montrant qu'un hybride *Sapiens/Neandertal* était peu fertile). Mais la classification des fossiles de Jebel Irhoud pose question. Peut-on vraiment les qualifier d'*Homo sapiens* alors qu'ils présentent d'indéniables différences avec tous les autres spécimens connus, vivants ou ayant vécu ? Qui sait, les futures recherches les définiront peut-être comme une nouvelle espèce ?

Erratum

Nous avons noté – par deux fois ! – dans notre dossier consacré aux trous noirs (n° 1204, p. 40) que la Voie lactée compte 250 millions d'étoiles. Vous êtes nombreux à avoir repéré cette erreur astronomique... d'un facteur 1 000 ! Oui, notre galaxie compte toujours environ 250 milliards d'étoiles. Le coupable a fait 250 milliards de tours de piquet pour expier sa faute...

SCIENCE & VIE

LA BOUTIQUE

Nouvelle boutique en ligne !

Cadeaux scientifiques et insolites

+ de
> 600

> Livres
> Objets scientifiques
> Idées cadeaux

Rendez-vous vite sur : boutique.science-et-vie.com

SCIENCE & VIE

Une publication du groupe
MONDADORI FRANCE

RÉDACTION

8, rue François-Ory
 92543 Montrouge CEDEX
 Tél. : 01 46 48 48 48 - Fax : 01 46 48 48 67
 E-mail : svmens@mondadori.fr

DIRECTEUR DE LA RÉDACTION

Matthieu Villiers,
 assisté de Christelle Borelli

RÉDACTEUR EN CHEF

Hervé Poirier

RÉDACTEUR EN CHEF ADJOINT

Grégoire Bouillier (chef d'édition)

DIRECTRICE ARTISTIQUE

Yvonne Diraison

CHEFS DE SERVICE

Valérie Greffoz (rédactrice en chef déléguée du site internet), Vincent Nouyriat, Caroline Tourbe (médecine)

CHEFS DE RUBRIQUE

Mathilde Fontez (sciences fondamentales), Muriel Valin (technologies)

RÉDACTEURS

Elsa Abdoun, Thomas Cavaillé-Fol, Emilie Rauscher

SECRÉTAIRE GÉNÉRALE DE RÉDACTION

Florence Roucolle

SECRÉTAIRE DE RÉDACTION

Anne Riera

MAQUETTISTES

Valérie Samuel-Charrier (1^{re} maquettiste), Elisabeth de Garrigues

SERVICE PHOTO-INFOGRAPHIE

Anne Levy (chef de service photo), Stéphane Aubin, Boris Bellanger (chef de service infographie)

DOCUMENTATION

Marie-Anne Guffroy

ONT COLLABORÉ À CE NUMÉRO

S. Aquino, K. Bettayeb, L. Blancard, P.-Y. Bocquet, B. Bourgeois, S. Brunier, S. Ceugniet, A. Dagan, A. Debroise, S. Fay, F. Gracci, M. Grousson, C. Hancock, R. Ikonico, M. Kontente, P. Launay, H. Leroux, V. Marmont, C. Martin, E. Monnier, B. Perrin, N. Picard, A. Pihen, H. Rambert, B. Rey, Y. Sciama, G. Siméon, M. Spée, E. Thierry-Aymé, A. Vernet, J.-B. Veyrieras

DIRECTION-ÉDITION

DIRECTION PÔLE

Carole Fagot

DIRECTEUR DÉLÉGUÉ

Vincent Cousin

ABONNEMENTS ET DIFFUSION

DIRECTEUR MARKETING CLIENTS/DIFFUSION

Christophe Ruet

ABONNEMENTS

Catherine Grimaud (directrice marketing direct)
 Juliette Mesnil (responsable marketing direct)

VENTES AU NUMÉRO

Christophe Chantrel (directeur des ventes), Siham Daassa (responsable ventes marché)
 Jacky Cabrera (responsable ventes)

BOUTIQUE ET VPC

Sandrine Tiffreau (directrice vente à distance)
 Arnaud Henaff (responsable marché)

MARKETING/INTERNATIONAL

Gilliane Douls, Mathilde Janier-Bonnichon

PUBLICITÉ

DIRECTEUR EXÉCUTIF

Cécile Chambaudrie

CONTACTS PUBLICITÉ

Virginie Commun (50 28), Lionel Dufour (50 19)

PLANNING Angélique Consoli (53 52),
 Stéphanie Guillard (53 50)
 TRAFIC Stéphane Durand (53 12)

OPÉRATIONS SPÉCIALES

Véronique Besse (43 89)
 Grande-Bretagne : Publieurope LTD
 (infolodon@publieurope.com -
 44 (0)20 7927 9800);
 Allemagne : Publieurope Munich
 (infomunich@publieurope.com
 0049 89 2908150);
 Suisse : Publieurope Lausanne
 (infolausanne@publieurope.com
 0041 21 323 3110);
 Espagne : Publimedia Madrid
 (infomadrid@publimgest.com
 0034 91 212 83 00)

FABRICATION

Daniel Rougier, Agnès Châtelet

PRÉ-PRESSE

Sylvain Boularand (responsable de service)
 Christophe Guérin (adjoint)

FINANCE MANAGER

Guillaume Zaneskis

ÉDITEUR

MONDADORI MAGAZINES FRANCE

Siège social : 8, rue François-Ory
 92543 Montrouge Cedex

DIRECTEUR DE LA PUBLICATION

Carmine Perna

ACTIONNAIRE PRINCIPAL

Mondadori France SAS

IMPRIMEUR : ELCOGRAF - ITALIE

N° ISSN : 0036-8 369

N° DE COMMISSION PARITAIRE :

1020 K 79977. Tarif d'abonnement légal :

1 an, 12 numéros : 44,80 €

1 an, 12 numéros + 6 HS : 64,80 €

Dépôt légal : février 2018

RELATIONS CLIENTÈLE ABONNÉS

Par téléphone : 01 46 48 48 96

Par courrier :

SERVICE ABONNEMENTS SCIENCE & VIE,
 CS 90125 - 27091 EVREUX CEDEX 9

Pour vous abonner par internet :

www.kiosquemag.com

Etats-Unis et Canada : Express Mag,

Tél. : 1 800 363-1310 (français)

et 1 877 363-1310 (anglais).

Suisse : Edigroup, 022 860 84 50

mondadori-suisse@edigroup.ch.

Belgique : Edigroup Belgique, 070 233 304

mondadori-belgique@edigroup.be

Autres pays : nous consulter.

À NOS ABONNÉS

Pour toute correspondance relative à votre abonnement, merci d'indiquer votre numéro d'abonné présent sur le film ainsi que vos coordonnées. Les noms, prénoms et adresses sont communiqués à nos services internes et organismes liés contractuellement avec S&V sauf opposition motivée. Les informations pourront faire l'objet d'un droit d'accès ou de rectification dans le cadre légal. Les manuscrits envoyés ne sont pas rendus.

À NOS LECTEURS

RENSEIGNEMENTS

Par courrier :

8, rue François-Ory,

92543 Montrouge Cedex

Par mail : sev.lecteurs@mondadori.fr

COMMANDE D'ANCIENS

NUMÉROS, RELIURES ET VPC

Tel : 01 46 48 48 83

Contact@

laboutiquescienceetvie.com

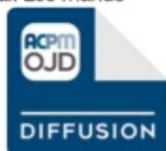
AFFICHAGE ENVIRONNEMENTAL

Origine du papier : Allemagne.

Taux de fibres recyclées : 0 %.

Certification : PEFC. Impact sur l'eau :

Ptot 0,016 kg/tonne



Dans les kiosques

AINSI MEURENT LES ROIS

Les Cahiers de Science & Vie consacrent leur dossier à un géant méconnu de l'histoire de France. Chefs-d'œuvre gothiques, la basilique et la grande nécropole royale abritent pourtant les reliques des rois de France, reléguées sans ordre dans le réduit d'une crypte. Mais, enfin, la science commence à s'y intéresser...

Les Cahiers de Science & Vie, 5,95 €



DES SOLUTIONS POUR DEMAIN

L'aventure scientifique consiste à relever des défis. Nous en avons retenu dix, qui pourraient tous trouver une solution d'ici à la fin de ce siècle. Certains sont liés à la connaissance de l'Univers, d'autres à notre planète, d'autres encore visent à couvrir nos besoins immédiats. Un numéro résolument optimiste, tout entier tourné vers le futur

Numéro Hors-Série, 5,50 €

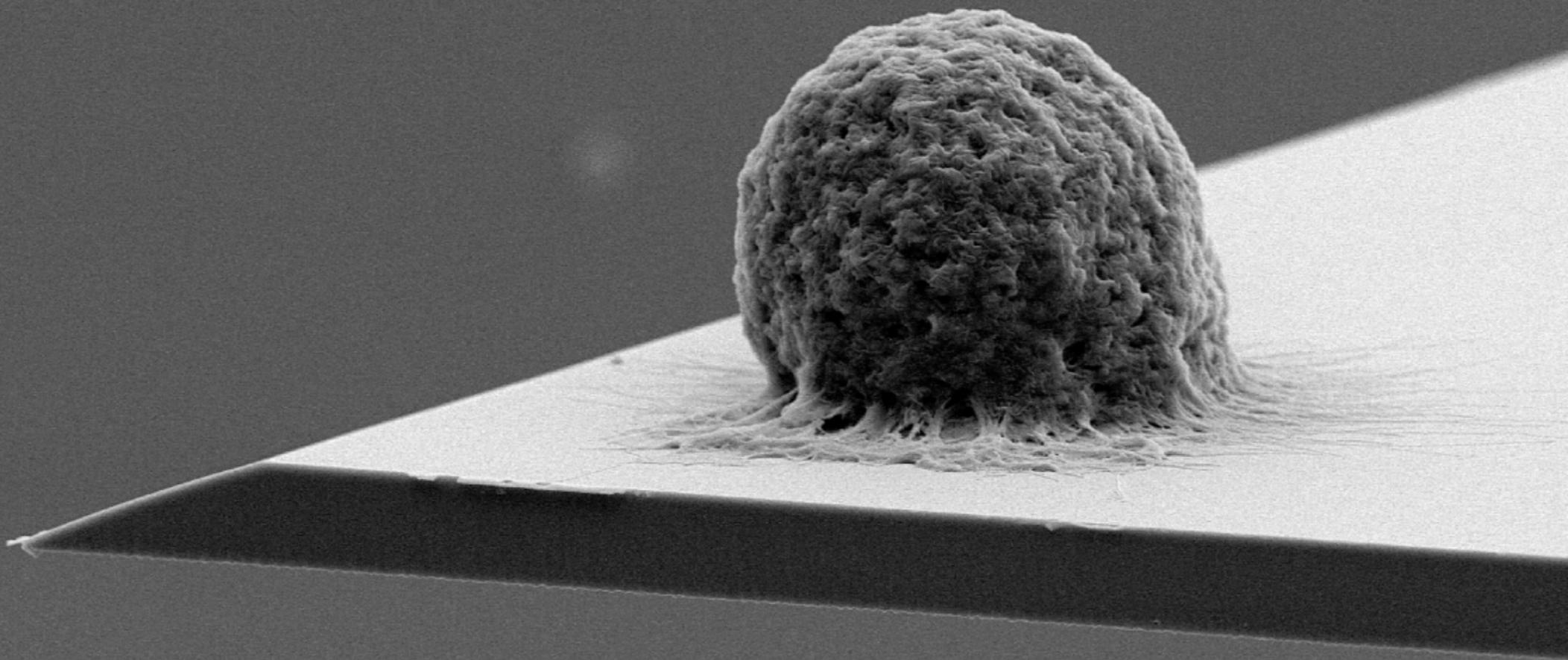


SE CONNAÎTRE SOI-MÊME

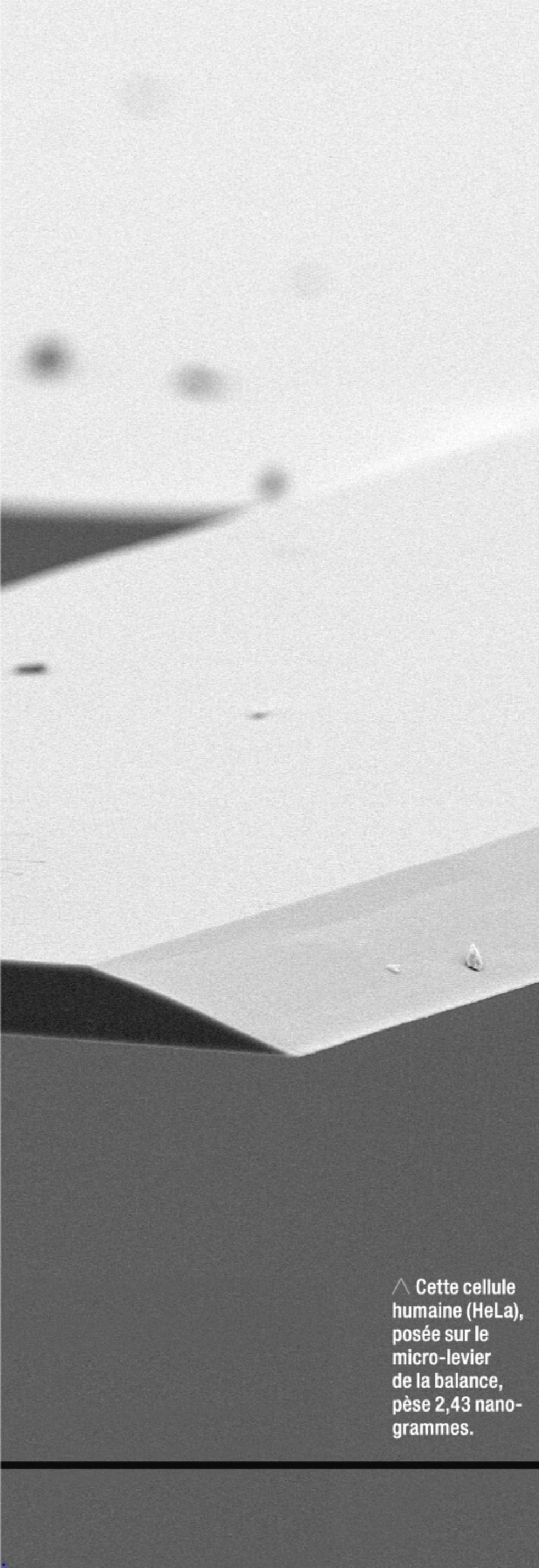
Travaux en neurosciences, imagerie cérébrale, études sensorielles... La science dispose de moyens très sophistiqués pour investiguer le moindre de nos comportements. La preuve en 21 tests proposés dans ce numéro spécial. Science & Vie Questions/ Réponses, 4,50 €



L'actu des sciences



1 μ m



^ Cette cellule humaine (HeLa), posée sur le micro-levier de la balance, pèse 2,43 nanogrammes.

BIOTECHNOLOGIES

UNE PICOBALANCE A RÉUSSI À PESER UNE CELLULE VIVANTE

Le poids d'une cellule varie-t-il selon son activité ? Combien pèse une infection virale ? On peut désormais le savoir grâce à la picobalance. Créée par Daniel Müller et son équipe de l'École polytechnique de Zurich, elle mesure le poids d'une cellule active. Pour la fabriquer, les scientifiques ont attaché une cellule au bout d'un micro-levier (0,2 mm) en silicone. À l'autre bout, ils ont appliqué un laser pour faire osciller le système. Or, ce mouvement varie en fonction du poids de la cellule. La fluctuation est mesurée avec un autre laser, déterminant le poids de la cellule sans devoir recourir au vide ni à un milieu sec. Un fibro-

D. MULLER/ETH

blaste humain (cellule de soutien) pèse environ 2,3 nanogrammes, avec une fluctuation de 1 à 4 % reflétant l'activité cellulaire et les échanges en eau avec le milieu extérieur. L'outil a impressionné Sándor Kasas, qui développe à l'École polytechnique de Lausanne une balance concurrente : "C'est peut-être une amélioration de l'ordre d'un facteur 100 à 1 000". Les champs d'application sont nombreux. En médecine, pour évaluer avec précision le nombre de virus ayant infecté une cellule. Ou dans l'industrie cosmétique, pour savoir quelle masse de crème nos cellules sont capables d'absorber !

A.V.



OCÉANOGRAPHIE

CE POISSON EST LE PLUS ABYSSAL JAMAIS DÉCOUVERT

Le record de profondeur pour un poisson a été battu par une nouvelle espèce de la fosse des Mariannes, dans le Pacifique, dont 37 spécimens ont été pêchés entre 6 898 m et 7 966 m, et d'autres filmés à 8 130 m. *Pseudoliparis swirey*, sorte de gros têtard translucide, vit beau-

coup plus profond que la plupart des poissons abyssaux connus. Ce qui ne l'empêche pas de virevolter avec aisance. "C'est un exploit physiologique de vivre à ces profondeurs, indique Thomas Lindley de l'université de Newcastle, spécialiste des poissons des fosses océaniques.

Avec la pression qui y règne, beaucoup de protéines métaboliques cessent de fonctionner et les membranes cellulaires tendent à se solidifier." Le biologiste espère que la zone au-delà des 6 000 m, encore très peu explorée, réserve de nombreuses autres découvertes. Y.S.

^ *Pseudoliparis swirey* (ici vu au scanner) possède, en plus de sa mâchoire, des dents pharyngées pour broyer ses proies.



**Des dimen-
sions réduites :**
9 x 7 m
(37 x 24 m
pour l'ancienne
navette).

**Une cabine
optimisée
pour 6 per-
sonnes.**

**Des ailes
courbées
pour un meil-
leur aérody-
namisme.**

^ Dès 2019, la Dream Chaser devrait réaliser des livraisons vers la station ISS, puis revenir sur la Terre.

AÉRONAUTIQUE

LA NAVETTE SPATIALE DE NOUVELLE GÉNÉRATION A EFFECTUÉ SON PREMIER VOL

Depuis la fin du programme de navette spatiale de la Nasa en 2011, seules les fusées permettent d'aller dans l'espace. Mais elles ne sont en général pas réutilisables, contrairement à la navette qui pouvait revenir sur Terre. Le secteur privé essaie donc de mettre au point des navettes alternatives, comme la *Dream Chaser* de la compagnie Sierra Nevada, qui a testé le 11 novembre avec succès le retour sur Terre de cet engin sur la base d'Edwards (Californie). "Elle est réutilisable jusqu'à 15 fois", explique Kimberly Schwandt, responsable de la communication de Sierra Nevada. *Dream Chaser* peut embarquer 6 passagers et 5 t de fret en orbite basse. On est loin des 27 t de sa grande sœur. En revanche, après un décollage vertical au sommet d'une fusée Atlas V, *Dream Chaser* pourra atterrir dans n'importe quel grand aéroport : elle n'utilise aucun consommable toxique. **S.F.**

A.SUMMERS/UNIVERSITY OF WASHINGTON - NASA



PHYSIOLOGIE ANIMALE

POUR CHASSER, UNE MOUCHE SE DOTE D'UN SCAPHANDRE

Grâce à une bulle d'air qu'elle crée autour d'elle, la mouche *Ephedra hians* parvient, pour se nourrir, à plonger dans le lac Mono en Californie, mortel pour la plupart des autres animaux car très salé et alcalin. Des chercheurs américains l'ont filmée avec des caméras ultrarapides : "Quand elle plonge, explique Floris van Breugel, de l'Institut de technologie de Californie, son corps poilu 'superhydrophobe', recouvert d'une cire hydrofuge, lui permet d'emprisonner une mince couche d'air entre les poils." Celle-ci se transforme en une bulle très solide, capable de résister à la soude qui fait pourtant éclater les bulles que d'autres espèces de mouches forment elles aussi. Enfin, ses longues griffes lui permettent de s'accrocher aux rochers, et de résister ainsi à la flottabilité de la bulle, qui l'attire vers la surface. **M.S.**

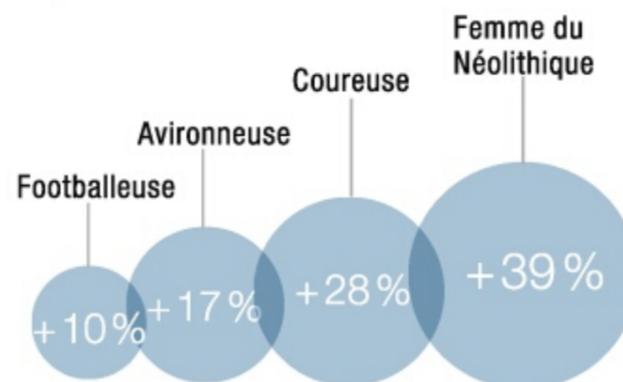
P.M.A.S. - Y.LANCEAU/BIOSPHOTO - M.KONTENTE

^ La bulle d'air dont elle s'entoure lui permet d'évoluer dans une eau au pH mortel.

PALÉONTOLOGIE

LES FEMMES DU NÉOLITHIQUE ÉTAIENT DES "GROS BRAS"

D'après la solidité de leur humérus, les femmes vivant il y a 7 000 ans avaient des bras plus puissants que les athlètes actuelles. **J.-B.V.**



Solidité comparée (en %) du bras d'une sportive actuelle et d'une femme du Néolithique, par rapport à une femme de 2017.

en bref...

UNE MUTATION GÉNÉTIQUE ALLONGE LA VIE DES AMISH

Une petite délétion dans le gène Serpine1 (favorisant un meilleur métabolisme), et l'espérance de vie est prolongée de 7 ans en moyenne. C'est ce qu'ont observé des généticiens chez 177 membres d'une ancienne communauté amish. J.-B.V.

À L'ÂGE DE BRONZE, LE FER DES OBJETS VENAIT DE L'ESPACE

Il y a 4 000 ans, tout le fer travaillé pour réaliser armes et objets décoratifs provenait des météorites. Celles-ci contiennent le métal à l'état pur, ce qui en facilitait l'extraction J.-B.V.

LES ARBRES GRANDISSENT PLUS VITE EN VILLE

D'après des mesures dans dix métropoles mondiales, les arbres des villes poussent jusqu'à 25% plus vite que ceux des champs. Probablement grâce à l'îlot de chaleur urbain, qui étend leur période de croissance. V.N.

THÉRAPIE GÉNÉTIQUE

UN CHAMPIGNON CONTRE LES MALADIES GÉNÉTIQUES

Un champignon comestible pour lutter contre les maladies génétiques rares ? Parmi les 30 000 composés passés au crible par deux équipes françaises à Lille et à Paris, c'est en effet un champignon ordinaire qui sort du lot. Le clitocybe inversé possède la capacité de corriger des mutations, appelées "non-sens", qui bloquent le fonctionnement habituel des gènes. Les chercheurs ont pu effectuer des tests *in vitro* sur des cellules de patients atteints de la mucoviscidose. Et les résultats s'avèrent très positifs : l'extrait de champignon corrige les mutations non-sens, rétablissant la production de protéines fonctionnelles dans les cellules. Autre avantage : sa comestibilité pourrait réduire la toxicité des traitements. *"Pour le moment, tout va dans le bon sens, et les molécules semblent extrêmement actives. Nous espérons diminuer les concentrations pour réduire les effets toxiques à long terme"*, témoigne Fabrice Lejeune, de l'Inserm.

A.P.

> Le clitocybe inversé corrige des mutations présentes chez 10% des malades de la mucoviscidose.



ASTRONOMIE

UNE ÉTOILE A DÉVORÉ 15 PLANÈTES GROSSES COMME LA TERRE

Kronos est un titan de la mythologie grecque, célèbre pour avoir avalé cinq de ses enfants. C'était donc un surnom tout indiqué pour l'étoile HD 240430 : elle a dévoré l'équivalent de 15 planètes de la masse de la Terre ! C'est ce qu'a découvert Semyeong Oh, de l'université de Princeton, en analysant les différences de composition chimique entre Kronos et sa sœur

jumelle HD 240429, qu'elle a baptisée Crios – le frère de Kronos dans la mythologie. Comme pour toutes les étoiles binaires, la composition chimique de ces deux étoiles devrait être quasi identique, car elles sont issues du même nuage de gaz. Seulement, si elles possèdent bien la même teneur en éléments volatils (oxygène, carbone, azote, potassium),

Kronos est en revanche beaucoup plus concentrée que Crios en magnésium, aluminium, silice, fer, chrome et yttrium... autant d'éléments qui constituent les minéraux... des planètes rocheuses ! Et la différence de concentration équivaut à 15 fois la masse de la Terre. *"On ne peut cependant pas savoir si Kronos a englouti 15 planètes de la même masse que la Terre, ou seulement 5 planètes trois fois plus massives"*, précise la chercheuse.

B.R.



Une forme inédite

Oumuamua, dont l'aspect étonnamment plat a été ici représenté par un artiste, ne ressemble à aucun autre astéroïde connu.

ASTRONOMIE

UN ASTÉROÏDE VENU D'AILLEURS A ENFIN ÉTÉ OBSERVÉ

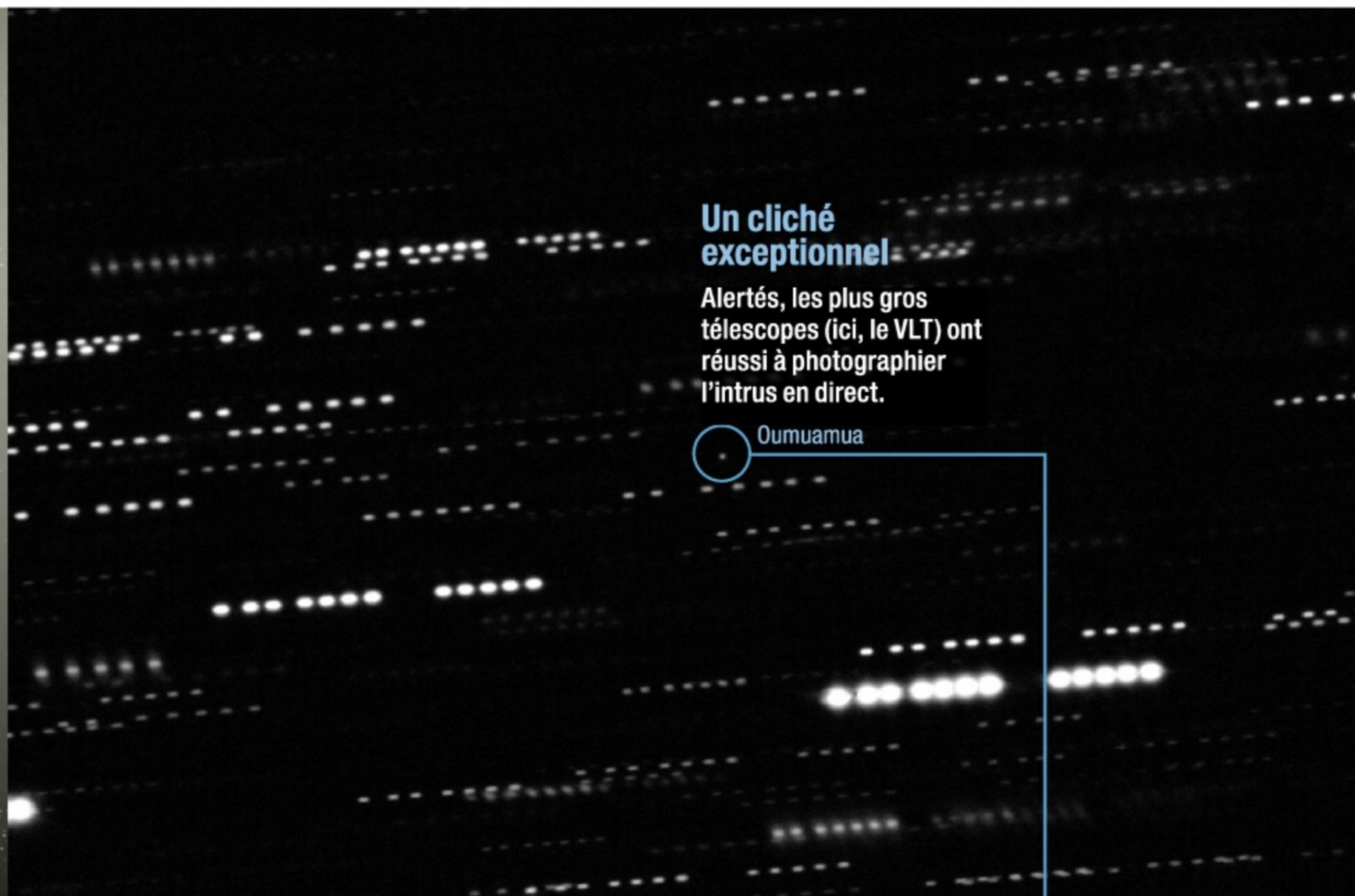
C'est une première dans l'histoire de l'astronomie, et probablement l'une des plus émouvantes découvertes de la décennie : l'étrange astéroïde qui a frôlé la Terre en octobre 2017 vient en fait... d'un autre système planétaire !

PAR **SERGE BRUNIER**

Il a été baptisé Oumuamua par ses découvreurs de l'observatoire du Haleakala, à Hawaii, soit "le messager du passé" en polynésien. Repéré le 19 octobre 2017 alors qu'il passait à 200 millions de kilomètres de la Terre, il a tout de suite intrigué les spécialistes du Minor Planet Center, qui collectent les milliers d'observations d'astéroïdes et de comètes effectuées toutes les nuits dans le monde. Mais quel est cet objet qui semble filer à près de 200 000 km/h sur une orbite ouverte ? Pourrait-il ne pas tourner autour du Soleil mais venir

d'ailleurs ? "À vrai dire, au début, je n'y ai pas cru", reconnaît Mike Nolan, astronome américain de la mission *Osiris-Rex*, qui se dirige actuellement vers l'astéroïde Bennu.

Immédiatement, tous les plus puissants télescopes du monde, du Very Large Telescope à Gemini, géants équipés de miroirs de 8 m, ont été détournés de leurs observations en cours pour le suivre, tandis qu'il filait vers la sortie du système solaire, en s'enfonçant dans le noir de l'espace... Toutes mesures faites, plus aucun doute pour les spécialistes : son orbite



Un cliché exceptionnel

Alertés, les plus gros télescopes (ici, le VLT) ont réussi à photographier l'intrus en direct.



La preuve d'une origine extrasolaire

Diverses mesures ont pu reconstituer sa trajectoire dans le système solaire, certifiant qu'il venait d'un autre système.

certifie son origine extrasolaire... Oumuamua a voyagé durant au moins des centaines de milliers d'années, et provient d'une étoile inconnue, située à des dizaines d'années-lumière d'ici, qui ne sera jamais identifiée.

VAISSEAU DE SF

Ultime surprise, les observations des télescopes géants ont révélé qu'Oumuamua est un astre à la forme étonnamment allongée : environ 200 m de longueur pour sans doute à peine 50 m de largeur ! Une telle forme – qui fait penser à

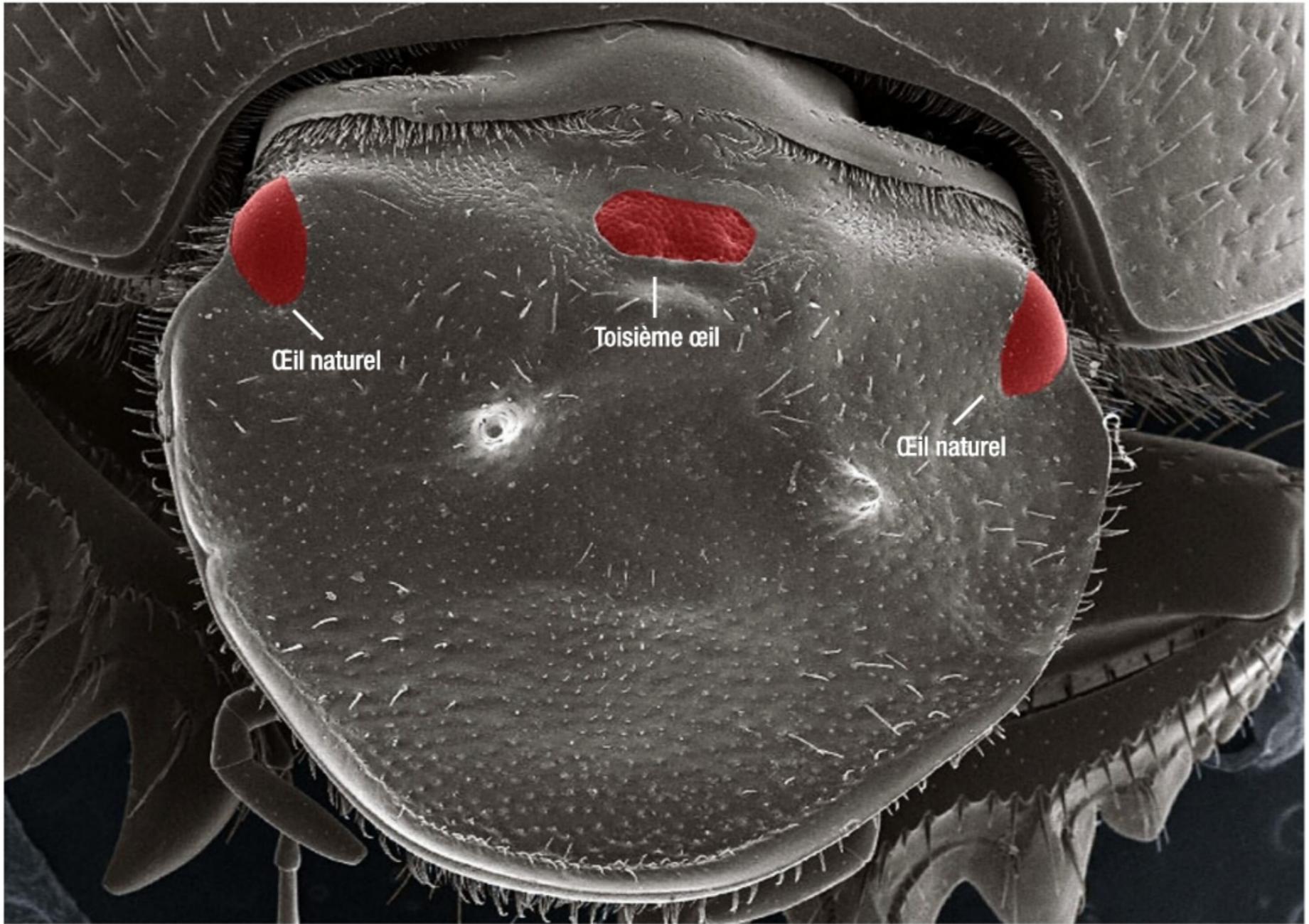
celle d'un porte-avions ou d'un vaisseau de science-fiction – n'avait encore jamais été vue dans le système solaire... Comment un tel objet, qui tourne sur lui-même en 7 heures environ, supporte-t-il la force centrifuge, et pourquoi ne s'est-il pas désagrégé ? Personne ne le sait aujourd'hui.

Et personne ne le saura jamais : Oumuamua est déjà hors de portée des télescopes et va se perdre entre les étoiles. Mais sa découverte fait déjà rêver les astronomes : "Nous réfléchissons à la façon d'aller à la

rencontre d'un tel objet venant d'une autre étoile, explique Mike Nolan. *Peut-être en satellisant à l'avance, autour de la Lune, une sonde prête à l'emploi. Libérée de l'attraction terrestre, elle serait dirigée directement vers sa cible dès que celle-ci serait découverte... Ce serait l'une des plus fantastiques ren-*

contres de l'histoire de l'humanité..."

En attendant, les astronomes guettent le prochain visiteur du soir. Ils ont calculé qu'une comète ou un astéroïde extrasolaire devait nous visiter en moyenne tous les ans. Avec les progrès en matière de surveillance du ciel, le suivant ne devrait pas trop se faire attendre...



ÉVOLUTION

UN SCARABÉE À TROIS YEUX A ÉTÉ GÉNÉTIQUEMENT CRÉÉ

Des chercheurs de l'université d'Indiana sont parvenus à provoquer, chez des larves de plusieurs espèces de scarabée, la formation d'un troisième œil, pile entre les deux yeux naturels. Ce nouvel organe est apparu lorsqu'ils ont atténué l'expression d'un seul gène, dénommé OTD1. Certes, ce n'est pas n'importe quel gène : il joue le rôle de chef d'orchestre d'une partition génétique regroupant une

centaine d'autres gènes, dont l'expression coordonnée préside au développement de la petite tête de l'insecte. Mais les chercheurs ne s'attendaient pas à ce qu'il puisse à lui seul faire apparaître un organe aussi complexe qu'un œil, totalement fonctionnel qui plus est. Il peut même pallier la disparition des yeux naturels, comme l'ont constaté les chercheurs. "Cette découverte conforte l'hypothèse selon

laquelle de petits changements très ciblés lors du développement embryonnaire peuvent conduire à l'apparition ou à la disparition complète d'un nouvel organe", souligne Eduardo Zattara, premier auteur de cette étude. En théorie de l'évolution, on parle d'hétérotopie. Le gain ou la perte de l'organe se transmet au fil des générations... ou pas, selon l'avantage conféré. L'apparition des mâchoires et des dents chez nos ancêtres aquatiques est un bel exemple d'un tel phénomène. **J.-B.V.**

△ Ce scarabée à trois yeux ouvre des pistes pour comprendre les mécanismes d'émergence de nouveaux traits physiques.

E.ZATTARA - SHUANG LI

21 milliards

C'est la distance, en kilomètres, qui nous sépare de la sonde *Voyager1*, dont les ingénieurs de la Nasa viennent de réussir à rallumer les propulseurs après 37 ans d'hibernation ! Ce qui en fait le plus lointain engin jamais piloté par l'homme, qui se trouve désormais... en dehors du système solaire. **M.F.**

OCÉANOGRAPHIE

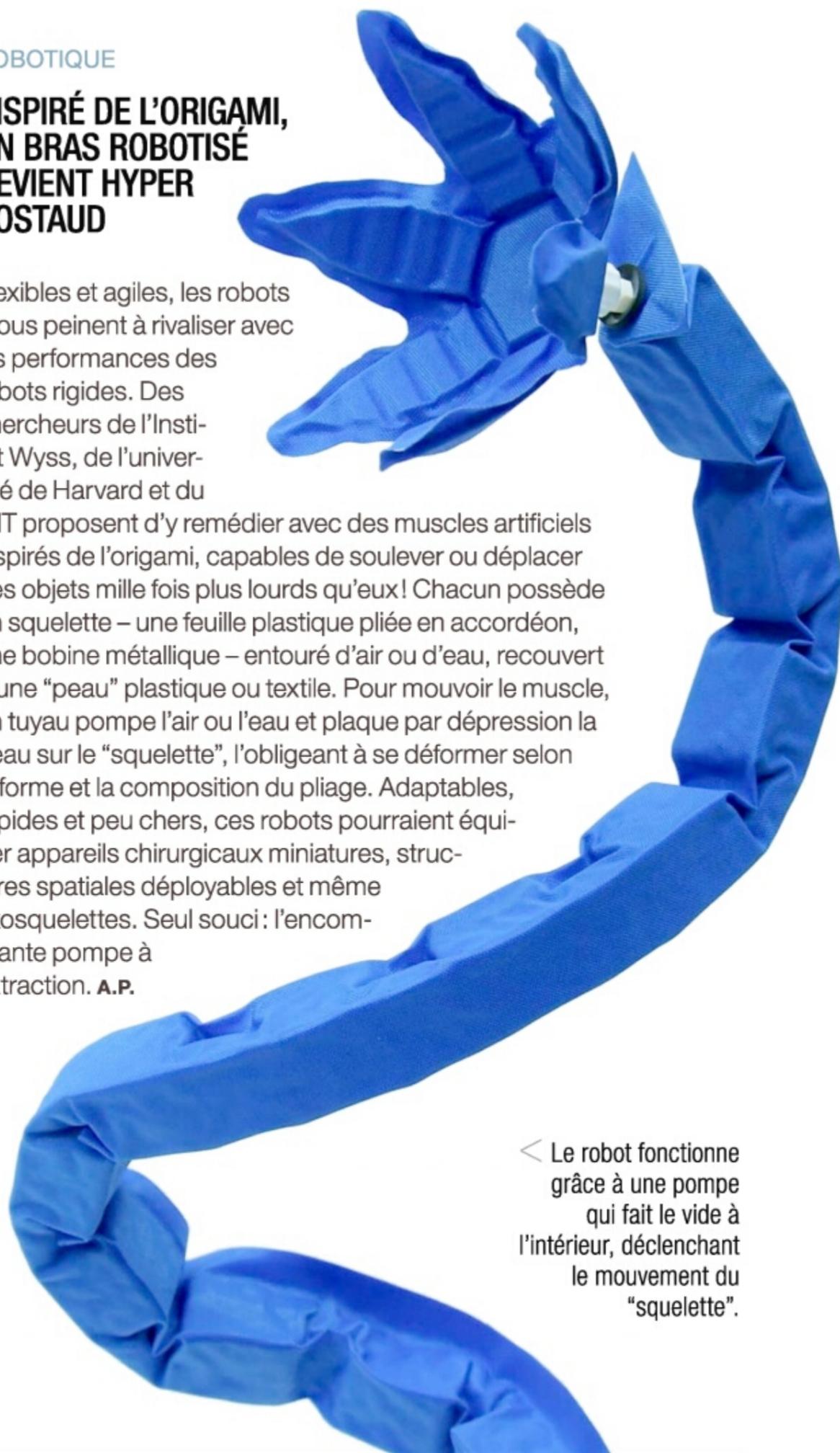
DANS LE PACIFIQUE, UNE COUCHE D'EAU RESTE ISOLÉE DU MONDE

Les océanographes ont peu de certitudes sur la façon dont l'eau circule dans les grands fonds. Or, un nouveau modèle de circulation océanique, proposé par une équipe franco-australienne, montre l'existence d'une zone quasi immobile, isolée du monde : "Cette couche d'eau est déconnectée des eaux de surface et des fonds océaniques, révèle Casimir de Lavergne, de l'université de Nouvelle-Galles du Sud (Australie), principal auteur de l'étude. Ce que confirment les datations au carbone 14 : dans le Pacifique Nord ont été détectées des eaux qui n'ont pas vu l'atmosphère depuis 1 500 ans." La "zone fantôme" serait située entre 1 et 2,5 km de profondeur dans le Pacifique et l'océan Indien – et n'existerait pas en Atlantique. Cette découverte interroge les capacités de l'océan à stocker le carbone et la chaleur de l'atmosphère. **V.N.**

ROBOTIQUE

INSPIRÉ DE L'ORIGAMI, UN BRAS ROBOTISÉ DEVIENT HYPER COSTAUD

Flexibles et agiles, les robots mous peinent à rivaliser avec les performances des robots rigides. Des chercheurs de l'Institut Wyss, de l'université de Harvard et du MIT proposent d'y remédier avec des muscles artificiels inspirés de l'origami, capables de soulever ou déplacer des objets mille fois plus lourds qu'eux ! Chacun possède un squelette – une feuille plastique pliée en accordéon, une bobine métallique – entouré d'air ou d'eau, recouvert d'une "peau" plastique ou textile. Pour mouvoir le muscle, un tuyau pompe l'air ou l'eau et plaque par dépression la peau sur le "squelette", l'obligeant à se déformer selon la forme et la composition du pliage. Adaptables, rapides et peu chers, ces robots pourraient équiper appareils chirurgicaux miniatures, structures spatiales déployables et même exosquelettes. Seul souci : l'encombrante pompe à extraction. **A.P.**



< Le robot fonctionne grâce à une pompe qui fait le vide à l'intérieur, déclenchant le mouvement du "squelette".

en
bref...

DES PINGUINS AUSSI GRANDS QU'UN HOMME

Il y a plus de 50 millions d'années, une espèce de pingouin mesurait 1,77 m et pesait jusqu'à 100 kg ! C'est ce qu'ont conclu des paléontologues en analysant des fossiles néo-zélandais inédits. **J.B.-V.**

DES ÉTOILES NAISSENT TOUT PRÈS DE NOTRE TROU NOIR

Le télescope Alma a repéré 11 étoiles naissantes à seulement 3 années-lumière de Sagittarius A*, le trou noir régnant au cœur de la Voie lactée. Mais comment ont-elles pu grandir dans cet environnement hostile ? **M.F.**

4 DÉCOUVERTES SUR...

LA COULEUR DE LA PEAU

Une étude de généticiens menée sur des milliers d'Africains dévoile des aspects inattendus de l'évolution de la carnation chez l'être humain.

PAR FIORENZA GRACCI

1

L'intensité d'une peau noire varie du simple au triple

Ce type de carnation couvre en fait presque tout le nuancier. L'équipe de Sarah Tishkoff (université de Pennsylvanie) en a mesuré l'intensité sur 2092 Tanzaniens, Éthiopiens et Botswanais : elle varie du simple au triple ! Les San et les Bantu d'Afrique méridionale ont les peaux les plus claires, les populations nilo-sahariennes d'Éthiopie les plus noires.

2

Les peaux les plus foncées sont en fait... les moins jaunes

Les mutations génétiques associées aux peaux les plus foncées (sur le gène MFSD12) produisent certes davantage d'eumélanine, le pigment brun présent dans les yeux, les cheveux et les peaux foncées. Mais elles produisent aussi moins de phéomélanine, qui est un pigment jaune. Ce phénomène était jusqu'à présent ignoré.

3

Les Africains à la peau très noire possèdent des gènes de Blancs

L'analyse de l'ADN de 1 570 personnes africaines a révélé une surprise : le gène SLC24A5, répandu en Europe, l'est aussi au sein des populations africaines les plus noires ! Apparu il y a 30 000 ans, il a probablement été transporté en Afrique par des migrants venus du Moyen-Orient.

4

Plusieurs gènes de la peau blanche sont nés en Afrique

HERC2 et OCA2, deux gènes associés aux couleurs claires des yeux, de la peau et des cheveux des Européens, ont une lointaine origine africaine. Communs chez les San à la peau claire, ils sont apparus il y a un million d'années et se seraient répandus par la suite chez les Européens et les Asiatiques. Globalement, la plupart des gènes liés aux diverses couleurs de peau étaient déjà présents chez nos ancêtres.



On vous assure qu'un accident bête ne se transforme pas en problème monstre.

Quand vous tombez mal, notre Assurance Accidents de la Vie s'occupe de vous, et aussi de vos proches* : versement d'une indemnisation, aide à domicile, garde de vos enfants...



3639

Service 0,15 € / min
+ prix appel

• labanquepostale.fr • bureaux de poste

BANQUE ET CITOYENNE

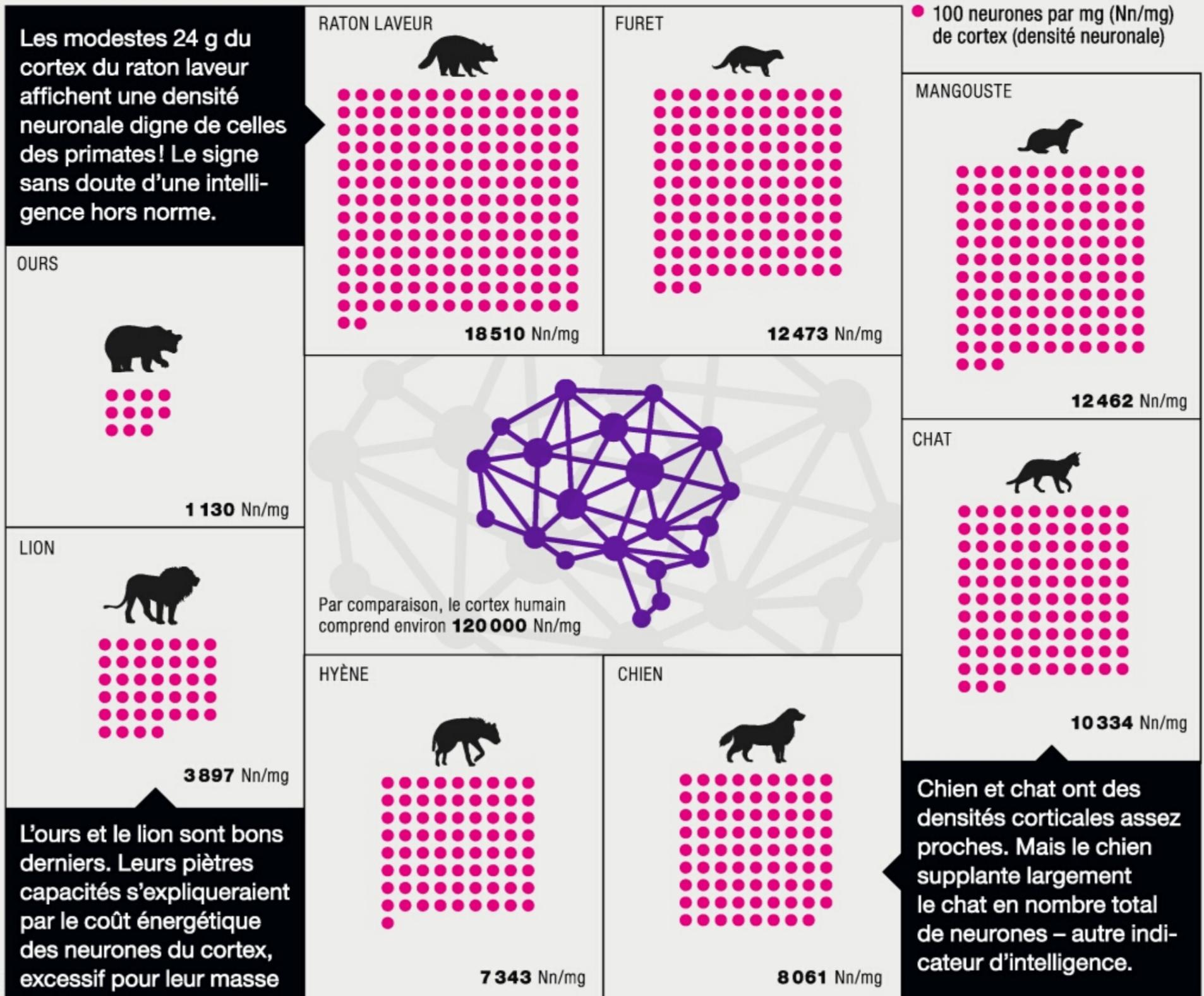
* Dans les limites et conditions précisées dans la Notice d'Information de votre contrat Prévialys Accidents de la Vie ou précisées dans les Conditions Générales de votre contrat Assurance des Accidents de la Vie. Prévialys Accidents de la Vie est un contrat d'assurance de groupe à adhésion facultative souscrit par La Banque Postale auprès de La Banque Postale Prévoyance qui inclut des prestations d'assistance et de protection juridique assurées respectivement par Filassistance International et Assistance Protection Juridique. L'Assurance des Accidents de la Vie inclut des prestations d'assistance fournies par FILASSISTANCE INTERNATIONAL. FILASSISTANCE INTERNATIONAL - S.A. au capital de 3 500 000 € entièrement libéré. Siège social : 108 bureaux de la Colline 92213 Saint-Cloud CEDEX. RCS Nanterre n°433 012 689. ASSISTANCE PROTECTION JURIDIQUE - S.A. au capital de 7 017 808 € entièrement versé. Siège social : "Le Neptune" 1 rue Galilée 93165 Noisy-le-Grand CEDEX. RCS Bobigny n° 334 656 386. Code APE 6512Z. LA BANQUE POSTALE PRÉVOYANCE - S.A. au capital de 5 202 000 € entièrement libéré. Siège social : 10 place de Catalogne 75014 Paris. RCS Paris n° 419 901 269. Entreprises régies par le Code des assurances. LA BANQUE POSTALE - S.A. à Directoire et Conseil de Surveillance au capital de 4 046 407 595 €. Siège social : 115 rue de Sèvres 75275 Paris CEDEX 06. RCS Paris n° 421 100 645. ORIAS n° 07 023 424.

NEUROLOGIE

LE CORTEX DU RATON LAVEUR REMPORTE LA PALME CHEZ LES CARNIVORES

Des biologistes ont évalué la densité du cortex de huit carnivores de gabarits très variés. Le but ? Savoir comment cette zone du cerveau, liée à la planification et aux comportements les plus complexes, a pu évoluer selon les espèces. Et il y a des surprises...

PAR VINCENT NOUYRIGAT



Source : Débora Jardim Messeder, *Frontiers in Neuroanatomy*

B. BELLANGER



ASTRONOMIE

SUR PLUTON, C'EST LA BRUME QUI FAIT RÉGNER LE FROID

C'était un mystère depuis l'arrivée de la sonde *New Horizons* aux abords de la planète en 2015. Avec ses -203°C , sa haute atmosphère est 30°C plus froide qu'attendu, d'après sa distance au Soleil, ses gaz et sa réflectivité. Les simulations menées à l'université de Californie l'expliquent enfin : contrairement à ce qui se passe sur Terre, le bilan radiatif de Pluton est régi par son brouillard, qui la fait refroidir. Car ces nappes bleutées naissent de la dissociation, par les UV du Soleil, de molécules atmosphériques. Celles-ci inter-réagissent pour former des particules solides qui réémettent assez de rayonnement pour créer un refroidissement de 30°C . *"L'idée est nouvelle et astucieuse"*, salue Emmanuel Lellouch, spécialiste de Pluton à l'observatoire de Meudon. Elle pourra être validée par le télescope JWST dès 2019. **B.R.**

✓ Les nappes bleutées réémettent une partie du rayonnement solaire, ce qui refroidit la planète naine.

CHIRURGIE

LES PLAIES CICATRISENT BEAUCOUP MIEUX LE JOUR QUE LA NUIT

La cicatrisation des plaies chirurgicales implique la migration de cellules cicatrisantes, les fibroblastes. Une récente étude britannique suggère que l'on peut optimiser ce processus en opérant le jour ou en recréant les conditions du jour. Tout d'abord, en travaillant sur des fibroblastes en culture, les chercheurs ont découvert que la migration de ces derniers était régulée par leur horloge biologique. Puis, chez la souris, ils ont observé que leur mobilisation

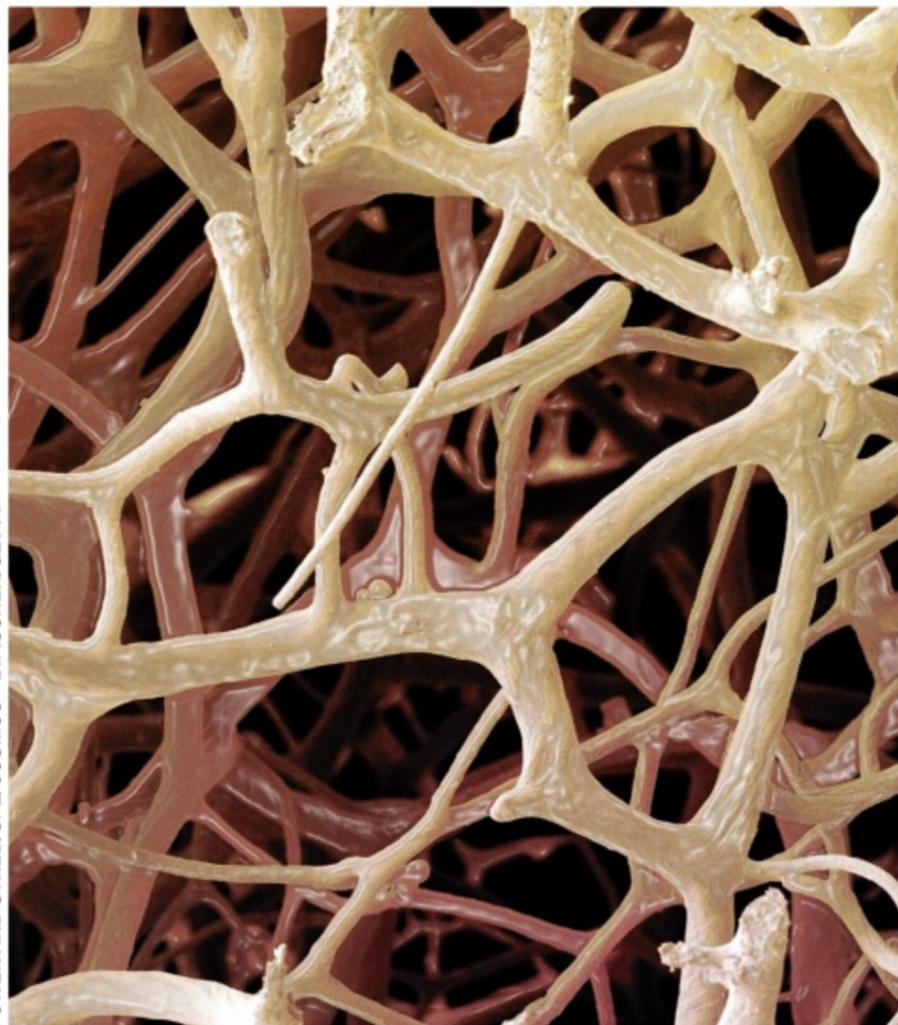
était deux fois plus importante pour des plaies causées en phase active (la nuit chez la souris, le jour chez l'humain). Enfin, en analysant des données sur des brûlures humaines, l'équipe a conclu que leur cicatrisation prenait plus de temps (environ 60 %) la nuit que le jour. *"Tout indique que le processus est plus efficace le jour. On pourrait donc accélérer la cicatrisation des plaies de nuit en réinitialisant l'horloge cellulaire des fibroblastes avec des médicaments adaptés"*, précise le biologiste anglais Nathaniel Hoyle. Mais d'autres travaux seront nécessaires avant de voir se modifier les pratiques chirurgicales. **K.B.**

GÉNÉTIQUE

EN CAPTANT UN GÈNE, CE LÉZARD A GAGNÉ UN PLACENTA

Le lézard *Mabuya* est une bizarrerie de la nature. Non seulement il ne pond pas d'œuf, ce qui est exceptionnel pour un reptile, mais il est doté d'un placenta, l'apanage des mammifères. Des chercheurs de l'Institut Gustave Roussy (IGR), à Villejuif, ont révélé qu'il le doit à un gène, hérité d'un virus il y a 25 millions d'années. Dans le génome de femelles *Mabuya*, ils ont en effet identifié celui de la syncytine, une protéine indispensable au bon fonctionnement du placenta. "Pour nous, l'apparition du placenta au cours de l'évolution est liée à l'acquisition de la syncytine", avance Thierry Heidmann, de l'IGR. Or, l'analyse du génome des cousins de *Mabuya* a révélé que le gène de la syncytine était subitement apparu il y a 25 millions d'années, très peu de temps avant l'émergence du curieux reptile placentaire. D'où venait-il ? Bien avant de faire irruption chez les animaux, il était déjà présent chez des rétrovirus, qui l'utilisaient pour pénétrer dans les cellules qu'ils infectent. En les infectant, ces rétrovirus auraient donc cédé aux mammifères, puis à *Mabuya*, le matériel nécessaire au fonctionnement d'un placenta.

A.D.



POWER AND SYRED/SPL/COSMOS - B. FISCHER/GETTY

ÉVOLUTION

L'ÉPONGE EST BIEN LA GRANDE SŒUR DE TOUTES LES ESPÈCES ANIMALES

Quelle est la plus ancienne espèce (ou famille d'espèces) du règne animal encore vivante dont nous, les animaux, sommes issus ? Jusqu'à présent, deux candidates se disputaient le titre de "grande sœur" de tous les animaux : les éponges de mer (*Phylum porifera*), et les cténo-phores ou cténares, ces organismes marins trans-

parents dont le plus connu est la "groseille de mer". Les éponges avaient un temps détenu ce titre, mais certaines études phylogénétiques récentes avaient placé les cténares avant les éponges dans l'arbre de l'évolution...

Or, une équipe internationale de biologistes redonne aujourd'hui aux éponges leur statut de grandes sœurs. Et montre que les études précédentes comportaient des erreurs liées à un mauvais

< *Phylum porifera* est apparue dans les mers voilà 600 à 500 millions d'années.



◀ La syncytine, indispensable au fonctionnement du placenta, est présente dans le génome des *Mabuya*.

choix de données issues des bases de données de génétique, des données dites "inhomogènes" car mal hiérarchisées. Or, "les modèles standards utilisés aujourd'hui en phylogénie ne sont pas vraiment adéquats pour ce type de données", explique Gert Wörheide, de l'université de Munich, cosignataire de l'étude. D'où le risque de créer un faux résultat, appelé "artefact".

C'est donc un soulagement pour les évolutionnistes, car l'antériorité des cténaïres par rapport aux éponges, apparues l'une et l'autre il y a entre 600

et 500 millions d'années, aurait posé un sérieux problème théorique : les premières possèdent en effet quelques caractéristiques dont sont dépourvues les secondes, comme des cils locomoteurs, ainsi que des cellules nerveuses et musculaires. Aussi, si elles étaient apparues avant les éponges, il aurait fallu expliquer comment ces caractéristiques se seraient perdues avec les éponges pour... réapparaître par la suite. Un sacré défi pour la théorie de l'évolution. Mais la crise n'aura finalement pas lieu. **R.I.**

Ça reste à prouver

2018 SERA-T-ELLE L'ANNÉE DES GRANDS SÉISMES ?

Deux géophysiciens américains ont révélé, cet automne, des résultats plus que troublants : en analysant l'historique de la sismicité sur Terre depuis 1900, ils se sont rendu compte qu'une vague de séismes majeurs (de magnitude 7 et plus) se produisait environ tous les 32 ans. Cela se traduit par une augmentation de 15 % des grands événements sismiques, un peu partout à la surface du globe – avec, néanmoins, une petite préférence pour les régions équatoriales.

Or cette période pleine de dangers débiterait... maintenant ! Faut-il croire à cette prédiction ? "Les catalogues historiques des séismes sont très hétérogènes, et leurs statistiques sont à manier avec prudence, prévient Michel Bouchon, sismologue à l'université de Grenoble. En revanche, les résultats récents montrent qu'il existe bien une certaine synchronisation entre les séismes."

Mais pourquoi ce cycle de 32 ans ? Nos deux chercheurs, Rebecca Bendick et Roger Bilham, suggèrent que cette périodicité correspond aux variations de vitesse de rotation de notre planète, qui connaît de subtiles accélérations et décélérations – de l'ordre de la milliseconde sur 24 h. Lorsque la Terre décélère, la croûte terrestre se contracte de quelques millimètres, faisant naître des contraintes qui pourraient déclencher des failles au bord de la rupture.

"Cela fait longtemps que toutes sortes de gens cherchent des causes de déclenchement de séismes et des corrélations avec des paramètres comme la température ou les cycles lunaires, soulève Christophe Vigny, du laboratoire de géologie de l'École normale supérieure. Après, tout phénomène susceptible d'exercer des contraintes dans la croûte peut avoir une influence. Alors, pourquoi pas la rotation de la Terre..." Début de réponse dans les prochains mois. **V.N.**

Science & société

Enquête



LES 3 CHIFFRES À RETENIR

182

études sur la toxicité du glyphosate pour l'homme parfois contradictoires ont été publiées depuis 1986. En 2015, l'herbicide a été classé comme "cancérogène probable" par le Centre international de recherche contre le cancer.

56%

de diminution de la fertilité chez certains vers de terre au cours des trois mois suivant l'épandage de glyphosate, selon une étude anglaise. Son écotoxicité fait débat notamment chez les abeilles, les amphibiens et les poissons.

24

espèces de mauvaises herbes devenues plus résistantes au glyphosate dans le monde. Breveté en outre comme agent antibiotique, il pourrait favoriser l'antibiorésistance des bactéries du sol.

Le gouvernement l'a promis, l'herbicide le plus utilisé en France, suspecté d'être toxique, sera interdit d'ici trois ans. Problème: une agriculture post-glyphosate est-elle possible? Oui, répondent les agronomes, qui ont testé deux nouveaux modèles, l'agro-écologie et l'agriculture numérique. Encore faudra-t-il réussir à les mettre en place...

PAR **JEAN-BAPTISTE VEYRIERAS** →

Glyphosate

Mais comment s'en passer?

2021

Le glyphosate interdit?

C'est la date à laquelle la France envisage le retrait total du glyphosate. Son utilisation en volume dans le monde a été multipliée par 100 depuis sa mise sur le marché en 1974.

LES CULTURES QUI UTILISENT LE PLUS DE GLYPHOSATE EN FRANCE (En tonnes de substance active ; chiffres 2011)

Blé tendre	424
Maïs grain	204
Tournesol	198
Orge	196
Maïs fourrage	176
Colza	152
Prairie temporaire	49
Triticale	40
Blé dur	37
Betterave sucrière	35

Source : ministère de l'Agriculture

Le glyphosate est en sursis. La commercialisation de l'herbicide le plus utilisé en Europe a certes obtenu cinq années supplémentaires auprès de la Commission européenne, mais son épandage en France pourrait cesser d'ici trois ans.

Assurément, l'herbicide vedette de Monsanto empoisonne les débats sanitaires et environnementaux depuis des années, au gré d'études scientifiques contradictoires, du lobbying intensif de son fabricant, des pressions des syndicats agricoles et autres tergiversations des institutions européennes (voir S&V n°1186).

Mais la question est désormais ailleurs : l'intention affichée du gouvernement français de l'interdire d'ici trois ans montre que les jours du glyphosate sont comptés. Ce qui déplace le débat sur le terrain de l'agronomie. La première agriculture euro-

péenne peut-elle vraiment se passer, dans un si bref délai, d'un produit qui éradique avec une efficacité inégalée les mauvaises herbes ? Cela, sans perte significative de rendement ? Et à quel prix ?

Ce n'est pas sur des réponses précises à ces questions que s'est fondée la position française : le gouvernement n'a demandé à l'Institut national de recherche agronomique (Inra) un rapport sur la sortie du glyphosate que le 2 novembre dernier, alors que les négociations européennes étaient en train de s'enliser – le rapport a été publié un mois plus tard.

REPENSER L'AGRICULTURE

Les ingénieurs et chercheurs de l'Inra connaissent bien le sujet. Ils travaillent depuis 2007 sur le plan Eco-phyto, qui vise à réduire de 50 % l'usage des pesticides en France à l'horizon 2025. Leur expertise est fondée sur un vrai retour d'expérience, à travers notamment le réseau Dephy, qui rassemble environ 3 000 exploitations agricoles sur tout le territoire.

Et que disent ces experts ? Peut-on empêcher

Deux piliers pour une transition agricole

1 L'agro-écologie comme dés herbant naturel

L'utilisation de couverts végétaux, comme la luzerne ou le pois d'hiver, combinée à la diversification des cultures, renforce la défense des champs contre les mauvaises herbes.

le vulpin des champs, l'ivraie raide, les charçons et autres mauvaises herbes de coloniser les parcelles sans glyphosate ? *"Sur le plan technique, on a accumulé les preuves, dans des fermes aussi bien que sur des parcelles expérimentales, que c'est possible"*, assure Xavier Reboud, directeur de recherche à l'Inra et coordinateur du rapport publié fin 2017. Mais – faut-il s'en étonner ? – les experts ne cachent pas que si la décision politique paraît simple, la mise en œuvre des solutions agronomiques, elle, ne l'est pas...

La première idée qui vient à l'esprit serait de remplacer le glyphosate par un autre herbicide parmi les 130 autorisés et utilisés en Europe. Mais non : moins efficaces, plus chers et parfois même toxiques si utili-

sés à grande échelle, aucun n'est viable pour prendre la relève dans trois ans (lire encadré).

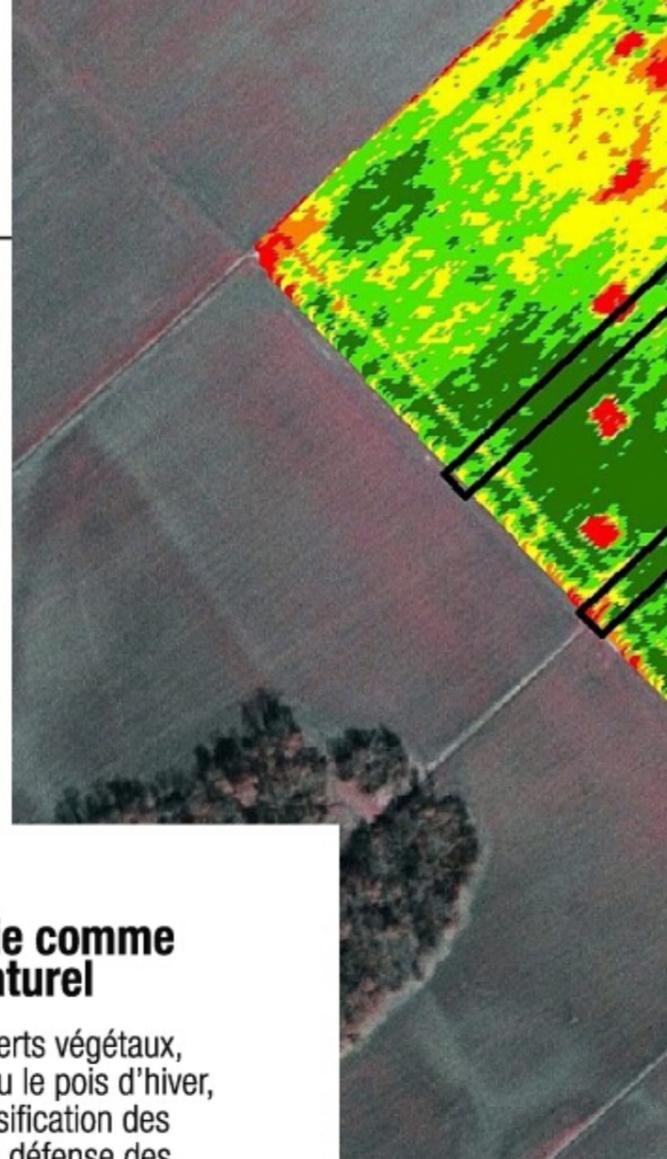
Pourquoi, alors, ne pas revenir à la pratique du labour ? Pour les grandes cultures (céréales, colza, tournesols, betteraves, pommes de terre, etc.), 95 % des épandages de glyphosate servent à faire place nette avant les semis ; une fois les graines levées, ce sont d'autres herbicides plus sélectifs qui font le travail. Le labour, qui enfouit en profondeur les mauvaises herbes et leurs graines, était la méthode privilégiée avant l'arrivée du glyphosate.

Sauf que les agronomes ont démontré que son usage systématique érode les sols, réduit le stockage du carbone et en plus allonge le temps de travail. L'équation se complique...

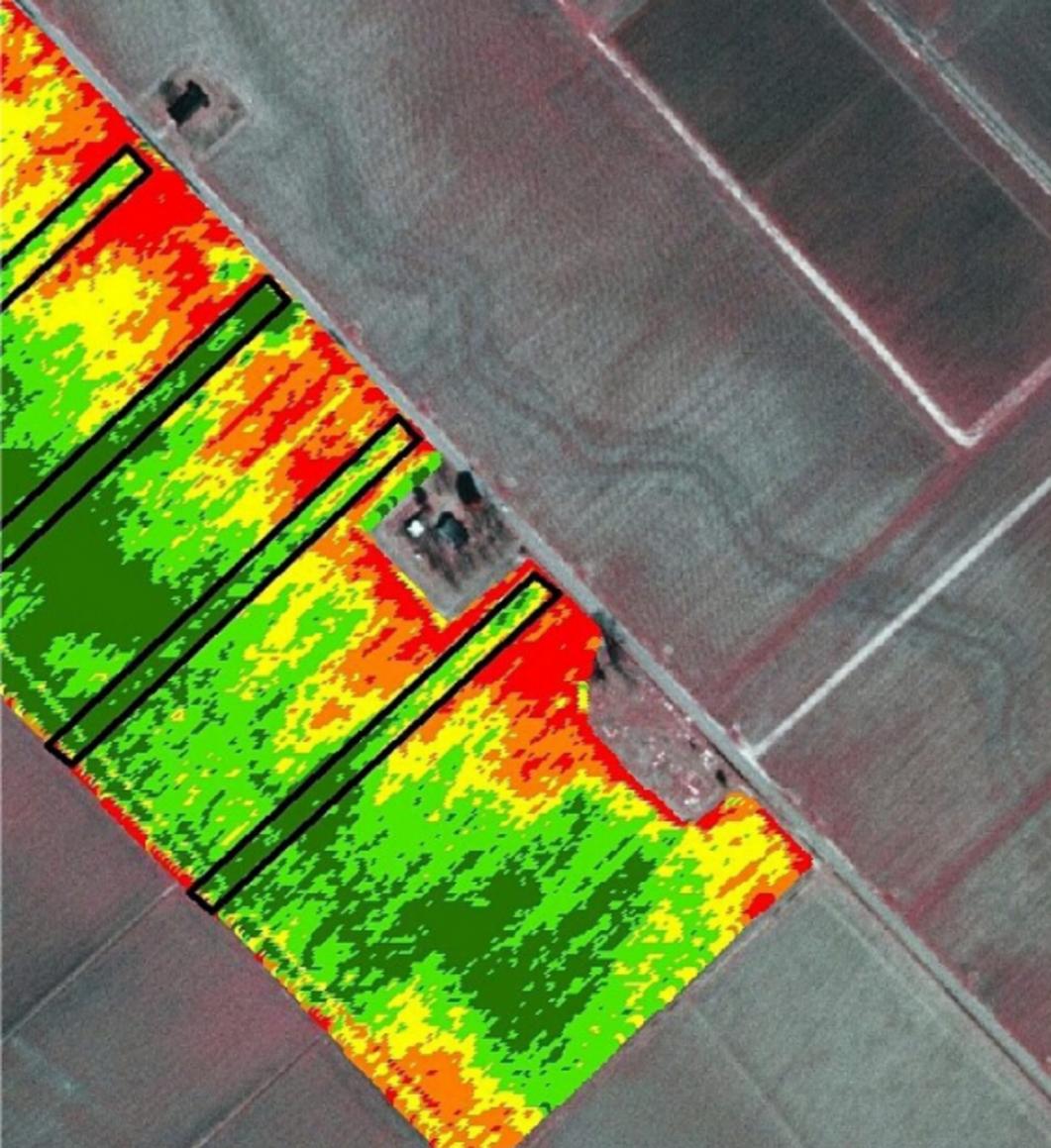


XAVIER REBOUD
Directeur de recherche à l'Inra

On a les preuves qu'il est possible d'éviter la prolifération de mauvaises herbes sans glyphosate



INVESTINHOLLAND - GETTY IMAGES - P. ALLARD/REA - DR



2 L'agriculture numérique pour les finitions

Grâce à une cartographie précise des mauvaises herbes au sein des parcelles, des robots autonomes sillonnent les champs pour désherber uniquement les zones récalcitrantes (ci-dessus et ci-contre).

“Le travail du sol est une des solutions possibles, reconnaît Xavier Reboud, mais elle n’est heureusement pas la seule. Les changements de l’agriculture française au cours des dernières décennies ne permettent pas d’envisager un retour à ‘avant’ : ils obligent à construire un ‘après’ différent.”

Les agronomes de l’Inra prônent en fait une transformation beaucoup plus radicale du travail des champs. Une véritable révolution agricole.

Selon eux, l’agriculture “post-glyphosate” devrait substituer aux méthodes curatives, comme les traitements herbicides ou le labour systématique, une stratégie préventive, qui maintient les champs “en bonne santé” tout en prévenant l’arrivée des plantes indésirables.

DES TESTS PROBANTS

Concrètement, cette “agro-écologie” consiste à cultiver des couverts végétaux, en amont, ou de concert avec les cultures,

qui poussent rapidement et étouffent toute compétition – comme la luzerne ou le pois pour les grandes cultures, ou le trèfle fraise pour la vigne. Et, pour les grandes cultures, à multiplier les rotations sur une même parcelle, en diversifiant périodes et techniques de semis.

Voilà plus de cinq ans que le projet Res0Pest, à l’Inra de Dijon, évalue à l’échelle nationale ces stratégies sans pesticide. *“C’est une contrainte très forte, mais les résultats*

se révèlent très encourageants”, se réjouit Vincent Cellier, son responsable.

Plusieurs études similaires, menées dans d’autres instituts techniques agricoles, démontrent l’efficacité de cette agro-écologie. L’Inra a par ailleurs développé un logiciel baptisé FlorSys qui aide les exploitants à identifier la meilleure stratégie à adopter pour lutter contre les mauvaises herbes selon les cultures, le sol, le climat... Mais le déploiement rapide de ces



→ stratégies à l'échelle nationale est compliqué. *“À la différence des herbicides, il n’y a pas de solution clé en main, mais plutôt un ensemble de tactiques dont le choix dépend des conditions locales”*, reconnaît Xavier Reboud.

Sans compter que la réorganisation profonde du système de production agricole a un coût: *“Il faut compter en moyenne 80 €*

de l'équipe de recherche en robotique agricole à l'Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture (Irstea). *“Un grand groupe d'assurance vient d'ailleurs de proposer les premiers contrats pour les robots agricoles.”*

Dino, Oz, Ecorobotix, Robocrop... Quel que soit leur petit nom, ces machines s'appuient sur une

Autres avantages: ces robots, plus légers que les tracteurs, évitent le tassement des sols, fonctionnent à l'électricité (pas de rejet direct de CO₂, donc), et leur prix demeure dans la gamme de ceux des équipements standards.

Delphine Bouttet, ingénieure agronome chez Arvalis – l'institut technique agricole créé et géré par les producteurs – y voit le



DELPHINE BOUTTET
Ingénieure agronome chez Arvalis

Nous évaluons plusieurs robots depuis plus d'un an et des solutions se montrent prometteuses pour les grandes cultures

Pourquoi ne pas utiliser un autre herbicide ?

Xavier Reboud, spécialiste des mauvaises herbes à l'Inra, l'affirme: *“Il n’y aura aucun herbicide de remplacement. Le glyphosate est le seul à présenter la double caractéristique de pouvoir tuer toute la plante, des tiges aux racines, et d’être efficace chez tous les végétaux.”* Même les alternatives de “biocontrôle” ou “bioherbicide” sont loin d’être aussi efficaces et sans risques: *“Leur origine naturelle ne garantit en rien leur innocuité. Ces substances sont ainsi soumises au même processus d’homologation que les herbicides de synthèse”*, souligne Christian Mougin, spécialiste de l'écotoxicologie des pesticides à l'Inra de Versailles-Grignon. Personne n'imagine qu'un remplaçant sera prêt à temps.

de plus par hectare, et jusqu'à 200 à 400 € en cas d'imprévu, notamment météorologiques”, évalue l'agronome. Une augmentation surtout due à la nécessité de multiplier les interventions pour sarcler, biner ou gratter les mauvaises herbes résiduelles.

C'est là que doit intervenir la seconde révolution de l'ère post-glyphosate: les robots désherbeurs. *“Les maraîchers ont déjà franchi le pas, ainsi que certaines fermes en agriculture biologique”*, décrit Roland Lenain, responsable

géolocalisation au centimètre près des rangs de cultures, sur des caméras haute résolution, sur des algorithmes de reconnaissance “faciale” qui détectent le profil des mauvaises herbes, et enfin sur des bras mécaniques qui suppriment les intrus ou leur administrent un herbicide de manière ciblée. *“L'usage de traitements sélectifs, moins efficaces que le glyphosate et nécessitant parfois plusieurs passages sur la même plante, est facilité par ces robots”*, explique Roland Lenain.

moyen de combiner réduction de main-d'œuvre et désherbage plus efficace: *“Nous évaluons plusieurs robots depuis plus d'un an et des solutions déjà commercialisées se montrent très prometteuses pour les grandes cultures.”*

L'AVENIR D'UNE FILIÈRE

Mais ces robots seront-ils prêts à être déployés avant l'interdiction du glyphosate? L'autonomie de leur batterie électrique ne leur permet pas encore de travailler à grande échelle. En la matière, l'utilisation

de panneaux solaires est encore à l'étude. Décidément, le délai semble bien serré pour une telle révolution... Sans compter que si les solutions techniques existent, les agriculteurs, eux, auront besoin d'être accompagnés dans la démarche.

Le gouvernement va-t-il confirmer une interdiction du glyphosate dès 2021? Si oui, comment réorganiser en si peu de temps l'ensemble de la filière? Qu'advient-il de la concurrence avec nos voisins européens, qui auront toujours le droit, eux, de répandre l'herbicide, avec ses avantages agricoles mais aussi ses potentiels méfaits sur la santé? En attendant, une chose paraît certaine: la perspective du post-glyphosate promet de bouleverser le visage de nos campagnes.

N° 88

Éclater des kilomètres de papier bulle

#TheSwiftList



SUZUKI

Way of Life!



NOUVELLE SUZUKI SWIFT : Et vous, que feriez-vous ?

La Nouvelle Swift donne vie à tous vos rêves les plus fous. Faites votre liste ! Allez plus loin avec sa **technologie hybride SHVS⁽¹⁾**, explorez de nouveaux univers avec son **système AllGrip Auto**, et soyez en phase avec le monde grâce à sa connectivité dernière génération.

Avec une gamme à partir de 11 190 €⁽²⁾, c'est à vous de jouer.

Retrouvez d'autres expériences Swift et réservez votre essai sur www.suzuki.fr/NouvelleSwift

Équipements selon version. (1) Smart Hybrid Véhicule by Suzuki. (2) Prix TTC de la nouvelle Swift 1.2 Dualjet Avantage, hors peinture métallisée, après déduction d'une remise de 2 200 € offerte par votre concessionnaire. Offre réservée aux particuliers valable pour tout achat d'une nouvelle Swift neuve du 01/01/2018 au 28/02/2018, en France métropolitaine dans la limite des stocks disponibles, chez les concessionnaires participants.

Modèle présenté : Nouvelle Suzuki Swift 1.2 Dualjet Hybride SHVS Pack : **15 040 €**, remise de 1 800 € déduite + peinture métallisée : **530 €**.

Tarifs TTC clés en main au 08/01/2018. Consommations mixtes CEE gamme nouvelle Swift (l/100 km) : 4,0 - 5,0. Emissions CO₂ (g/km) : 90 - 114. *Un style de vie !

Garantie 3 ans ou 100 000 km au 1^{er} terme échu.



Depuis 1970, l'espérance de vie a gagné plus de 10 ans

1

Japon

La plus forte espérance de vie

Elle est de 83,9 ans (moyenne OCDE : 80,6 ans). Le Japon est suivi par l'Espagne et la Suisse (83 ans). La Lettonie a l'espérance de vie la plus faible (74,6 ans), suivie par le Mexique (75 ans); mais l'Afrique du Sud, pays partenaire, n'est qu'à 57,4 ans. La France (82,4 ans) est 7^e, à égalité avec le Luxembourg et la Norvège.

2

Turquie

La plus forte hausse

24 ans de plus, avec une moyenne de 78 ans. La Turquie est suivie de la Corée (+20 ans; 82,1 ans) et du Chili (+17 ans; 79,1 ans). Ces gains s'expliquent

notamment par "une croissance économique rapide". La France n'a bondi "que" de 10 ans.

3

États-Unis

En dessous de la moyenne

C'est un cas à part, avec 2 ans de moins que la moyenne (78,8 ans). En cause : l'obésité, les accidents de la route, les homicides, les inégalités de revenus... Pourtant, les dépenses de santé y sont les plus élevées : 8 348 € par habitant et par an (3 376 € en moyenne).

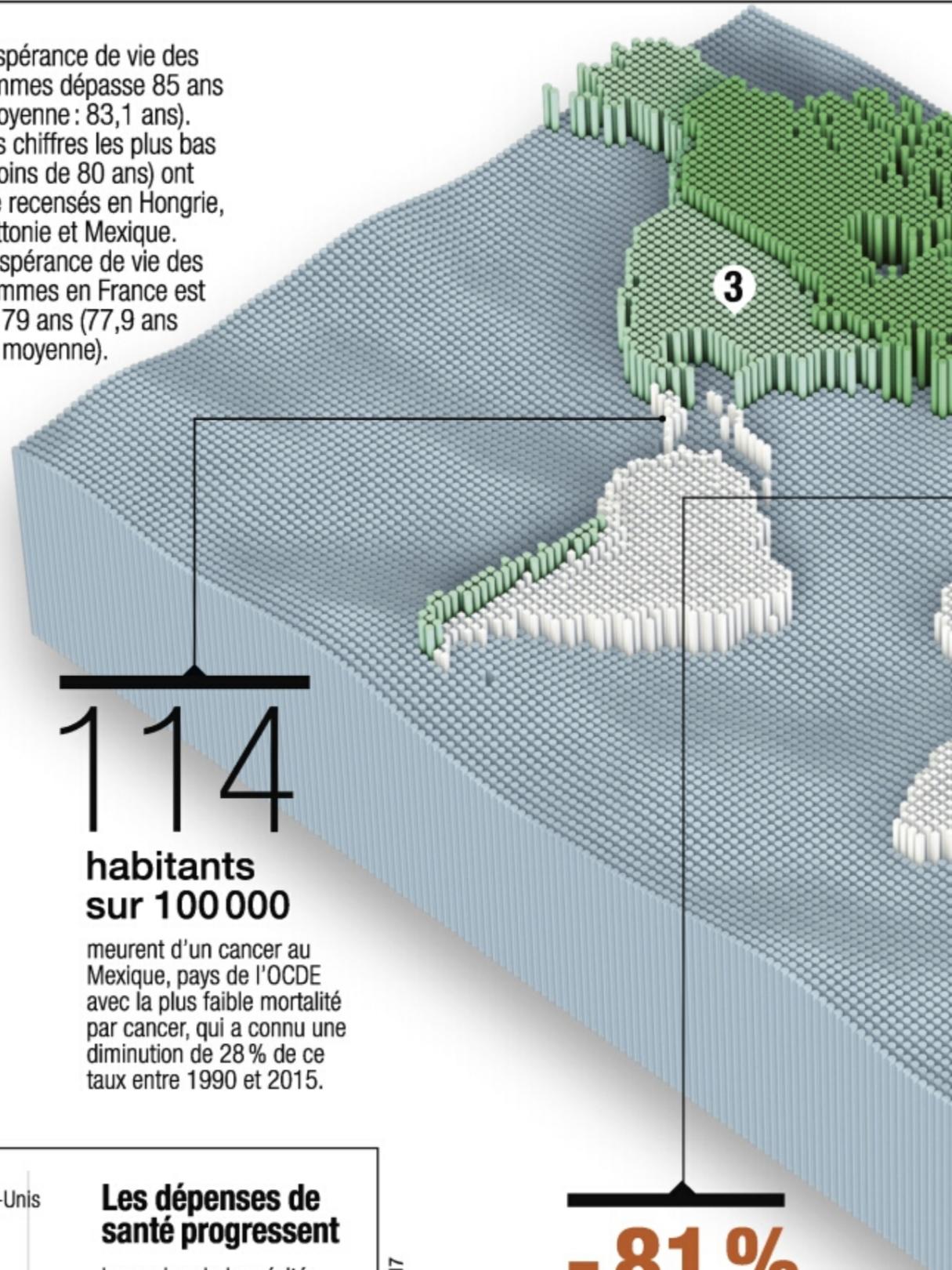
4

France

De bons résultats pour les femmes

Avec le Japon, l'Espagne, la Corée et la Suisse, l'Hexagone est l'un des cinq pays où

l'espérance de vie des femmes dépasse 85 ans (moyenne : 83,1 ans). Les chiffres les plus bas (moins de 80 ans) ont été recensés en Hongrie, Lettonie et Mexique. L'espérance de vie des hommes en France est de 79 ans (77,9 ans en moyenne).



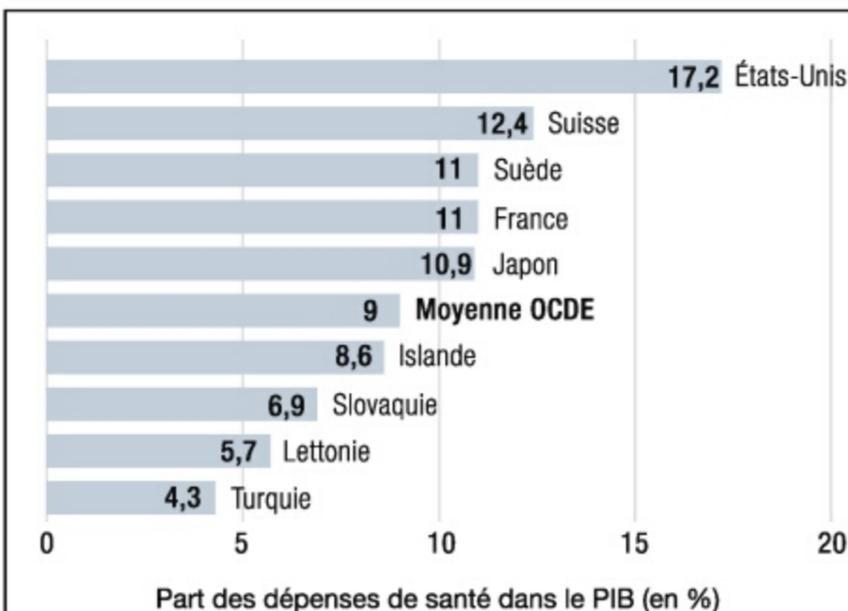
114
habitants
sur 100 000

meurent d'un cancer au Mexique, pays de l'OCDE avec la plus faible mortalité par cancer, qui a connu une diminution de 28 % de ce taux entre 1990 et 2015.

-81%

C'est le taux de recul de la mortalité par maladie coronarienne entre 1990 et 2015 au Danemark, où a été enregistrée la plus forte baisse dans ce domaine.

Source : OCDE, Panorama de la santé 2017



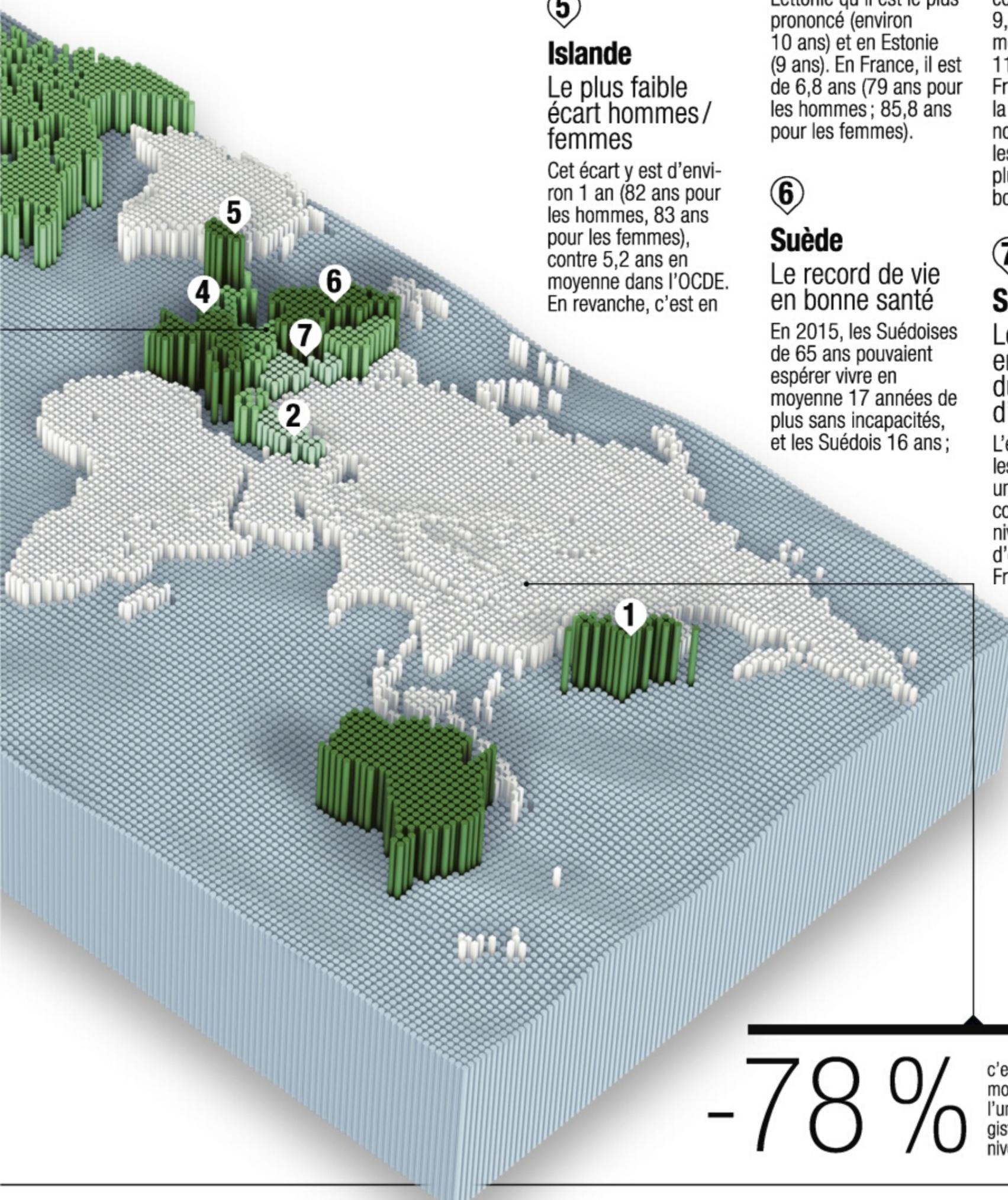
Les dépenses de santé progressent

Les gains de longévité sont liés à une hausse des dépenses de santé (+12,5% en moyenne entre 2006 et 2016). Mais comptent aussi d'autres facteurs, comme des modes de vie plus sains... D'où une moindre progression de l'espérance de vie enregistrée aux États-Unis.

G.CIRADE

L'espérance de vie atteint aujourd'hui 80,6 ans en moyenne dans les 35 pays de l'OCDE. Soit 10 ans de plus qu'il y a 45 ans ! Des modes de vie plus sains, des revenus plus élevés et de meilleurs niveaux d'instruction expliquent cette hausse globale. Mais il existe de fortes disparités selon les pays, les sexes et l'éducation.

PAR **KHEIRA BETTAYEB**



5
Islande
Le plus faible écart hommes / femmes
Cet écart y est d'environ 1 an (82 ans pour les hommes, 83 ans pour les femmes), contre 5,2 ans en moyenne dans l'OCDE. En revanche, c'est en

Lettonie qu'il est le plus prononcé (environ 10 ans) et en Estonie (9 ans). En France, il est de 6,8 ans (79 ans pour les hommes ; 85,8 ans pour les femmes).

contre respectivement 9,3 et 9,4 ans en moyenne, et environ 11 ans et 10 ans en France. À l'exception de la Finlande, les pays nordiques sont ceux où les habitants vivent le plus longtemps en bonne santé.

6
Suède
Le record de vie en bonne santé
En 2015, les Suédoises de 65 ans pouvaient espérer vivre en moyenne 17 années de plus sans incapacités, et les Suédois 16 ans ;

7
Slovaquie
Le record d'écart en fonction du niveau d'instruction
L'écart à 30 ans entre les hommes ayant suivi un enseignement post-collège et ceux avec un niveau inférieur est d'environ 14,5 ans. En France, il est de 4 ans.

ESPÉRANCE DE VIE À LA NAISSANCE DANS LES PAYS DE L'OCDE EN 2015 (MOYENNE HOMMES ET FEMMES)

- de 74,6 à 79,1 ans
- de 80,7 à 82,1 ans
- de 82,3 à 84 ans
- Non renseigné (pays hors OCDE)

-78% c'est le taux de recul de la mortalité infantile en Chine, l'un des pays à avoir enregistré une forte baisse à ce niveau entre 1990 et 2015.

L'intelligence artificielle relève aussi le défi du suicide

Chaque année en France, près de 10 000 personnes se suicident. C'est deux à trois fois plus que de morts sur la route! Même si les difficultés sociales interviennent dans beaucoup de suicides, nombre de personnes qui traversent des situations problématiques ne mettent pas pour autant fin à leurs jours. Avoir des pensées suicidaires ne signifie pas non plus forcément de passer à l'acte. Au-delà des chiffres, les raisons profondes qui poussent un individu à se "tuer lui-même" posent question.

Alors que la plupart des maladies sont précédées de signes avant-coureurs qui permettent de les diagnostiquer à temps, la recherche médicale tente de

puis longtemps d'anticiper le passage à l'acte. Las, les psychiatres l'avouent, pour prévenir le suicide, ils continuent de rester dans le flou. Près de 80 % des personnes qui finissent par attenter à leur vie... nient en avoir eu l'intention lors de leur dernière consultation avec un psy.

ANTICIPER L'ÉTAT MENTAL

Il existe désormais d'autres moyens d'investigation. En avril 2015, nous faisons déjà état de recherches sur des marqueurs (taux spécifiques de certaines molécules inflammatoires et de sérotonine) dans le cerveau de personnes mortes par suicide (lire *S&V* n° 1171). Une piste qui se poursuit.

Mais aujourd'hui, c'est l'utilisation de l'intelligence artificielle (IA) qui vient ouvrir des perspectives totalement inédites. Qu'on en juge: en sondant



l'esprit humain, des programmes informatiques parviennent à repérer ce qui échappe aux proches, aux médecins et parfois même à la personne

concernée: les "véritables" intentions suicidaires.

Direction l'université Carnegie Mellon (Pittsburgh, États-Unis), où Marcel Just et son équipe travaillent sur cette nouvelle approche, en s'appuyant sur l'imagerie cérébrale. Leur pari? Créer des algorithmes "intelligents", capables d'identifier d'eux-mêmes, par autoapprentissage, les frontières successives permettant de classer différents états mentaux – "suicidaires", "déjà passé à l'acte", "non suicidaires" – en fonction de zones activées dans le cer-

NINI LA CAILLE - M.A. JUST ET AL.

200 000

hospitalisations par an pour tentative de suicide en France

Tout Français est confronté, sur une période de 40 ans, au décès par suicide de 1 à 3 de ses proches. Nous sommes l'un des pays les plus touchés d'Europe.

5,5 %

des Français âgés de 15 à 85 ans ont tenté de se suicider

7,6 % des femmes et 3,2 % des hommes ont été concernés au moins 1 fois par le suicide, 2^e cause de mortalité des 15-24 ans, après les accidents de la route.

45-54

c'est la tranche d'âge où l'on a le plus de pensées suicidaires

Environ 5 % de la population sont touchés, hommes et femmes confondus. Mais les 15-19 ans concentrent le plus de tentatives féminines (2 % chaque année).

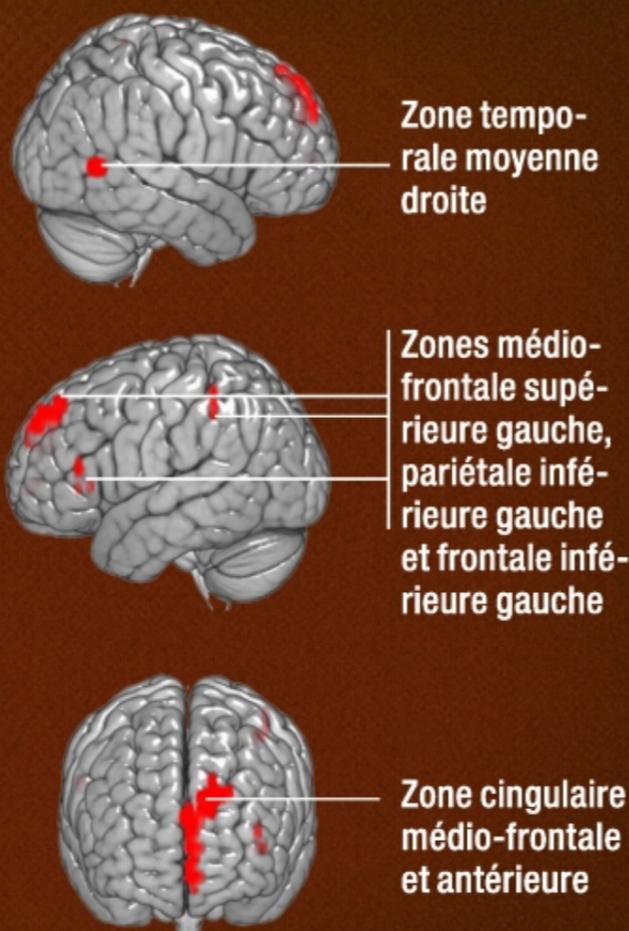
Comment prévenir le suicide, ce fléau des temps modernes ?

Des algorithmes intelligents, couplés à l'imagerie cérébrale et aux big data, ouvrent aujourd'hui une brèche inespérée : ils parviennent à décrypter les intentions suicidaires de patients avec un taux de réussite impressionnant. Des machines vont-elles alors jouer les psys ?

PAR EMMANUEL MONNIER

Cinq zones du cerveau s'activent différemment en cas d'idées suicidaires

Pour détecter les personnes suicidaires, l'intelligence artificielle a identifié des combinaisons particulières d'activation de 5 régions cérébrales, visibles en rouge sur ces trois vues de cerveau, qui se distinguent des profils observés dans la population "témoin". Autant de régions qui, selon les auteurs, sont associées à la perception de soi.



Elle s'est même montrée capable d'identifier, parmi les 17 patients suicidaires, les 9 qui ont déjà essayé de mettre fin à leurs jours : aux concepts de "mort" et "d'insouciance", ils éprouvent moins de tristesse, et moins de colère à l'évocation de "sans vie". Cela suffit-il à établir la fiche cérébrale des personnes potentiellement suicidaires ?

"L'intérêt de notre travail n'est pas seulement d'utiliser une intelligence artificielle, mais d'être capable de décrire le contenu mental d'un concept, les composantes d'une pensée et son altération lors d'un trouble psychiatrique. Cette technique qui identifie le contenu d'une pensée à partir de sa signature neuronale est vraiment nouvelle", s'enthousiasme Marcel Just.

Le peu de participants à cette étude interdit évidemment d'en tirer des conclusions, si ce n'est que la méthode a un vrai potentiel. Il n'empêche : *"C'est la première fois que l'on discrimine aussi bien parmi des sujets ceux qui ont des idées noires et ceux qui sont déjà passés à l'acte"*, reconnaît Jean-Luc Martinot, pédopsychiatre (directeur du laboratoire Imagerie en psychiatrie Inserm unité 1000).

veau. Ces neuropsychiatres misent sur les capacités incomparables de la machine à analyser des volumes importants de données (les fameuses "big data") et à y repérer, sans idée préconçue, des motifs caractéristiques, des corrélations, des liens. Bref, à mettre en lumière les idées noires qui échappent au regard humain.

En pratique, l'équipe a fait passer une IRM à 34 patients, dont 17 déclaraient avoir des idées de suicide. Pendant l'examen, tous devaient réagir à différents concepts, représentés par

des mots comme "mort", "cruauté", "problème", mais aussi "insouciance", "bien", "éloge". Mots qui, sous forme écrite, leur étaient présentés pendant 3 secondes.

La lecture de ces termes émotionnellement connotés s'est traduite par des activations cérébrales spécifiques des affects et de la représentation de soi. Au fil des patients, l'intelligence artificielle a ainsi repéré cinq régions cérébrales, associées à ces fonctions supérieures qui s'activent différemment selon

que l'individu a des pensées suicidaires ou non.

Chez les personnes suicidaires, le concept de "mort" évoque davantage de honte, celui de "problèmes", davantage de tristesse et moins de colère, celui "d'insouciance", moins de fierté...

UNE RÉUSSITE À 91 %

L'expérience a permis de reconnaître parmi les volontaires ceux qui présentaient de véritables pensées suicidaires et ceux qui n'en nourrissaient pas avec un taux de réussite de... 91 % !

→ Cependant, tout le monde n'a pas une IRM sous la main pour sonder l'esprit des personnes potentiellement suicidaires. D'autres spécialistes misent donc sur le décryptage par l'IA des enregistrements sonores réalisés lors de consultations médicales.

C'est le cas dans une expérience publiée début 2017. Pilotée par l'Hôpital des enfants de Cincinnati (États-Unis), elle a réuni près de 400 patients qui ont tous répondu à 5 questions semi-ouvertes: "Avez-vous de l'espoir?", "Ressez-vous de la peur?", "Avez-vous des secrets?", "Êtes-vous en colère?", "Avez-vous mal émotionnellement?". Certains participants étaient hospitalisés pour des idées suicidaires, d'autres pour un trouble mental différent, d'autres enfin pour des motifs sans lien avec la psychiatrie (pour un

bras cassé, par exemple). Un logiciel a analysé les enregistrements de ces entretiens, en particulier les marques sonores, comme les pauses, les soupirs, etc., afin de repérer les données pertinentes.

Verdict: la machine parvient déjà à "diagnostiquer" correctement 85 % des patients. Et ce genre d'IA peut continuer d'apprendre à toute vitesse si on la nourrit de données!

"En psychiatrie, ce mouvement du 'machine learning', comme on appelle ces algorithmes 'intelligents' qui progressent par autoapprentissage, s'accélère clairement depuis cinq ans", observe Pascal Zille, ingénieur spécialisé du sujet. Et on ne cesse de les perfectionner. Il y a quelques années, en effet, les chercheurs pensaient que l'intelligence artificielle allait indiquer, parmi une montagne de



PASCAL ZILLE

Ingénieur spécialisé en *machine learning* appliqué à l'analyse d'images (Inserm unité 1 000)

En psychiatrie, le mouvement du 'machine learning' s'accélère clairement depuis cinq ans

données, celles qui sont utiles. Les experts en *machine learning* ont, depuis, réalisé qu'on ne pouvait pas laisser une machine se débrouiller avec un fatras de données mal dégrossies.

DES QUESTIONS RESTENT

"Si vous n'avez pas de bonnes données, vous pouvez utiliser le modèle que vous voulez, ça ne marchera pas", explique Pascal Zille. Car rajouter des mesures introduit davantage de "bruit", des informations inutiles susceptibles de masquer celles qui sont pertinentes.

Par exemple, les grandes études, nécessaires pour obtenir des résultats reproductibles, rassemblent souvent des données prises dans divers hôpitaux, selon des protocoles différents. *"Beaucoup de facteurs peuvent avoir un impact sur la qualité des données, et si l'on n'en tient pas compte, le machine learning ne donnera rien",* insiste Pascal Zille. La machine, enfin, n'analyse que les données fournies. C'est-à-dire qu'elle ne devine jamais celles qui manquent. *"On a donc besoin de chercheurs qui connaissent bien leurs*

mesures et qui sont capables de faire entrer dans la machine celles qui ont un sens", conclut Jean-Luc Martinot.

Pourra-t-on alors se reposer sur le diagnostic d'une machine? En médecine, il est impossible de se fier à une "boîte noire" dont ne sait comment elle aboutit aux bons résultats. Car nul n' imagine qu'un médecin laissera sans suivi une personne déclarée comme non suicidaire par une machine, sans avoir compris le raisonnement que cette dernière a utilisé.

Une chose est sûre, l'accélération des recherches laisse néanmoins penser que la mise au point de nouveaux examens pour prévenir le suicide est à portée de main. Mais quel que soit l'outil final, le principe même d'identifier une signature neuronale du suicide pose de nouvelles questions. Ne s'agit-il pas là d'une profonde atteinte à la liberté de pouvoir envisager, à sa guise et en secret, sa propre mort? Pouvons-nous tolérer cette intrusion de l'IA dans nos pensées les plus sombres? Et l'IA saura-t-elle révéler un état que le patient lui-même ignore? ☞

Facebook, un ami qui vous veut du bien ?

En novembre 2017, le fondateur de Facebook annonçait vouloir développer, dans plusieurs pays (hors Europe), son logiciel de reconnaissance des tendances suicidaires qui analyse publications, commentaires et vidéos des utilisateurs du réseau social. S'il repère des expressions trahissant une intention suicidaire, le logiciel alerte alors des employés de Facebook spécialisés et propose une aide concrète à l'utilisateur ou à ses amis, tel un numéro d'assistance téléphonique. L'outil est-il réellement efficace? La quantité phénoménale de données collectées par Facebook est un vrai atout. Reste une question clé: peut-on s'introduire ainsi dans mes discussions intimes pour me protéger contre moi-même?

UNE DES PLUS GRANDES
FEMMES DE L'HISTOIRE

tiff. toronto
international
film festival

kmbo présente

karolina gruszka arieh worthalter charles berling

MARIE CURIE

un film de marie noëlle

P'ARTISAN FILM PRÉSENTE EN COPRODUCTION AVEC POKROMSKI STUDIO GLORY FILM SCHUBERT INTERNATIONAL PERATHON FILM SCHUBERT MUSIC FIVE OFFICE SEPIA PRODUCTION
BAYERISCHE RUNDfunk "MARIE CURIE" AVEC KAROLINA GRUSZKA ARIEH WORTHALTER CHARLES BERLING ANDRÉ WILMS SAMUEL FINZI IZA KUNA MALIK ZIDI MARIE DENARNAUD
ET DANIEL OLBRYCHSKI SABIN TAMBREA SCÉNARIO DE MARIE NOËLLE ANDREA STOLL DIRECTEUR DE LA PHOTOGRAPHIE MICHAL ENGLERT CHEF DÉCORATEUR EDUARD KRAJEWSKI MAQUILLEUR WALDEMAR
POKROMSKI MUSIQUE DE BRUNO COULAIS PRODUCTEUR EXÉCUTIF RALF ZIMMERMANN MIKOLAJ POKROMSKI PRODUIT ET RÉALISÉ PAR MARIE NOËLLE

FFF Bayern

FFA

EUROPEAN FILM BOARD

medienboard

MEDIA

UNION

UNE COPRODUCTION FRANCO-GERMANO-POLONAISE © 2018 P'ARTISAN FILM POKROMSKI STUDIO GLORY FILM
SCHUBERT INTERNATIONAL PERATHON SEPIA PRODUCTION

POKROMSKI STUDIO

GLORY FILM

SEPIA

FILM

BR

KMBO

AU CINÉMA LE 24 JANVIER

madmoiZelle

folio
vous lirez loin

téva

SCIENCE & VIE

Femme
Actuelle

INSTITUT
POLONAIS
PARIS

FEMMES & SCIENCES
ASSOCIATION

UNION

MEDIA
EUROPE LOVES CINEMA

kmbo

Et la Corée du Nord devint une puissance nucléaire...

1 | Ce type de missile peut porter une charge nucléaire

Les dimensions de l'engin (environ 16 m de long pour 1,50 m de large) et sa poussée, visiblement proche des 45 tonnes, en font un vecteur crédible de bombe atomique. Le 3 septembre dernier, la Corée du Nord procédait à un essai nucléaire d'une puissance évaluée à 250 kilotonnes de TNT, soit 17 fois Hiroshima. Les analyses ne permettent pas encore de dire s'il s'agit d'une bombe à fission "dopée" ou d'une bombe à fusion ("bombe H"). Une chose est sûre : Kim Jong-un dispose d'une arme de destruction massive.

2 | Un nuage de fumée qui en dit long

Ces épaisses volutes orange sont un indice d'utilisation de carburant liquide. Selon les experts, le système de propulsion de ce missile à portée intermédiaire Hwasong-12 semble avoir été adapté des moteurs soviétiques RD-250.

3 | Le planisphère sur la table sert à faire passer un message: les missiles nord-coréens menacent toute la planète

Portée théorique de l'arsenal



AFP PHOTO/KCNA VIA KNS - AFP PHOTO/CNES/AIRBUS

Mardi 29 août 2017 : le régime nord-coréen teste son missile Hwasong-12, capable d'atteindre l'île américaine de Guam.

Kim Jong-un supervise le lancement, devant les objectifs des photographes de l'agence de presse officielle KCNA. Quels renseignements recèle cette image de propagande ? Décryptage.

PAR VINCENT NOUYRIGAT

4

Le choix d'une piste d'aéroport n'est pas anodin

Le test se déroule pour la première fois sur le tarmac de l'aéroport international de Pyongyang : une manière d'affirmer que la Corée du Nord est capable de lancer ses missiles depuis n'importe quel point de son territoire – civil ou militaire.

5

Un leader qui occupe le devant de la scène

Le maître aux manettes : c'est lui et personne d'autre. Ce qui renforce l'idée d'un homme mégalomane, voire fou... Sauf que Kim Jong-un agit tout à fait rationnellement. Pour rendre crédible sa capacité de dissuasion nucléaire, il a accéléré le développement de son programme balistique et procédé à des essais dans des conditions proches du réel... Quitte à essayer quelques échecs techniques. Une stratégie très cohérente : depuis fin 2017, tout le territoire américain est à sa portée.

L'étrange affaire... du nuage radioactif au-dessus de l'Europe



Rappel des faits

La présence de ruthénium 106 a été détectée en octobre dernier dans l'atmosphère de plusieurs pays européens. Sans que l'on comprenne l'origine de cette pollution radioactive.

Tout commence le 3 octobre 2017. Ce jour-là, les autorités autrichiennes, norvégiennes et suisses annoncent avoir détecté des traces de ruthénium 106 dans leur atmosphère. Durant les jours qui suivent, les communiqués des agences européennes se succèdent... L'isotope radioactif est partout – y compris en France !

“REJET NON MAÎTRISÉ”

Or, la présence de cet isotope dans l'air est totalement anormale : il s'agit d'un élément artificiel qui ne peut être produit que par une réaction de fission nucléaire.

Certes, les niveaux décelés sont si faibles qu'ils ne présentent aucun risque sanitaire. Il n'empêche : quelque chose de grave s'est forcément passé quelque part – “un rejet non maîtrisé”, dit-on pudiquement. Mais quoi ? Et où ?

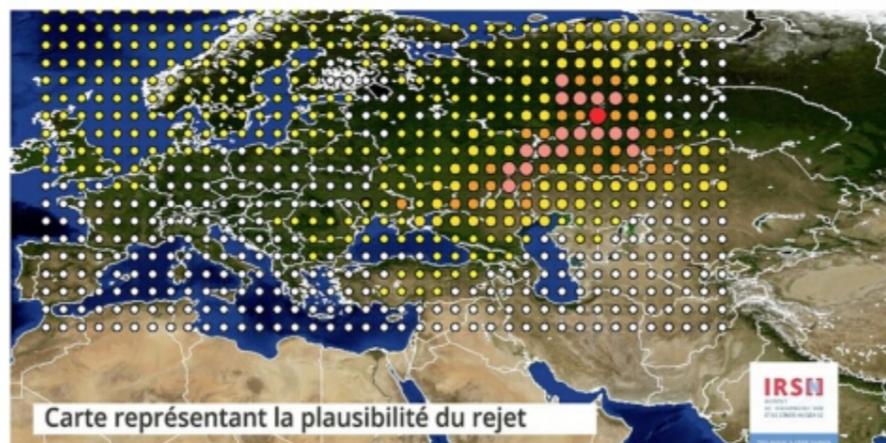
Aucun pays n'a fait état d'un quelconque problème à l'Agence internationale de l'énergie atomique ; et cette dernière n'a pas

de mandat pour envoyer d'autorité ses experts sur un territoire. Il faut donc enquêter à distance.

L'hypothèse d'un accident de réacteur est immédiatement écartée. “Nous aurions repéré toute une gamme d'autres radioéléments dans l'atmosphère”, explique Jean-Marc Péres, en charge du pôle Santé et environnement de l'Institut de radioprotection et

une panne du système de refroidissement. “La solution chimique monterait alors en température ; or, le ruthénium 106 est très volatil : il commence à s'évaporer dès 80 °C”, argumente l'expert français.

Les ingénieurs de l'IRSN tentent donc de localiser la source de la pollution en reconstituant la trajectoire du panache radioactif à partir des mouvements de



^ L'IRSN a publié le 9 novembre les résultats de ses simulations : la source de la pollution (en rouge) se trouverait au sud de l'Oural.

de sûreté nucléaire (IRSN). Autre piste ? Le ruthénium est employé à des fins médicales en curiethérapie, pour le traitement local de certains cancers. Une de ces unités de fabrication a peut-être connu une avarie...

Le plus probable serait un problème dans une usine de retraitement du combustible irradié, comme

masses d'air et d'environ 400 mesures de ruthénium effectuées dans 28 pays. Verdict : le nuage aurait été émis dans la dernière semaine de septembre, très probablement dans une zone située entre la Volga et l'Oural. Tous les regards se tournent alors vers le site russe de Mayak, siège d'un tragique accident nucléaire

survenu en 1957 et longtemps resté secret. Problème : “les responsables de la sûreté nucléaire russe affirment qu'ils n'ont détecté aucun problème sur leurs installations”, raconte Jean-Marc Péres.

Oui, mais... le 20 novembre, la très respectable agence russe de météorologie Roshydromet annonce, elle, avoir détecté des taux de ruthénium plusieurs centaines de fois supérieurs à la normale sur deux capteurs situés à environ 30 km de Mayak.

Sauf que... “ces niveaux restent malgré tout faibles et même plusieurs fois inférieurs à ceux relevés en Roumanie”, nous fait savoir un responsable de l'agence de sûreté russe Rosatom. “On aurait dû voir à cet endroit des concentrations beaucoup

plus élevées, confirme Jean-Christophe Gariel, de l'IRSN. Soit le vent soufflait ce jour-là dans la direction inverse de celle du capteur, soit la source ne se trouve pas là...

Le Kazakhstan tout proche ferait aussi un coupable idéal, mais les responsables nient tout incident. Sous la pression médiatique, Rosatom a finalement lancé fin novembre une commission d'enquête.

Dissimulation ? Irresponsabilité ? Ou simple incapacité à détecter le problème – ce qui paraît difficile à croire, au vu des 100 000 à 300 000 milliards de becquerels rejetés durant l'événement. "Ce qui correspond à un accident nucléaire important, relève Jean-Marc Péres. S'il s'était produit sur notre territoire, cela aurait justifié la mise à l'abri ou l'évacuation des populations dans un rayon de plusieurs kilomètres..."

Il ne subsiste aujourd'hui plus aucune trace de ruthénium 106 dans l'atmosphère européenne. L'accident, quel qu'il soit, a donc pris fin. Mais, au moment où nous écrivons ces lignes, le mystère du nuage de ruthénium reste entier. **V.N.**

#C'ESTDIT!

#C'ESTDIT!



Nouveaux anticancéreux : le prix fort pour rien... ou presque !

Comment a-t-on pu en arriver là ? Entre 2009 et 2013, l'Agence européenne du médicament a approuvé la mise sur le marché de 48 nouveaux traitements anticancéreux, dont le Degarexil (contre le cancer de la prostate) ou le Cétuximab (contre certains cancers colorectaux métastatiques). Dans la foulée, la France a autorisé la commercialisation de la majorité d'entre eux (46 produits sur 48). Certains coûtent des milliers d'euros et sont remboursés à 100 % par la Sécurité sociale. Le moins que l'on puisse attendre de ces médicaments, c'est que tous apportent un véritable bénéfice aux malades. Or c'est loin d'être le cas ! Des chercheurs du King's College de Londres et de la London School of Economics ont étudié les données présentées pour la commercialisation et celles disponibles après au moins trois

années d'utilisation par les médecins. Leurs conclusions sont sidérantes : sur 68 indications de ces médicaments (certains peuvent être utilisés dans différentes situations), seules 35 indications (soit 51 %) sont associées à une amélioration de la survie ou de la qualité de vie des patients par rapport aux traitements existants. Et encore, sur les 23 situations médicales où ces médicaments ont été présentés comme capables d'améliorer la survie des personnes, à peine onze correspondaient à des résultats "cliniquement significatifs" ! Alors que la France veut rationaliser les dépenses de santé, comment expliquer un tel gaspillage ? L'Agence européenne du médicament se dit ouverte à tout "nouveau débat" sur les preuves étayant les médicaments anticancéreux. Clairement, il y a urgence ! **H.R.**

IRSN - S. AQUINO - M. KONTENTE

La vérité sur les nouvelles drogues psychoactives

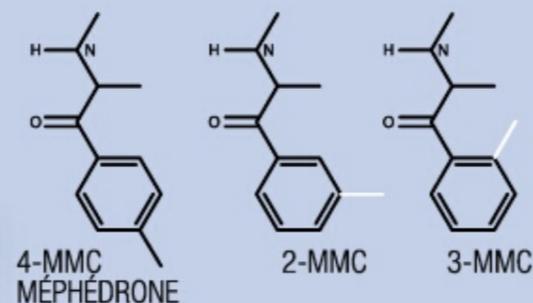
Actes de cannibalisme, épidémies de zombies, morts subites : les faits divers ou les folles rumeurs se multiplient autour des nouvelles substances psychoactives apparues ces dernières années sur le marché de la drogue. Décryptage en cinq points d'un phénomène inquiétant.

PAR VINCENT NOUYRIGAT



1 Ces produits viennent de l'industrie pharmaceutique

Ces drogues ne proviennent pas de labos clandestins, mais de structures pharmaceutiques très officielles, implantées en Chine ou en Inde – jusqu'ici peu regardantes. Assistés par des logiciels, leurs chimistes inventent ou réinventent des psychoactifs.



En ajoutant une liaison chimique à une molécule de base ou en changeant sa configuration spatiale, les chimistes parviennent à créer de nouvelles drogues.

3 Internet accélère leur disponibilité sur le marché

Les fournisseurs profitent des réseaux anonymisés du "darknet" pour vendre leurs substances. Le flou juridique entourant ces molécules permet même de procéder sans trop de risque sur le web de surface, où ces produits sont vendus comme des "euphorisants légaux" ou au besoin subtilement conditionnés sous forme de poudre, papier buvard, comprimés, liquide et même spray nasal.

M.KONTENTE - D.KARMANN EPA/MAXPPP

A MB-FUBINACA, 25I-NBOMe, 3MMC... Derrière ces froides nomenclatures se cachent des molécules de synthèse censées imiter – voire enrichir – les effets stimulants, analgésiques ou hallucinogènes des drogues classiques “natu-

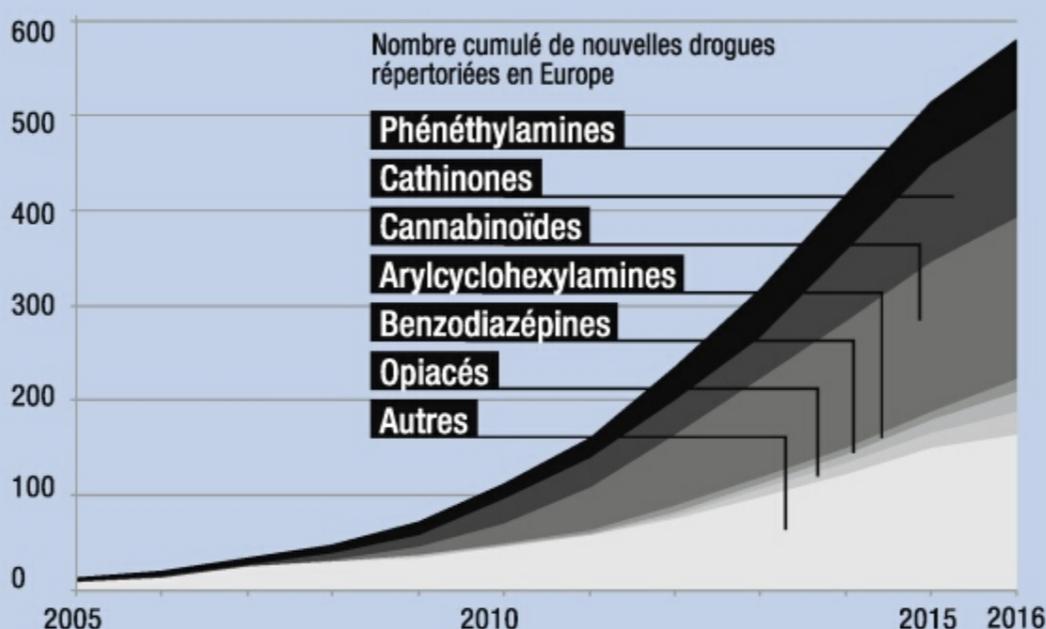
relles” : cannabis, cocaïne, héroïne... Ces nouvelles drogues font l’objet de rapports alarmants.

Leur intérêt? Outre l’effet de curiosité, ces substances sont souvent moins coûteuses, nettement plus pures et, surtout, leur commerce n’est pas interdit... Du moins, jusqu’à ce que

les autorités les identifient puis évaluent leur dangerosité. Ce qui leur laisse largement le temps de faire des ravages.

Cette consommation reste très confidentielle. Mais “le groupe de consommateurs s’élargit peu à peu, s’inquiète Rita Jorge, de l’Observatoire européen

des drogues. D’abord expérimentées par les connaisseurs, ces molécules sont désormais consommées dans des cadres récréatifs, d’automédication, au travail, et aussi par les drogués chroniques ou marginalisés, dont les prisonniers et les sans-abri”. Jusqu’à devenir les stupéfiants du futur?



2 Le nombre de substances psychoactives explose

Chaque semaine, au moins une nouvelle molécule psychoactive apparaît en Europe! Soit 568 drogues supplémentaires depuis 2005... Cet afflux massif a rendu totalement caduques les lourdes procédures d’analyse et d’interdiction des stupéfiants. La plupart des pays européens font aujourd’hui évoluer leur législation, en raisonnant par exemple par grandes familles chimiques plutôt que molécule par molécule.

4 Leur puissance est dévastatrice

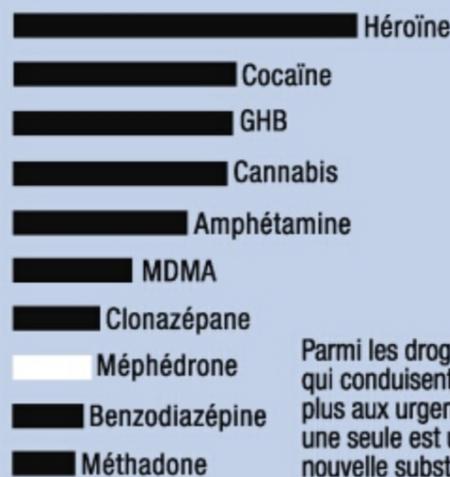
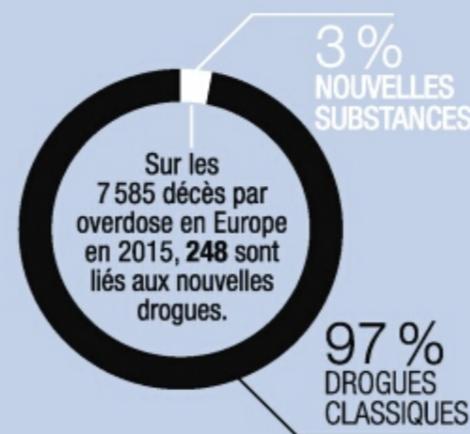
Le principe actif de certaines molécules fait frémir. Le cannabinoïde AMB-FUBINACA produit ses premiers effets à des doses 85 fois inférieures à celles du THC du cannabis. Quant au carfentanyl, il s’avère 5 000 fois plus puissant que l’héroïne : 0,2 mg peut conduire à l’overdose! Au risque même d’intoxiquer les douaniers...

1 dose de 1 g = 5 kg
DE CARFENTANYL D’HÉROÏNE

5 000 fois plus puissant

5 Leurs conséquences sanitaires sont encore mal connues

Ces nouvelles substances produisent relativement peu d’overdoses mortelles en Europe; le chiffre est comparable aux décès par listériose. Les propriétés toxicologiques de ces innombrables molécules, à court et long termes, sont encore très mal connues. Mais les quelques études existantes et l’analyse des cas cliniques laissent peu de doute sur leur capacité, par exemple, à déclencher une intoxication aiguë, ou de provoquer des bouffées de violence extrême – laissant libre cours à toutes sortes de rumeurs.



Source: Observatoire européen des drogues et des toxicomanies

Une première maison a été imprimée en 3D en France

C'est un tournant pour le secteur du BTP. Dans un monde où plus de 1 000 logements neufs sont mis en chantier chaque jour en France et où le gain de temps sur le terrain devient le nerf de la guerre, voici une nouvelle approche qui pourrait bien révolutionner le métier. En ce mois de février, le bailleur social Nantes Habitat va inaugurer la première maison habitable dont les murs ont été édifiés en une poignée de jours grâce à une imprimante 3D. Une première mondiale qui devrait être suivie par une foule d'autres projets, plusieurs start-up dans le monde (XtreeE, Cazza, Printhouse...) en ayant dévoilé de similaires.

RESPECT DES NORMES

Une première? *S&V* a déjà évoqué des bâtiments imprimés en 3D en Chine, aux États-Unis, en Russie voire en France. *"Mais ce sont soit des bâtiments atypiques, soit des éléments décoratifs ou architecturaux. Cette maison, elle, sera bel et bien habitée et respecte toutes les*

normes", pointe Benoit Furet, chercheur à l'université de Nantes et concepteur en chef du robot Batiprint qui en a dressé les murs.

Ce nouveau procédé ouvre de nouvelles perspectives aux architectes: il permet notamment de réaliser des formes courbes. *"Les murs arrondis sont complexes à construire en temps normal, et présentent pourtant des*



^ C'est une vraie maison, de cinq pièces et 95 m², qui a été imprimée en 3D!

avantages structurels importants", assure Benoit Furet. Dépourvue d'angles, la maison offre également moins de prise aux défauts d'isolation et d'humidité.

En septembre 2017, à peine neuf jours ont été nécessaires à deux ouvriers pour "imprimer" directement sur le chantier les murs de cette maison toute en rondeur de cinq pièces pour 95 m², dont seulement



< ^ Pour monter les murs, le robot dépose deux parois en mousse de polyuréthane puis coule le béton entre elles.

54 heures de fonctionnement du robot proprement dit... Benoit Furet estime pouvoir tomber à cinq jours avec une utilisation routinière du procédé – contre trois semaines au mini-

mum avec les techniques classiques. Pour un coût moyen de 195 000 € HT. *"Pour fabriquer notre imprimante à maisons, nous avons adapté un bras robotisé industriel sur un véhicule automatique; une sorte de Fenwick version Google Car, qui se repère grâce à un système de géo-*

Une révolution dans le secteur de la construction ? Une maison habitable vient tout juste d'être "imprimée" à Nantes. Ce procédé promet non seulement des travaux de construction plus rapides, mais aussi de nouvelles possibilités architecturales qui devraient essaimer rapidement. Zoom sur une première mondiale.

PAR HUGO LEROUX



localisation laser", résume le chercheur.

L'équipe de Benoit Furet prévoit de construire un lotissement entier – sa start-up Batiprint est déjà en discussion avec de grands constructeurs de maisons français et chinois. Et s'attaque en parallèle à des bâtiments de plusieurs étages. Mais elle ne restera pas longtemps seule sur les rangs car la course à la maison imprimée est véritablement lancée.

CHARLES COIFFIER

Architecte chez TICA
Architectes & Urbanistes,
qui a dessiné la maison

“Ce procédé offre une grande liberté de conception”



S&V: Quelles possibilités donne l'impression 3D pour la conception de bâtiments ?

C.C. : J'avais peur qu'elle soit comparable aux robots qui travaillent à la chaîne... Un cauchemar d'architecte, car notre métier est au contraire de proposer des bâtiments uniques, adaptés à leur site et à leurs futurs habitants. Or, ce procédé nous a offert une grande liberté de conception puisqu'il réalise

sans difficulté des lignes courbes. Nous avons ainsi abouti à cette maison qui épouse l'implantation des arbres du terrain, tout en garantissant l'accès à la lumière naturelle.

S&V: Et quels impacts sur les chantiers ?

C.C. : L'impression 3D offre les avantages de la préfabrication directement sur le chantier. Moins de déchets, moins

de pénibilité et de risques pour les ouvriers, précision de la mise en œuvre. À plus long terme, on peut imaginer des bâtiments plus écologiques, qui utilisent la juste quantité de matière dans chaque mur en fonction des impératifs structurels ou thermiques, ou qui remplacent le béton et le polyuréthane actuels par des matériaux moins énergivores à fabriquer : terre crue, fibres végétales...

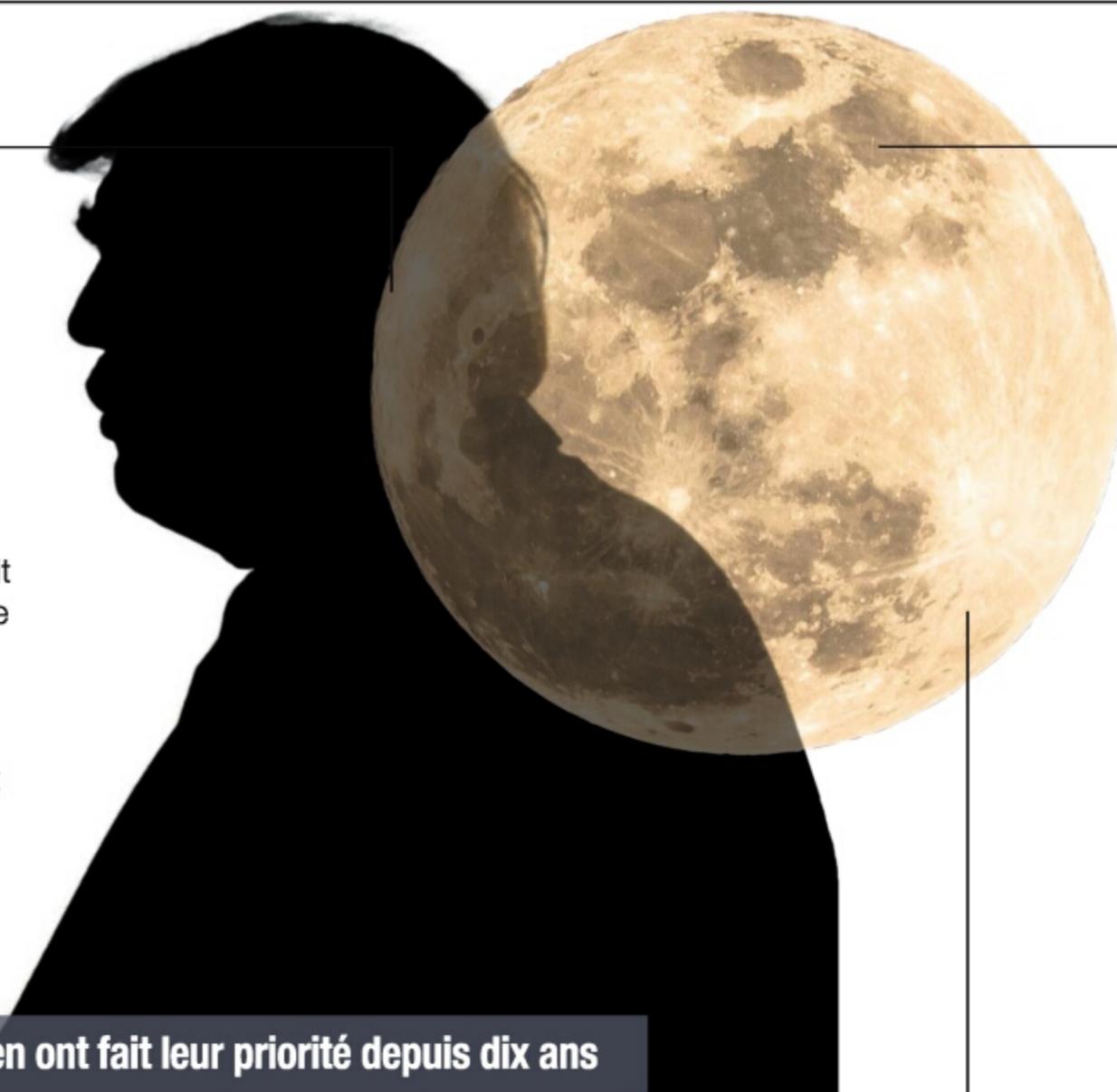
S&V: Le robot va-t-il remplacer le maçon ?

C.C. : Le métier ne va pas disparaître du jour au lendemain ! Le robot ne fonctionne pas tout seul : il faut préparer ses instructions à partir des plans, prévoir les étapes, organiser le chantier en fonction du robot, l'installer, vérifier son travail... Les métiers risquent donc d'évoluer : la perspective de devenir "pilote" de robot devrait être stimulante !

Donald Trump n'est pas le seul à vouloir la Lune

Enfin, les Américains vont y aller

Le 11 décembre dernier, Donald Trump a signé la directive qui fixe le nouveau cap de la Nasa. C'est sur la Lune que le président américain veut que les astronautes américains établissent une base, avant de gagner Mars – objectif qui reste fixé pour la décennie 2030. Fini la conquête des astéroïdes comme l'avait décidé Barack Obama en 2010 (voir S&V n° 1118, p. 48). Le nouveau programme, qui pourrait débuter dès 2020 par la construction d'une station en orbite autour de la Lune, s'annonce comme le grand projet spatial international des 50 ans à venir, à la suite de la station spatiale internationale (ISS), qui doit achever sa mission en 2024. Toutes les autres grandes nations spatiales ont déjà pris position pour cet objectif Lune...



Les Chinois en ont fait leur priorité depuis dix ans

Le programme chinois d'exploration lunaire Chang'e, copie conforme d'Apollo, se déroule depuis 2007, avec constance et détermination. Comme prévu, deux sondes ont été mises en orbite autour de la Lune en 2007 et 2010, et un rover a

même aluni en 2013. La Chine prévoit de ramener des échantillons sélènes en 2019, d'envoyer un second rover en 2020... et un premier taïkonaute en 2036. Reste à savoir s'ils iront seuls, ou s'ils auront d'ici là intégré un programme international.

En bref



41,8%

C'est, en pourcentage, la diminution du volume d'antibiotiques utilisés pour le traitement des animaux en France entre 2011 et 2016, selon le rapport annuel de l'Agence nationale de sécurité sanitaire. Baisse observée pour toutes les espèces : bovins, porcs, volailles, lapins, chats et chiens. **J.-B.V.**

4 heures

C'est le temps qu'il a fallu à l'algorithme de Google, AlphaZero, pour apprendre de lui-même les règles et les subtilités du jeu d'échecs, et battre Stockfish, déjà très supérieur aux humains les plus brillants. AlphaZero est aussi excellent dans les jeux de stratégie, go comme shogi. **V.N.**

L'Europe rêve d'y installer une base

Soucieuse de garder la main après la fin de l'ISS, l'Agence spatiale européenne (ESA) défend, depuis 2016, l'idée d'une base permanente autosuffisante sur la Lune. Mais vu son budget, elle ne pourra y aller seule. L'enjeu pour l'Europe est de jouer les diplomates de l'espace en fédérant, autour d'un même projet, Américains, Russes et Chinois.

Les Russes veulent être de l'aventure

Le directeur de l'agence spatiale russe Roscosmos a engagé, dès avant l'annonce de Trump, son pays dans le projet de base en orbite autour de la Lune lancé par la Nasa. Le budget devrait être discuté rapidement.

M.F.

#FAKENEWS

#FAKENEWS

Non, la musique ne soigne pas les courgettes

Plusieurs médias ont repris la nouvelle en chœur : des mélodies vespérales auraient permis de sauver une culture de courgettes victimes du virus de la mosaïque jaune. Cette musicothérapie, déjà commercialisée par la société Genodics auprès d'une centaine de maraîchers et de viticulteurs, puiserait ses vertus dans une "ode des protéines", baptisée protéodie. En l'entendant, les cucurbitacées synthétiseraient une protéine de défense contre la maladie. Comment ? Grâce à une sorte de portée universelle dénommée "ondes d'échelles", selon Joël Sternheimer, inventeur de cette théorie dérivée de la physique quantique. Seulement voilà, aussi enchanteresse qu'elle puisse

paraître, elle n'a jamais été publiée dans la moindre revue scientifique ni validée par les physiciens. Quant à son application, aucun biologiste moléculaire ne sait synthétiser des protéines en musique : "La protéodie n'a fait l'objet d'aucune démonstration scientifique", souligne le chercheur Bruno Moullia, de l'Inra de Clermont-Ferrand. *Alors qu'elle serait triviale à réaliser en laboratoire.* La science n'est pas sourde pour autant à la sensibilité des plantes : "On sait en revanche qu'un son répété peut induire un stress et une batterie de réponses défensives." Un effet strictement biologique. Pas de quoi soigner des courgettes... Et rien à voir avec la physique quantique!

J.-B.V.

GETTY - NASA - SHUTTERSTOCK - TONWEN JONES/COLAGENE



7 millions

C'est le nombre de Français qui ne se connectent jamais à internet, soit 12 % de la population âgée de 12 ans et plus. En moyenne, le tiers des Français s'estime peu ou pas compétent pour utiliser un ordinateur, selon le rapport 2017 du secrétariat d'État au numérique.

C.T.



60 %

C'est l'augmentation alarmante de nouvelles infections par le VIH en Europe de l'Est et en Asie Centrale depuis 2010, avec 200 000 nouveaux cas en 2016, selon Onusida. Toutes les autres régions du monde ont vu le nombre de nouveaux cas diminuer.

J.-B.V.

Voici le casque qui démocratise la réalité virtuelle

Commercialisé par la filiale de Facebook Oculus VR, l'Oculus Go est le tout premier représentant d'une nouvelle génération de casques qui met la réalité virtuelle à la portée de tous. Grâce à quatre atouts qui font la différence.

PAR LAURE BLANCARD

1 MILLION

C'est le nombre de casques vendus dans le monde entre septembre et décembre 2017 (source: Canalys).



L'AUTONOMIE

Grâce à une télécommande et à une connexion sans fil, ce casque offre une totale liberté de mouvement. Pas besoin de le brancher sur un PC ni d'insérer un smartphone, toute la technologie (processeur, mémoire...) se trouve désormais à l'intérieur de l'objet.

LE PRIX

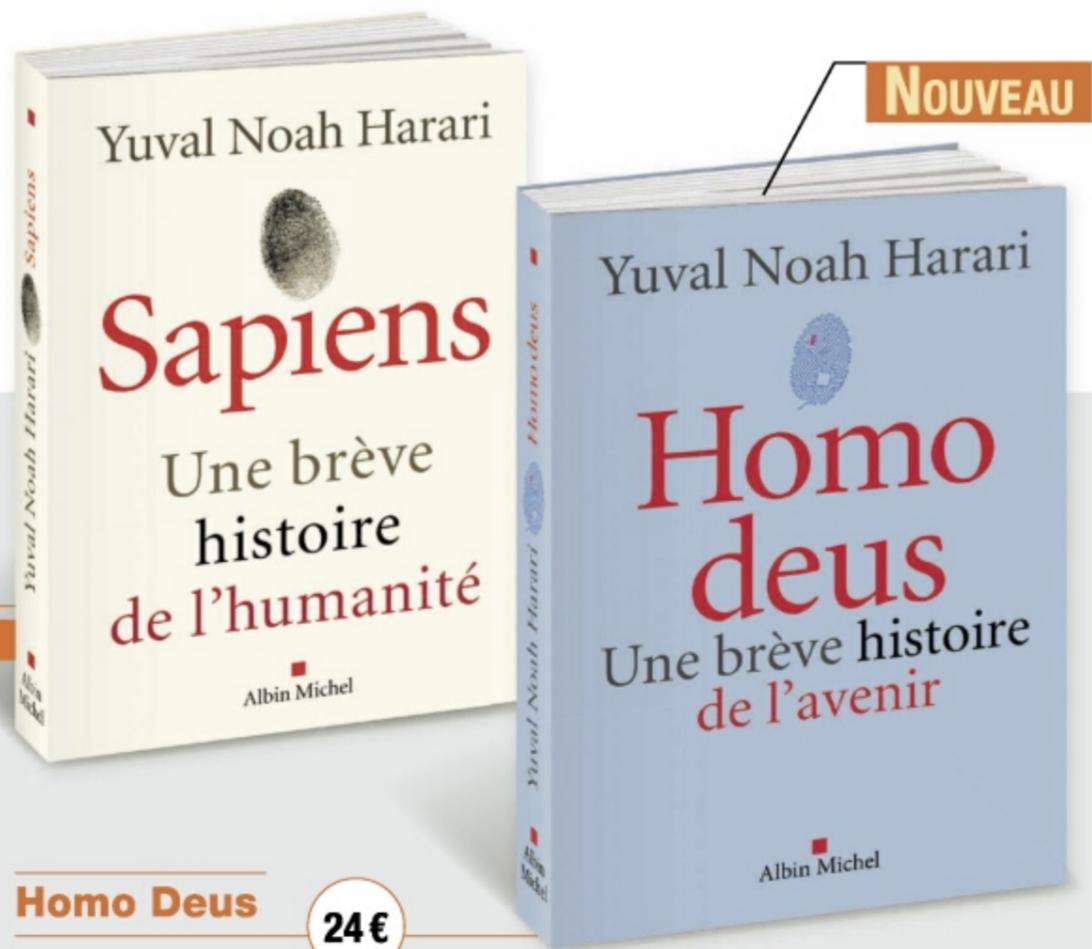
Pour diviser le prix par deux (250 € quand même), c'est un écran LCD haute résolution qui a été choisi plutôt qu'une technologie OLED. Surmonté de deux lentilles, il affiche une image nette et sans effet de grille (petites lignes sur l'image), tout en offrant un champ de vision "classique". Ce choix devrait s'imposer et contribuer à faire émerger la prochaine génération de casques.

L'ADAPTABILITÉ

Plus de gêne pour les porteurs de lunettes... Bien ajusté sur le visage grâce à des sangles élastiques, ce casque est conçu pour être ergonomique et confortable, y compris avec des lunettes sur les yeux.

L'IMMERSION

Inutile de brancher des écouteurs dessus (même si cela reste possible), le son est diffusé via des haut-parleurs dissimulés dans les sangles du casque, juste au-dessus des oreilles. Pour une immersion totale, sans se couper du monde extérieur. De quoi faire adopter ce casque par les particuliers, les écoles, les lieux culturels, les hôpitaux et entreprises.



Le succès planétaire !

Sapiens

24€

250 000 EXEMPLAIRES VENDUS EN FRANCE

Découvrez le best-seller de l'Israélien Yuval Noah Harari, docteur en Histoire et diplômé de l'Université d'Oxford, Sapiens. Traduit dans plus de 40 langues, il vous décrit l'évolution de l'Homo Sapiens du néolithique à aujourd'hui. Aujourd'hui, avec 7 milliards d'individus sur Terre, l'impact sur l'environnement est réel.

Comprenez dans ce livre riche, comment l'espèce humaine est parvenue à obtenir ce pouvoir. Homo Deus est la suite de son best-seller. Homo Deus essaie d'imaginer ce que deviendrait une humanité optimisée par les manipulations génétiques et la technologie. Avec ces deux ouvrages vous allez connaître le passé, le présent et le possible futur de l'humanité !

Homo Deus

24€

Pour les deux livres : Auteur : Yuval Noah Harari. Éditions : Albin Michel.

Pour Sapiens : 450 pages. Dim. : 17,2 x 24,6 x 4 cm. Pour Homo Deus : 463 pages. Dim. : 17 x 24,5 x 3,3 cm.

Pour commander et s'informer

boutique.science-et-vie.com

Exclusivité internet Livraison en Points Relais® / Paiement Paypal®

Envoyez le bon de commande avec votre règlement à
La Boutique Science & Vie - CS 90 125 - 27 091 Évreux cedex 9

01 46 48 48 83 (Paiement par CB uniquement)

En cadeau dès 49€ d'achat !

→ La lampe de poche bleue

Fonctionne avec 3 piles AG 13 fournies.
 (Norme CE).

Commandez vite !



BON DE COMMANDE

À renvoyer dans une enveloppe affranchie avec votre règlement à :
La Boutique Science & Vie - CS 90 125 - 27 091 ÉVREUX CEDEX 9

Articles	Ref.	Qté	Prix	S/total
Sapiens, une brève histoire de l'humanité	414.482	x	24€	€
Homo Deus, une brève histoire de l'avenir	414.219	x	24€	€
Sous-total				€
FRAIS D'ENVOI (cochez la case de votre choix)	<input type="checkbox"/> Envoi normal			+6,90€
	<input type="checkbox"/> Ma commande atteint 49€ Envoi normal			Gratuit
	<input type="checkbox"/> Envoi Colissimo			+7,90€
	<input type="checkbox"/> Ma commande atteint 75€ Envoi Colissimo			Gratuit
TOTAL				€

J'indique mes coordonnées :

Nom/Prénom : _____

Adresse : _____

CP : _____ Ville : _____

Tél. : _____

Email : _____

Je souhaite bénéficier des offres promotionnelles des partenaires de Science & Vie (Groupe Mondadori).

Je choisis mon mode de paiement :

CODE COMMANDE : 427.484

Par chèque bancaire à l'ordre de Science & Vie

en 1 fois, la totalité de ma commande.

en 3 fois sans frais (à partir de 99€).

Par Carte bancaire :

en 1 fois, la totalité de ma commande.

en 3 fois sans frais (à partir de 99€).

Expire fin : ____/____/____ Cryptogramme : _____

Signature : _____

Futur

Science
& société

FÉVRIER
2018

IRAK
TCHAD
FRANCE
ROYAUME-UNI
QATAR
AUSTRALIE

M.KONTENTE - VINCENT CALLEBAUT ARCHITECTURES





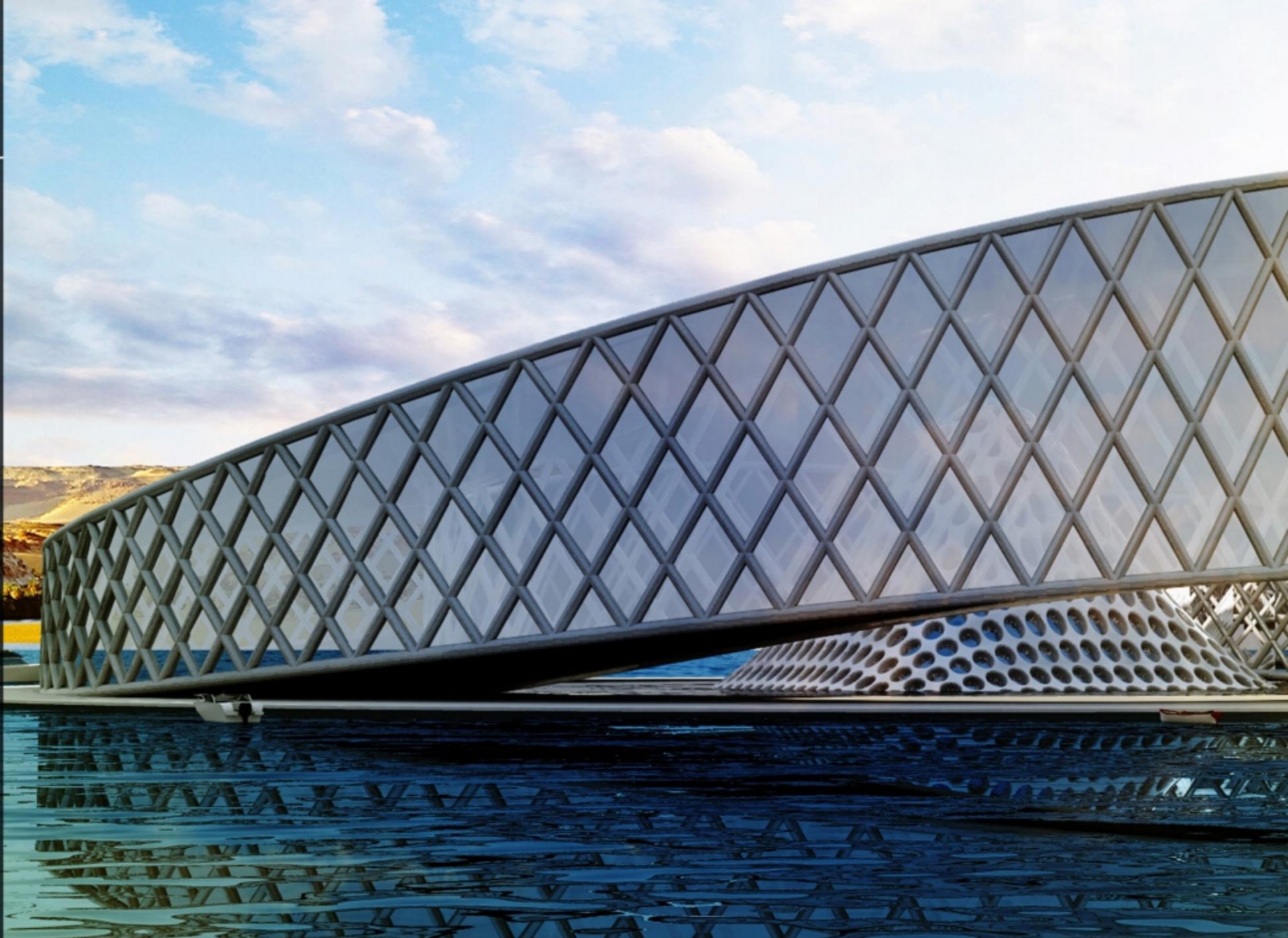
IRAK



Grand projet de cinq ponts habitables pour rebâtir Mossoul

Reconstruire la ville de Mossoul ravagée par la guerre, depuis son cœur, en commençant par installer sur ses cinq ponts un habitat bioclimatique modulable inspiré des jardins de Babylone : c'est le projet visionnaire de l'architecte belge Vincent Callebaut, présenté dans le cadre du prix d'architecture Rifat Chadirji. Objectif : réhabiliter les lieux occupés par Daech, libérés en juillet après trois ans de siège, où 900 000 personnes devraient à terme revenir s'installer. Dans une optique "d'upcycling", ce projet propose de récupérer les débris jonchant la ville

en ruines, de les convoier via des drones autonomes jusqu'à des imprimantes 3D qui réaliseraient des modules cubiques assemblables, afin de réaliser en cinq ans 55 000 logements. Ces maisons en nid-d'abeilles seraient disposées en surplomb du fleuve Tigre qui, à l'aide de vis d'Archimède, fournirait l'eau destinée à des chauffe-eaux solaires, au rafraîchissement des toits et à l'alimentation de jardins urbains qui purifieraient les eaux usées. F.G.



FRANCE



Un avion hybride se prépare à décoller

Pourquoi attendre que la recherche en aviation électrique soit mûre à 100% pour transporter des passagers? Fédérant Airbus, Siemens et Rolls-Royce, l'E-Fan X, destiné à être testé en 2020, sera un quadrimoteur à 100 places où un turboréacteur électrique remplacera l'un des quatre moteurs. Sa batterie se rechargera à l'aide des trois moteurs conventionnels. Principal défi: le poids de cette batterie, 2 tonnes, qu'il faudra diviser par 10 lorsqu'il s'agira de remplacer les quatre moteurs par des turbines électriques. À l'avenir, ces aéronefs électriques pourraient remplacer les trains interurbains dans des pays qui manquent d'infrastructures. **F.G.**

M.KONTENTE - HERMANN KAMTE & ASSOCIATES - AIRBUS





LAC TCHAD



Un concept d'île artificielle veut innover contre la sécheresse

Souvent envisagée comme un refuge contre la montée des eaux, l'île artificielle pourrait aussi, selon l'architecte camerounais Hermann Kamte, servir à remplir le lac Tchad, aujourd'hui réduit au dixième de sa surface. Son idée est de pomper l'eau de l'océan Atlantique, à plus de 1 000 km de là, et d'utiliser cette structure flottante comme centre de désalinisation avant de déverser l'eau dans le lac. Techniquement complexe, ce projet est encore à l'étude, car son financement dépend des pays voisins et d'éventuelles aides internationales. **L.B.**





QATAR



Issu du recyclé, ce futur stade sera... recyclable

Pour la Coupe du monde de football 2022, le Qatar acquiert un stade entièrement démontable. Conçu par le cabinet d'architectes espagnol Fenwick Iribarren, il repose sur un assemblage de containers transformés et d'autres matériaux recyclés. Dès 2020, l'enceinte de 450 000 m² devrait accueillir 40 000 spectateurs. Après la compétition, il pourra être complètement démonté, réinstallé ailleurs ou dispersé pour bâtir plusieurs lieux sportifs et culturels de plus modestes dimensions. Le coût de ce Lego géant ? Secret d'émir... **A.V.**





ADÉLAÏDE
(AUSTRALIE)



La plus grande batterie lithium-ion du monde a été dévoilée

Inaugurée le 1^{er} décembre à Adélaïde, elle a été construite en deux mois par Tesla pour pallier les pénuries d'électricité, récurrentes en Australie méridionale. Sa puissance ? 100 MW. Sa capacité ? 129 MWh, trois fois plus que la deuxième sur le podium. Cette batterie servira à stocker l'énergie éolienne produite par la compagnie française voisine Neoen, et permettra d'alimenter en courant 30000 foyers. **F.G.**



M. KONTENTE - TESLA - 2017 2022 SUPREME COMMITTEE FOR DELIVERY AND LEGACY/GETTY - BUILD SOLAR

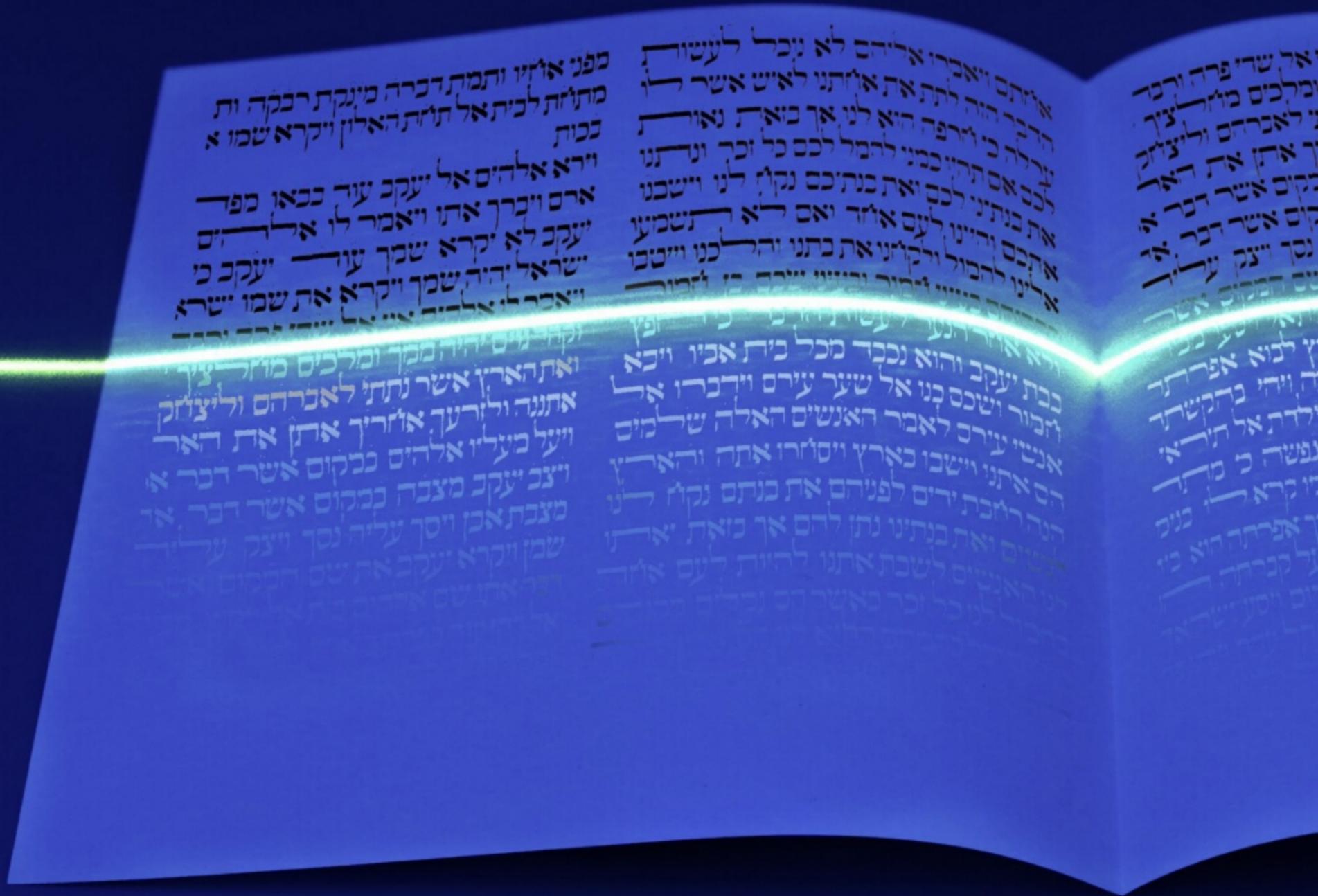
EXETER
(ROYAUME-UNI)



Les capteurs solaires se mettent désormais en briques

Aujourd'hui, les panneaux solaires sont le plus souvent installés sur les toits. Cela pourrait changer grâce à cette brique en verre, imaginée par l'entreprise Build Solar. Sa particularité ? Elle possède une optique qui guide et concentre la lumière, la dirigeant vers de petites cellules solaires. De quoi fournir de l'électricité, qui pourra être utilisée ou stockée sur place. **S.F.**





RÉVÉLATIONS SUR LA BIBLE

**Génomique,
big data,
archéométrie...**



1 | LES RÉCITS

64

La génomique retrouve la trace d'Abraham

66

La géophysique élucide les dix plaies d'Égypte

68

L'astronomie date le triomphe de Josué

70

La phylogénétique dévoile l'origine du mythe du Déluge

2 | LES MANUSCRITS

74

Les big data reconstituent les textes d'origine

76

La microtomographie renoue les fils de l'histoire

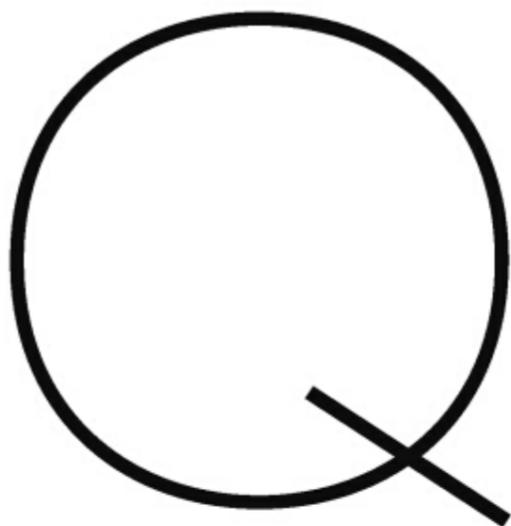
78

L'archéométrie démêle les vrais manuscrits des faux

Qu'il s'agisse du Déluge, d'Abraham ou des plaies d'Égypte, de toutes nouvelles technologies apportent aujourd'hui leur lot de révélations. Et il n'y a pas que les récits : voici que la science a désormais les moyens de reconstituer les manuscrits en lambeaux de la mer Morte ou de déchiffrer les rouleaux complètement calcinés d'Ein Gedi. Autant d'exploits qui dévoilent les secrets de la Bible. Parfois de façon très surprenante.

PAR THOMAS CAVAILLÉ-FOL,
AVEC PIERRE-YVES BOCQUET ET JEAN-BAPTISTE VEYRIERAS

GETTY - SHUTTERSTOCK



ue vient faire la science dans la Bible? Que peut dire la raison sur ce livre de foi?

La question est restée d'autant plus longtemps confuse que la seule discipline à s'y intéresser de près, l'archéologie, a d'abord eu une fâcheuse tendance à interpréter toutes ses découvertes à partir du récit biblique. En pratique, il s'agissait de considérer que tous les événements décrits et personnages cités dans la Bible étaient vrais, et d'en chercher les traces... Loin de la méthode scientifique, dont l'objectivité se doit d'être la première règle.

“Cette archéologie dite biblique, si elle n'a pas totalement disparu, a été supplantée depuis les années 1980 par une approche plus historique, notamment soutenue par l'arrivée de nouveaux outils scientifiques”, pointe Israël Finkelstein, archéologue pour l'Université de Tel-Aviv, en Israël. Citant notamment la datation au radiocarbone 14, qui a permis d'inscrire certains lieux bibliques à la réalité bien géographique dans une chronologie moins... mythique.

Attention! L'objectif de cette nouvelle archéologie n'est pas de vouloir à tout prix contredire les Écritures! Il s'agit plutôt d'éclairer le contexte de leur création. Et de révéler d'autres facettes de leur contenu.

Car la Bible n'est pas seulement un texte juridique et philosophique au service de projets religieux ou politiques. C'est aussi un recueil d'histoires qui étaient racontées au moment de son écriture, entre le VIII^e et le VI^e s. av. J.-C; des histoires mêlant mythologie et mémoires.

Ces histoires ont pris une place centrale dans l'imaginaire collectif: le récit de la construction du peuple juif est devenu, au fil des siècles, le socle des cultures chrétiennes et musulmanes, et le best-seller mondial toutes catégories en termes d'exemplaires imprimés, vendus et lus. Il ne faut donc pas s'étonner que tous les domaines des sciences, armés de leurs nouvelles technologies, se penchent dessus, tant sur le récit lui-même que sur le manuscrit.

DES RÉVÉLATIONS ET DES SURPRISES

Là encore, le but n'est pas de confirmer ou d'infirmer les récits bibliques – les cosmologistes savent depuis longtemps que la création du monde ne date pas d'il y a 6 000 ans; et aucun biologiste n'a jamais vraiment cru que la femme était née à partir de la côte d'un homme... Chaque domaine scientifique cherche à mettre la Bible face à son miroir. Jusqu'à en dévoiler les arcanes, les secrets, les vérités cachées, les surprises aussi. Car voici que des généticiens retrouvent la trace d'Abraham, que des spécialistes de la théorie de l'évolution nous expliquent d'où vient l'histoire du Déluge, que des géophysiciens révèlent les causes de l'Exode, tandis que des spécialistes des big data en reconstituent le texte originel, et les rayons X des versions calcinées...

Voici donc les révélations des nouvelles sciences... sur le livre des révélations.

Après l'archéologie biblique, voici que la science, armée de nouvelles technologies, ouvre une nouvelle ère en mettant la Bible face à son miroir

LA BIBLE, "LIVRE DES LIVRES"

Le mot "Bible" provient du grec ancien τὰ βιβλία (*ta biblia*) signifiant "les livres", d'où le latin *biblia*, passé au singulier en français.

66 livres en un

L'Ancien Testament

Écrit en hébreu et en araméen entre le VIII^e et le VI^e s. av. J.-C.

Composé de **39 livres** organisés en 3 grands volumes : la Torah (le Pentateuque), les Nevi'im (les Prophètes) et les Ketouvim (les autres écrits), formant par abréviation le Tanakh, l'autre nom de la Bible hébraïque.

Traduit dans **670 langues** (10 % des langues parlées dans le monde).

Le Nouveau Testament

Écrit en grec entre le milieu et la fin du I^{er} s. apr. J.-C.

Composé de **27 livres** dont les quatre Évangiles canoniques (selon Matthieu, Marc, Luc, Jean), les Actes des Apôtres, les Épîtres et l'Apocalypse.

Traduit dans **1 521 langues** (21 % des langues parlées dans le monde).

4 milliards

de Bible auraient été imprimées depuis la Bible de Gutenberg, datée de 1454. Ce qui en fait le livre le plus diffusé au monde, devant le Coran (3 milliards) et Le Petit Livre rouge (2 milliards).

SA PLACE PARMIL LES TEXTES ANCIENS

- L'Épopée de Gilgamesh – entre le XVIII^e et le XVII^e s. av. J.-C.
- L'Iliade et L'Odyssée – VIII^e s. av. J.-C.
- L'Ancien Testament – entre le VIII^e et le VI^e s. av. J.-C.
- La Bhagavad-Gita – entre le V^e et le II^e s. av. J.-C.
- Le Coran – VII^e s. apr. J.-C.

LE MONDE SELON LA BIBLE



3964 av. J.-C.
Création



2500 av. J.-C.
Déluge



1950 av. J.-C.
Naissance
d'Abraham



1446 av. J.-C.
Moïse reçoit
les Tables
de la Loi



586 av. J.-C.
Destruction du Temple
de Jérusalem.
Exil à Babylone



31 av. J.-C.
Crucifixion
de Jésus



55 apr. J.-C.
Premier Épître
de saint Paul

1 | LES RÉCITS

LA GÉNOMIQUE RETROUVE LA TRACE D'ABRAHAM

Entre la génomique, qui étudie la façon dont l'information biologique se transmet de génération en génération, et la Bible, qui raconte l'histoire du peuple juif au fil du temps, la rencontre promettait d'être fructueuse. Et c'est peu dire qu'elle l'est. Qu'il s'agisse d'Abraham, dont le Livre saint fait le père fondateur des peuples hébreu (par son fils Isaac) et arabe (par son fils Ismaël), ou du peuple de Canaan, que l'Éternel commande aux Israélites de détruire, la génomique apporte aujourd'hui son lot de révélations.

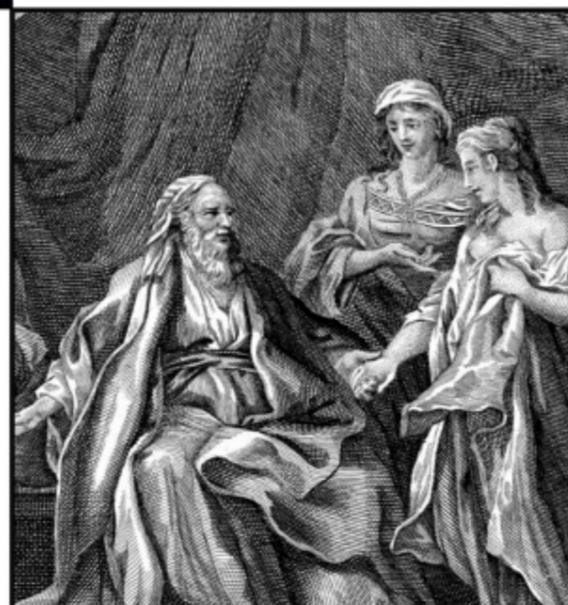
Cela grâce aux progrès réalisés dans le séquençage de masse du génome humain, depuis les années 2000. "Les chercheurs disposent désormais de bases de données génomiques de plus en plus importantes qui leur permettent de faire des comparaisons avec des résultats de plus en plus sûrs", se félicite Marc Haber, docteur en génétique humaine au Sanger Institute de Cambridge, au Royaume-Uni.

En 2010, Harry Ostrer, directeur du programme de génétique humaine de

l'université de New York, aux États-Unis, a ainsi pu mesurer la proximité génétique des différentes communautés juives actuelles, en comparant l'ADN de 237 Juifs volontaires dans le monde entier avec 2 800 non-Juifs de nationalités diverses.

Premier constat: il existe bien des séquences d'ADN spécifiques aux populations juives de par le monde. Second constat: "Toutes ces populations semblent avoir une même ancestralité commune typique", a pu établir Shai Carmi, chercheur en génétique des populations pour l'université de Jérusalem, en Israël. Et en remontant dans l'arbre phylogénétique des populations juives, il est apparu qu'elles partageaient aussi une ancestralité commune, plus ancienne celle-là, avec les peuples arabes du Moyen-Orient! Depuis quelques milliers d'années. Voilà qui met sur les traces d'Abraham, puisque la Bible en fait le père de ces deux peuples il y a environ 4 000 ans.

En 2014, Anatole Klyosov, professeur de biochimie à l'Académie de généalogie ADN de Moscou en Rus-



Tu ne seras plus appelé du nom d'Abram, ton nom sera Abraham, car je fais de toi le père d'une multitude de nations.

Genèse 17,05

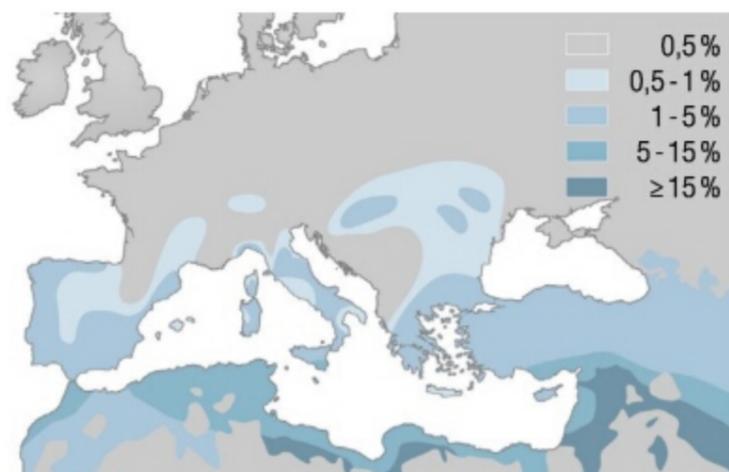
sie, a réussi à préciser la chronologie. Lui s'est focalisé sur une séquence génétique du chromosome Y particulièrement répandue au sein des populations juives et arabes, un haplogroupe nommé J1. À l'instar de l'ADN mitochondrial, ces séquences particulières sont très pratiques pour les études génomiques, puisqu'elles sont transmises quasiment à l'identique de génération en génération, à de rares mutations ponctuelles près.

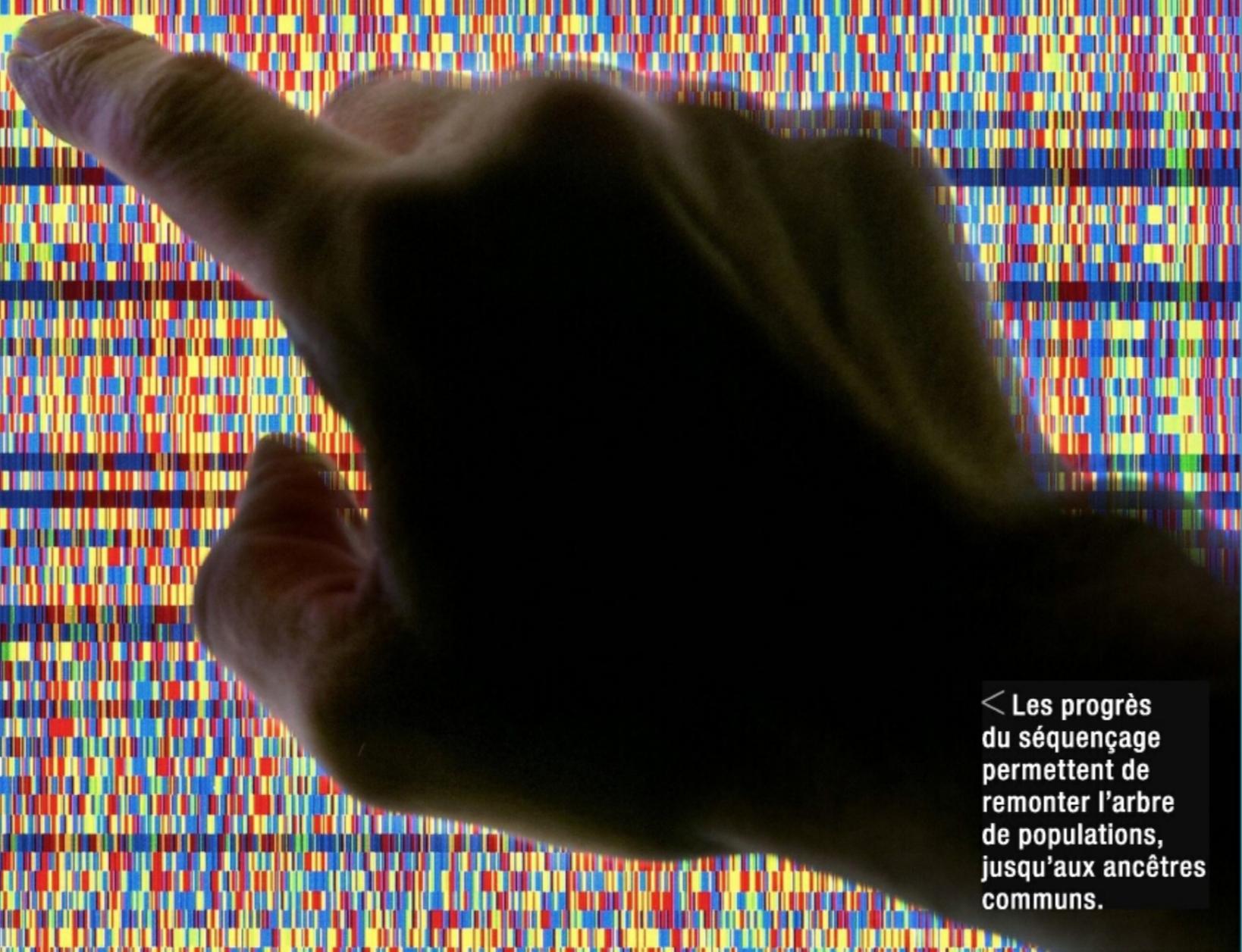
C'est justement en comparant ces mutations ponctuelles chez les Juifs et les Arabes que le chercheur russe a pu estimer que ces deux lignées s'étaient séparées il y a... 4 300 ans (plus ou moins 500 ans)! C'est donc à

LE DOC DES CHERCHEURS

L'ADN a parlé

L'haplogroupe J1-P58, répandu sur le pourtour méditerranéen, est très partagé au sein des populations juives (environ 20%) et arabes (environ 50%) actuelles. Son porteur originel était donc l'un des ancêtres communs à ces deux peuples.





< Les progrès du séquençage permettent de remonter l'arbre de populations, jusqu'aux ancêtres communs.

cette date qu'exista le dernier porteur ancestral de cette séquence partagée par les deux peuples.

LE PATRIARCHE N'ÉTAIT PAS SEUL

Un porteur nommé Abraham ? De fait, la chronologie génétique est compatible avec celle de la Bible. *“Oui, mais ce n'est pas l'unique porteur, prévient le chercheur. Il faut avoir présent à l'esprit que les populations sémites partagent aussi d'autres haplogroupes provenant de chromosomes Y différents et donc d'autres ancêtres communs. La réalité génétique est donc plus complexe que l'histoire biblique. Là où l'Ancien Testament parle d'une seule famille, l'ADN indique qu'une*

population s'est lentement scindée, culturellement d'abord, génétiquement ensuite.”

Autrement dit, Abraham a bien existé. Mais il était multiple ! De tous les patriarches qui existèrent et qui disséminèrent leurs gènes à cette époque, la Bible n'en a retenu qu'un seul, élevé au rang de mythe. Et la conclusion est la même pour Aaron, frère de Moïse et fondateur de la lignée des membres du clergé.

La génomique vient aussi de lever le voile sur les Cananéens : le Livre sacré ne précise pas quelle fut leur destinée après la conquête de Josué. La génomique, si ! Ceci en comparant l'ADN de 5 squelettes vieux de 3600 ans, décou-

verts dans des sépultures à Sidon (jadis capitale du royaume cananéen, grande ville du Liban aujourd'hui), avec celui de 99 Libanais actuels. Surprise : ces ADN sont similaires à 90 % ! *“Cela veut dire que les Cananéens n'ont pas été exterminés : ils ont continué à vivre au même endroit et se sont peu mélangés aux autres populations, jusqu'à former le peuple libanais”*, commente Marc Haber.

Pas de doute, Bible et génomique sont désormais liées. Comme le résume Chris Tyler-Smith, auteur principal de l'étude sur le peuple de Canaan : *“Nous espérons que nos conclusions serviront les études historiques et bibliques.”*

LA GÉOPHYSIQUE ÉLUCIDE LES DIX PLAIES D'ÉGYPTE

Les eaux se teignent de rouge, une pluie de grêle s'abat mêlée d'éclairs incendiaires, des nuées d'insectes et l'obscurité recouvrent le pays, une étrange maladie de peau attaque les habitants... Voici quelques-unes des 10 célèbres plaies d'Égypte dont, selon le *Livre de l'Exode*, l'Éternel accabla le peuple et les terres de Pharaon, en représailles de son refus de libérer les enfants d'Israël.

Manifestation miraculeuse de la toute-puissance divine? Pure imagination au service du message biblique? La géophysique invite plutôt à privilégier une autre hypothèse. Car ces phénomènes ne sont pas aussi fantastiques qu'il y paraît. Au contraire: tous peuvent être associés à un événement à la fois monstrueux et différencié.

LA COLÈRE A JAILLI DE LA TERRE

Quel événement? Gilles Lericolais, géophysicien et directeur des Affaires européennes et internationales de l'Ifremer, n'hésite pas une seconde: *"Chacune de ces calamités peut être la conséquence de l'éruption d'un volcan. Et concernant les 10 plaies d'Égypte, nous savons même très bien quelle éruption en est responsable: celle de l'île grecque de Santorin"*, explique le scientifique.

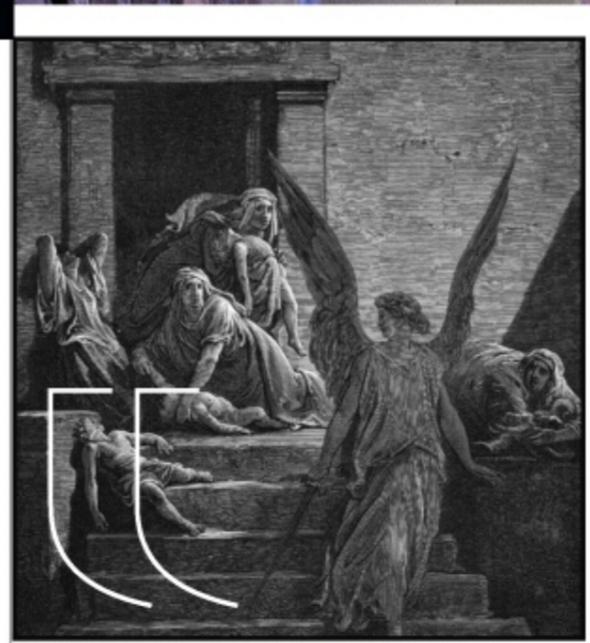
Une éruption parmi les plus puissantes jamais survenues et qui eut lieu, peu ou prou, en 1613 avant notre ère. C'est ce qu'indiquent les dernières estimations mêlant données archéologiques et datation au carbone 14 d'une branche d'olivier découverte dans les résidus volcaniques de l'île de Santorin.

Toutefois, si l'on suit le récit biblique à la lettre, les fléaux se seraient abat-

tus sur l'Égypte autour de 1450 av. J.-C. Mais l'erreur chronologique est nuancée par le fait que ce récit a été rédigé 800 ans plus tard. En outre, plusieurs arguments laissent penser que ce sont bien les conséquences de cette éruption, racontées de génération en génération, qui ont inspiré les scribes des premières rédactions de la Bible.

Il faut en effet imaginer l'ampleur de l'événement: d'après les dernières estimations, plus de 100 km³ de matériel volcanique, cendres et roches, auraient été pulvérisés dans l'air et l'eau, ce qui en fait l'une des éruptions les plus puissantes jamais vécues par l'humanité, avec celles en Indonésie du Samalas en 1257 et du Tambora en 1815 de notre ère. *"Pour comparaison, le Vésuve n'a éjecté que 3 km³ de matériel volcanique. Cela signifie que celle de Santorin a impacté énormément de civilisations méditerranéennes, et l'Égypte n'a pas fait exception"*, relève Gilles Lericolais.

Rotondité de la Terre oblige, l'éruption du volcan de Santorin n'était pas visible depuis le delta du Nil. *"Mais le matériel pulvérisé, lui, a voyagé extrêmement loin!"* précise le géophysicien. Le cataclysme a laissé des traces sur quasi tout le pourtour méditerranéen, comme en témoignent des cendres retrouvées en Turquie, sur la mer Noire, sur l'île de Rhodes et, bien évidemment, dans certains lacs près du Nil. *"Il est aussi fait mention de ce cataclysme dans des papyrus à caractère médical qui, même s'ils datent d'environ deux siècles après l'éruption, recensent forcément des affections bien plus anciennes"*, note Siro Trevisanato,



"[...] Les eaux du Nil furent changées en sang [...] et le Nil devint puant, les Égyptiens ne pouvaient plus boire les eaux [...]"

"[...] Les grenouilles tombèrent et recouvrirent l'Égypte [...]"

"[...] Toute la poussière du sol se changea en moustiques [...]"

"[...] La vermine envahit la maison de Pharaon [...] le pays en fut infesté [...]"

"[...] Tous les troupeaux des Égyptiens moururent [...]"

"[...] Gens et bêtes furent couverts de furoncles bourgeonnant en pustules [...]"

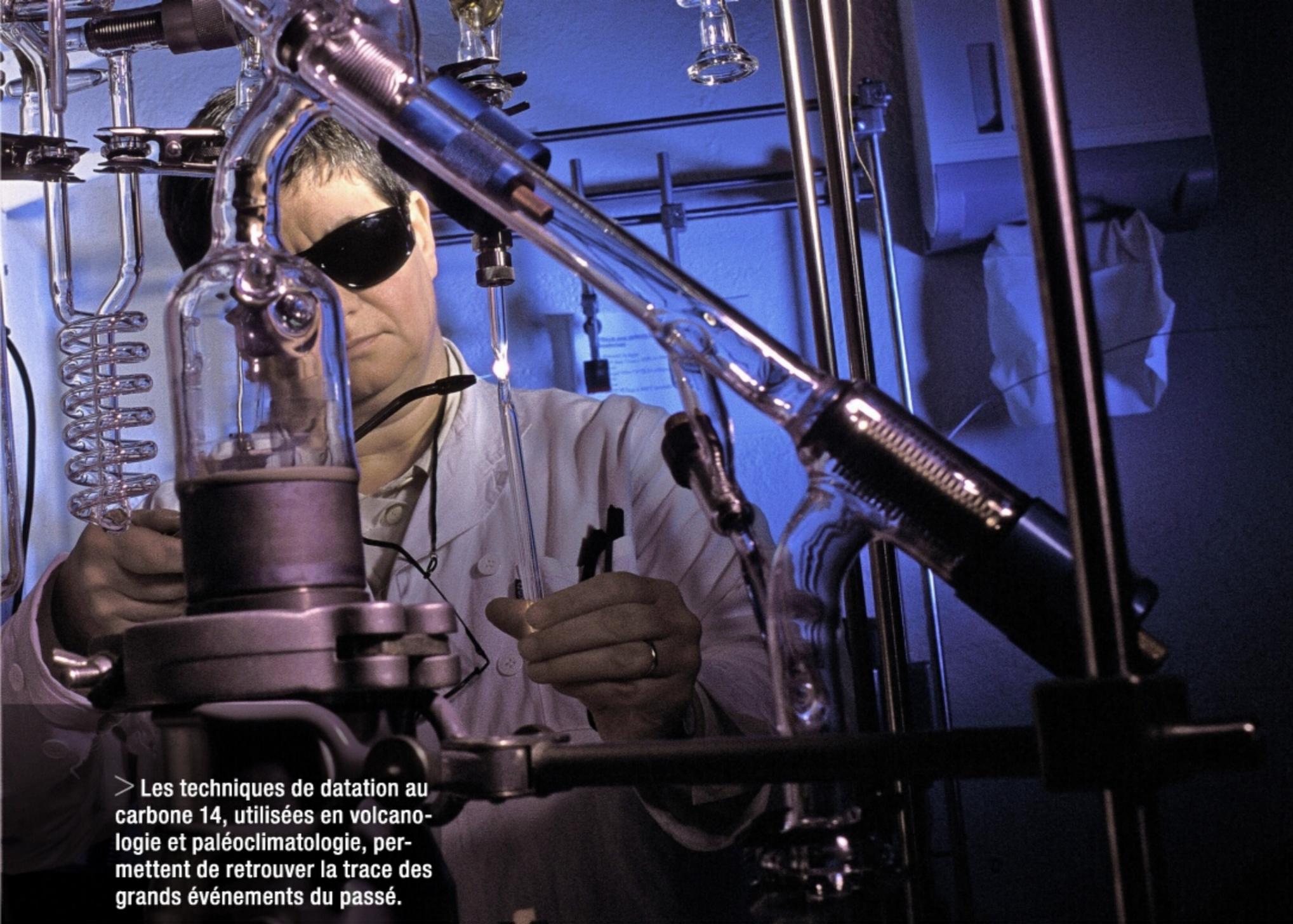
"[...] Adonai déchaîna tonnerre et grêle sur le pays d'Égypte [...]"

"[...] Les sauterelles [...] recouvrirent toute la surface du pays, qui en fut obscurci. [...]"

"[...] Pendant 3 jours, il y eut d'épaisses ténèbres [...]"

"[...] Adonai frappa tous les premiers-nés de l'Égypte [...]"

Exode 7,20-12,29



> Les techniques de datation au carbone 14, utilisées en volcanologie et paléoclimatologie, permettent de retrouver la trace des grands événements du passé.

docteur en biologie moléculaire. Il ajoute: *“Ce matériel à lui seul permet d’expliquer les 10 plaies d’Égypte.”*

Et les scientifiques de reprendre un à un les fléaux qui se sont abattus sur le pays des pharaons. *“D’abord, les particules volcaniques en suspension comme les rhyolites (roches volcaniques d’aspect rosé) peuvent avoir donné une couleur pourpre à l’eau, c’est la première plaie”,* explique Gilles Lericolais. D’ailleurs, certaines plages de l’île de Santorin, encore chargées de ces morceaux de roches, se teintent de nuances pourpres.

“Dans certains papyrus, il est question de brûlures causées par des eaux rouges et laissant des traces blanches, renchérit Siro Trevisanato. Ce qui est caractéristique des brûlures à l’acide sulfurique. Dans l’antiquité, une seule source naturelle pouvait être assez concentrée en sulfures pour provoquer des bles-

sures : une éruption volcanique. Or il n’y a pas de volcan en Égypte.” Reste le Santorin.

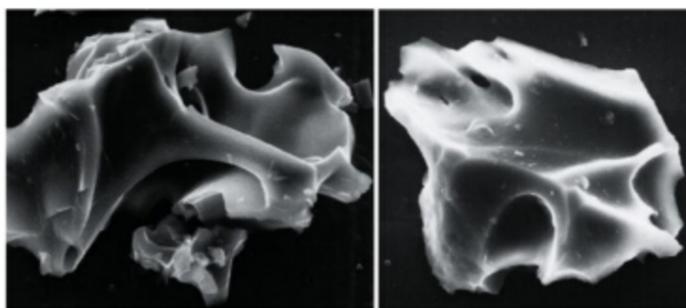
“Cette acidité de l’eau aurait provoqué ipso facto la fuite des batraciens, qui envahirent donc les terres”, continue Siro Trevisanato. C’est la seconde plaie. Gilles Lericolais, lui, fait valoir que *“la météorologie a nécessairement été perturbée par les particules en suspension. En particulier, cela a provoqué un refroidissement notable de l’atmosphère. D’où des orages de pluie et de grêle.”*

“Aussi loin de l’île de Santorin ? Cela s’est déjà vu : l’éruption du volcan islandais Laki en 1783, poussée par les vents, a provoqué de pareilles tempêtes jusqu’en Europe. Alors qu’avec un indice 4 d’explosivité, ce n’était là qu’un “petit” volcan comparé à celui de Santorin, classé, lui, entre 6 et 7.

La grêle constitue une plaie à elle seule, la septième, tandis

→

LE DOC DES CHERCHEURS



Des cendres du Santorin dans le Nil

Ces téphras (ou cendres), en tout point identiques donc issus de la même éruption, ont été retrouvés à Santorin (à g.) et près du delta du Nil (à d.).

→ qu' "une pluviométrie exceptionnelle dans une région désertique peut effectivement entraîner une pullulation des insectes", ajoute Siro Trevisanato, comme des moustiques, taons et sauterelles, soit les plaies trois, quatre et huit de l'Exode.

Et les fléaux s'enchaînent. "Ces insectes ont pu aussi être attirés par les cadavres des grenouilles mortes de déshydratation, et par les blessures résultant de l'eau acide, dans lesquelles ils pouvaient pondre leurs œufs." D'où des pustules de larves, la sixième plaie, pour lesquelles un papyrus médical étudié par Siro Trevisanato propose d'ailleurs un remède.

LES PLAIES PLEUVENT EN CASCADE

Et la cinquième plaie, la mort des troupeaux? "S'ils ne sont pas morts des infections que les insectes et micro-organismes ont pu transmettre au travers de leurs brûlures, ils se sont intoxiqués, propose Siro Trevisanato. D'autant que toutes les particules ne sont pas tombées d'un coup: à mesure que le temps passait, les eaux stagnantes, mais aussi les plantes, se sont de plus en plus acidifiées."

Quant aux ténèbres de la neuvième plaie, "l'obscurité 'palpable' correspond à la dernière explosion, la plus violente, celle qui a propagé le plus de particules dans l'atmosphère", expose Siro Trevisanato. Et dans les couches de sédiments que les géologues analysent, c'est en effet la troisième phase la plus reconnaissable, car elle contient énormément de "fragments obscurs".

Une suite logique de réactions en cascade face à un événement certes exceptionnel, mais aujourd'hui connu et étudié. C'est ainsi que la science réinterprète aujourd'hui les fléaux d'Égypte. Mais comment a réagi l'ancien monde face à une telle succession de calamités? "Par le sacrifice de ce qui était le plus précieux, soit les premiers-nés", conclut Siro Trevisanato. Ce fut la dixième et dernière plaie.



L'ASTRONOMIE

Et le Soleil s'arrêta, la Lune suspendit son cours. [...] Le Soleil ne se hâta point de se coucher, presque tout un jour.

Josué 10,13

Les calculs des astronomes sont formels: si les descriptions de la Bible reposent sur un fond de réalité, alors la bataille de Gabaon, relatée dans le Livre de Josué (retraçant la conquête du pays de Canaan par le successeur de Moïse, et le fameux épisode de la chute de Jéricho), prit fin très exactement le 30 octobre 1207 av. J.-C., un peu avant 15h30.

On ne peut pas faire plus précis! "L'astronomie est terriblement fiable, pour peu qu'il y ait des indices forts sur la position des astres", assure Colin Humphreys. Ce professeur de physique



< Lors d'une éclipse annulaire, la luminosité est proche du crépuscule, comme décrit dans le *Livre de Josué*.

LE DOC DES CHERCHEURS

Le calendrier des éclipses

Une seule éclipse solaire a été visible du pays de Canaan durant la période supposée de sa conquête par Josué : celle du 30 octobre 1207 av. J.-C.



DATE LE TRIOMPHE DE JOSUÉ

expérimentale à la Royal Institution de Londres invite à relire le récit de la victoire de Gabaon, ville alliée des enfants d'Israël, sur 5 rois unis pour l'attaquer. Dans le chapitre X du *Livre de Josué*, il est dit que la fin de cette bataille fut marquée par un étrange phénomène : le Soleil et la Lune s'arrêtèrent au milieu du ciel, notre étoile ne se hâtant point de se coucher presque tout un jour. Un miracle de l'Éternel en soutien aux enfants d'Israël ? "Lu avec les yeux d'un scientifique, ce passage fait surtout penser à une éclipse solaire, d'autant qu'une traduction alterna-

tive propose que le Soleil et la Lune se sont arrêtés de briller", précise le professeur, qui est donc parti à la recherche de cette éclipse. "Pour estimer la fourchette temporelle dans laquelle l'événement a eu lieu, nous disposons de la stèle du pharaon Mérenptah, qui fait pour la première fois état de la présence du peuple d'Israël dans le pays de Canaan. Au plus tard, cette stèle a été construite en 1199 avant notre ère", explique-t-il.

D'un autre côté, les archéologues estiment que la région était sous contrôle militaire égyptien vers 1450

av. J.-C. "Nous avons donc pris une fourchette large, entre 1500 et 1050 av. J.-C., et nous avons répertorié toutes les éclipses solaires visibles dans le pays de Canaan, qui comprend aujourd'hui la Palestine, Israël, la Jordanie, le Liban et une partie de la Syrie", rapporte Colin Humphreys.

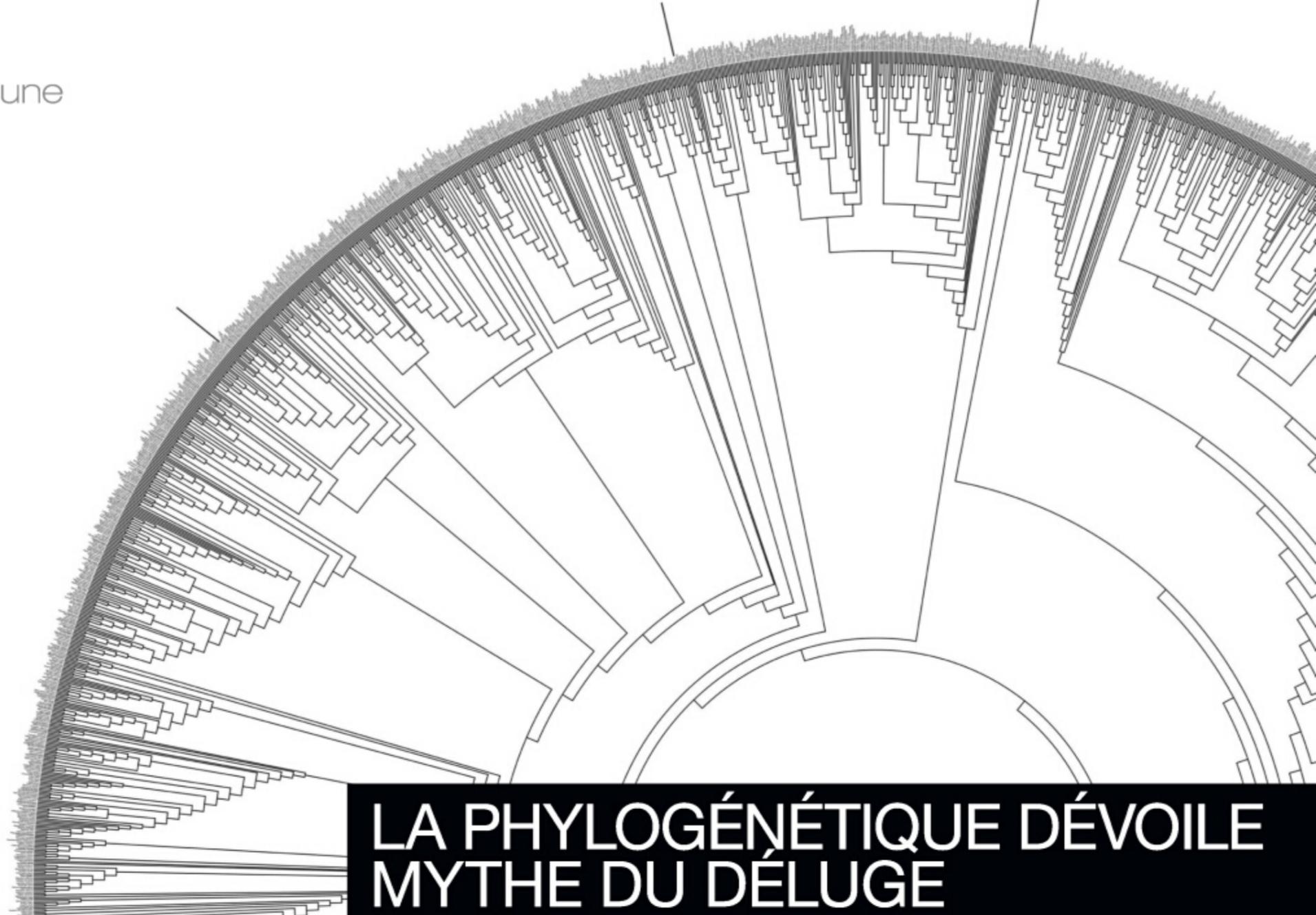
LA TERREUR VENAIT BIEN DU CIEL

Et le résultat tombe : une seule et unique éclipse solaire est survenue sur le pays de Canaan dans la période étudiée, le 30 octobre 1207 av. J.-C., de 15 h 27 à quelques minutes après 17 h. "Et ce qui est très intéressant, c'est que cette éclipse était annulaire, c'est-à-dire que le diamètre de la Lune était inférieur à celui du Soleil, souligne Colin Humphreys. L'éclipse n'a donc pas provoqué une nuit momentanée, mais elle a réduit la luminosité à celle d'un crépuscule. Puis le jour est revenu et, peu après, le véritable crépuscule tombait. Pour moi, c'est ce phénomène qui est décrit dans la Bible lorsqu'il est dit que 'Le Soleil (...) ne se hâta point de se coucher, presque tout un jour'."

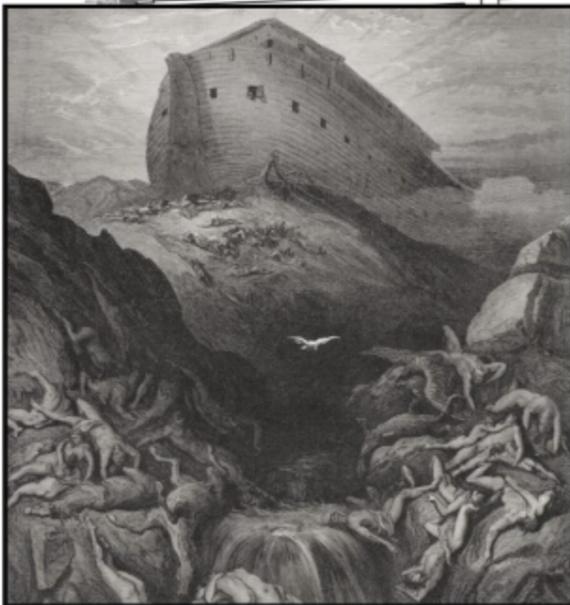
Avec la même méthode, le physicien est parvenu à dater la crucifixion de Jésus : le 3 avril 33, en supposant que l'obscurité soudaine qui entoure cet épisode ait été inspirée aux scribes par une éclipse lunaire. Pour sa part, l'astronome américain Wayne Osborn a daté la mort de Moïse au 1^{er} mars 1399 avant notre ère, en y voyant une autre éclipse : selon le Zohar, un recueil du XIII^e siècle "se basant sur des sources bien antérieures", le Soleil s'est assombri lorsque le prophète a rendu son dernier souffle.

Wayne Osborn note cependant que, "selon la Bible, la conquête de Canaan par Josué s'effectue peu de temps après la mort de Moïse, alors que près de 200 ans séparent mon éclipse de celle de Colin Humphreys."

Partant du texte sacré, l'astronomie l'éclaire, mais parvient aussi à en relever les contradictions.



LA PHYLOGÉNÉTIQUE DÉVOILE MYTHE DU DÉLUGE



Et moi, voici, je fais venir le déluge d'eaux sur la terre, pour détruire au-dessous des cieux toute chair dans laquelle il y a un esprit de vie ; tout [...] sur la terre expirera

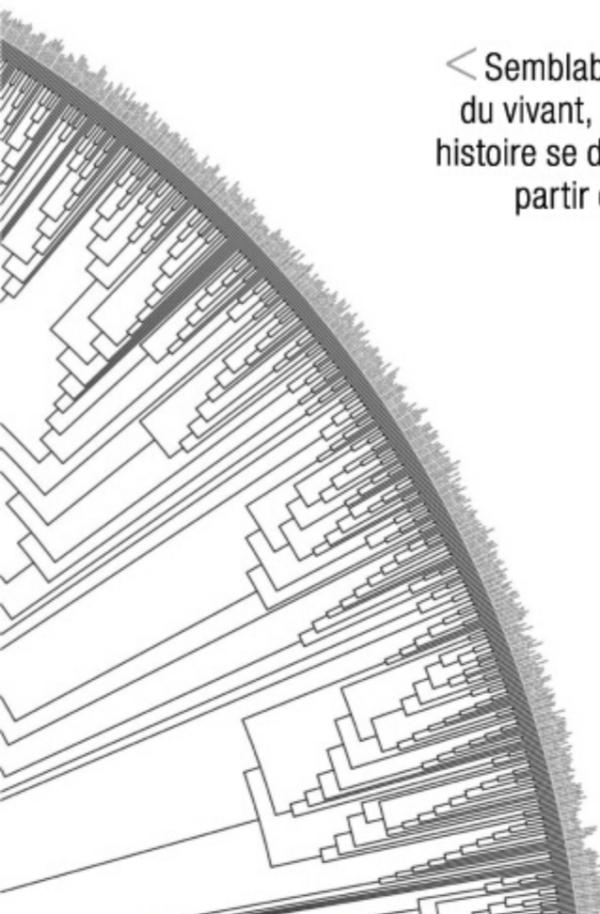
Genèse 6

Tout le monde connaît l'histoire du Déluge. Mais la Bible n'est pas le premier livre à la raconter : à l'origine de cette incroyable épopée de Noé, il y a un récit qui serait né en Afrique il y a plus de 100 000 ans. C'est ce que révèlent des études en phylogénétique des mythes, cette nouvelle science qui croise théorie de l'évolution, sciences humaines et traitement statistique massif des données.

Mais commençons par le commencement. Au départ de cette remontée dans le temps, il y a une célèbre légende gravée sur une tablette mésopotamienne datant de 2 600 ans avant notre ère, soit bien avant l'écriture de la Bible. Dénommée *L'Épopée de Gilgamesh*, cette légende relate, parmi moult aventures, celle où le héros Gilgamesh rencontre un homme appelé Utanapishtim. Celui-ci raconte que, naguère, le dieu de la Sagesse l'a prévenu d'une inondation imminente et massive. Dès lors, il démolit

D.M. HILLIS - BRIDGEMAN - M. BELLANGER

◀ Semblable à l'arbre du vivant, celui d'une histoire se développe à partir d'un mythe originel.



L'ORIGINE DU

sa maison pour en faire un bateau, puis il embarque sur cette construction de bois avec des spécimens de tous les animaux, échappant ainsi à une noyade certaine. Cela vous rappelle quelque chose ?

Normal : si de nombreux épisodes consignés dans l'Ancien Testament sont sans conteste exclusifs, d'autres, distillés ici et là dans les différents Livres, semblent influencés, voire carrément empruntés à des mythologies plus anciennes.

D'où cette hypothèse, devenue le tremplin d'inédites recherches sur la Bible : et si ces légendes avaient une origine commune ? Auquel cas, l'histoire d'une histoire pourrait s'apparenter à un arbre du vivant, avec son tronc originel et ses méandres de mutations. Dans l'idée que, à l'instar des espèces animales d'une même famille, les récits racontés par des populations humaines qui se sont scindées récemment sont très proches – ce qui est justement

le cas des Déluges mésopotamien et biblique, nés tous deux au Moyen-Orient et que seuls quelques milliers d'années séparent. Et, dans la même logique, plus on remonte dans le temps, plus les histoires, bien qu'apparentées, possèdent de différences.

Le Déluge est l'exemple rêvé pour une telle démarche ! Car les chercheurs disposent d'une base suffisante pour étudier son évolution dans le temps : plus de 300 mythes diluviens différents ont été recensés de par le monde, selon *le Dictionnaire critique de la mythologie* écrit par l'historien Bernard Sergent et l'anthropologue Jean-Loïc Le Quellec. *"Certains récits sont extrêmement différents, mais d'autres ont clairement des caractères communs, assure ce dernier. Nous pouvons donc tâcher de construire l'arbre phylogénétique du mythe, comme pour un être vivant. Des mutations – en l'occurrence de nouvelles péripéties –, apparaissent en des points de l'arbre et peuvent être transmises aux descendants. Et comme en phylogénie, nous essayons d'identifier la base de l'arbre, l'ancêtre commun hypothétique de toutes les versions d'un mythe, le squelette de l'histoire !"* Le

mythe originel, mais aussi quand, et où, il était raconté...

Ralliés à ce nouveau type d'approche, de nombreux mythologues et anthropologues s'emparent aujourd'hui des outils chers aux généticiens ! *"L'arrivée de l'informatique et des logiciels dédiés à la génétique ont révolutionné l'étude des contes"*, décrit Julien d'Huy, doctorant en anthropologie à l'université Paris 1 Panthéon-Sorbonne. Et il confirme que la phylogénie des mythes est actuellement un domaine en pleine expansion, au point d'oser s'attaquer – avec précaution toutefois – aux textes bibliques. Que nous apprend donc cette nouvelle approche des mythes sur le Déluge dont parle la Sainte Bible ?

TRAITEMENT STATISTIQUE

En pratique, il faut commencer par décomposer tous les mythes connus existants en "mythèmes", soit une idée basique du récit, du style : "le rescapé du Déluge est un allié de Dieu". Et Julien d'Huy de préciser : *"Tout ceci en excluant bien sûr les mythes que l'on sait avoir été apportés ultérieurement, par les missionnaires chrétiens aux popula-* →

LE DOC DES CHERCHEURS



La carte mondiale des récits diluviens

Plus de 300 mythes liés au Déluge ont été recensés à travers tous les continents et de nombreuses cultures. Si certains récits sont très différents, d'autres sont clairement apparentés et partagent donc une même origine.

→ tions d'Amérique du Sud et d'Afrique par exemple."

À partir du corpus collecté, une énorme base de données est constituée. Afin de faciliter le traitement informatique, l'absence ou la présence de chaque mytheme au sein d'un mythe y est inscrite sous la forme binaire de 0 et de 1. Probabilité statistique de l'apparition d'un mytheme particulier à un nœud donné, proximité entre deux mythes recensés... Tout cela est alors calculé de la même manière qu'en génétique. Avec, comme loi de construction de l'arbre, le même principe de parcimonie, qui privilégie pour l'arbre des espèces le minimum de changements évolutifs, et d'avatars narratifs pour l'arbre des mythes.

AU COMMENCEMENT ÉTAIT L'AFRIQUE

Les premières études livrent déjà de précieux enseignements. Même si "ces résultats sont encore préliminaires et que de nombreuses autres données doivent être collectées", tient à prévenir Julien d'Huy. Il n'empêche: la généalogie du mythe diluvien est bel et bien en voie d'être reconstituée. "Le thème originel du Déluge, qui est l'idée d'une humanité détruite par l'eau (ou encore le feu), pour qu'une autre la remplace, semble né en Afrique il y a sûrement plus de 100 000 ans", révèle Jean-Loïc Le Quellec. En témoignent certains mythes contenant ce thème primordial encore présent en Afrique, et qui n'apparaissent pas comme issus du prosélytisme religieux. "Cette idée a suivi Homo sapiens lors de la sortie d'Afrique et, de là, s'est répandue sur tous les continents."

Il aurait alors subi des modifications, notamment en Asie du Sud-Est. Là serait peut-être né, par exemple, le concept d'un crime de l'Homme qui aurait blessé ou tué un animal sauvage, comme origine de la catastrophe. Légende dont les récits

diluviens montrent qu'elle aurait été amenée lors des premières colonisations de l'Amérique, il y a plus de 20 000 ans, par des populations asiatiques empruntant probablement le détroit de Béring, selon la récente étude de Julien d'Huy.

En Asie centrale, le Déluge serait encore devenu plus proche de l'histoire que l'on connaît: une étude publiée en 2008 par l'anthropologue Wim van Binsbergen (université de Leiden, Pays-Bas) montre que les premiers récits contenant l'idée d'une arche de bois y trouveraient leur origine il y a près de 15 000 ans. Puis finalement, c'est dans le croissant fertile, entre 9 000 et 2 600 ans avant notre ère, qu'une divinité serait devenue l'allié du héros, que ce soit chez les Grecs (Zeus a pitié de Deucalion, le fils de Prométhée), en Mésopotamie (le dieu de la Sagesse prévient Utanapishtim d'une submersion imminente) et dans la Bible (Yahvé avertit Noé du Déluge).

Telle serait donc la véritable histoire des histoires! Celles-ci traversent les âges et les continents, sont contées de mille et une façons, et évoluent à la manière d'êtres vivants, jusqu'à atteindre une forme définitive une fois gravées dans la pierre ou couchées sur papier. Loin d'avoir inventé tous les mythes qui parcourent notamment la Genèse, la Bible en a récupéré certains, témoignant d'une tradition et d'une spiritualité partagées par toute l'humanité. D'autant que "le Déluge n'est qu'un exemple: il fait partie d'une cosmogonie globale qui s'est répandue comme un tout", précise Jean-Loïc Le Quellec. Car la phylogénétique vient aussi de montrer que d'autres mythes auraient voyagé avec le récit diluvien, notamment l'idée d'une tour ou d'une échelle construite pour atteindre le ciel et qui finit par s'effondrer, ainsi que celle d'un fratricide originel. Tout cela ne vous dit-il rien?

CE QUE LA SCIE



... DE LA CONVERSION

En 2015, l'astronome William Hartmann émet une hypothèse: l'expérience mystique de saint Paul, racontée dans *Les Actes des apôtres*, ressemble aux effets observés lors de l'explosion d'une météorite à Tcheliabinsk, en Russie.

... DU CODE SECRET DE LA BIBLE

Le Livre des livres en cache-t-il un autre? Dès l'Antiquité, la Kabbale (mystique juive traditionnelle) prétend que le sens littéral du texte biblique n'est pas sa véritable signification. Au XIII^e s., Bahya ben Asher, rabbin de Saragosse (Espagne), montre qu'en ne lisant qu'une lettre de *La Genèse*

NCE DIT AUSSI...



DE SAINT PAUL

Dans le récit, ce citoyen romain de confession juive qui s'appelait alors Saul se rendait à Damas lorsqu'*"une lumière venue du ciel l'enveloppa dans sa clarté. Tombant à terre, il entendit une voix"*, celle de Jésus-Christ. La météorite

de Tcheliabinsk, tombée en 2013, a diffusé une luminance estimée à trois fois celle du Soleil. L'onde de choc de l'explosion fut accompagnée d'un bruit assourdissant qui détruisit des milliers de fenêtres et projeta des gens à terre. Pour ce qui est de Saul, il resta aveugle pendant trois jours et *"il lui tomba des yeux comme des écailles, avant de recouvrir la vue"*. Or l'exposition à une lumière très intense peut provoquer une forme de cécité temporaire, s'accompagnant parfois d'une desquamation de l'épithélium cornéen. Ainsi, l'expansion du christianisme pourrait devoir son origine à une manifestation céleste, sans être pour autant divine. Cela dit, même si des restes de météorite étaient un jour découverts en Syrie, dater leur chute sur Terre serait tout sauf évident.



... DU BUISSON-ARDENT

Alors que Moïse se réfugie au pays de Madian, au nord-ouest de la péninsule arabique, l'Éternel se manifeste à lui sous la forme d'un buisson brûlant sans jamais se consumer... Eh bien, les botanistes ont trouvé une plante capable d'un tel miracle : la fraxinelle, de son nom savant *Dictamnus albus*, secrète une telle quantité de composés

volatils que par temps chaud et lourd, ces dernières s'enflamment spontanément, surtout le soir, sans dommages pour la plante. Las, cette espèce ne semble pas pousser au pays de Madian... Mais elle est attestée au Moyen-Orient, région méditerranéenne plus septentrionale, région où justement la Bible fut rédigée...

sur 42, un texte caché apparaît. L'idée va au XX^e s. bénéficier des lumières de l'informatique. En 1994, en utilisant différents intervalles entre chaque lettre et en faisant varier le choix de la première, Eliyahu Rips, professeur de mathématiques à l'Université de Jérusalem, génère toute une série de "textes" qui contiennent les noms et les dates de

naissance de figures du judaïsme... postérieures à l'écriture de la Bible! D'autres y révèlent les prédictions des assassinats de John Fitzgerald Kennedy, Anouar el-Sadate ou encore Yitzhak Rabin. *"Cette histoire illustre à merveille le théorème mathématique de Borel-Cantelli*, explique Jean-Paul Delahaye, professeur d'informatique à l'Univer-

sité Lille 1. *En prenant au hasard une suite suffisamment grande de symboles typographiques, vous y trouverez à coup sûr tous les mots possibles et imaginables."* Le mathématicien australien Brendam McKay a ainsi montré qu'on obtenait la même liste que celle d'Eliyahu Rips, avec une traduction de *Guerre et Paix* de Tolstoï en hébreux! **J.-B. V**



À consulter : l'ensemble des études scientifiques citées dans l'article et quelques ouvrages critiques de références sur le Livre des livres.

*** EN SAVOIR PLUS**

science-et-vie.com

2 | LES MANUSCRITS

LES BIG DATA RECONSTITUENT
LES TEXTES D'ORIGINE

De la Bible, les plus vieux textes connus sont les inestimables manuscrits de la mer Morte. Découverts à partir de 1947 dans onze grottes de la région de Qumran, en Cisjordanie, ils rassemblent quelque 970 parchemins et papyrus, dont certains remontent au III^e s. avant notre ère ! Un trésor de l'humanité. Sauf qu'il est en lambeaux. Car en dehors d'une petite dizaine de rouleaux complets ou presque, la quasi-totalité des manuscrits ont été retrouvés en morceaux, parfois aussi menus qu'un timbre-poste. Un immense puzzle de plus de 100 000 pièces qui détient le secret du texte original de la Bible !

IMMENSE BASE DE DONNÉES

Depuis 70 ans, un travail titanesque de reconstitution a donc été entrepris. À ce jour, *"aucun manuscrit n'a pu être restitué entièrement"*, avoue David Hamidovic, de l'Institut romand des sciences bibliques de l'Université de Lausanne.

Heureusement, les choses sont en train de changer. La nouvelle génération d'archéologues mobilise désormais la puissance du numérique et des big data. Nourris par l'immense

base de données que constituent les photos de chaque fragment, leurs algorithmes comparent la forme des morceaux, leurs aspérités, leur couleur, afin de recomposer les manuscrits originaux. Certains, dérivés des algorithmes conçus pour la reconnaissance faciale et fondés sur le *deep learning* utilisé en intelligence artificielle, se concentrent sur les "mains" des scribes. *"On cherche à entraîner l'ordinateur à reconnaître l'écriture des scribes, même quand elle varie ou est altérée, de la même façon que les algorithmes parviennent à identifier un visage, qu'il porte des lunettes ou non"*, explique Nachum Dershowitz, qui pilote ce projet à l'Université de Tel-Aviv.

Et ça marche ! *"Cette méthode de reconnaissance de l'écriture a déjà permis de rejeter la reconstruction d'un manuscrit"*, annonce David Hamidovic. En l'occurrence, l'algorithme s'est penché sur un fragment qui décrit en hébreu le passage de la Genèse où Dieu demande à Abraham de sacrifier son fils Isaac. En bordure du lambeau, plusieurs mots sont manquants : *"Abraham mont... l... depuis les puits à l'endroit où..."* En s'inspirant de la version canonique (*"Abra-*



ham se leva de bon matin pour aller à l'endroit où il s'était tenu devant l'Éternel"), une première hypothèse avait suggéré que le texte pouvait se comprendre par : *"Abraham mont[a et al][a au matin] depuis les puits à l'endroit où..."* En piochant des caractères dans une bibliothèque d'images de lettres manuscrites afin de combler les trous en imitant l'écriture du scribe, l'algorithme a montré que les mots supposés manquants ne rentraient pas dans l'espace disponible...

Un succès qui en appelle d'autres. Car démontrer qu'une version est fautive ne dit rien de la vérité qu'elle a falsifiée. Quel est le mot qui commence par *"mon..."* ? Si, pour l'heure, cette équation reste sans réponse, l'intelligence artificielle avance néanmoins à grands pas. Une chose est sûre : elle seule a les moyens d'établir l'authenticité du texte biblique. Et ce n'est plus qu'une question de temps avant que la vérité soit enfin... révélée.

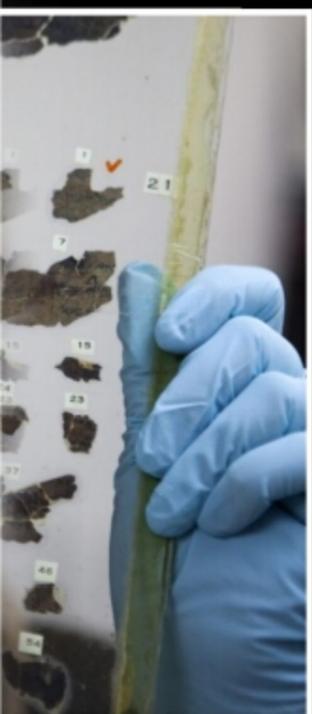
P.-Y.B.

LE DOC DES CHERCHEURS

Des algorithmes pour reconnaître les lettres

Dopés à l'intelligence artificielle, des algorithmes de reconnaissance d'images (et de reconnaissance faciale) tentent de recomposer les textes originaux.





< Plus de 99 % des manuscrits de la mer Morte ont été retrouvés en morceaux, qui parfois ne dépassent pas la taille d'un timbre-poste.



LA MICROTOMOGRAPHIE RENOUVE LES FILS

C'est un miracle", lâche Pnina Shor, directrice du projet Manuscrits de la mer Morte de l'Autorité des antiquités d'Israël. Un miracle... de la technologie!

En septembre 2016, son équipe a réalisé l'exploit de transformer un rouleau de parchemin complètement calciné en la plus vieille version officielle d'un des grands livres de la Bible: le Lévitique. Une découverte exceptionnelle, puisqu'elle constitue ni plus ni moins le chaînon manquant entre les plus anciens textes de la Bible – les manuscrits de la mer Morte, datés du III^e s. avant notre ère environ – et les versions diffusées à partir du Moyen Âge, très proches de celles d'aujourd'hui.

Ce rouleau de parchemin calciné a été découvert en 1970, en même

temps que des dizaines d'autres pareillement détruits par le feu, dans une synagogue se trouvant à Ein Gedi, près de la mer Morte. Sa datation au carbone 14 situe son écriture entre les III^e et IV^e s. "Or, jusqu'ici, souligne Pnina Shor, nous ne possédions quasiment aucun texte biblique de cette époque." Une lacune qui posait deux questions cruciales: quand la Bible avait-elle pris sa forme officielle? Se pouvait-il que le texte ait changé et, si oui, de quelle nature étaient ces changements?

Les rouleaux calcinés d'Ein Gedi détenaient une partie de la réponse. Parce qu'ils sont les seuls de cette période à avoir été retrouvés dans une "arche sainte", le lieu de la synagogue où étaient traditionnellement conservés les rouleaux de la Torah.

Il s'agissait donc de textes sacrés. Ce qui n'est pas le cas des manuscrits de la mer Morte (en tout cas, ceux lisibles, voir p. 74) qui, eux, mélangent allègrement différentes versions des livres bibliques et textes apocryphes.

UNE LACUNE DE 800 ANS

Restait à lire ces rouleaux. Mais comment accéder au contenu de morceaux de charbon? "Ces trésors attendaient des jours meilleurs en termes de technologie", s'amuse Pnina Shor. Et les jours meilleurs sont venus! "Par simple curiosité, raconte la chercheuse, alors que nous allions tester des manuscrits de la mer Morte à la microtomographie à rayons X, nous avons amené un des rouleaux d'Ein Gedi. Et là, ça a été la surprise!"

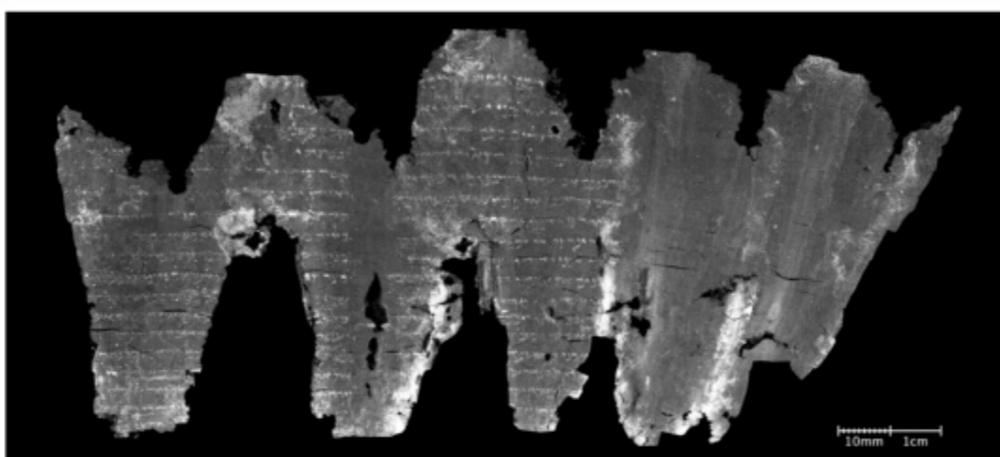
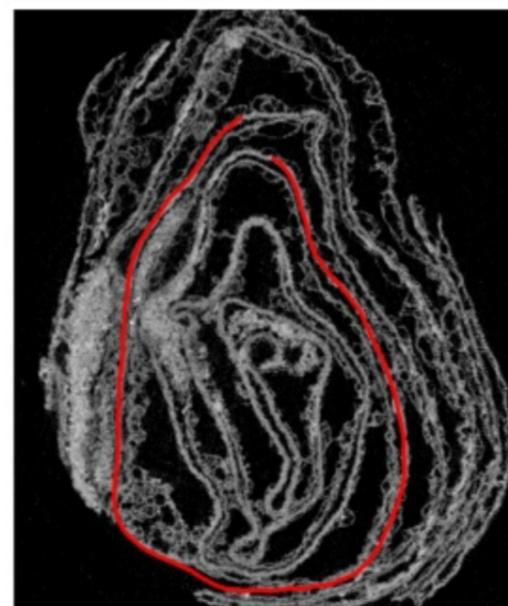


< Comme sur ce rouleau calciné d'Herculanum, les rayons X ont scanné un rouleau d'Ein Gedi, révélant le chaînon manquant entre les versions de la Bible.

LE DOC DES CHERCHEURS

La numérisation 3D pour voir l'invisible

La structure interne du rouleau est numérisée grâce à la microtomographie à rayons X (à d.), qui en révèle les différents éléments comme l'encre et le parchemin. Ci-dessous, la page est déroulée virtuellement grâce à des algorithmes qui en illuminent les parties encrées. Le texte devient donc lisible.



DE L'HISTOIRE

La microtomographie à rayons X? Très utilisée en médecine (par exemple pour détecter les tumeurs), cette technique réalise des coupes numériques d'un objet en trois dimensions et en reconstitue sur ordinateur les parties intérieures invisibles grâce à l'interaction des rayons X avec les différents matériaux.

Est-ce parce que l'encre était plus récente que celle des manuscrits de la mer Morte et que, de ce fait, elle contenait du fer? En tout cas, "c'est ce rouleau qui a donné les résultats les plus prometteurs", s'étonne encore Pnina Shor.

Concrètement, sur l'image en 3D du rouleau calciné obtenue grâce à la microtomographie, les régions jadis encrées se sont "allumées". Mais la reconstitution 3D n'était pas suf-

fisante. Encore fallait-il pouvoir dérouler virtuellement le rouleau. Une mission dont s'est acquitté le laboratoire Initiative de la restauration digitale, situé dans le Kentucky. Cela grâce à la mise au point d'un logiciel qui a converti ces data brutes en une page, explique Christy Chapman, porte-parole du laboratoire: "Cela a consisté à faire un à-plat de données concentriques, une section à la fois, puis à replacer l'encre avec une grande précision. Et, comme vous le voyez, le résultat est incroyable."

C'est vrai. Sur l'image finale apparaissent clairement deux colonnes de texte, de 35 lignes chacune, écrites en hébreu. Et si 17 seulement ont pu être déchiffrées, leur contenu ne laisse aucun doute: il s'agit du début du Lévitique.

Seule façon d'en avoir enfin le cœur net: ce texte présentait-il des différences avec la version qu'on en connaît? Eh bien non! Il est, au mot près, identique. De quoi être déçu? Au contraire! Il s'agit là d'une découverte lourde de sens. Car preuve est faite que le texte avait, dès cette époque, trouvé sa forme finale. Ce que conjecturaient d'ailleurs les spécialistes. Mais c'est désormais une certitude: la canonisation du texte s'est bel et bien produite très tôt, rapidement après la destruction du second Temple de Jérusalem, en 70. À partir de là, le Livre aurait pris la place du Temple pour la communauté juive en exil. Une sacralisation du texte qui, dès lors, n'allait plus bouger. Comme le confirme le parchemin d'Ein Gedi sauvé du feu.

L'ARCHÉOMÉTRIE DÉMÊLE LES VRAIS MANUSCRITS DES FAUX

La question est désormais sur la place publique : et si certains manuscrits de la mer Morte étaient des faux ? Et si, dans les imposantes collections, les expositions, sur le marché noir et même dans les laboratoires qui les étudient, certains fragments censés être les plus vieilles versions jamais découvertes du texte biblique avaient été contrefaits ?

C'est à une étude publiée en septembre 2017 que l'on doit cette révélation, aussi fracassante que dérangeante : en mobilisant les technologies les plus sophistiquées en matière d'analyse physico-chimique, un petit groupe de spécialistes en écriture ancienne et en théologie vient de remettre en cause l'authenticité de neuf fragments des manuscrits issus d'une collection privée. *"Et il y en aura de nombreux autres"*, prédit le docteur en sciences historiques et philologiques Michael Langlois, de l'université de Strasbourg, à l'origine de l'enquête.

Doit-on s'en étonner ? Début 2017, une nouvelle grotte située à l'ouest de Qumran, dans le désert de Judée, et pillée dans les années 1950, a prouvé qu'on pouvait aussi tomber sur des parchemins d'époque vierges : il en restait un sur place.

"Qu'est-ce qui empêche alors d'acheter un parchemin ou un papyrus anciens quelques milliers de dollars, d'y apposer des caractères hébraïques et de le revendre à un prix incommensurable ?", prévient Malcolm Choat, directeur du centre de recherche sur les cultures anciennes de l'université Macquarie, à Sydney (Australie). Car le prix d'un fragment de la taille d'un ongle peut atteindre le million de dollars, pour peu qu'un extrait biblique y soit apposé à l'encre.

C'est en étudiant des photographies infrarouges de quelques fragments que Michael Langlois a eu un doute. *"L'écriture était maladroite, mais, surtout, l'encre avait bavé sur certaines parties très usées du parchemin, raconte-t-il. Or elle aurait dû s'effacer si l'usure était postérieure à son application. Il y avait donc deux solutions : soit le scribe avait utilisé un support déjà vieux et usé, soit c'était un faux."* Ses arguments ont convaincu d'autres experts de collaborer à ces analyses, et le collectionneur a bien voulu prêter ses pièces...

Ces nouveaux experts de la police scientifique de l'archéologie biblique ont mobilisé le dernier cri technologique. À l'aide de la microscopie digitale 3D et de la microscopie électro-

nique à balayage environnementale, ils ont pu reproduire numériquement et en haute résolution la surface des fragments et leur couche de sédiments de quelques micromètres. Et la fluorescence X leur a permis de caractériser chimiquement tous les éléments.

SEUL LE SUPPORT EST D'ÉPOQUE

Premier constat : la couche de sédiments, attribuable à l'environnement d'une grotte, est épaisse et repose sous l'encre. *"Les parchemins et papyrus ont donc attendu très longtemps dans une grotte avant que l'on écrive dessus"*, assure Kipp Davis, spécialiste en études religieuses et auteur principal de l'étude forensique. Autrement dit, les supports sont bien d'époque, mais les écrits, eux, non.

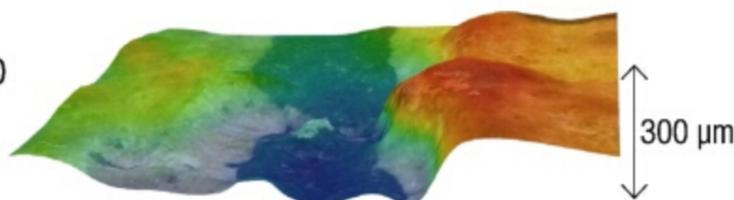
Ce n'est pas tout. Sur un des fragments a été découverte une étrange couche de sel. Or, *"non seulement les cristaux sont uniformément répartis sur toute la surface, décrit Michael Langlois, mais ils ont aussi tous la même taille, celle du vulgaire sel de table... Très improbable dans le cas d'un dépôt naturel !"* Plusieurs de ces cristaux sont aussi recouverts d'encre : le dépôt et l'écriture ont donc eu lieu il n'y a pas si longtemps.

Les faussaires ont donc noyé le faux dans le vrai. *"L'authentification est devenue une préoccupation majeure, commente Malcolm Choat. Il est impératif de comprendre comment les faux sont fabriqués, et d'améliorer les techniques pour les détecter."* Car outre les collectionneurs floués, les musées et leurs visiteurs dupés, ce sont aussi toutes les études réalisées sur les manuscrits de la mer Morte qui sont concernées.

LE DOC DES CHERCHEURS

La preuve par l'optique

La surface encrée de ce "manuscrit", reconstituée en 3D par microscopie optique, est très inégale : ce fragment était donc déjà usé avant que l'on écrive dessus, c'est un faux.



LE CAS DE L'ÉVANGILE SELON JUDAS

Judas a-t-il trahi Jésus sur ordre de ce dernier, servant ainsi le dessein de l'Éternel ? Malgré des investigations scientifiques dans les années 2000, impossible de prouver que *l'Évangile selon Judas*, manuscrit découvert en Égypte en 1978 et racontant cette version, est un faux. *"D'après le radiocarbone, ses pages datent de 220 à 340 de notre ère"*, explique Gregory Hodgins, directeur du laboratoire Spectrométrie de masse de l'université d'Arizona (États-Unis). *Le manuscrit n'est donc pas un patchwork de vieux papyrus.* *Quid de l'encre ? "C'est un mélange de deux encres, raconte Joseph Barabe, qui a mené l'étude. La 'noir lampe' était couramment utilisée par les Égyptiens à cette époque. L'autre, riche en fer, ne l'a été qu'à partir du VI^e s."* La marque d'un faux ? Pas forcément, car selon une étude du musée du Louvre, certains documents officiels égyptiens étaient écrits avec ces deux encres, dès le III^e s. *"Le scribe a pu explorer différentes combinaisons des deux"*, suggère Joseph Barabe. Ce manuscrit serait-il alors une copie de celui mentionné par Irénée de Lyon, évêque du II^e s., qui aurait miraculeusement survécu ?

M. LANGLOIS - TEK IMAGE/SCIENCE PHOTO LIBRARY/COSMOS

^ Un microscope à balayage permet d'identifier, y compris chimiquement, les multiples couches qui composent un manuscrit très ancien.





Cuivre, or, cobalt, nickel...

LA RUÉE VERS LES ABYSSSES

C'est parti ! États et compagnies minières sont en train de se lancer à l'assaut des fonds océaniques, qui regorgent de minerais et de terres rares dont raffolent les industries du numérique. **Vincent Nouyrigat** a plongé dans les abysses, pour nous présenter ces projets dignes de Jules Verne.

ILLUSTRE.FR



La prospection bat son plein

Des meutes de drones

Ces robots sous-marins vont être déployés dans les océans pour explorer les grands fonds avec une résolution de l'ordre du mètre, contre 50 m pour les bateaux de surface.

L'information a été rendue publique cet automne : des industriels japonais sont parvenus à extraire des minerais par plus de 1 600 m de fond au large de l'île d'Okinawa. Non pas un seul petit échantillon isolé, mais plus de 15 tonnes de matières métalliques pompées en continu depuis le plancher océanique jusqu'à un navire. Une première mondiale qui annonce de véritables mines sous-marines !

Pas de doute, une nouvelle frontière est en train d'être franchie dans l'exploitation des ressources planétaires. Au Japon comme ailleurs, une ruée vers les métaux des abysses s'organise. À l'image de la compagnie canadienne Nautilus Minerals, qui compte bien installer dès 2019 une inédite exploitation de cuivre sous 1 700 mètres d'eau au large de la Papouasie-Nouvelle-Guinée.

L'idée n'est pas nouvelle. Dès le début des années 1960, certains géologues convoitaient de petites concrétions rocheuses de 5 à 10 cm de diamètre, riches en manganèse, nickel, cobalt et même en terres rares, le tout reposant sur les plaines abyssales. Ces étranges boulettes portent le doux nom de nodules polymétalliques. *"Les campagnes océanographiques organisées autour de ces systèmes visaient explicitement à les exploiter, les buts étaient vraiment industriels"*, raconte Yves Fouquet, chercheur au laboratoire Cycles géochimiques et ressources (Ifremer). *"La combinaison de*

métaux présents dans ces gisements est unique, il n'y a pas d'équivalent à terre", s'émerveille encore Mark Hannington (université de Kiel, Allemagne). Mais les plus de 4 000 mètres de profondeur d'eau surplombant les champs les plus prometteurs avaient, à l'époque, calmé toutes les ardeurs.

La découverte en 1978 de systèmes hydrothermaux actifs sur les dorsales océaniques laissait entrevoir une autre forme de gisement mirifique. Car ces

fluides chauds surgissant du manteau terrestre sont gorgés d'éléments métalliques qui, soudain, précipitent lors de leur entrée dans l'eau glaciale des abysses. Résultat : des myriades de particules de cuivre, zinc, or et argent se déposent au pied des cheminées hydrothermales depuis des milliers d'années.

Ces gisements, dits de sulfures polymétalliques, contiennent des teneurs en cuivre de l'ordre de 7 %, contre 0,5 % en moyenne dans les mines exploitées aujourd'hui sur les continents. *"Cela forme une sorte de galette riche en métaux d'environ 200 mètres de large pour 100 à 200 mètres d'épaisseur : un joli paquet !"* sourit Jérôme Dymont, géologue marin à l'Institut de physique du globe de Paris. *Ces dépôts métallifères sont directement accessibles sur le fond marin, aucun besoin de creuser sous terre, il s'agit presque d'une cueillette."* À près de 2 000 m de profondeur tout de même.

L'ENJEU EST CLAIREMENT GÉOSTRATÉGIQUE

Faut-il que la Terre soit au bord de la pénurie générale pour que les mineurs envisagent de braver l'obscurité totale et la pression dantesque qui règnent au fond des océans ? Pas exactement : *"L'humanité dispose de très abondantes ressources métalliques sur les continents pour répondre à la demande mondiale durant encore de nombreuses décennies. Il n'y a aucune pénurie physique à craindre"*, affirme Gavin

ILLUSTRER.FR - M. KONTENTE

Repères

Métaux, hydrogène, méthane, organismes aux vertus thérapeutiques : les grands fonds océaniques regorgent de ressources jusqu'à présent inaccessibles. Mais les derniers progrès techniques ouvrent la voie de leur exploitation.



Des gisements difficiles à détecter

Les accumulations de sulfures métalliques ne font que 200 m de diamètre. Mais les panaches hydrothermaux, les reliefs et les anomalies magnétiques de la roche vont permettre de les identifier.

Les États se livrent bataille autour de ces ressources

- Zones à nodules (nickel, cuivre, cobalt, etc.)
- Monts à sulfures (cuivre, zinc, or, argent)

France, Russie et Pologne prospectent les sulfures de l'Atlantique Nord.

Le Japon convoite plusieurs gisements de sulfures au large de ses îles d'Okinawa et Ogasawara.

Pas moins de 19 pays dont la France, la Chine, le Japon, l'Allemagne, mais aussi Singapour, les îles de Nauru, etc. explorent les nodules de cette zone du Pacifique. (Clarion-Clipperton).

Corée du Sud, Inde, Chine, Allemagne investissent l'océan Indien pour ses nodules et sulfures.

Mudd, éminent spécialiste des ressources à l'université Monash (Australie). Les raisons de cette ruée sont, en fait, géostratégiques : la production de nombreux métaux critiques, essentiels aux technologies numériques ou renouvelables, se trouve aux mains d'une poignée de pays. "L'Europe ou le Japon, très dépendants de la Chine, ont tout intérêt à diversifier leurs apports, précise Yves Fouquet. Leurs eaux territoriales ou internationales pourraient leur ap-

porter une certaine autosuffisance. Après tout, les océans couvrent les deux tiers de la surface du globe." À ces considérations s'ajoute la difficulté d'exploiter des mines sur terre sans endommager l'environnement de riverains exprimant de plus en plus leur colère... Et surtout, les grands fonds ne sont plus si inaccessibles, au regard des progrès spectaculaires accomplis par l'industrie pétrolière offshore, qui travaille désormais sous plus de 3 000 mètres d'eau. →

➔ Bref, l'ère des mines abyssales semble venue. Toutes les grandes puissances sont sur les rangs. *"Nous avons actuellement accordé 29 permis d'exploration dans les eaux internationales, entre 1 800 et 5 000 mètres de profondeur"*, confie Sandor Mulsow, responsable des ressources à l'Autorité internationale des fonds marins.

À commencer, on l'aura compris, par les Japonais, dont le pays est jusqu'à présent dépourvu de ressources domestiques. *"Ils montrent une réelle volonté d'y parvenir, c'est devenu une cause nationale, témoigne Jérôme Dymont. Tous les géologues sont mobilisés, à tel point que les campagnes scientifiques ont été mises en sommeil!"*

Par ailleurs, *"la Corée du Sud et l'Inde effectuent des travaux géophysiques très intensifs à la poursuite des sulfures et des nodules dans l'océan Indien"*, poursuit le chercheur français.

L'Europe n'est pas en reste. Elle multiplie actuellement les programmes de R&D, et lorgne sur les sulfures des eaux françaises de Wallis-et-Futuna, ou celles portugaises des Açores. Très en pointe sur le sujet, la France s'est dotée en octobre 2015 d'une "stratégie nationale relative à l'exploration et à l'exploitation minières des grands fonds."

À LA RECHERCHE DU MEILLEUR FILON

Allemands, Anglais, Belges s'activent également, et le gouvernement polonais a obtenu en octobre 2017 un permis d'exploration en Atlantique... Les petits États du Pacifique (Nauru, Kiribati, Vanuatu, Tonga...) étudient, avec des compagnies minières, leurs eaux riches en nodules. Même la Russie et la Chine, pourtant très bien fournies en ressources terrestres, prospectent les fonds marins!

Et les stratégies d'exploration se mettent en place. Les chercheurs de nodules privilégient une zone du Pacifique située entre Hawaï et l'Amérique centrale (voir carte p. 93). *"Pour moi, il ne fait aucun doute que ces ressources potentielles sont énormes dans cette région: on parle de 34 milliards de tonnes de nodules!"* estime Geoffroy Lamarche, chercheur à l'Institut des sciences de l'environnement de Nouvelle-Zélande.

Les géologues partis à la conquête de sulfures polymétalliques se concentrent, eux, sur les dorsales océaniques. Une tâche ardue car, si les

Les machines amphibies sont prêtes pour l'extraction



Des robots raboteurs

Ils aplanissent les sols et tracent des chemins sur ces terrains accidentés, pour permettre ensuite aux lourds robots extracteurs d'accomplir leur œuvre.

The image depicts a futuristic lunar mining operation. In the foreground, a large, white, tracked mining machine with a prominent drill bit is shown in action, kicking up a cloud of white dust. In the background, another similar machine is visible, and a small, yellow, hovering vehicle with a cluster of lights is positioned in the upper right. The lunar surface is covered in dark rocks and dust, and the sky is a deep, dark blue with scattered white particles.

D'immenses aspirateurs

Ces machines récupèrent les minerais arrachés, avant de les propulser vers la surface, 2 km au-dessus, où un bateau-usine assurera un premier tri.

Des extracteurs

Ces machines de près de 300 tonnes concassent les croûtes métallifères — comme dans une mine de charbon.

→ sites hydrothermaux actifs forment un panache très repérable, les conditions ultra-acides et chaudes qui y règnent seraient par trop agressives pour des machines d'extraction. Les prospecteurs tentent donc de retrouver à tâtons des zones éteintes, redoutablement discrètes.

Mais d'autres formes de gisements sous-marins commencent à aiguïser les appétits. Des chercheurs japonais affirment ainsi avoir relevé des teneurs prometteuses en terres rares dans les boues sédimentaires du Pacifique...

De leur côté, la Russie, la Chine, le Japon, le Royaume-Uni et le Brésil convoitent des dépôts recouvrant certaines montagnes sous-marines sous la forme d'une croûte pouvant atteindre 25 centimètres d'épaisseur sur plusieurs kilomètres carrés; pellicule qui résulte de dizaines de millions d'années de précipitations du fer et manganèse contenus dans l'océan. *"Ces encroûtements affichent des concentrations en tellure des centaines de fois supérieures à ce que l'on détecte sur les continents, et des concentrations en cobalt des dizaines de fois plus importantes: deux métaux essentiels à l'industrie bas carbone! s'enthousiasme Bramley Murton (Centre national d'océanographie de Grande-Bretagne), lancé à la poursuite de tels gisements au large des Canaries et du Brésil. Il y a des dizaines de milliers de montagnes sous-marines dans les océans, et seules quelques dizaines ont été étudiées."*

LA BIODIVERSITÉ POURRA-T-ELLE RÉSISTER ?

Attention: la part de bluff dans ces annonces tonitruantes n'est sans doute pas négligeable. *"Les extrapolations des Japonais sur les terres rares sont énormes, ils font preuve d'un optimisme délirant"*, tempère Jérôme Dymont. *"Des chiffres exorbitants ont circulé sur la ressource de la zone économique exclusive française en Polynésie à partir de trois carottages seulement, ironise Yves Fouquet. Trois échantillons prélevés sur une zone hétérogène aussi vaste que l'Europe... Pas de quoi en faire une théorie du gisement!"* Gavin Mudd, à son tour, s'empresse de recadrer l'enjeu: *"Les dépôts de sulfures sont très riches, mais trop petits; les gisements de nodules ont une belle taille, mais se situent à une profondeur jamais atteinte à ce jour. Ces métaux sous-marins pourraient théoriquement compléter l'offre mondiale, mais je*

Ces mines menacent les écosystèmes

Des nuages de poussières toxiques

L'extraction soulève des poussières chargées de métaux lourds toxiques et susceptibles d'étouffer la faune alentour.

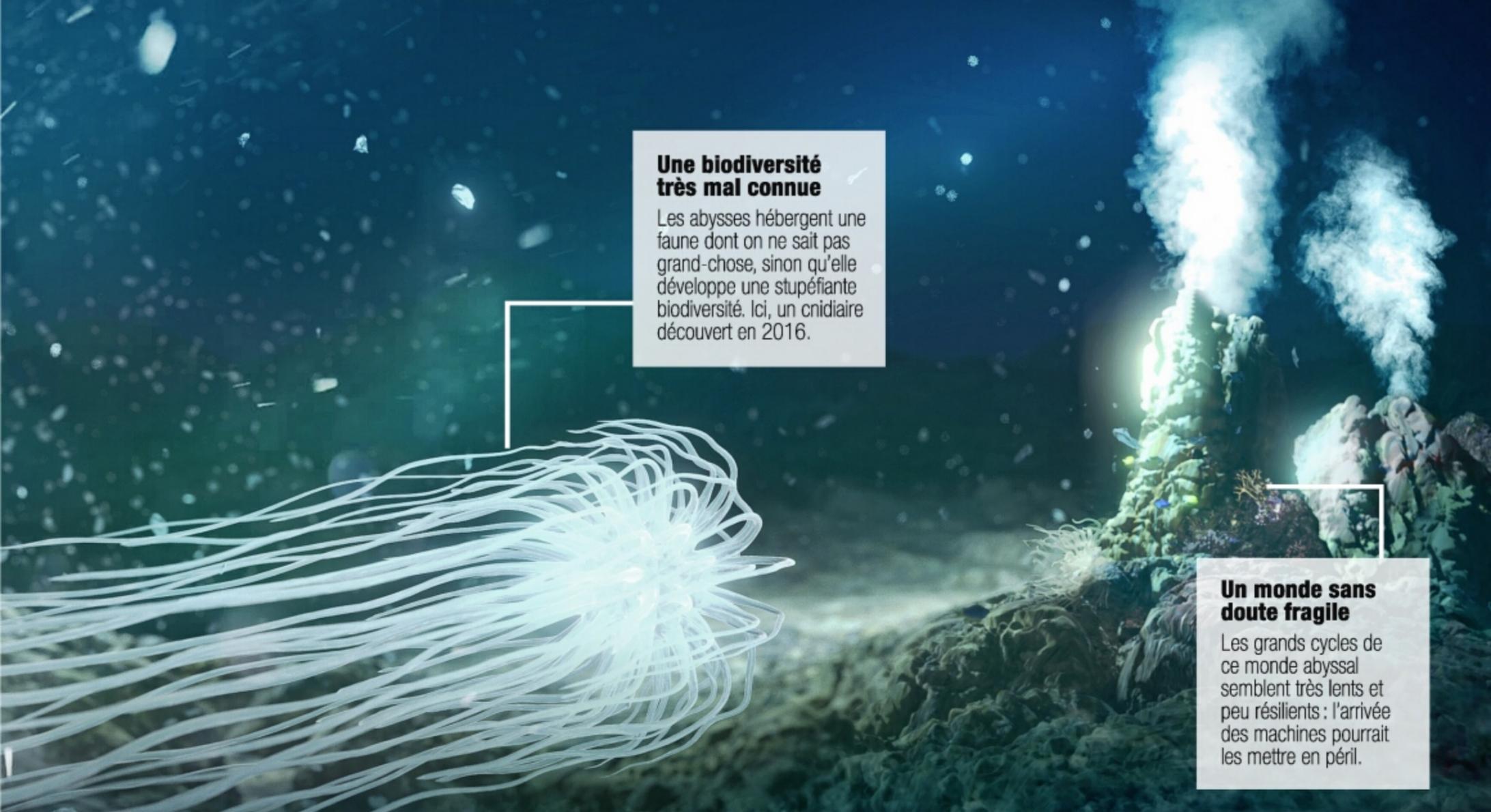
Que dit la loi ?

La convention de Montego Bay, signée par **165 pays,** considère la haute mer comme un patrimoine commun de l'humanité: la circulation y est libre et les ressources doivent être exploitées et partagées de manière "équitable". Sauf qu'il manque un signataire de poids, **les États-Unis!**

ne les vois pas devenir dominants un jour." Il n'empêche: une nouvelle industrie est en train de naître, à base de robots autonomes combinant les techniques existantes d'extraction du charbon et d'exploitation du pétrole offshore. *"Toutes nos machines d'extraction sous-marines sont prêtes, et notre bateau-usine est assemblé à 70 %"*, nous fait savoir un responsable de Nautilus. Tandis que de plus en plus d'ingénieurs travaillent sur le sujet: *"Nous venons de mettre au point un conduit en caoutchouc capable de résister à l'abrasion des minerais lorsqu'ils sont remontés à la surface, même par très forte houle"*, annonce Johann Rongau, du département Innovation de TechnipFMC, spécialiste de l'offshore pétrolier.

Pendant ce temps, dans les grandes instances, les règles d'exploitation sont discutées en toute urgence... C'est que, ouvrir une mine dans les abysses revient, ni plus ni moins, à faire entrer une meute de bulldozers de 300 tonnes aux dents acérées au cœur du dernier grand écosystème préservé des humains. Le dernier espace vierge de la planète...

"La communauté scientifique est très inquiète, on ne pensait pas que ces projets miniers allaient se développer aussi vite, on n'y croyait pas vraiment; or là, cela devient concret", lance la biologiste Nadine Le Bris, directrice du Laboratoire



Une biodiversité très mal connue

Les abysses hébergent une faune dont on ne sait pas grand-chose, sinon qu'elle développe une stupéfiante biodiversité. Ici, un cnidaire découvert en 2016.

Un monde sans doute fragile

Les grands cycles de ce monde abyssal semblent très lents et peu résilients : l'arrivée des machines pourrait les mettre en péril.

d'écogéochimie des environnements benthiques (Paris). Les industriels auront beau prendre des précautions, *“cette extraction aura forcément un impact environnemental, reconnaît Sandor Mulsow. La récupération des nodules, par exemple, remettrait en suspension de très vieux sédiments qui se sont déposés au rythme de quelques millimètres par millier d'années. Comprenez que le dépôt ne serait-ce que de 0,1 mm de particules sur les fonds environnants équivaut à une tempête considérable pour l'océan profond.”* Ces poussières risquent bien d'ensevelir ou d'obstruer les voies respiratoires de la faune très diverse des environs. Sans parler des organismes fixés sur ces nodules qui disparaîtront irrémédiablement lors de la récolte... Le concassage des sulfures pourrait avoir des effets encore plus vicieux en libérant un nuage de particules métalliques potentiellement toxique, et déstabilisateur pour la physico-chimie des abysses.

“Nous ne connaissons rien ou pas grand-chose du fonctionnement des écosystèmes profonds, reconnaît Marie-Anne Cambon, du Laboratoire de microbiologie des environnements extrêmes (Ifremer). On ne sait rien de leurs cycles de reproduction, rien de leur capacité d'adaptation, rien de leur capacité de fuite face à une perturbation physique ou chimique. On ne sait pas non plus où logent leurs larves... Du reste, nous ignorons

encore comment pourraient se propager dans l'océan profond les perturbations induites par les mines, vu notre méconnaissance des courants profonds.” Or connaître ces écosystèmes est un préalable indispensable à leur protection. *“Nous multiplions les missions longues et éprouvantes en mer pour en réaliser l'inventaire, reprend Marie-Anne Cambon. Il y a urgence, on fait tout notre possible!”* Les géologues ont aussi leur rôle à jouer : *“Nous devons mieux comprendre ces systèmes géologiques pour les exploiter judicieusement : le but serait d'en récupérer les morceaux choisis au lieu de tout dévaster”,* estime Yves Fouquet. Sandor Mulsow renchérit : *“Les ressources minérales de la haute mer font partie, selon les textes officiels, du patrimoine mondial de l'humanité. Ce qui implique une gestion responsable de cette ressource non renouvelable, pour les générations futures.”*

Dès lors, la question se pose. Faut-il vraiment y aller ? *“Ma préoccupation est de trouver les matières premières essentielles pour assurer à l'humanité un avenir à bas carbone, défend Bramley Murton. Voulez-vous vraiment raser la forêt tropicale pour extraire le nickel qui nous est nécessaire ? Ou bien récupérer des nodules à des milliers de kilomètres des populations ?”*

Le débat autour de l'exploitation des abysses ne fait que commencer.



À consulter : le site de Nautilus, ainsi que celui de l'Autorité internationale des fonds marins.

EN SAVOIR PLUS

science-et-vie.com

Ils ont redessiné les ailes de papillons



← AVANT APRÈS →

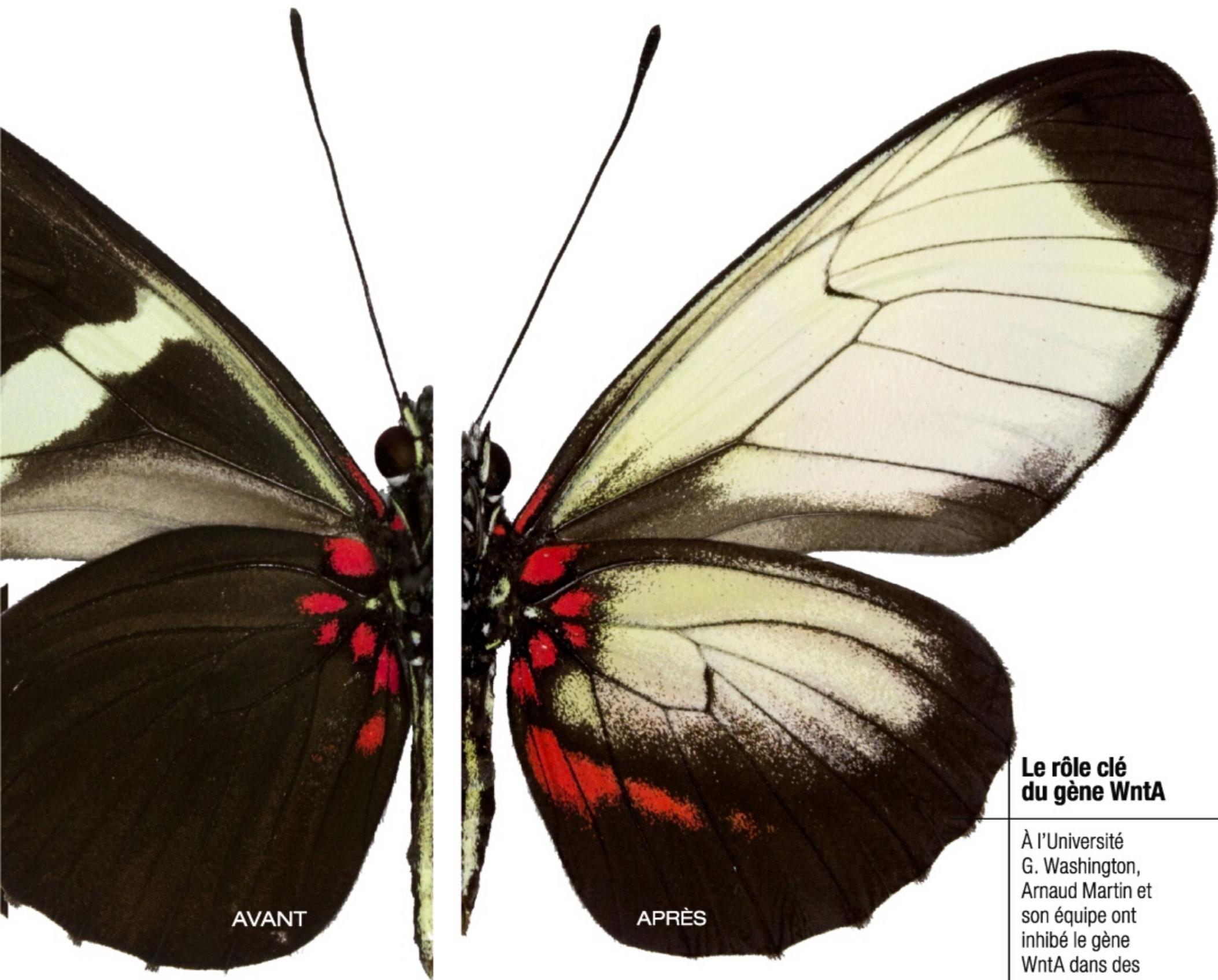


En inhibant un seul gène chez des papillons, leurs ailes se sont parées de motifs inédits. Livrant ici la clé de ce qui façonne le vivant, explique **Alexandra Pihen**. La preuve en images.

écouter Arnaud Martin, aucun cadeau de Noël ne lui a davantage fait plaisir.

Le 24 décembre 2016, ce généticien au Département des sciences biologiques de l'Université George Washington, aux États-Unis, recevait les premières photos de ses papillons génétiquement modifiés. *“Lorsque j’ai eu les spécimens sous les yeux, j’ai sauté de joie ! Chez le premier, de l’espèce *Agraulis*, les phénotypes mutants étaient exactement ce que j’avais prédit : les motifs argentés entourés de lignes noires avaient disparu.”* Car l’objectif de ses travaux était bien de modifier le génome des lépidoptères de façon à redessiner les motifs qui apparaissent sur leurs ailes. Une manipulation étonnante qu’il a pris plaisir à reproduire avec succès sur six autres espèces.

N. VESSILIER - A. MARTIN, THE GEORGE WASHINGTON UNIVERSITY



Le rôle clé du gène WntA

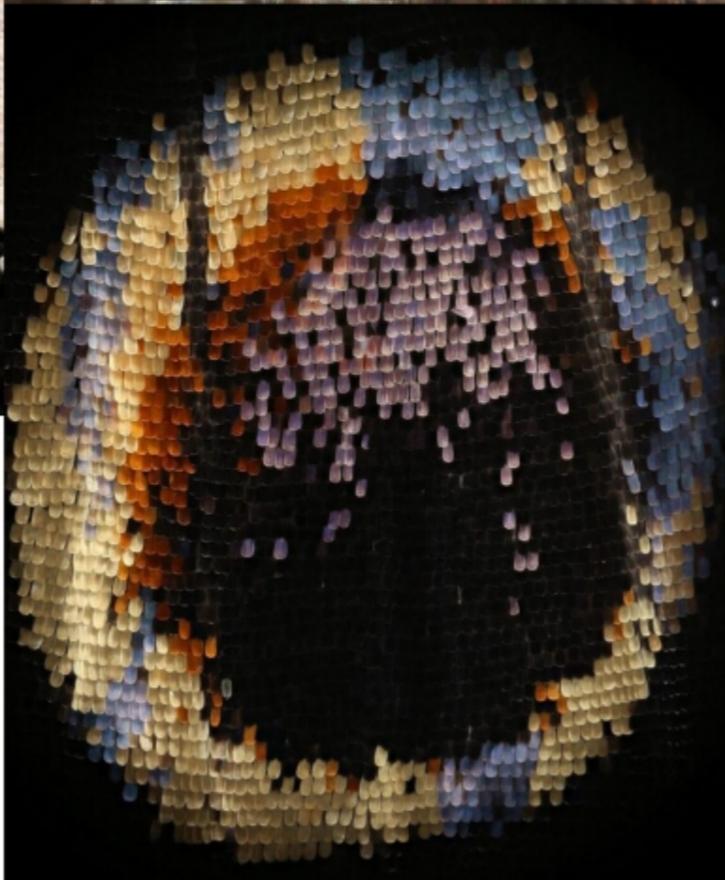
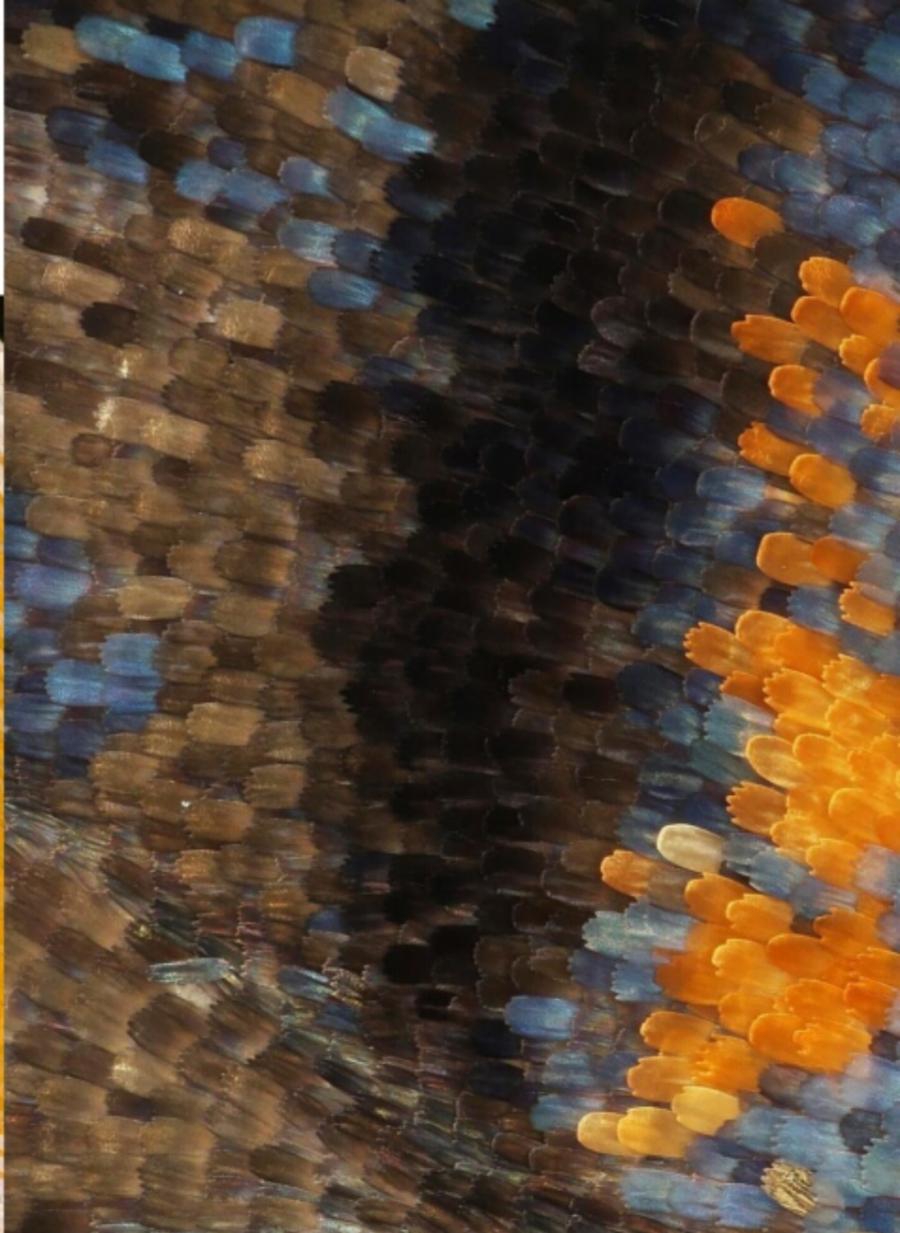
À l'Université G. Washington, Arnaud Martin et son équipe ont inhibé le gène WntA dans des groupes de cellules de 7 espèces de papillons. Résultat : les motifs de leurs ailes ont muté. Comme le montre, avant et après la manipulation génétique, les cas d'*Heliconius sara* (ci-contre), de tircis et de belle-dame (à gauche).

Cette joie peut surprendre, car les ailes ainsi redessinées ont perdu de leur superbe. Telle une aquarelle cochonnée, les couleurs bavent, certains motifs disparaissent, les contours s'estompent... Il faut dire que les dessins sur les ailes des papillons, propres à chaque espèce, sont extrêmement raffinés. Chacun des motifs, chacune des couleurs ont dûment été sélectionnés par l'évolution afin d'effrayer les prédateurs, d'attirer les partenaires ou de favoriser le camouflage.

Mais si Arnaud Martin se plaît à barbouiller ses mutants, c'est parce que ce gâchis lui permet d'entrer de plain-pied dans le grand atelier de la nature où se forgent les formes du vivant. Une fabrique dont l'organisation reste largement mystérieuse pour les biogénéticiens.

Comment les informations contenues dans un génome permettent-elles de façonner une forme matérielle? L'étude de la genèse des motifs sur les ailes des papillons ramène cette vaste question à des dessins sur une surface plane. Et le grand mérite de l'équipe d'Arnaud Martin a été de se concentrer sur un unique gène, appelé WntA (prononcez "Winta"). Ce dernier fait partie de la vaste famille des gènes Wnt, présents chez quasi tous les animaux. WntA avait déjà été repéré chez le ver marin pour son rôle d'organisation du système circulatoire, ou chez le mille-pattes, de la croissance de la partie postérieure de l'embryon. Chez les mammifères, d'autres gènes de cette famille ont une fonction semblable dans l'établissement de nombreux organes, du cerveau à l'espacement entre les dents.





→ Chez le papillon, les biologistes de l'Université George Washington soupçonnaient l'influence de WntA dans l'organisation des motifs sur les ailes, à la suite d'hybridations *in situ*. En utilisant la technique récente d'ingénierie génomique Crispr-Cas9 – qui permet de cibler et manipuler très efficacement n'importe quelle séquence dans un génome –, ils ont enfin pu l'éteindre de manière permanente dans un certain nombre de cellules. En l'occurrence celles qui esquissent l'aile alors que le papillon n'est encore qu'une larve entamant sa première métamorphose. Et le résultat (visible sur les illustrations) a été à la hauteur de leurs espoirs. Car en supprimant l'expression de WntA, ils ont réduit au silence le maître de l'ensemble de l'atelier. S'il n'a pas la responsabilité de la palette de couleurs, laquelle est confiée à un autre gène de signalisation, appelé Optix, c'est bien lui qui guide les pinceaux. "C'est un peu

comme un 'jeu de coloriage' où WntA détermine la forme d'une zone et Optix, la couleur", résume Arnaud Martin.

Par son expression, WntA envoie des instructions aux cellules voisines, délimitant ainsi des zones sur les ailes pour restreindre le rouge à un endroit précis, borner le blanc d'un trait fin ou circonscrire une bande... "Définir des limites, c'est toute la problématique du développement, complète Guillaume Bala-



Le “designer” en chef des ailes

Le gène WntA coordonne, délimite et organise les motifs de coloration des écailles (ci-dessus), pour former les dessins très précis (ci-contre) des ailes.

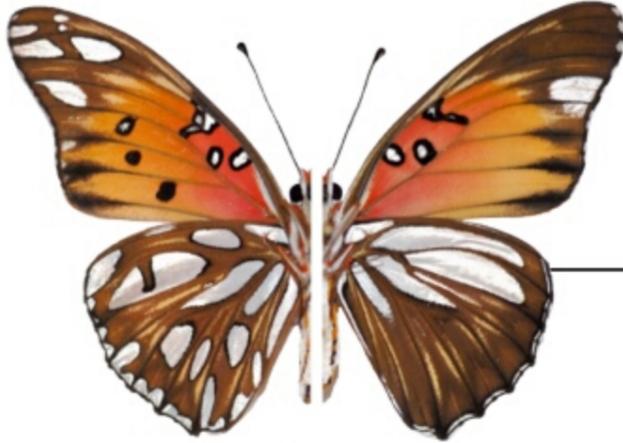
voine, spécialiste de l'évolution et du développement à l'Institut Jacques Monod CNRS/Université Paris-Diderot. *Finally, you have, at the level of the wing, a representation of what happens earlier in development, when the embryo divides into well-defined territories that will give the head, the thorax, the abdomen in an insect.*

À L'ORIGINE DE LA DIVERSITÉ DU VIVANT

En tant que chef d'atelier de ce grand bricolage, WntA agit en effet en véritable maestro. *“C'est assez frappant de voir qu'un papillon comme Junonia implique le même gène WntA que la belle-dame, qui a plein de petites taches. La plasticité des domaines d'expression de ce gène est incroyable”*, s'enthousiasme Guillaume Balavoine.

Comment un seul et même gène peut-il créer autant de diversité avec autant de précision? *“Les papillons apportent aujourd'hui une preuve supplémentaire de ce que nous soupçonnons très fort concernant le gène WntA, à savoir*

← AVANT APRÈS →



Lorsque le gène WntA est inhibé...

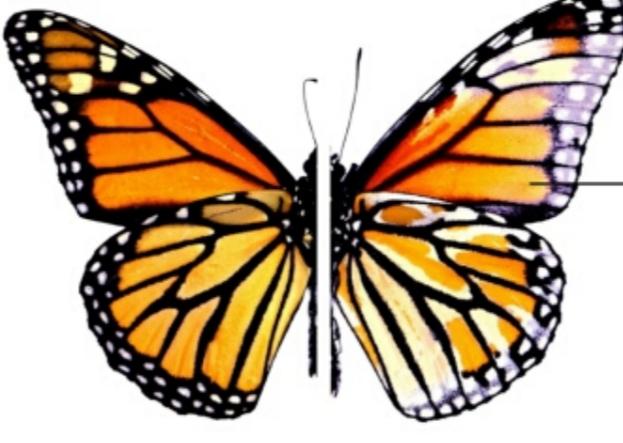
Des motifs disparaissent

Sans le gène WntA, les motifs argentés entourés de lignes noires spécifiques des *Agraulis vanillae* sont perdus.



Des couleurs s'étaient

Chez les *Heliconius erato*, rouge et blanc n'ont plus d'instructions de limites et envahissent le noir.



Des teintes se diluent

Le liseré blanc très fin du monarque n'est plus canalisé et s'étale sur les autres teintes.

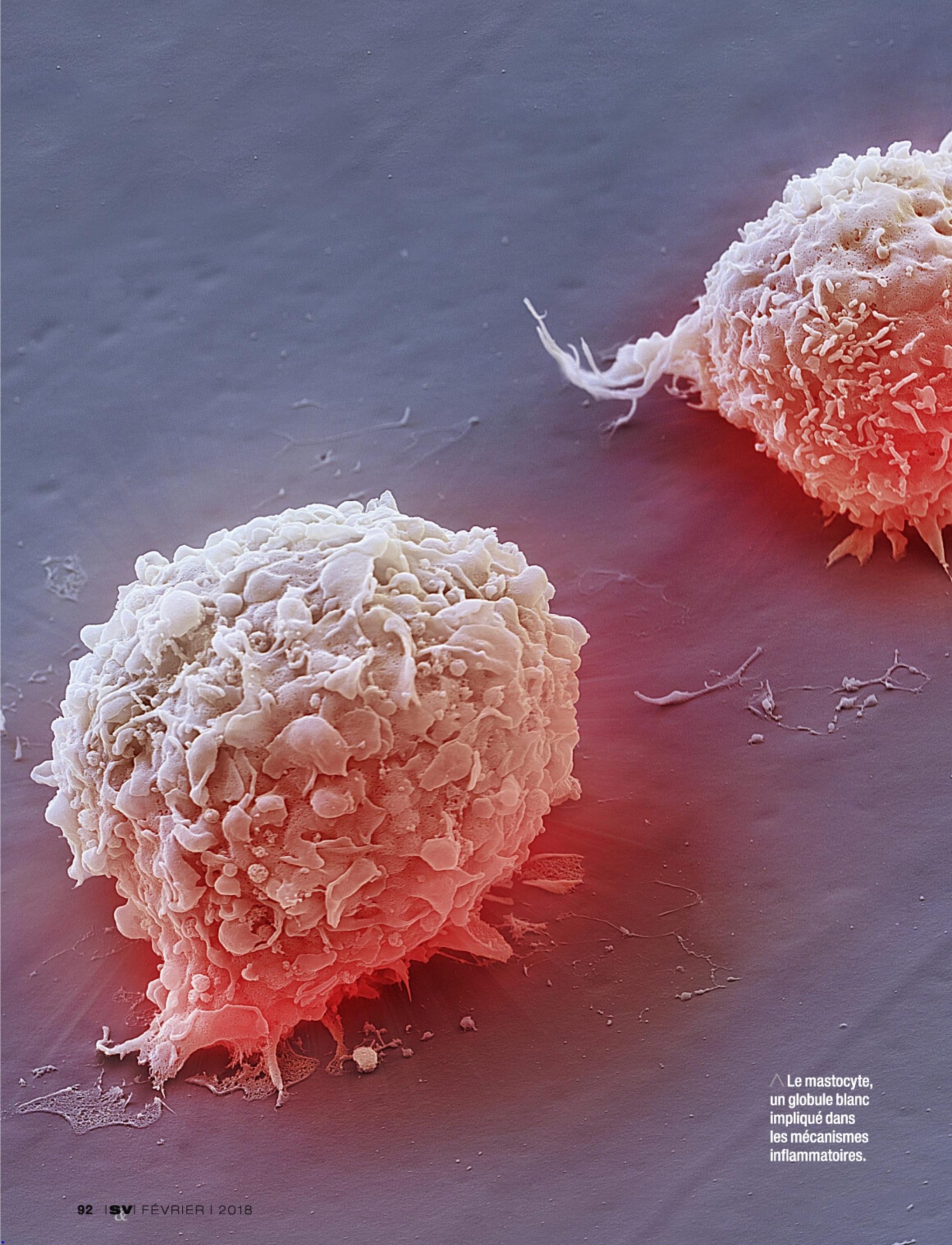
que ce n'est pas forcément la séquence codante qui a changé entre espèces, mais les séquences régulatrices qui l'entourent”, confie Benjamin Prudhomme, spécialiste de l'évolution et du développement de la morphologie et du comportement à l'Institut de biologie du développement de Marseille. La façon dont la nature fabrique ses ateliers s'éclaire ainsi d'un nouveau jour: autour du gène artiste, un véritable réseau de gènes instruit où et quand celui-ci doit être exprimé. Et ce sont ces réseaux de régulation génétique qui se reconfigurent au cours de l'évolution, faisant émerger, par des combinatoires, de nouveaux profils. Avec, à la clé de ce bricolage incroyablement subtil, les mille et une formes qui foisonnent dans l'ordre du vivant.

Ordre qu'Arnaud Martin, avec ses papillons mutants, a pris plaisir à totalement bouleverser.



À lire : la publication scientifique de l'équipe d'Arnaud Martin.

science-et-vie.com



△ Le mastocyte, un globule blanc impliqué dans les mécanismes inflammatoires.

Inflammation

La mère de toutes les maladies modernes ?

La réaction inflammatoire a sa face cachée : une forme discrète, chronique et surtout délétère : elle engendrerait diabète, cancers, Alzheimer... Soit les fléaux les plus actuels. Une découverte majeure, assure **Coralie Hancock**.

Appelons-le Jacques. Jacques a 65 ans. Il y a vingt ans, il a fait une dépression sévère. Dans les années qui ont suivi, il a pris beaucoup de poids, surtout au niveau du ventre. Aujourd'hui, sa tension artérielle s'établit bien au-delà des valeurs normales. Et voilà qu'une nouvelle prise de sang indique que sa glycémie est trop élevée; autrement dit, il est devenu diabétique. Pour noircir encore le tableau, Jacques s'inquiète de pertes de mémoire de plus en plus fréquentes. Les prémices de la maladie d'Alzheimer? Jacques porte déjà un lourd fardeau pour un seul homme... Et il n'est pas le seul!

EYE OF SCIENCE/PHANIE

Diabète, troubles cardio-vasculaires, maladies psychiatriques ou neurodégénératives... Ces pathologies connaissent toutes une explosion du

nombre de cas dans le monde (voir Repères). Or, fait troublant, elles se retrouvent souvent chez les patients qui cumulent au fil du temps des troubles a priori sans lien entre eux et emblématiques de notre siècle.

Ces coïncidences épidémiologiques, associées à un flot de recherches sur les dérèglements cellulaires à l'œuvre dans les différents organes touchés, ont fait progresser dans l'esprit des chercheurs une hypothèse un peu folle: et si, comme Jacques, des millions de personnes à travers le monde étaient les victimes d'un seul et

même coupable? Un coupable que certains assurent avoir désormais identifié. Son nom? L'inflammation.

Proposer un mécanisme physiopathologique commun – une sorte de chaînon manquant – entre toutes ces ma-

Repères

Au niveau mondial, les maladies cardio-vasculaires sont la première cause de mortalité. Le diabète touche 422 millions de personnes, la maladie d'Alzheimer près de 50 millions.

ladies est déjà osé; mais faire porter le chapeau à l'inflammation est encore plus inattendu. Car on parle ici d'un mécanisme destiné a priori à protéger l'organisme: que l'on se blesse ou que

→ L'on attrape un microbe, la réponse inflammatoire constitue notre meilleure défense. Dépêchées sur le lieu de l'agression, les cellules du système immunitaire déclenchent une cascade de réactions qui permettent de la combattre. Une fois le danger neutralisé, cette réaction inflammatoire dite "aiguë" s'éteint d'elle-même.

UN FOYER LENT CONSUMANT L'ORGANISME

Mais la machine s'emballe parfois, et le système immunitaire s'attaque à des éléments non toxiques: c'est l'allergie. Dans d'autres cas, plus rares, nos cellules immunitaires se retournent contre nous et s'en prennent à nos propres organes: ce sont les maladies auto-immunes, telles la polyarthrite rhumatoïde, la sclérose en plaques, la maladie de Crohn, etc.

Quel rapport avec le diabète de type 2, les maladies cardio-vasculaires ou celles qui touchent le cerveau? A priori aucun. Les mécanismes qui sous-tendent l'apparition de ces pathologies ne présentent, semble-t-il, aucun lien avec notre système immunitaire ni avec une quelconque réponse inflammatoire. Semble-t-il, car tout a changé depuis que l'on a découvert, dans les années 1990, que l'inflammation, à l'opposé de sa forme aiguë, peut aussi être "de bas grade".

En clair: tout se passe comme si l'inflammation, au lieu d'être un brusque et salutaire incendie, devenait un foyer lent consumant l'organisme à petit feu, sans que nul ne le soupçonne. Car, contrairement à l'inflammation aiguë qui constitue une réponse brève et immédiate à une agression, l'inflammation de bas grade perdure, ne s'éteint jamais, devenant chronique en toute discrétion. L'état inflammatoire est certes moins intense, mais sa quasi-permanence fi-

nit par avoir des conséquences délétères pour l'organisme (voir infographie).

Or, de nombreux facteurs (stress, cigarette, infections contractées *in utero*, pollution, régime alimentaire, etc.) sont soupçonnés de provoquer ou d'aggraver cet état inflammatoire chronique. Comme autant d'agressions qui, jetant de l'huile sur les braises, se mettent à ronger sourdement certains tissus ou organes. Et voilà bien le lien qui relie les fils: tous ces facteurs permettent

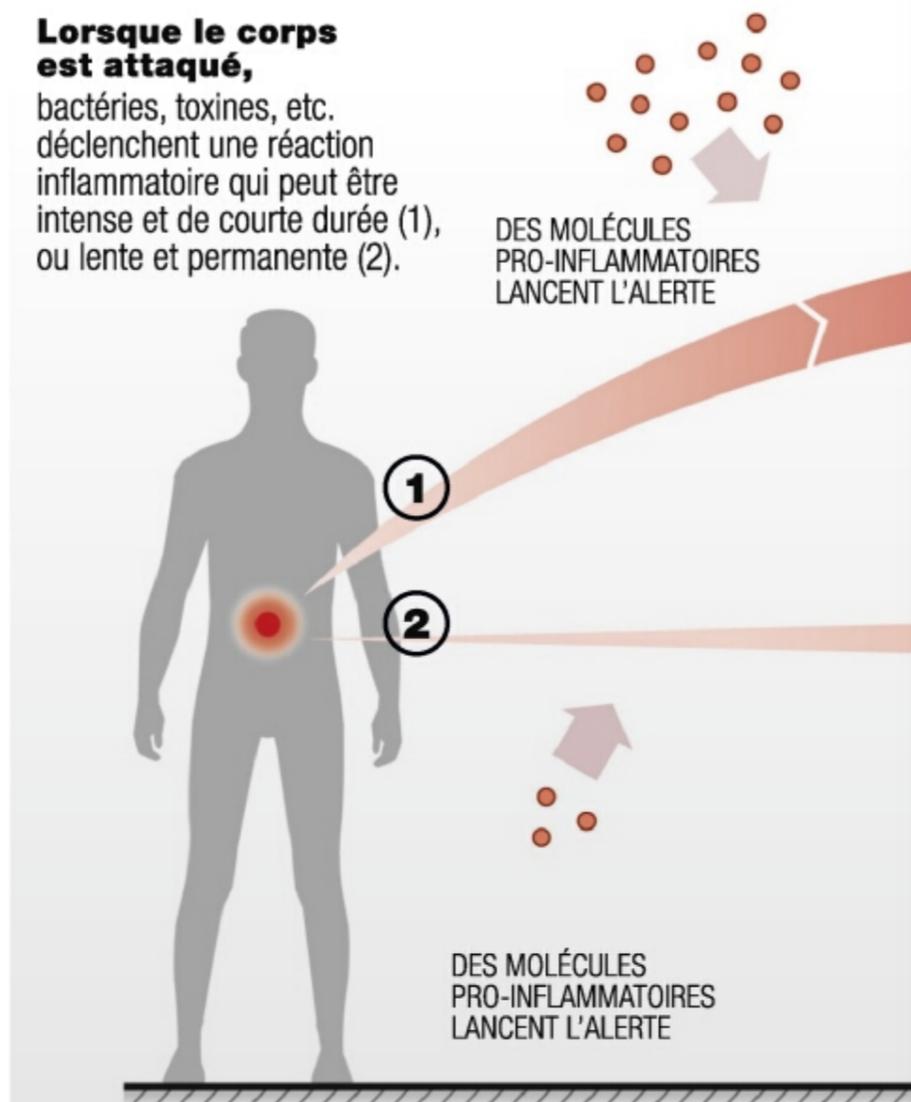
Le rôle de l'inflammation est central dans de nombreuses maladies psychiatriques



GUILLAUME FOND
Psychiatre et chercheur à l'association FondaMental

Quand l'inflammation devient permanente

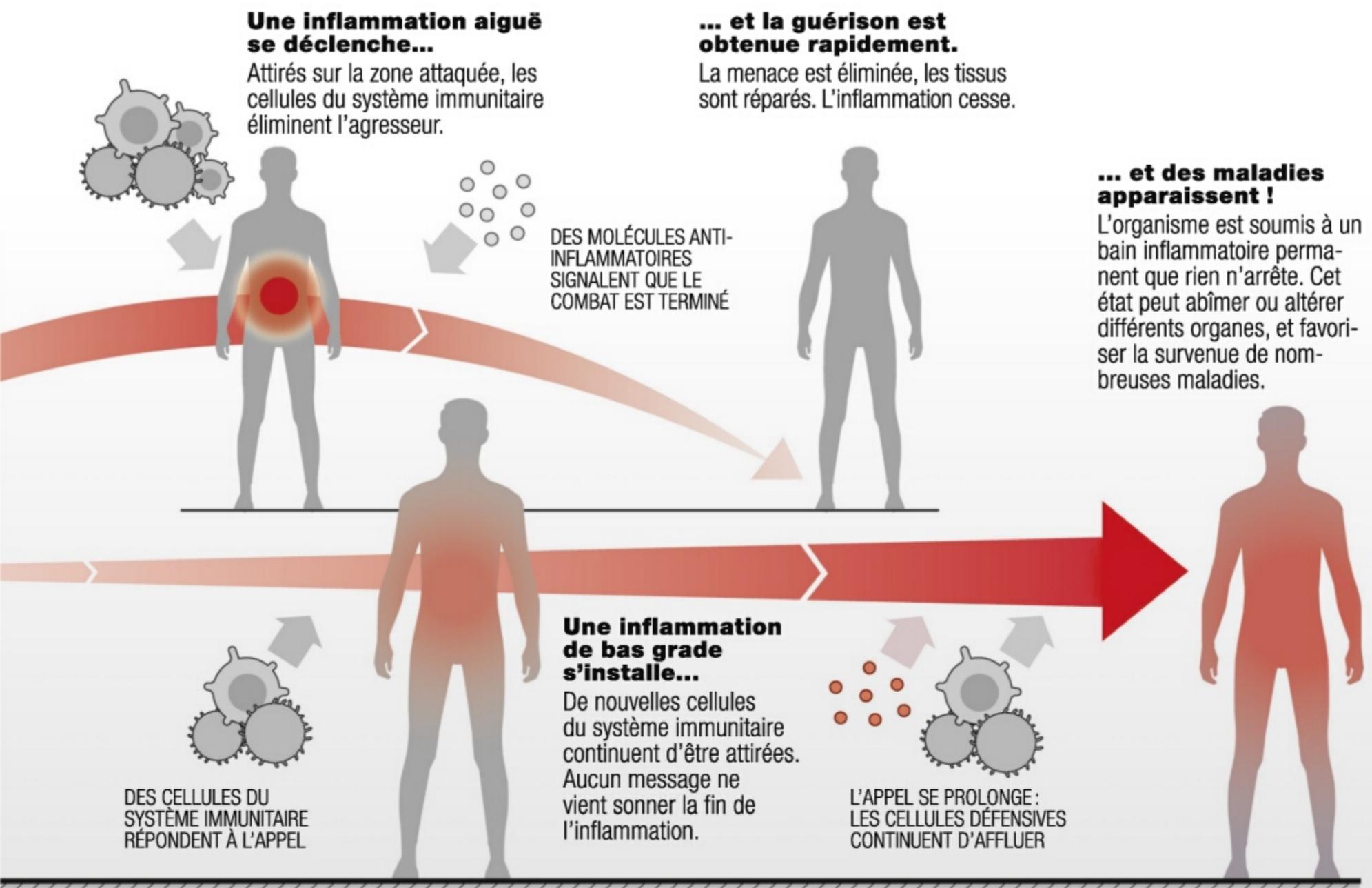
Lorsque le corps est attaqué, bactéries, toxines, etc. déclenchent une réaction inflammatoire qui peut être intense et de courte durée (1), ou lente et permanente (2).



d'établir une passerelle biologique entre notre mode de vie moderne et les maladies qui, justement, flambent en ce début de XXI^e siècle.

À ce titre, l'expansion de l'obésité semble jouer un rôle prépondérant. En 1993, l'équipe de Gökhan Hotamisligil (faculté de médecine d'Harvard, États-Unis), montrait pour la première fois qu'une molécule de l'inflammation (la cytokine TNF α) est surexprimée dans le tissu adipeux des souris qui sont à la fois obèses et diabétiques. Depuis, d'autres travaux ont découvert que le TNF α (mais également l'interleukine IL-6, une autre cytokine pro-inflammatoire) favorise la résistance à l'insuline, à la fois au niveau local, dans le tissu adipeux lui-même, et dans les muscles. De quoi laisser s'installer insidieusement le diabète.

Du côté du cœur, c'est en 1997, toujours à Harvard, qu'un cardiologue, Paul Ridker, montre, à partir des analyses sanguines de plusieurs milliers d'Américains, que ceux qui présentent les concentrations les plus élevées



de protéine C réactive – une molécule produite par le foie en réponse à l'inflammation – ont un risque presque trois fois plus élevé de faire un infarctus du myocarde que ceux qui ont un taux plus faible! Faut-il innocenter le “mauvais” cholestérol, souvent désigné comme coupable dans les maladies cardio-vasculaires ?

LE CERVEAU N'EST PAS ÉPARGNÉ

“Pas vraiment. Le cholestérol est un complice de l'inflammation”, explique Stéphane Potteaux, au Centre de recherche cardio-vasculaire (Inserm/université Paris-Descartes). Par ailleurs, ajoute la chercheuse, au-delà de l'inflammation locale qui s'auto-entretient, l'hypercholestérolémie favorise la production de cellules immunitaires qui circulent dans le sang et expriment des cytokines pro-inflammatoires.

B. BOURGEOIS - DR

Et ce n'est pas tout! L'inflammation “consommerait” aussi notre cerveau, pourtant encore souvent considéré comme un organe à part, protégé du reste du corps par la barrière

hémato-encéphalique. Car l'inflammation chronique périphérique fragilise en réalité cette barrière, ce qui induit des dysfonctionnements au niveau cérébral. Les cytokines pro-inflammatoires qui circulent dans le sang et parviennent jusqu'au cerveau activent également la microglie. Or, si l'on a longtemps considéré les cellules de la microglie comme un tissu de soutien des neurones, on sait aujourd'hui qu'elles participent à la neuro-inflammation. Qui, à son tour, favorise la formation de lésions de type Alzheimer (voir encadré) et perturbe le bon fonctionnement des neurotransmetteurs, d'où la survenue de maladies psychiatriques telles que la dépression (voir encadré). “Le rôle de l'inflammation est sans nul doute central dans de nombreuses maladies psychiatriques”, estime Guillaume Fond, psychiatre et chercheur à la fondation FondaMental.

L'inflammation commence même à être pointée du doigt dans le cas du cancer. Selon le Centre international de recherche sur le can-

→ cer, surpoids et obésité favorisent la survenue de treize cancers différents (côlon, rein, utérus, sein, œsophage, estomac, foie, vésicule biliaire, pancréas, ovaires et thyroïde, méningiomes et myélomes). Or, l'une des hypothèses pour expliquer cette association est liée à l'inflammation, certains facteurs pro-inflammatoires (TNF α , interleukine IL-6) favorisant également la prolifération cellulaire et tumorale.

LA PISTE DES ANTI-INFLAMMATOIRES

La liste de mauvaises nouvelles en cache peut-être une bonne! L'utilisation de la famille des anti-inflammatoires est devenue une piste pour traiter ces pathologies. On pense bien sûr au plus connu d'entre eux: l'aspirine. Contre les maladies psychiatriques, une étude de 2006 a montré, certes sur un petit nombre de patients, une amélioration des symptômes dépressifs grâce à l'aspirine. En 2002, une autre étude a établi qu'une forte dose d'aspirine pendant deux semaines permet d'améliorer la glycémie de patients diabétiques et obèses. L'efficacité de l'aspirine contre les pathologies cardio-vasculaires donne aussi des résultats encourageants.

Plus innovantes, des molécules ciblant directement certaines cytokines ont été testées. L'infliximab, dirigé contre le TNF α , a permis d'améliorer la dépression chez des patients présentant une inflammation élevée. Des anticorps visant à inhiber l'action de la cytokine IL-1 β ont également été développés. Contre le diabète de type 2 comme dans le domaine des maladies cardio-vasculaires, la piste est sérieusement explorée.

Alors, l'inflammation de "bas grade" mère de tous les maux de nos contemporains? Une chose est sûre, Jacques et toutes les autres victimes des grandes maladies modernes focalisent désormais l'attention d'un ensemble de chercheurs qui n'auraient peut-être jamais travaillé ensemble si cette lente flambée immunologique n'avait pas révélé son vrai visage.

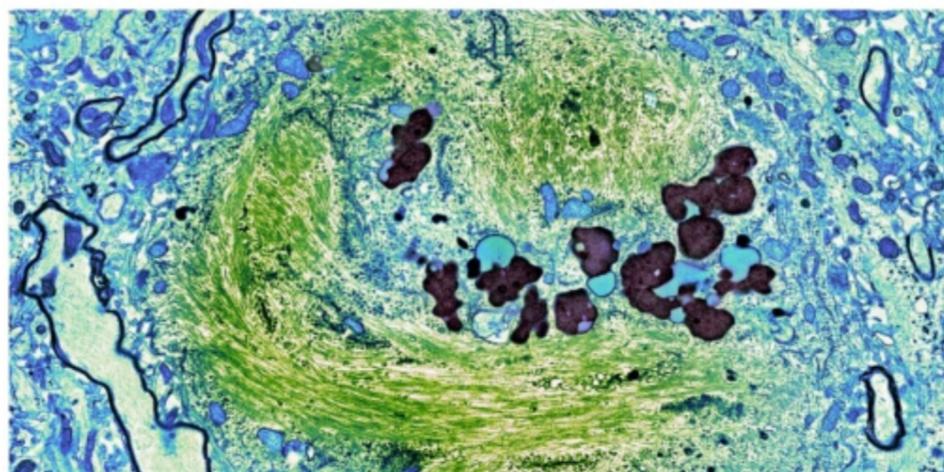


À consulter : le site de la fondation **FondaMental** sur les maladies mentales ; le site de l'Institut de cardiométabolisme et nutrition.

EN SAVOIR PLUS

science-et-vie.com

Les 6 fléaux qu'engendre l'inflammation chronique



MALADIES NEURODÉGÉNÉRATIVES

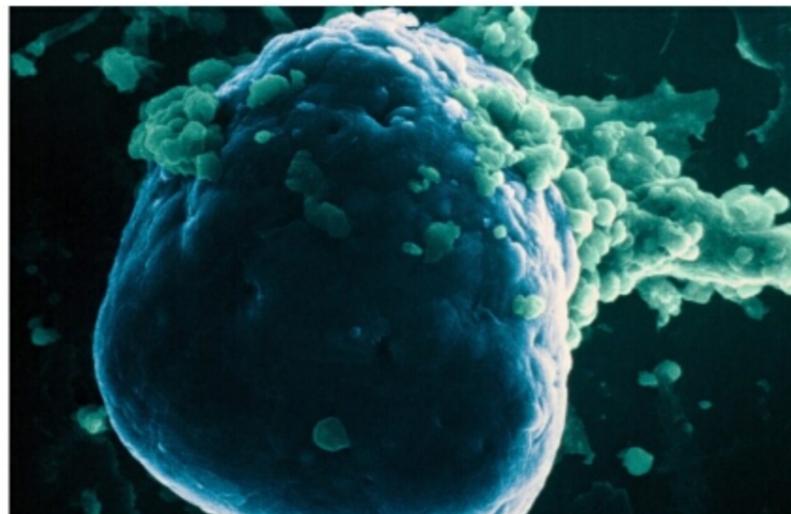
Elle détruit les neurones à petit feu

Chez l'animal, des études ont confirmé qu'une inflammation dans le cerveau entraîne une neurodégénération et accélère la progression de ces maladies. Fin 2017, des chercheurs américains ont montré que, chez 1 600 patients suivis au long cours, des niveaux élevés d'inflammation étaient liés à un rétrécissement cérébral, vingt ans plus tard, des zones impliquées dans la maladie d'Alzheimer.

DIABÈTE DE TYPE 2

Elle favorise la résistance à l'insuline de nos muscles

Lorsqu'elles grossissent, les cellules graisseuses sécrètent des molécules qui vont attirer certaines cellules immunitaires et enclencher une réaction inflammatoire favorisant la résistance à l'insuline, dans le tissu adipeux mais aussi dans les muscles. L'organisme devient peu à peu résistant à l'insuline et le diabète de type 2 s'installe.



MALADIES PSYCHIATRIQUES

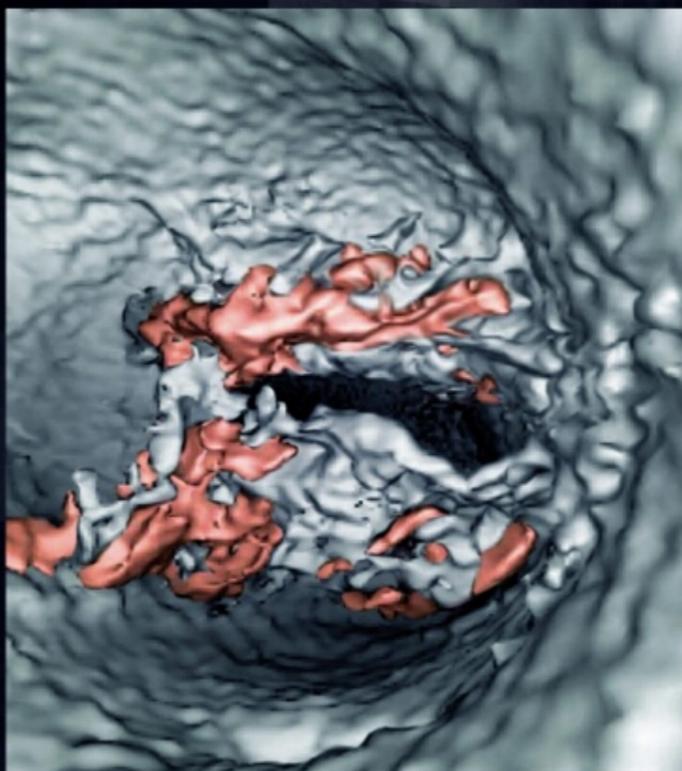
Elle brouille la communication cérébrale

C'est un des scénarios les plus étudiés pour la schizophrénie. Une infection contractée par la mère pendant la grossesse serait l'élément déclencheur d'une inflammation aiguë qui dériverait ensuite sur une inflammation de bas grade. Le cerveau du futur enfant se construirait dans ce "bain" inflammatoire, ce qui perturberait le fonctionnement des neurotransmetteurs, et provoquerait différentes maladies psychiatriques.

INFARCTUS, AVC

Elle fragilise la paroi des vaisseaux

En certains points de nos vaisseaux – courbures, bifurcations – les turbulences créent une inflammation des cellules de la paroi vasculaire. En réaction, celle-ci devient perméable à certains lipides comme le cholestérol, qui se retrouvent piégés, s'oxydent et déclenchent une réaction immunitaire. Les cellules immunitaires entrent sous la paroi mais y restent coincées, contribuant à la fois à intensifier la réaction inflammatoire et à faire grossir la plaque d'athérome qui, plus tard, peut se rompre, entraînant la formation d'un caillot qui provoque à son tour un accident vasculaire.



CANCER

Elle est l'alliée des cellules cancéreuses

Chez les diabétiques, l'insulinorésistance (elle-même nourrie par l'inflammation) est aussi suspectée de favoriser l'apparition dans les cellules de mutations à l'origine de tumeurs. Certaines maladies inflammatoires sont connues pour augmenter le risque de cancer. De plus, chez les patients atteints de cancers, on observe un taux plus élevé de $TNF\alpha$, une cytokine pro-inflammatoire.

Mais la relation cancer-inflammation est sans doute plus complexe encore. Car une fois la tumeur établie, *"les cellules tumorales parviennent à détourner le système immunitaire. Elles sécrètent des cytokines qui, elles, sont anti-inflammatoires: elles modifient le phénotype des macrophages qui oublient alors de s'attaquer aux cellules tumorales"*, explique Stéphane Potteaux.

Supernova iPTF14hls

L'étoile qui défie la mort

Du jamais-vu ! Dans la Grande Ourse, une supernova n'en finit pas de mourir et de ressusciter depuis... 1954. Une véritable énigme, que nul ne parvient à élucider, comme l'a constaté **Benoît Rey**.

C'est l'histoire d'une étoile anonyme dans une galaxie anonyme. L'histoire d'une étoile qui vieillit, faute de combustible pour produire l'énergie nécessaire pour supporter son propre poids. Dès lors, son cœur s'effondre et elle explose en supernova. Un événement banal dans l'Univers... en apparence !

Vue depuis la Terre, à 500 millions d'années-lumière, cette catastrophe n'a été qu'un petit point lumineux qui s'est allumé dans la constellation de la Grande Ourse, détecté par l'Intermediate Palomar Transient Factory (iPTF), près de San Diego en Californie, en septembre 2014. *"Le télescope a repéré l'explosion alors qu'elle était déjà en train de décliner car, jusque-là, elle était cachée par le Soleil, raconte Iair Arcavi, de l'Université de Californie. Or, nous nous intéressions alors aux supernovae dont la courbe lumineuse, au contraire, augmente. Nous n'y avons donc pas prêté attention."*

ESA/HUBBLE - I.ARCAVI ET AL.

Cette explosion serait passée inaperçue si, quelques semaines plus tard, vérifiant les don-

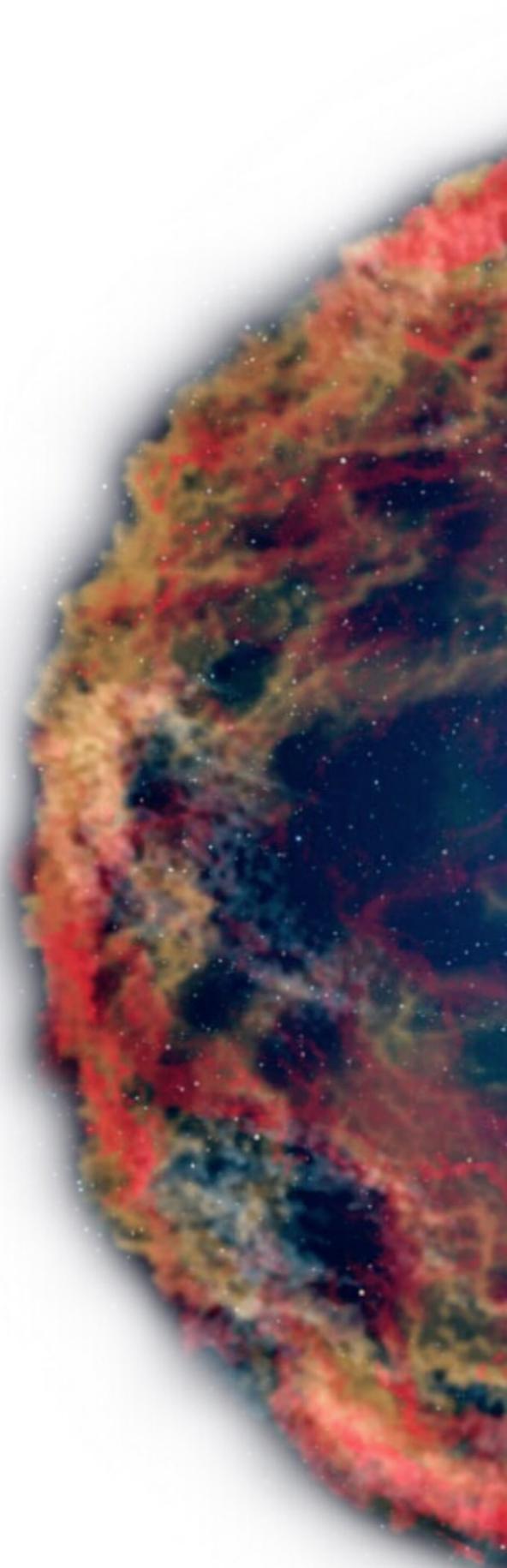
nées du télescope, l'un des étudiants du chercheur, Zheng Wong, n'avait tiqué : voici que la supernova repérée en septembre, cataloguée sous le nom d'iPTF14hls, avait en quelques semaines connu un regain d'intensité. *"C'est normal, ça ?"* demande-t-il à Iair Arcavi. *"Euh... non. C'est totalement inhabituel."*

Une étoile ne ressuscite pas. Une fois explosée, son enveloppe brûlante se disperse. Elle se refroidit, et s'éteint, et c'est tout.

Intrigués, les chercheurs mesurent alors le spectre d'iPTF14hls : il cor-

Repères

En fin de vie, les étoiles semblables au Soleil se dilatent, formant une géante rouge. Les étoiles de plus de 8 masses solaires explosent, elles, en supernova.

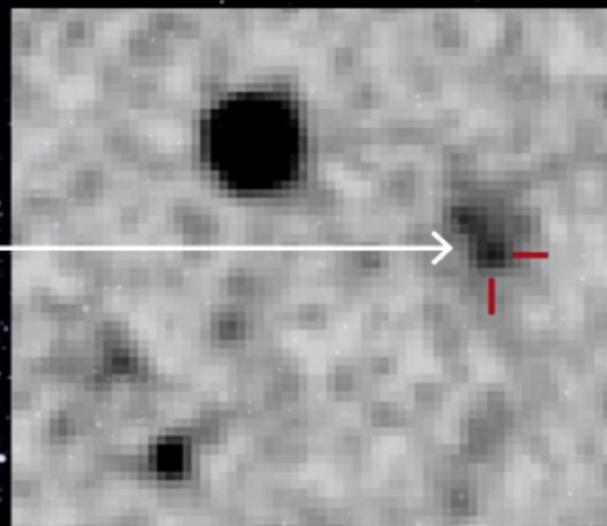




60 ANS POUR MOURIR AU LIEU DE 100 JOURS

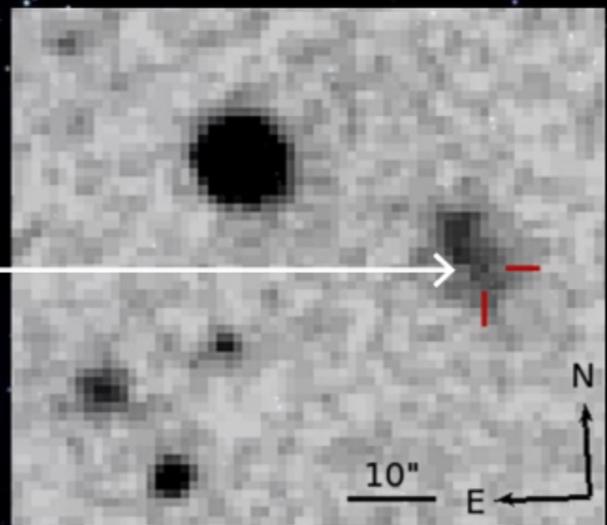
1954 L'EXPLOSION D'UNE ÉTOILE EST DÉTECTÉE

Sur cette photo, prise par le télescope du mont Palomar (Californie), l'observation d'une explosion dans la constellation de la Grande Ourse indique une supernova.



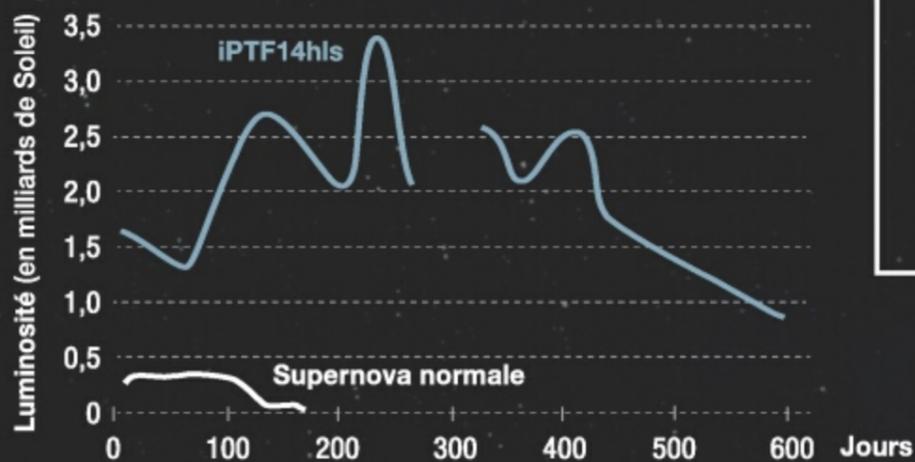
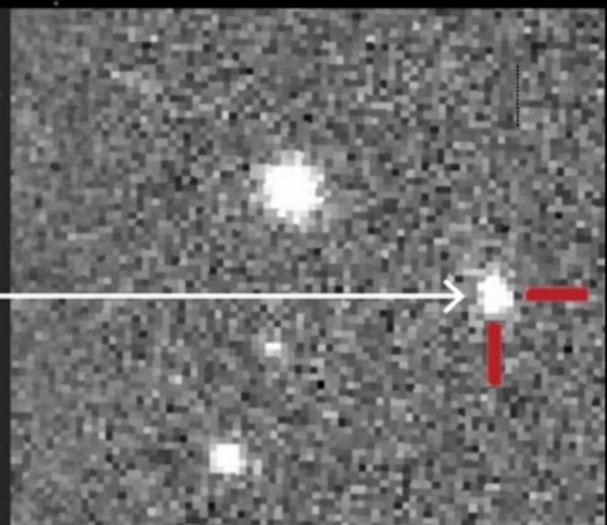
1993 L'EXPLOSION SEMBLE ÊTRE TERMINÉE

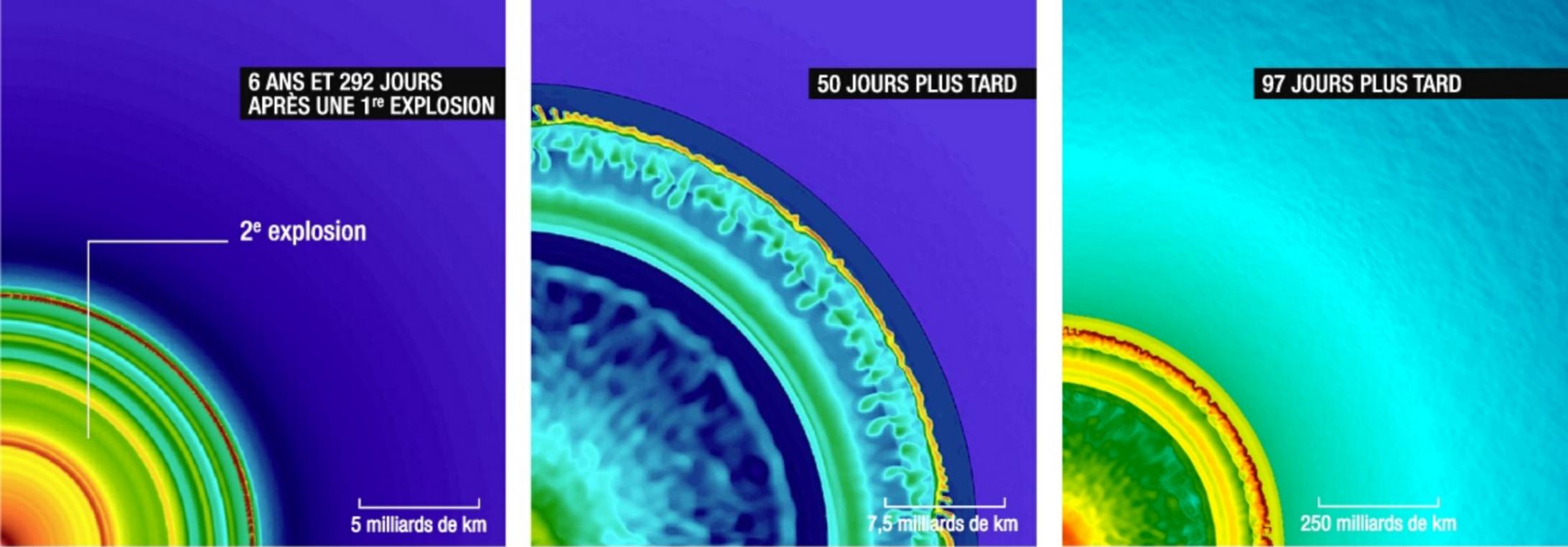
Le même observatoire photographie la zone 40 ans plus tard. Plus aucun signe d'explosion. L'étoile même est invisible.



2014 L'EXPLOSION REPREND AVEC INTENSITÉ

Au même endroit, l'Intermediate Palomar Transient Factory détecte un sursaut lumineux... qui va se prolonger et s'intensifier durant 600 jours (voir graphe).





→ répond à celui d'une supernova de type II-P, le II confirmant qu'il s'agit d'une explosion d'étoile, le P signifiant "Plateau". En clair: c'est un genre très commun de supernova. Leur courbe de lumière croît jusqu'à l'explosion, puis décline très lentement, sous la forme d'un plateau. Et que cela ne soit pas le cas, Iair Arcavi n'en revient pas: "On a vu des centaines de supernovae de ce type et ça n'a jamais raté: leur lumière décline puis s'estompe après une centaine de jours, point. Aucune n'a jamais montré un tel regain d'intensité."

DU JAMAIS-VU!

Les chercheurs sont captivés. Ils surveillent l'évolution du point lumineux: après 100 jours, il est toujours là. Passent les semaines, les mois... L'intensité lumineuse décline enfin, jusqu'à ce que le point se cache de nouveau derrière notre Soleil. La supernova aura duré en tout 600 jours! Et au lieu d'un plateau, elle aura montré cinq pics de luminosité. Du jamais-

L'étoile qui meurt en silence

Elle a brillé de plus en plus fort, jusqu'à atteindre un million de fois la luminosité du Soleil et... pschitt! Plus rien. Entre les images de 2009 et celles de 2015, l'étoile a tout bonnement disparu. Ça tombe bien, car c'est exactement ce que cherchait Scott Adams, de l'Université de l'Ohio, et son équipe: une supernova "ratée". En passant directement du statut d'étoile à celui de trou noir sans exploser, leur existence expliquerait pourquoi on compte plus de naissances d'étoiles massives que de supernovae dans l'Univers. Il aura fallu sept ans de recherche dans 27 galaxies pour trouver ce spécimen: N6946-BH1, que les astronomes vont désormais observer dans les infrarouges et les rayons X pour confirmer.

vu: c'est la plus longue supernova jamais enregistrée, et peut-être la plus énergétique!

S'il s'agit bien d'une supernova... Certes, son spectre est caractéristique. Mais il est aussi problématique: il révèle la présence d'hydrogène dans l'explosion. "La largeur des raies d'émission de l'hydrogène nous permet habituellement de calculer l'âge d'une supernova, explique Iair Arcavi. Mais dans le cas d'iPTF14hls, cet âge évolue dix fois trop lentement: au bout de 600 jours, le spectre semble indiquer que la supernova a explosé il y a 60 jours!"

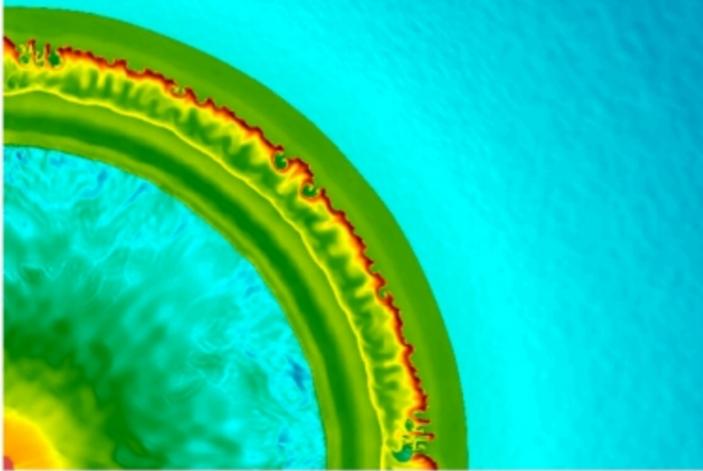
Un de ses collègues, Peter Nugent, de Berkeley, propose de chercher d'anciennes photos de la galaxie, au cas où elles livreraient des indices intéressants. Une image de 1993 est ainsi retrouvée... mais rien. Pas la moindre trace d'explosion. L'étoile, invisible, est impossible à distinguer parmi toutes les autres à cette grande distance. Mais, surprise, les chercheurs dénichent une autre photo, datant cette fois de 1954, sur laquelle l'étoile est bien visible: elle était déjà en train d'exploser il y a 60 ans! On croit rêver... Une étoile qui meurt plusieurs fois de suite, à des décennies d'écart, c'est totalement dingue et, a priori, incompréhensible.

Quoique... Il y a bien ce modèle, imaginé en 1967, sauf qu'il n'a jamais été observé dans la réalité: celui de supernovae dites "à instabilité de paire pulsionnelle", des explosions d'étoiles gigantesques, de 90 à 140 fois la masse du Soleil, au lieu de 8 à 35 pour les supernovae classiques. "Ce qui rend le mécanisme d'explosion complètement différent", précise Ken Chen, de l'Association des observatoires d'Asie de l'Est, qui étudie ces objets hors normes.

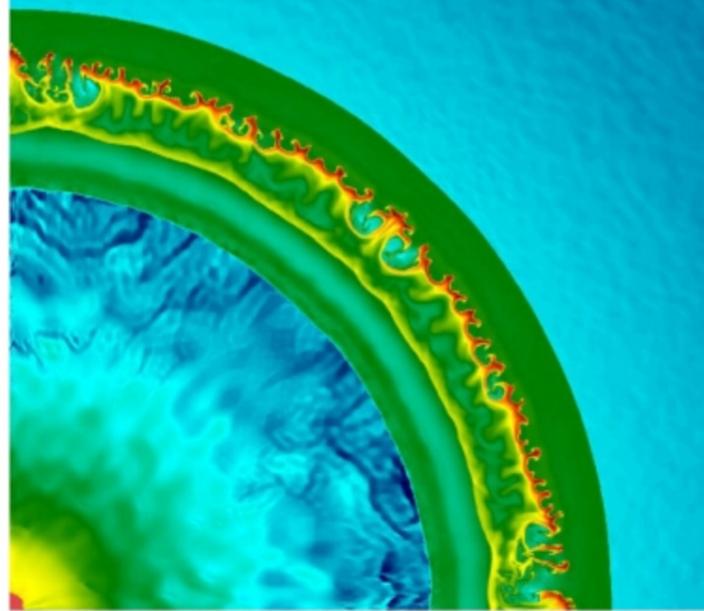
De fait, dans le cœur de ces étoiles monstrueuses, la pression serait si élevée que la

KE-JUNG CHEN ET AL

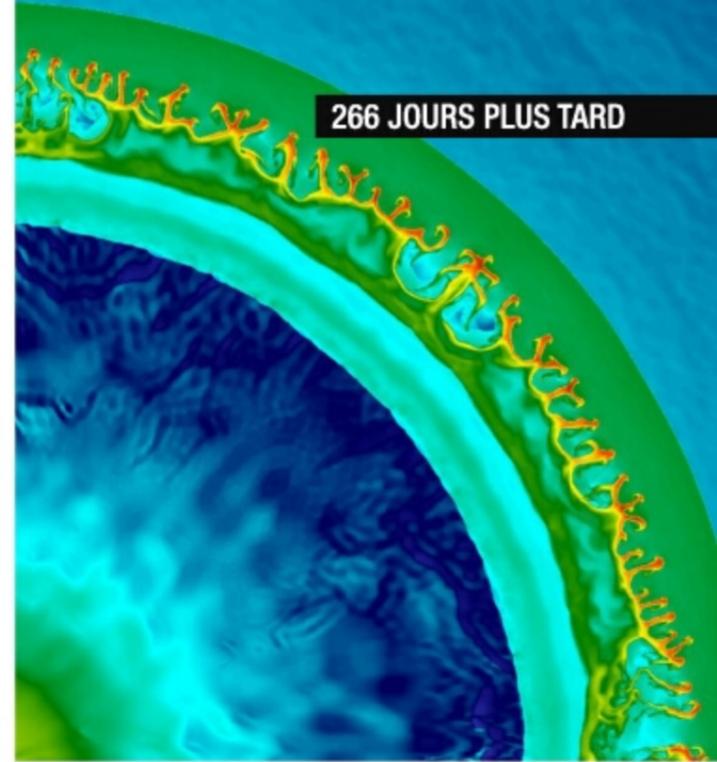
149 JOURS PLUS TARD



205 JOURS PLUS TARD



266 JOURS PLUS TARD



température grimperait à 1 milliard de degrés et que de la lumière se transformerait spontanément en matière et en antimatière. Des électrons et des positrons seraient produits en quantité phénoménale, déclenchant l'explosion de l'étoile et l'éjection d'une partie de sa matière... jusqu'à ce que la masse de l'étoile ne soit plus suffisante pour former cette antimatière. Ce qui reste de son cœur retrouverait alors in extremis son équilibre, et reprendrait le cours normal de son évolution avant que les réactions nucléaires ne s'emballent de nouveau, quelques mois ou quelques années plus tard, et que d'autres éruptions surviennent, cycliquement, jusqu'à la mort définitive de l'étoile. *"Une supernova à instabilité de paire pourrait expliquer les différents pics de la courbe de lumière d'iPTF14hls"*, conclut Stan Woosley, de l'Université de Californie à Santa Cruz, spécialiste de ces objets.

DANS L'ATTENTE D'UNE NOUVELLE SURPRISE

"Mais le diable se cache dans les détails", ajoute-t-il. Selon les modèles, ces éruptions successives devraient déclencher des flambées de rayons X et d'ondes radio... que les télescopes ne détectent pas. Et puis l'hydrogène de l'enveloppe de l'étoile est censé avoir été soufflé intégralement dès la première explosion en 1954. Or il est toujours là, en grande quantité, au vu du spectre! Enfin, une telle étoile ne devrait pas exister aujourd'hui : si les astres assez monstrueux pour exploser de cette manière devaient être nombreux au début de l'Univers, ils sont censés mourir très jeunes, et donc avoir disparu il y a des milliards d'années...

Le mystère d'iPTF14hls reste donc entier. *"Aucun des modèles actuels d'instabilité de*

paire n'est capable d'interpréter de façon satisfaisante ce qui s'est passé", martèle Iair Arcavi. Bien sûr, les chercheurs gardent les yeux braqués sur iPTF14hls, ou du moins sur ce qu'il en reste. La supernova semble désormais éteinte. Elle est si ténue qu'ils doivent mobiliser les télescopes les plus puissants, comme le Keck à Hawaï, ou *Hubble*. Grâce au télescope spatial, ils ont pu zoomer, le 18 décembre dernier, sur la zone; de quoi peut-être trouver des indices. *"Mais même les meilleurs télescopes ne sont pas assez puissants et il est impossible de voir à l'intérieur, regrette Iair Arcavi. À moins qu'il ne se produise un phénomène que nous n'avons même pas imaginé, notre seul espoir est d'accumuler les données."*

En attendant, d'autres hypothèses, plus folles, sont envisagées. Une étoile à neutrons pourrait par exemple être née au cœur de l'étoile et, en tournant sur elle-même à 100 tours par seconde, elle aurait engendré un intense champ magnétique qui aurait chauffé la matière autour d'elle pendant les 600 jours. Mais cela n'expliquerait pas les 5 pics de luminosité... Ou alors, l'étoile se serait enveloppée d'un tore de poussières, sur lequel se fracasserait la matière issue d'une supernova unique. *"Mais le problème reste le même que pour l'instabilité de paire : on ne voit pas les rayons X, remarque Iair Arcavi. Et cela n'explique pas non plus ce qui s'est passé en 1954."* Stan Woosley partage son avis : *"Je me prends la tête sur ce problème depuis des mois, et je ne suis plus sûr de rien !"*

L'étoile qui défie la mort n'a pas fini de vivre dans la tête des astronomes. Surtout que rien ne prouve qu'elle soit vraiment morte : elle pourrait, de nouveau, ressusciter...

UNE ÉTOILE MORTE-VIVANTE A DÉJÀ ÉTÉ SIMULÉE

Un modèle dit "à instabilité de paire" décrit comment une étoile peut renaître, et mourir une 2^e fois : des années après une explosion en supernova (7 ans après dans cette simulation), une 2^e explosion se produit, dont on peut suivre l'intensité grandissante.



A consulter : la publication scientifique de la découverte d'iPTF14hls, et les commentaires des spécialistes.

science-et-vie.com

EN SAVOIR PLUS

Origine de la vie

**Tout aurait commencé
au pied des volcans**



Des tests en labo comme sur le terrain indiquent que les toutes premières cellules se seraient assemblées, non au fond des mers, mais dans des lacs hydrothermaux liés aux volcans primordiaux. Une nouvelle genèse de la vie qui a séduit **Mathieu Grousson**.

Sous un ciel orange chargé en dioxyde de carbone mais totalement privé d'oxygène, quelques îlots volcaniques émergent à la surface d'un océan verdâtre s'étendant à perte de vue. Sur leur sol sombre et désolé, aucune trace de végétation. Juste quelques mares bouillantes aux reflets ocre de soufre, de fer ou d'argile. Et des geysers, fruits d'un puissant hydrothermalisme de surface. Ce panorama inhospitalier, évoquant quelque lointaine planète, c'est le visage que présentait la Terre il y a environ 4 milliards d'années. À n'en pas douter, un enfer pour la vie telle que nous la connaissons

CORBIS/GETTY IMAGES

aujourd'hui. Pourtant, selon une hypothèse récente, soutenue par une série d'expériences et d'observations de terrain, c'est dans ce type d'environnement que les premiers organismes vivants seraient apparus. Un nouveau scénario qui réécrit l'histoire de la vie sur notre planète.

Ou plutôt la ramène à ce qu'avait imaginé Darwin, dès le XIX^e siècle (voir Repères). La vie aurait ainsi pu éclore dans une "*petite mare chaude*": à la faveur de températures clémentes et de la présence de nutriments, des composés prébiotiques suffisamment concentrés auraient pu s'assembler et évoluer jusqu'à engendrer les premières protocellules, puis des micro-organismes capables de se reproduire.

Comment la vie est-elle apparue? On sait comment les atomes se sont assemblés en molécules organiques complexes. On trouve dans les météorites des acides aminés à partir desquels se sont formées les protéines et les bases azotées, ces constituants fondamentaux de l'ADN, et des molécules susceptibles de former des membranes.

Mieux, en 2016, une équipe de l'Institut de chimie de Nice a observé pour la première fois du ribose dans des analogues de comètes →

1. Des molécules tombent dans des sources volcaniques

Au pied des volcans, des mares recueillent des molécules prébiotiques venues de l'espace : acides aminés et bases azotées (rouge), acides gras formant des vésicules.

2. Elles s'assemblent quand le lac est sec

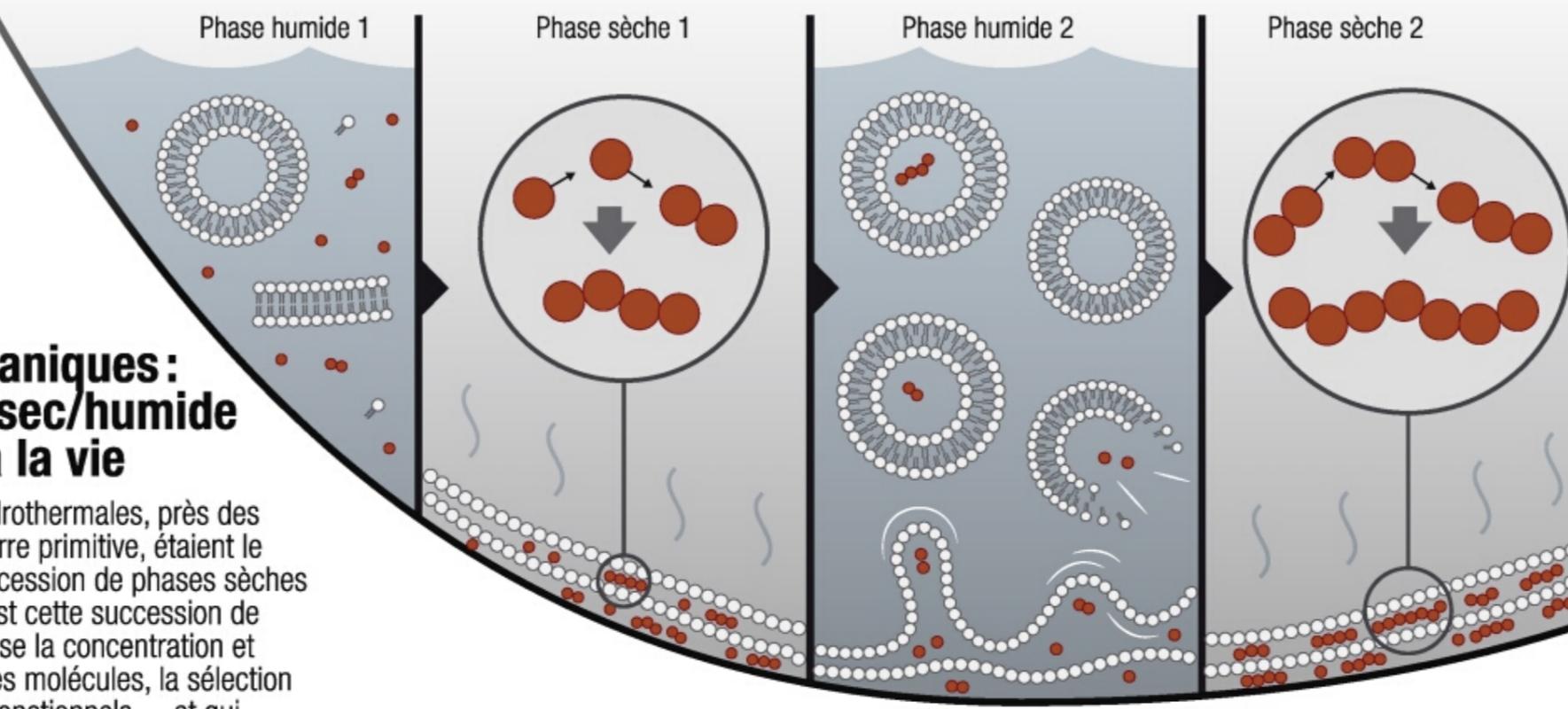
Lorsque le lac s'assèche, les lipides se déposent en couches, concentrant les acides aminés et les bases, qui s'assemblent, formant des composés complexes de toutes sortes.

3. Certaines se dispersent quand l'eau revient

Avec le retour de l'eau, il se forme des vésicules renfermant ces composés. Certaines, instables, se dispersent ; d'autres sont stabilisées par leur contenu.

Îlots volcaniques : un cycle sec/humide propice à la vie

Les sources hydrothermales, près des volcans de la Terre primitive, étaient le siège d'une succession de phases sèches et humides. C'est cette succession de cycles qui favorise la concentration et l'assemblage des molécules, la sélection des polymères fonctionnels... et qui aurait pu conduire à la vie.



→ conçus en laboratoire, offrant un scénario réaliste de formation de ce composé essentiel à l'ADN. Depuis quelques années, il ne fait plus aucun doute que l'espace est la source principale d'ensemencement de la Terre en molécules prébiotiques... Reste à expliquer l'étape d'après : comment ces briques de base se sont assemblées pour former

– justement – de l'ADN, de l'ARN, de l'ATP, une molécule essentielle du métabolisme de tous les êtres vivants, des enzymes... ou des parois cellulaires. Comment, d'un monde de chimie, a émergé une biologie.

Depuis la fin des années 1970, la majorité des spécialistes envisageaient plutôt l'éclosion du vivant dans les tréfonds de l'océan primitif. Précisément depuis la découverte, en 1977, des fumeurs noirs, d'extraordinaires écosystèmes bactériens archaïques s'épanouissant aux abords des sources hydrothermales situées à quelque 3 000 m sous les mers, le long des dorsales

médio-océaniques. De quoi imaginer que semblable environnement, fournissant molécules organiques, chaleur et énergie chimique, aurait pu être le réacteur où une chimie complexe d'abord inerte serait devenue vivante.

EN QUELQUES MINUTES SEULEMENT !

C'est le scénario majoritaire, le plus détaillé, celui qui recueille le plus de suffrages chez les spécialistes. Sauf qu'il souffre de nombreux problèmes. Au fond de l'océan, dans un milieu par définition dilué, les spécialistes ne trouvent pas de mécanisme simple pour concentrer les espèces chimiques prébiotiques. *"Il est très malaisé de former les longues molécules du vivant, tel l'ADN ou les protéines, en présence d'une trop grande quantité d'eau. Quant à la formation des membranes lipidiques qui ont dû servir de protocellules, elle est inhibée par le sel"*, ajoute David Deamer, à l'Université de Californie à Santa Cruz.

D'où l'idée de ce chimiste américain d'envisager un autre scénario : l'apparition de la vie

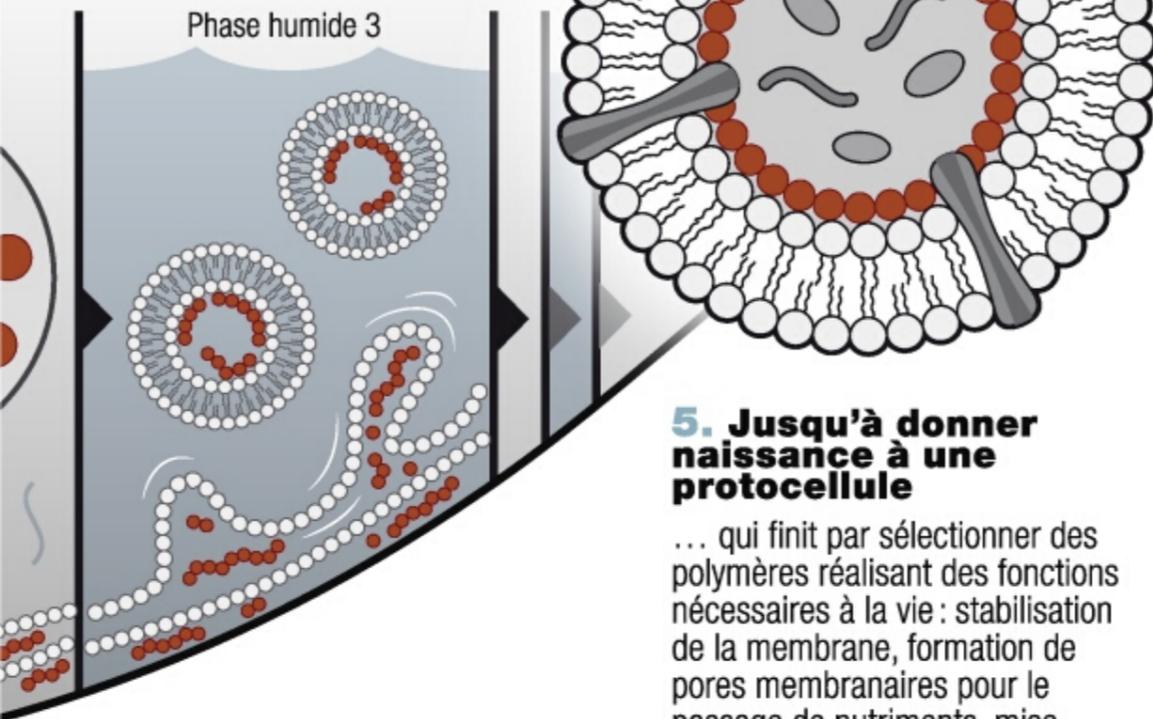
BRUNO BOURGEOIS

Repères

En 1871, Darwin lance l'idée d'une "soupe primordiale" contenant sels d'ammonium, phosphates, lumière, chaleur... qui amorcerait le vivant : un scénario proche de celui imaginé aujourd'hui par les spécialistes des origines de la vie.

4. Ce cycle se reproduit, générant des composés plus complexes

Le cocktail de molécules s'enrichit un peu plus à partir du matériel déposé lors du cycle précédent : une combinatoire sans limite...



5. Jusqu'à donner naissance à une protocellule

... qui finit par sélectionner des polymères réalisant des fonctions nécessaires à la vie : stabilisation de la membrane, formation de pores membranaires pour le passage de nutriments, mise en place d'un métabolisme et capacité à se répliquer.

sur la terre ferme. Au départ, il y a une dizaine d'années, ce n'est qu'une intuition. Mais elle le mène au pied du Moutnovski, dans la péninsule du Kamtchatka, en Russie. Pour le scientifique, ce volcan actif, avec ses sources chaudes, est un bon analogue de la Terre primitive. Il raconte : *"Dans cette région connue pour ses sources hydrothermales, j'ai apporté une préparation prébiotique contenant des acides aminés, des bases azotées, des phosphates et des lipides, raconte-t-il. Une fois celle-ci versée dans une mare, il s'est formé, en quelques minutes, une sorte de mousse se déposant sur les bords et contenant des milliers de petites vésicules lipidiques emplies des autres composés!"* En un mot, comme un avant-goût d'un univers protocellulaire, certes totalement inerte, mais formé spontanément.

Pourquoi la vie n'aurait-elle pas pu apparaître dans un tel environnement ? Certes, les géologues estiment que les continents n'ont commencé à se stabiliser qu'il y a 3,8 milliards d'années, soit après l'émergence de la vie sur

Quid des autres hypothèses ?

- **Le scénario historique des sources hydrothermales océaniques**

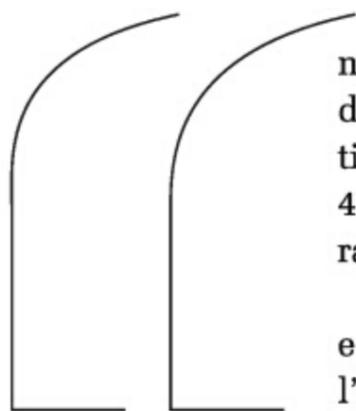
Molécules organiques, chaleur et énergie chimique, les abords des sources chaudes océaniques constituent un environnement intéressant pour l'origine de la vie. Mais on n'y connaît pas de mécanisme simple pour concentrer les espèces chimiques. Par ailleurs, il est compliqué de former les longues molécules du vivant, comme l'ADN ou les protéines, en présence de trop grandes quantités d'eau. Enfin, la formation des membranes lipidiques est inhibée par le sel.

- **L'hypothèse alternative des entrailles de la Terre**

Les nombreuses bactéries qui peuplent le sous-sol ont, un temps, laissé penser que la vie aurait pu apparaître au cœur de la Terre. Mais les spécialistes s'accordent aujourd'hui sur le fait que la source principale d'ensemencement de la Terre en molécules prébiotiques (acides aminés pour les protéines, bases azotées pour l'ADN, lipides pour les membranes) n'est autre que l'espace, avec la chute de météorites et de comètes sur sa surface.

- **L'idée folle de la panspermie**

La vie est-elle apparue dans l'espace, avant d'ensemencer notre planète ? Ce scénario a été imaginé dès le XIX^e siècle parce qu'il permettait de rompre avec la notion de génération spontanée. Mais il apparaît aujourd'hui tiré par les cheveux. Dans le système solaire, la Terre est, de loin, la planète la plus propice à l'émergence de la vie. Et les spécialistes estiment qu'aucun micro-organisme n'aurait pu résister au long voyage depuis un autre système planétaire...



*Il est très
malaisé de
former les lon-
gues molécules
du vivant en
présence d'une
trop grande
quantité d'eau*

notre planète. Mais l'intense activité interne de la Terre primitive est largement compatible avec la formation d'îles volcaniques dès 4,3 milliards d'années... La chronologie pourrait donc correspondre.

Et puis, tout simplement, une mare chaude est plus proche de l'espace que le fond de l'océan. En clair : l'ensemencement de la Terre par les comètes doit avoir été bien plus efficace en surface.

Surtout, dans des bassins formés par des geysers continentaux, il est beaucoup plus facile d'envisager la concentration de composés prébiotiques qu'au fond de l'océan. Mieux, l'hypothèse volcanique résout le problème de l'approvisionnement en certains éléments rares rencontrés par le scénario des fumeurs. Par exemple, le phosphore, indispensable pour former de l'ADN ou de l'ATP, une molécule essentielle au métabolisme de tous les êtres vivants. Ou bien le zinc et le molybdène, qui entrent dans la composition de nombreuses enzymes.

Enfin, le chercheur pointe l'atout majeur de ces mares hydrothermales de surface : elles présentent une alternance de périodes de mise en eau, via les geysers, et d'assèchement partiel ou total. Autrement dit, la possibilité d'un cycle humide/sec : le Graal de tous les spécialistes des origines de la vie. Car l'eau est le meilleur des solvants ! Elle est indispensable pour dissocier les sels, structurer les briques élémentaires du vivant, trans-

porter et mettre en contact des protocellules... Mais sa puissance de dissolution est aussi une catastrophe pour la formation de longues molécules, ADN et protéines en tête. *"Il faut absolument trouver un moyen de limiter la présence d'eau pour que les briques élémentaires, bases azotées ou acides aminés, se condensent en longs polymères"*, insiste Thomas Georgelin, au Laboratoire de réactivité de surface, à Paris.

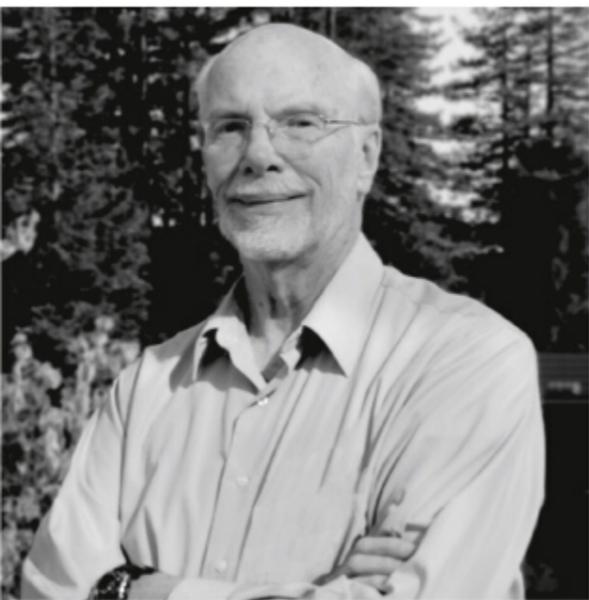
Partant de tous ces éléments, David Deamer échafaude avec son collègue Bruce Damer un scénario que tous deux publient en 2015. Tout aurait commencé par le dépôt, venu de l'espace, de composés chimiques prébiotiques dans des mares volcaniques de surface, entraînant la formation de vésicules lipidiques



renfermant différentes combinaisons de molécules. Puis la mare se serait asséchée, déposant ces protocellules sur le bord, où elles se seraient concentrées, agencées... Ce dépôt aurait de nouveau été immergé, et ainsi de suite... Un cycle humide/sec aurait ainsi enrichi progressivement des vésicules via une combinatoire quasi sans limite et sélectionné les plus résistantes jusqu'à l'apparition de protocellules stables renfermant des molécules capables de se dupliquer elles-mêmes, signe d'une amorce de processus vivant (voir infographie).

TOUS LES PROBLÈMES RÉSOLUS D'UN COUP

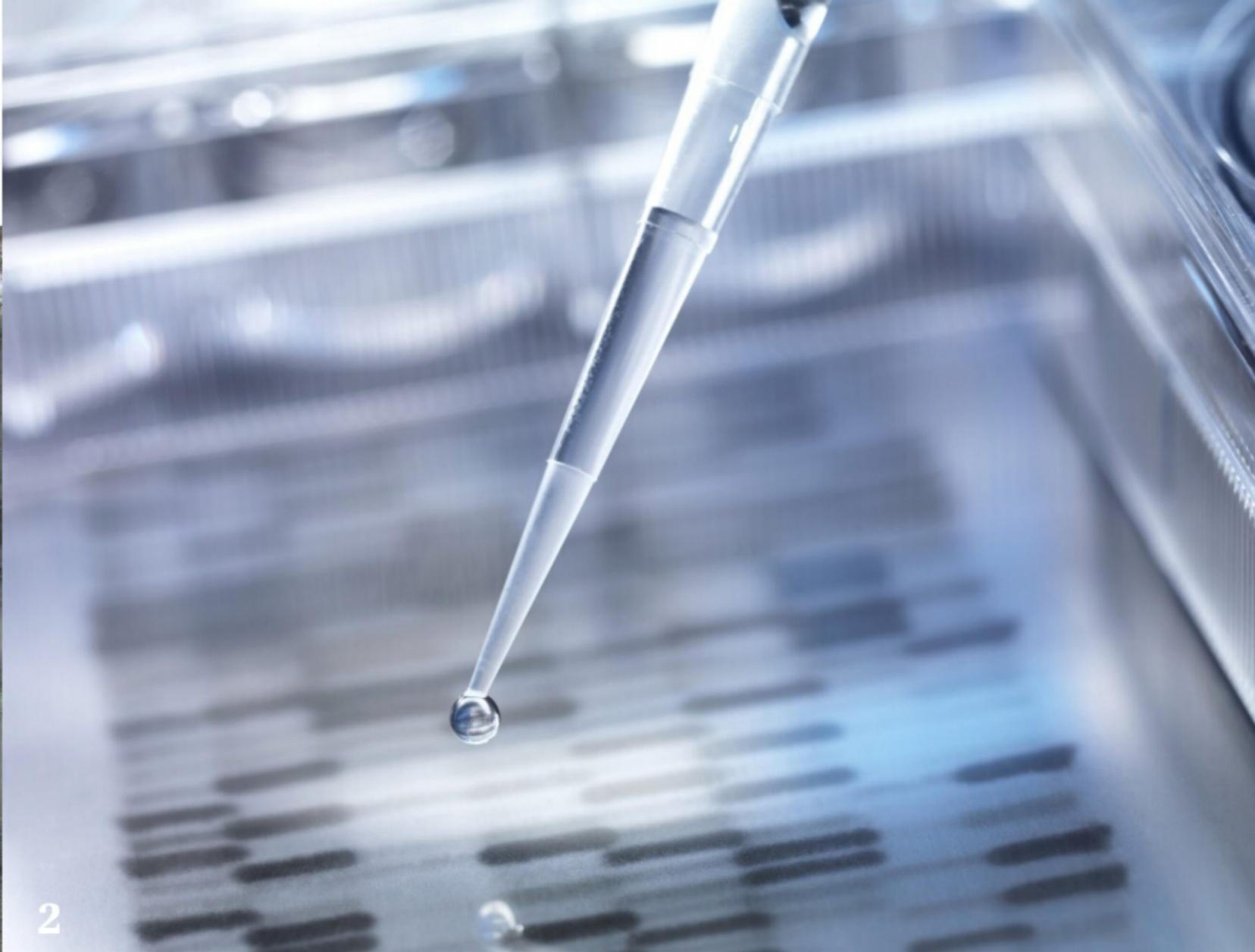
Voilà le scénario. Et il résout un à un tous les problèmes rencontrés par celui des fumeurs noirs situés au fond de l'océan. Si bien qu'il commence à convaincre une communauté de spécialistes parfaitement conscients de la difficulté de proposer des alternatives crédibles. *"Cette idée d'un cycle entre phases sèches et humides, avec une sélection sur la base d'une combinatoire gigantesque est actuellement la meilleure pour expliquer le passage d'une chimie prébiotique à des protocellules capables de se reproduire"*, réagit ainsi Ben Pearce, à l'université McMaster, à Hamilton (Canada). *"Ce nouveau modèle est très*



DAVID DEAMER
Université
de Californie
à Santa Cruz.



D.DEAMER - TEK IMAGE/SCIENCE PHOTO LIBRARY/BSIP - UIG/GETTY IMAGES - DR



2

UN NOUVEAU SCÉNARIO BIEN ÉTAYÉ

1. IL A ÉTÉ TESTÉ SUR LE TERRAIN

Plongée dans une source chaude près du volcan Moutnovsky, en Russie, une préparation prébiotique a formé des vésicules lipidiques.

2. IL A RÉSISTÉ EN LABORATOIRE

Le cycle sec/humide a été reproduit en laboratoire et a engendré des molécules complexes proches de l'ARN.

3. IL S'ACCORDE AVEC LES ANCIENNES TRACES DE VIE

À Pilbara, en Australie, un minéral vieux de 3,5 milliards d'années témoigne d'un environnement volcanique avec des bactéries.

3



→ *intéressant*”, abonde Pascal Philippot, à l’Institut de physique du globe de Paris. *“Il possède une véritable cohérence scientifique”*, confirme Thomas Georgelin.

Sans compter que David Deamer et ses collaborateurs ne se sont pas contentés d’exposer un scénario théorique. Dans la foulée, ils l’ont mis à l’épreuve de l’expérience. En partenariat avec Marie-Christine Maurel, de l’Institut de systématique, évolution, biodiversité, à Paris, David Deamer a reproduit en laboratoire les paramètres physiques et chimiques des sources hydrothermales à la surface de la Terre primitive, avant de les soumettre à ces cycles sec/humide, afin d’observer l’évolution d’une soupe de molécules prébiotiques. Résultat: *“À par-*

une cellule vivante, ni même des protocellules contenant des molécules capables de se dupliquer... “Ce n’est que le début. Nous devons encore affiner nos protocoles, essayer d’autres cycles, faire varier la composition des soupes prébiotiques que nous introduisons dans nos éprouvettes, reconnaît Marie-Christine Maurel. Nous avons cependant un scénario contextualisé que nous avons pu commencer à tester en laboratoire.”

DES INDICES TROUVÉS EN AUSTRALIE

Un scénario qui, de surcroît, est en accord avec les analyses de terrain. En étudiant les sédiments des affleurements de Pilbara, un site australien connu pour abriter les plus

anciennes traces de vie non controversées, Tara Djokic et ses collègues de l’université de Nouvelle-Galles du Sud à Kensington (Australie) viennent en effet d’identifier des traces d’un environnement hydrothermal de surface. Ils y ont trouvé de la geysérite, un minéral qui ne peut se former que dans l’environnement d’un geyser volcanique, lorsque des eaux riches en silice se refroidissent. Mieux, ce minéral renferme des bulles qui pourraient avoir été formées par piégeage du gaz produit par un tapis bactérien, signe d’un processus de surface.

Âgés de 3,5 milliards d’années, les fossiles de Pilbara ne

sont pas ceux des premiers organismes terrestres. Mais, comme le précise la chercheuse, *“nos travaux montrent qu’il y a 3,5 milliards d’années, des sources chaudes de surface étaient disponibles, et qu’elles étaient habitées. Ils ouvrent donc une perspective géologique compatible avec une apparition de la vie à la surface”*.

Si les organismes de Pilbara, s’épanouissaient dans des sources hydrothermales de surface, cela suggère que leurs ancêtres faisaient de même... C’est ainsi que la vie pourrait être apparue, dans une petite mare chaude, à l’ombre d’un volcan.

Quel impact sur la recherche de la vie extraterrestre ?

“Si notre hypothèse est la bonne, la vie n’a pas pu s’amorcer sur Europe et Encelade”, tranche David Deamer. L’ancien scénario d’une vie née près de volcans sous-marins laissait rêver à l’émergence d’une faune extraterrestre dans les océans des lunes gelées de Jupiter et Saturne; voire sur les nombreuses planètes-océan découvertes autour d’autres étoiles. Mais le nouveau scénario rend tous ces astres beaucoup moins habitables. On ne connaît qu’une seule autre planète ayant abrité les sources chaudes de surface nécessaires au nouveau scénario: Mars. Les sondes y ont en effet trouvé les conditions idéales: des dépôts de sources chaudes... et aucune trace d’océan global.

tir de nucléotides, les constituants de base de l’ADN et de l’ARN, composés chacun d’une base azotée, d’une molécule de ribose et de trois groupes phosphates, nous avons formé de longues chaînes plus ou moins ramifiées ressemblant à de l’ARN”, explique la biologiste. Rien que ça!

En parallèle, David Deamer est parvenu à montrer qu’en ajoutant des lipides dans des conditions semblables, on obtient des vésicules encapsulant notamment de courts segments d’acides nucléiques, précurseurs de l’ARN et de l’ADN. Certes, les chercheurs sont encore très loin d’avoir recréé *in vitro*



À consulter : les publications scientifiques.

À voir : les vidéos de colloques sur l’origine de la vie.

EN SAVOIR PLUS

science-et-vie.com

110 C'est maintenant

"Joint électronique" : de quoi parle-t-on exactement ?

Prêts à nourrir les oiseaux ? À vous de jouer...

113 En pratique

Avoir un chien est bon pour le cœur

Les ronflements peuvent rendre fou

Pour un meilleur sommeil, il faut ouvrir les fenêtres

116 Technofolies

Une guitare ultra-résistante à emmener partout

Le premier baby-siège auto avec airbag

122 À voir / à lire

L'Ordre étrange des choses: le secret de nos vies révélé par Antonio Damasio

124 Questions/Réponses

Combien y a-t-il de fourmis sur Terre ?

Fumer 2 fois moins, 2 fois moins dangereux ?

Quel est l'endroit le plus froid de l'Univers ?

130 Bulle de science

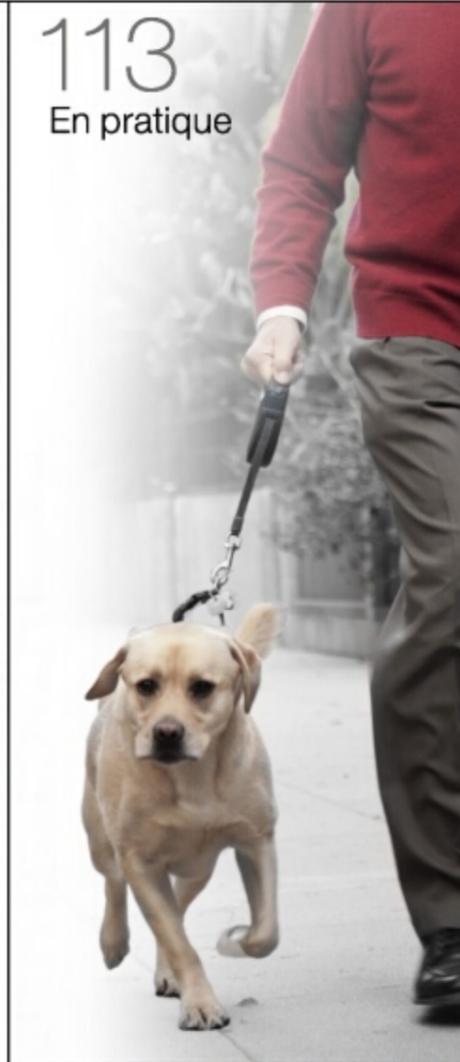
110

C'est maintenant



113

En pratique



116

Technofolies



122

À voir, à lire



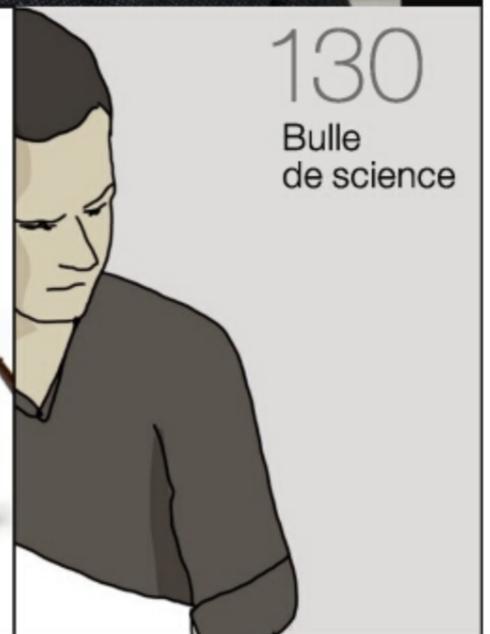
124

Questions/
Réponses



130

Bulle
de science



“Joint électronique” : de quoi parle-t-on exactement ?

Une nouvelle mode fait fureur dans les boutiques de vapotage et sur les sites de vente en ligne : la cigarette électronique “au cannabis”. De quoi s’agit-il exactement ? Est-ce dangereux ? En fait, il existe trois types de “joint électronique”. Voici ce qu’il faut savoir sur chacun d’eux.

PAR **KHEIRA BETTAYEB**



L'e-cigarette au cannabidiol

C'est le “joint électronique” qui fait tant parler de lui. *“Il s’agit d’une e-cigarette dont l’e-liquide renferme des arômes de tabac, de chanvre, de fruits... mais, à la place de la nicotine ou en combinaison avec elle, une molécule du cannabis : le cannabidiol ou CBD”*, explique le tabacologue rennais Jacques Le Houezec. Le CBD est le composé le plus abondant dans la marijuana après le tétrahydrocannabinol (THC), la molécule responsable des effets euphorisants. Le CBD, qui n’induit pas ce genre de sensations, n’est pas illicite. *“Les études disponibles suggèrent que le CBD n’a ni effets toxiques majeurs ni pouvoir addictif important”*, résume Bertrand Dautzenberg, pneumologue et expert de l’e-cigarette. Selon plusieurs travaux, vapoter du CBD pourrait même avoir des vertus anxiolytiques, myorelaxantes et antidépressives. Mais ce n’est pas un médicament, et l’Agence nationale de sécurité du médicament n’a pas évalué sa balance bénéfiques/risques. Donc, impossible pour l’instant de garantir qu’il est complètement inoffensif et bénéfique pour certains troubles.



Le joint électronique artisanal

Il s’agit là d’une cigarette électronique dans laquelle les e-liquides, artisanaux, sont fabriqués par certains utilisateurs à partir de feuilles de cannabis. *“Complètement illégales en France du fait qu’elles contiennent du THC, ces e-cigarettes artisanales pourraient toutefois se révéler moins dangereuses que le cannabis fumé. Car elles permettent d’éviter les composés toxiques issus de la combustion : goudrons, monoxyde de carbone, etc. Cependant, ce possible bénéfice n’est pas rigoureusement démontré. Mais surtout, ces e-cigarettes artisanales induisent tous les effets liés au THC, dont l’euphorie caractéristique du cannabis”*, indique le pneumologue Bertrand Dautzenberg.





L'e-cigarette "aux arômes de cannabis"

Dans ce cas, les e-liquides inhalés ne comportent aucun composant actif du cannabis, ni CBD, ni THC. Ils contiennent juste des molécules aromatiques de cannabis, dites terpènes. Par conséquent, cette "e-cigarette au cannabis" n'induit aucun des effets du cannabis fumé. Cela dit, "faute d'études sur le sujet, il est impossible de savoir à ce jour si les e-cigarettes aromatisées aux terpènes de cannabis sont dépourvues de tout danger",

met en garde le pneumologue parisien Bertrand Dautzenberg.



EN CHIFFRES

- 9 %

C'est la baisse d'utilisation de la pilule contraceptive entre 2013 et 2016. Les Françaises continuent à s'en détourner après une forte diminution (-18%) entre 2010 et 2013. Cependant, 50 ans après sa légalisation, elle reste chez nous le premier mode de contraception. **v.g.**

2 sur 3

C'est la proportion de Français qui ont déjà refusé d'être géolocalisés en ouvrant une page internet ou une application. Et la moitié des internautes ou des possesseurs de téléphone mobile prennent des dispositions pour ne pas laisser de trace sur internet (suppression des cookies, navigation en mode privé). **v.g.**

4,8 %

C'est la part de Français victimes dans les 3 derniers mois d'un accident de la vie courante (domestique, scolaire, de sport ou de loisirs). Les jeunes, qui ont le goût du risque, un niveau d'études supérieur au bac et qui sont plutôt en mauvaise santé se montrent les plus touchés. **v.g.**



PRÊTS À NOURRIR LES OISEAUX ?

AVEC BIRDLAB, AIDEZ LE MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE À ÉTUDIER LA FAÇON DONT MANGENT LES OISEAUX

Vous voulez faire avancer la science en vous amusant ? Disposez dans votre jardin ou sur votre balcon deux mangeoires garnies de graines de tournesol. Patientez deux ou trois jours, le temps que les volatiles les repèrent. Puis installez l'application BirdLab (voir ci-dessous), et observez la scène. Top chrono ! Vous avez 5 minutes pour reproduire sur votre écran, à l'aide de pictogrammes, leurs allées et venues. Pas de panique : nul besoin de connaître les 570 espèces françaises, des quiz vous familiariseront avec les oiseaux. Mais surtout, en faisant connaissance de manière ludique avec vos pensionnaires volants, vous participerez à la recherche ! Vos données seront transmises à des ornithologues, qui pourront ainsi créer des "réseaux d'interactions". L'objectif : comprendre comment les oiseaux se comportent sur une mangeoire. Existe-t-il des compétitions entre espèces ? Certaines sont-elles plutôt "partageuses", ou plus "égoïstes" ? Et vous deviendrez incollable sur les oiseaux. Alors, à vos smartphones ! Vous avez jusqu'au 31 mars pour jouer. Attention, il paraît qu'on devient vite addict...

Hugo Struna, Muséum d'histoire naturelle



<http://vigienature.mnhn.fr/vigie-manip/birdlab>

Une croisière exceptionnelle de Saint-Petersbourg à Moscou

11 jours au fil de l'eau pour découvrir la Russie

Les points forts de votre croisière Science&Vie :

- Nombreuses visites et excursions incluses
- Un conférencier spécialiste de la Russie à bord
- Encadrement et animations 100 % francophone
- Un tarif **PENSION COMPLÈTE**, spécial lecteurs

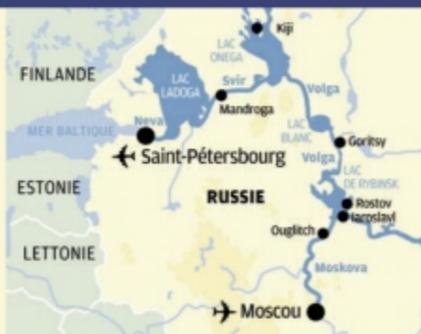
à partir de
1511 € SEULEMENT
PAR PERSONNE
11 jours/10 nuits : vol inclus,
PENSION COMPLÈTE !
PRIX SPÉCIAL LECTEURS -174€
au lieu de 1685€

Renseignements - réservation : 01 41 33 59 00

Navigation sur la Neva, les grands lacs de Carélie, la Moskova...



Les croisières fluviales en Russie offrent un angle idéal et un confort de voyage pour comprendre et découvrir la Russie d'hier et d'aujourd'hui. Science&Vie vous propose cette croisière en 11 jours, des palais somptueux de Saint-Petersbourg aux bulbes des cathédrales de Moscou, des immensités vierges de Carélie à la majestueuse Volga.



DATES ET PRIX DE LA CROISIÈRE RUSSIE (A partir de)		du 12 au 22 mai 2018 1 566 €
du 2 au 12 juin 2018 1 604 € EN DEMANDE	du 23 juin au 3 juillet 2018 1 604 €	du 14 au 24 juillet 2018 1 543 €
du 4 au 14 août 2018 1 543 €	du 25 août au 4 sept. 2018 1 511 €	du 15 au 25 sept. 2018 1 511 € EN DEMANDE

Laissez-vous porter au fil des
fleuves, des lacs et des rivières...



Votre tarif SPÉCIAL LECTEURS SCIENCE&VIE comprend : vols A/R Paris/Russie • assistance locale • transferts en autocar • hébergement dans la catégorie de cabine choisie • visites et excursions mentionnées dans le programme (sauf les excursions optionnelles) • pension complète à bord, du dîner du 1^{er} jour (panier-repas en cas d'arrivée tardive) au petit déjeuner du dernier jour • les boissons (1 verre de vin ou 1 bière ou 1 eau minérale + 1 thé ou 1 café à chaque repas pris à bord) • cocktail de bienvenue et accueil musical • dîner du Commandant • deux déjeuners en ville à Saint-Petersbourg et un déjeuner à Moscou • animations à bord : conférences sur la civilisation russe, cours d'initiation au russe, soirées dansantes et ambiances musicales • assurance assistance/rapatriement • taxes portuaires • pourboires à l'équipage

Téléchargez une documentation plus détaillée sur www.croisieres-lecteurs.com/sv

Informations et réservations au 01 41 33 59 00

Du lundi au vendredi de 9h à 18h et le samedi de 9h à 12h.

En précisant le CODE :
SCIENCE&VIE

SCIENCE&VIE

Avoir un chien est bon pour le cœur

Étude menée à
l'université d'Uppsala (Suède)

Nombre de cas étudiés
3,4 millions

Bien plus que de fidèles compagnons, nos amis à quatre pattes semblent posséder des pouvoirs protecteurs... sur le cœur des humains! Parce qu'ils offrent un soutien moral et une motivation pour les promenades quotidiennes, les épidémiologistes se doutaient que les chiens amélioreraient la santé globale de leurs maîtres, en particulier sur le plan cardio-vasculaire. Mais les études disponibles n'étaient pas assez rigoureuses, ou trop restreintes en termes de nombre de cas étudiés, ou portaient sur une période trop courte. Avec un suivi sur douze ans de l'ensemble de la population suédoise âgée de 40 à 80 ans, soit 3,4 millions de personnes, le travail de Tove Fall, de l'université d'Uppsala, est le plus important jamais mené. Son équipe a mis en relation les données sanitaires de ces sujets avec le fait de posséder un chien (13% d'entre elles) ou non dans leur foyer, tout en tenant compte des biais potentiels (état de santé,

niveau socio-économique, nombre d'enfants...). Résultat: avoir un chien est associé à un risque de décès par maladie cardio-vasculaire (infarctus, arrêt cardiaque, AVC) diminué de 23%, et de 20% pour celui des décès toutes causes confondues!

Encore plus bénéfique pour les célibataires

Des effets encore plus marqués pour les célibataires: respectivement -33% et -36%, sans doute parce ceux-ci consacrent plus de temps aux activités avec leur chien. Mieux: les célibataires avec chien sont ceux qui récupèrent le mieux après une maladie cardio-vasculaire! Parmi les mécanismes pouvant expliquer ces bienfaits pour le cœur: Médor réduit le stress psychosocial (isolement, solitude, dépression) ainsi que la réaction physiologique au stress, et augmente le temps d'activité physique... Pile ce qu'il faut pour limiter les risques! Reste à élucider l'influence de la race: les bénéfiques les plus marqués s'observent avec les chiens de flair ou d'arrêt. "Scient. Reports", nov. 2017

Fiorenza Gracci



GETTY

Manger très salé affecte la flore intestinale

Des chercheurs allemands ont montré que chez l'homme et la souris, un régime riche en sel provoque la disparition de certaines bactéries de l'intestin. Or, chez le rongeur, il existe un lien entre celles-ci et l'hypertension. Une observation qui renforce l'idée qu'il faut modérer le sel pour lutter contre cette maladie. "Nature", nov. 2017



Trop de jouets tue la curiosité des petits

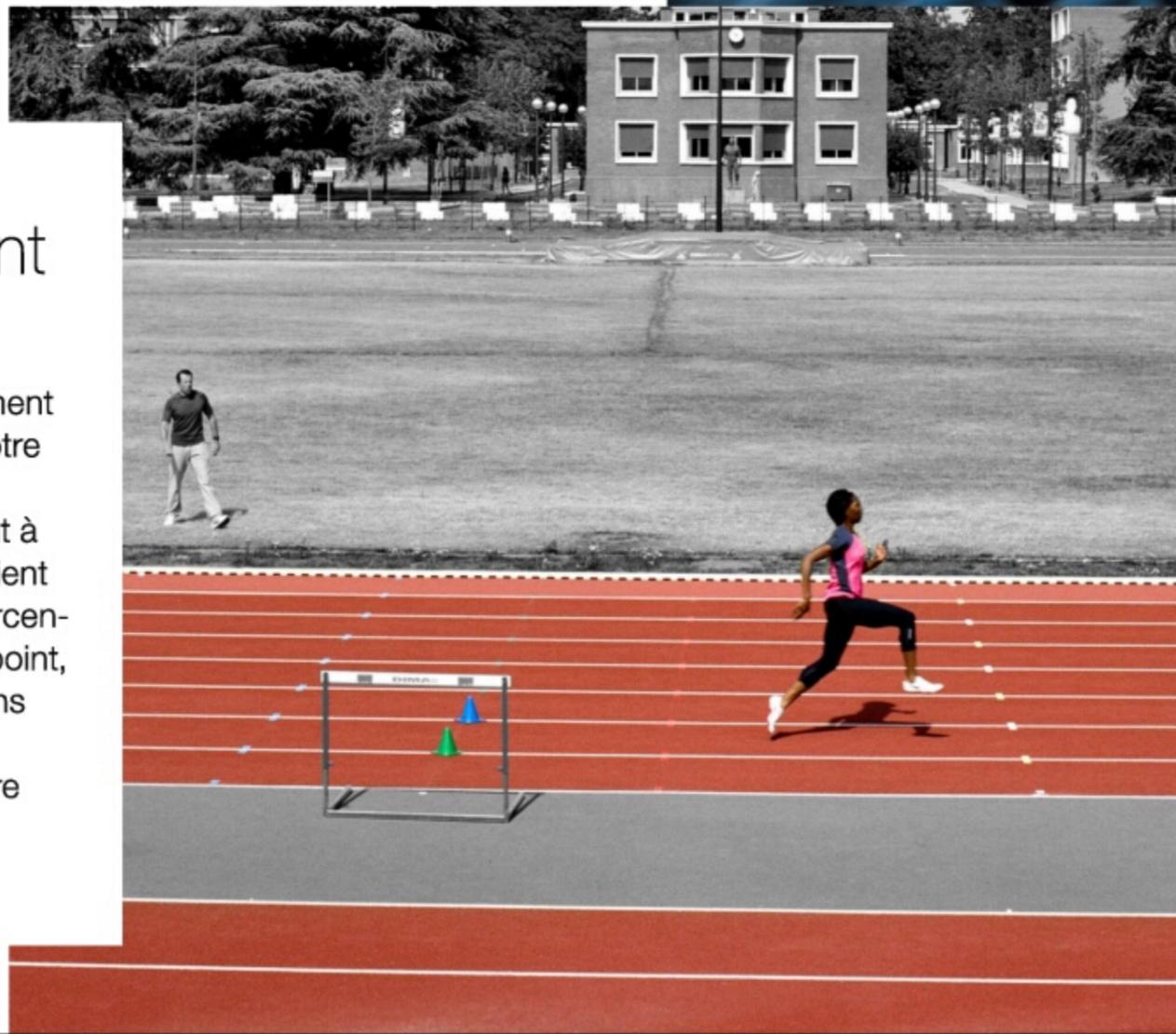
Le comportement de 36 nourrissons a été évalué selon le nombre de jouets dont ils disposent. Lorsqu'ils passent 30 minutes avec 4 jouets, ils restent 2 fois plus de temps avec chacun. S'ils ont 16 jouets, ils n'en testent que huit. "Inf. Behav. Dev.", fév. 2018

Garder la ligne est plus facile pour ceux qui vivent près d'un lieu de sport

Vous passez régulièrement devant un équipement sportif? Ce n'est pas sans répercussion sur votre santé. Une étude anglaise réalisée sur près de 400 000 Britanniques a montré que ceux vivant à moins de 1 km de six salles de sport présentaient un tour de taille inférieur de 1,22 cm et un pourcentage de graisse corporelle plus faible de 0,81 point, comparé à ceux ne disposant pas d'installations sportives près de leur domicile. Autrement dit, la proximité d'une salle de sport serait un critère important dans la pratique d'activité physique. "The Lancet Public Health", déc. 2017

Le barbecue peut aussi refroidir le climat

On sait que le barbecue peut, en rejetant du CO₂, contribuer au réchauffement climatique. Il peut aussi refroidir l'atmosphère! En analysant des gouttelettes en lévitation, constituées notamment de l'acide gras oméga-9, des chercheurs anglais ont découvert que dans l'air, les graisses s'assemblent en structures 3D complexes; ce qui diminue radicalement leur capacité à se déplacer dans les gouttelettes. Ces aérosols pourraient alors persister dans l'air, facilitant la formation de nuages, qui refroidissent le climat. "Nat. Com.", nov. 2017





Pour un meilleur sommeil, il faut ouvrir les fenêtres

Dormir la fenêtre ouverte promet un sommeil plus rapide, plus long, et moins de réveils, selon une étude néerlandaise. Les chercheurs ont analysé le sommeil de 17 volontaires et le niveau de dioxyde de carbone (CO₂) dans leur chambre à coucher, selon que la fenêtre était ouverte ou fermée. Le taux de CO₂ était plus faible lorsque la fenêtre était ouverte. Il était de moins de 1 000 parties par million (ppm), alors qu'il peut atteindre 3 000 ppm lorsque l'air n'est pas renouvelé. Et ce taux plus faible était "significativement" associé à de meilleurs paramètres du sommeil. Ils ont également noté que le taux d'humidité, lui, variait peu et que la température légèrement plus basse lorsque la fenêtre est ouverte pourrait jouer sur la qualité du sommeil. "Indoor Air", novembre 2017

La cannelle est capable de brûler les graisses

Une équipe américaine a analysé l'action du composant principal de l'essence de cannelle, l'aldéhyde cinnamique (AC), sur des adipocytes de souris et d'humains. Il apparaît que l'AC stimule la production de chaleur dans ces cellules, via la combustion de graisses. D'où la proposition des chercheurs d'utiliser la cannelle pour lutter contre l'obésité. "Metabolism", déc. 2017

Le bébé reconnaît les visages sur sa gauche

Pour être reconnu de bébé au premier coup d'œil, placez-vous sur sa gauche! C'est la conclusion d'une étude basée sur l'enregistrement de l'activité cérébrale de 40 bébés de 1 à 6 mois qui démontre que seul l'hémisphère droit leur permet de discriminer les visages dans les premiers mois de vie. "Nature Human Behaviour", déc. 2017

Les ronflements peuvent rendre fou

Les personnes âgées souffrant de troubles respiratoires du sommeil auraient 26% de chances en plus de développer des troubles cognitifs que les autres. Autrement dit, ronfler affecterait le fonctionnement du cerveau et pourrait même accroître le risque de démence en vieillissant. C'est ce qu'affirment des cognitivistes de l'université de Californie à San Francisco, après avoir compilé 14 études sur ce sujet. Des études épidémiologiques avaient déjà pointé un lien entre troubles du sommeil et déclin cognitif. "JAMA Neurol.", oct. 2017



Le premier baby-siège auto avec airbags intégrés

Prix: env. 650 €

Rens.: www.bebeconfort.com/fr-fr/sieges-auto/axissfix-air.aspx

Puisqu'il existe des airbags à l'avant de la voiture, pourquoi ne pas en intégrer au siège auto des jeunes enfants qui font face à la route (à partir de 15 mois)? Après cinq années de R&D, la marque française Bébé Confort a trouvé la solution: 2 mini-airbags logés dans les protège-bretelles (au niveau des épaules) du siège AxissFix Air et connectés au véhi-

cule via le système d'attache standard Isofix. En cas d'accident, ils se gonflent à l'air froid en 50 ms pour amortir la tête de l'enfant, comme des coussins, puis se dégonflent instantanément. Selon le fabricant, ce dispositif réduit les forces exercées sur le cou jusqu'à 55%. Une fois déployé, il n'est pas réutilisable, mais la marque le remplace gratuitement! **L.B.**



La chaussure de ski moulée sur mesure

Prix: de 450 à 600 €. Rens.: www.fishersports.com

Voici un système conçu par la firme autrichienne Fischer Sports qui permet d'adapter plusieurs modèles de ses chaussures de ski à n'importe quel profil de pied. Au moment de l'achat, les pieds sont d'abord scannés des orteils au tibia, en position "ski". Puis, une fois la paire chaussée, la coque est déformée en plusieurs points par chauffe et injection d'air comprimé jusqu'à épouser exactement la forme du pied. Il faut ensuite laisser reposer les chaussures pendant 24 heures pour qu'elles conservent leur nouvelle forme. Baptisée Vacuum nxt, la technologie est actuellement disponible dans une dizaine de magasins en France. Avis aux skieurs en quête d'une chaussure au "fit" optimal! **G.S.**





Les deux airbags (ici déployés) sont intégrés aux protège-bretelles du siège. Adaptés aux enfants, ils sont plus petits (20x20 cm) et se déploient moins brutalement que les airbags traditionnels, en se remplissant d'air froid.

Des trous ménagés dans la toile permettent aux airbags de se dégonfler rapidement (en moins de 1 s) pour éviter les risques d'étouffement.

Ce sont les cartouches de CO₂ situées au dos du siège qui gonflent instantanément les airbags en cas de décélération brutale (plus de 10 g). Un signal leur est envoyé via les pinces Isofix (le standard de fixation des sièges enfant).

Un détecteur longue portée pour être retrouvé en cas d'avalanche

Prix : env. 380 €. Rens. : www.mammut.com



Chaque seconde compte en cas d'avalanche! C'est pourquoi le fabricant suisse Mammut a amélioré son détecteur de victimes d'avalanches (DVA) Barryvox S. Sa portée de recherche a été élevée à 70 m (contre 50 m pour la concurrence); un écran affiche la distance et la direction à suivre jusqu'à la personne ensevelie (porteuse d'un DVA), comme un GPS. Autonomie: 300 heures en mode émission (pour la victime). **L.B.**

Une guitare ultra-résistante à emmener partout

Prix : env. 510 €
Rens. : www.klosguitars.com

La guitare américaine Klos possède une caisse en fibre de carbone qui lui confère une incroyable résistance. Elle peut ainsi voyager sans s'abîmer. Elle est aussi moins sensible aux changements de température et d'humidité qui la désaccordent. Quant au son, il bénéficie d'un meilleur volume qu'une guitare en bois, selon le fabricant. L'acajou du manche permet, lui, de retrouver un toucher classique, en version acoustique ou électrique. **S.F.**



PROTOTYPE



La moto dotée d'intelligence artificielle

Rens. : <https://global.yamaha-motor.com/showroom/>

Le constructeur de motos japonais Yamaha a profité du dernier salon de Tokyo pour présenter ce prototype aux lignes anguleuses baptisé MOTORiD, qui mêle motorisation électrique et auto-stabilité, permettant au véhicule de tenir l'équilibre et d'avancer tout seul sur ses deux roues. Mais il est surtout doté d'une intelligence artificielle capable, dicit ses concepteurs, "de reconnaître son propriétaire et d'interagir avec lui comme un être vivant". L'ensemble permettrait par exemple au pilote, lorsqu'il s'approche de sa monture, de lui demander de le rejoindre d'un simple geste de la main. Parmi les autres innovations : un moteur électrique qui prend place dans le moyeu de la roue arrière, alimenté par une batterie lithium-ion. **E.T.-A.**

Un boîtier pour ultra-connecter son intérieur

Prix : env. 300 €
Rens. : <https://hayo.io>

Grâce à une caméra, un émetteur infrarouge et un capteur ToF ("time of flight"), Hayo construit une représentation 3D de vos pièces. Une fois paramétré et connecté en wi-fi à votre réseau, il permet ensuite de commander, d'un simple geste, n'importe quel objet défini au préalable (appli compatible iOS et Android). **B.P.**



Le bateau propulsé par un jet-ski

Prix : à partir de 9 500 €
Rens. : www.sealver.com

Un bateau de plaisance dirigé et propulsé par un scooter des mers, voilà ce que propose le français Sealver, basé à Sanguinet (Landes), avec son Wave Boat... Pour ce faire, le jet-ski vient se loger au milieu de la coque et se fixe à l'aide d'un kit comprenant des sangles. Une conception simple mais efficace, permettant à l'engin d'être compatible avec la plupart des jets du marché : Yamaha, Sea-doo, Kawasaki. Le modèle 444, compact et épuré (4,44 m de longueur pour 280 kg), dispose d'une coque rigide en résine homologuée pour 5 personnes. L'étrange attelage permet ainsi les balades familiales et s'utilise jusqu'à 300 m des côtes, une zone interdite aux jets. **E.T.-A.**

Ce jardin high-tech permet de cultiver des aromates toute l'année

Prix : env. 12 500 €. Rens. : www.natufia.com

Pour les frustrés du basilic frais en hiver, le Natufia Kitchen Garden assure la culture des plantes aromatiques, des salades et des tomates bio, dans la cuisine, de manière complètement automatisée. Imaginée pour permettre aux chefs comme aux particuliers (fortunés !) d'accéder à des plantes rares et à des aromates saisonniers tout au long de l'année, cette armoire connectée contrôle tout : la température, l'humidité, l'aération, le spectre de lumière, l'eau, les nutriments... afin d'offrir à chaque plante des conditions idéales de culture. Elle s'appuie sur une méthode de culture hydroponique (sans terre). Les graines sont vendues dans des capsules, qui intègrent les nutriments indispensables à la germination. Des LED assurent les besoins en lumière des végétaux, en ciblant les longueurs d'ondes optimales pour la croissance. Malgré ses 2 m de hauteur, l'ensemble est économe et ne devrait pas consommer plus de 130 kWh et 200 litres d'eau par mois. De l'écologie de luxe. **A.V.**



DR



Les LED produisent une lumière dans un spectre optimisé pour la croissance des plantes, en réduisant la consommation d'électricité.

Les 32 pots en céramique non poreux limitent le développement de bactéries.

Un ordinateur central analyse les paramètres de culture et contrôle les programmes de croissance.

Une pépinière permet d'ajuster les conditions de culture aux besoins des plus jeunes pousses.

Le réservoir d'eau mesure et adapte le pH. Il mélange les nutriments automatiquement.

Le mug qui réchauffe et refroidit le liquide

Prix : env. 70 €
Rens. : <https://ember.com>

Un concentré de technologie, le mug Ember : la céramique abrite un treillis métallique, la base une batterie rechargeable, un microprocesseur et des capteurs de température. Le tout soit pour réchauffer la boisson à l'aide d'une résistance, soit la refroidir par un fluide absorbant les calories. La température se paramètre via une appli. **A.P.**



L'impression 3D en direct depuis un smartphone

Prix : env. 85 €. Rens. : www.ono3d.net

Pour mettre l'impression 3D à la portée de tous, l'italien ONO propose un système peu cher dont l'élément de base est... votre smartphone. Le principe ? La transformation par l'application ONO 3D d'un fichier 3D en une succession d'images en noir et blanc, couplée à l'utilisation de résines liquides photosensibles qui polymérisent grâce à la lumière blanche envoyée par le smartphone. Ce dernier, protégé par une membrane transparente, est placé sous la cuve. L'objet 3D se solidifie alors couche après couche à l'aide d'un plateau baignant dans la résine remontant au fur et à mesure de l'impression (durée : 2 heures et demie). **A.P.**

Mi-vélo, mi-moto, un nouveau concept de véhicule zéro émission

Prix : env. 4 800 €. Rens. : www.bultaco.com

Un vélo qui peut se transformer instantanément en moto électrique : voilà ce que propose l'espagnol Bultaco avec son Albero. Le vélo 9 vitesses, maniable et léger (43 kg maxi), devient ainsi une moto pouvant filer à 45 km/h grâce à sa batterie lithium-ion BMS et sa poignée d'accélérateur. Ce qui nécessite le

permis AM ou B, une immatriculation et une assurance. Il existe en version limitée à 25 km/h, sans permis. **E.T.-A.**



SCIENCE & VIE

À la une
ce mois-ci !

science

SCIENCE & VIE
Le mensuel le plus lu
en France !
+ 4 hors-séries
+ 2 numéros spéciaux
par an



LE QUESTIONS RÉPONSES DE SCIENCE & VIE
Les questions de la vie,
les réponses de la science.
4 numéros par an



Actuellement en vente chez votre marchand



LES CAHIERS DE SCIENCE & VIE
La référence en histoire des civilisations.
8 numéros par an



GUERRES & HISTOIRE
Le leader de l'histoire militaire.
Bimestriel + 2 hors-séries par an

histoire



jeunesse

SCIENCE & VIE JUNIOR
Le mensuel préféré des ados.
+ 6 hors-séries par an



SCIENCE & VIE DÉCOUVERTES
Le mensuel pour apprendre en s'amusant.
Pour les 7-12 ans.
+ 4 hors-séries par an



de journaux **ABONNEZ-VOUS**

Disponible sur KiosqueMag.com

LIVRE

Le secret de nos vies dévoilé par la neurobiologie

Depuis son premier ouvrage intitulé *L'Erreur de Descartes* (1995), qui l'a fait connaître du grand public, Antonio Damasio travaille sur le rôle des émotions dans la construction de l'expérience humaine et dessine les contours d'une neurobiologie originale du sentiment. Son dernier livre déploie sa théorie radicalement nouvelle, à l'élégance équationnelle, sur l'homéostasie.

PROPOS RECUEILLIS PAR **THOMAS CAVAILLÉ-FOL**



S&V : Votre livre fait de l'homéostasie une force centrale dans l'apparition et le développement de la vie. Pouvez-vous nous définir ce concept ?

A.D. : Il s'agit d'une capacité d'un système vivant à maintenir l'équilibre de son milieu intérieur. L'homéostasie fait intervenir un ensemble de paramètres physiologiques comme la température, la pression sanguine, qui doivent rester constants ou s'adapter à des changements.

Depuis l'émergence de la biochimie primitive, les premières formes du vivant, et jusqu'à présent, c'est elle qui a assuré la persistance de tout organisme.

Antonio Damasio

L'Ordre étrange des choses

La vie, les sentiments et la fabrique de la culture



- **L'Ordre étrange des choses**
- D'Antonio Damasio
- Éd. Odile Jacob, 400 pp., 26,90 €

S&V : En quoi cette force est-elle plus qu'un simple équilibre biochimique ?

A.D. : Elle maintient un surplus d'énergie et dépasse le simple concept de survie pour intégrer celui de prolongation dans le futur. C'est ce que Spinoza appelle *conatus*, et ce que Paul Éluard a joliment décrit par "*le dur désir de durer*". La génétique elle-même n'est finalement qu'un moyen trouvé pour perpétuer l'homéostasie, tout comme les émotions, les stratégies de conflits et de coopération, et l'évolution. Cette force qui assure l'équilibre du vivant régule toutes ses manifestations,

qu'elles soient biologiques, psychologiques ou même sociales.

S&V : Mais le maintien de l'équilibre d'un organisme ne devrait-il pas être un frein à son évolution ?

A.D. : Non, car cela est bon pour la survie ! Songez aux bactéries, les premières formes de vie. Elles peuvent communiquer à l'aide de signaux chimiques, sonder leur environnement pour savoir si elles doivent se regrouper ou si elles peuvent assurer leur homéostasie seules. Ce sont les premiers comportements sociaux : ils existaient bien

“
L'homéostasie,
voilà la force
qui régule
toutes les
manifestations
du vivant

ANTONIO DAMASIO

Directeur du Brain and
Creativity Institute
à l'université
de Californie du Sud

avant la naissance de l'esprit et ont été pilotés par l'impératif homéostatique. Ce même impératif a amené les organismes multicellulaires à construire des systèmes fédérateurs, nerveux ou sanguins par exemple, et à élaborer des sentiments chez les êtres possédant un esprit.

S&V: Les sentiments ne sont donc que des outils de régulation de l'homéostasie ?

A.D.: Exactement! L'émergence de l'esprit a été accompagnée par celle des sentiments. Ils jouent donc le rôle d'alertes, de témoins. Par exemple, quand vous êtes malade,

vous le ressentez et agissez en conséquence pour rétablir l'équilibre. Et c'est parce que les sentiments sont le reflet de l'état de l'homéostasie corporelle qu'il existe une telle valence agréable/pas agréable, ou bon/mauvais. Mais cette valence n'est pas le fruit de l'esprit, elle existait dès les premières formes de vie!

S&V: Vous affirmez que toute création humaine, y compris la culture, est le fruit de cet impératif...

A.D.: La culture est une réponse à la tyrannie des sentiments, donc à l'impératif homéostatique. La chasse répondait à l'impératif alimentaire, l'art nous fait nous sentir bien, les mythes régulent notre angoisse face aux grandes questions.

S&V: Les humains ne devraient donc pas être si souvent gouvernés par des sentiments négatifs, qui ne vont pas dans le sens de cet équilibre...

A.D.: Certains sentiments négatifs (peur, colère ou rejet de l'inconnu) ont joué un rôle de protection dans l'évolution, il est donc difficile de s'en défaire. Mais selon certaines études, la culture aurait aidé à la diminution des manifestations de ces sentiments, comme la violence. Il faut donc garder l'espoir, d'autant qu'il peut réguler positivement notre homéostasie.

LIVRE

- **L'Anti-douleur**
- De Didier Bouhassira
- Éd. Le Cherche-Midi, 256 pp., 19 €



Un Français sur trois souffre de douleurs chroniques. Et les armoires à pharmacie sont pleines de médicaments pas toujours adéquats. Ce livre du docteur Didier Bouhassira, qui dirige l'unité de recherche sur la Physiologie et la pharmacologie de la douleur (Inserm, hôpital Ambroise-Paré), est à la fois très précis sur les rouages de la douleur, et d'un intérêt pratique pour tous ceux qui affrontent la souffrance physique. **C.T.**

EXPOSITION

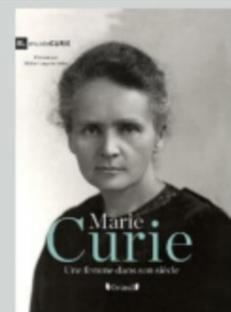
- **Effets spéciaux, crevez l'écran!**
- Cité des sciences et de l'industrie (Paris)
- Jusqu'au 19 août 2018



Depuis les premières tentatives de Georges Méliès, en 1896, jusqu'aux toutes dernières techniques numériques, c'est le chemin parcouru par les "truquages" cinématographiques qui est retracé à travers cette exposition passionnante. Panneaux explicatifs et décors alternent avec séquences interactives et ateliers pour enfants, qui valent vraiment le détour. Une visite à programmer seul ou en famille. **M.V.**

LIVRE

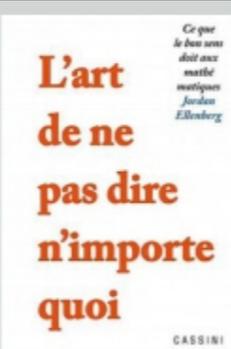
- **Marie Curie, une femme dans son siècle**
- De Marion Augustin
- Éd. Gründ, Musée Curie, 240 pp., 29,95 €



Photographies inédites tirées d'albums de famille, coupures de journaux, cartes postales, lettres privées et professionnelles: à l'occasion des 150 ans de sa naissance, en 1867, ce beau livre dessine la vie extraordinaire de celle qui quitta sa Pologne natale à 24 ans pour entreprendre des études de science à Paris, et reçut deux fois le prix Nobel. **V.G.**

LIVRE

- **L'art de ne pas dire n'importe quoi**
- De Jordan Ellenberg
- Éd. Cassini, 520 pp., 20 €



Nous sommes sans cesse bombardés de prévisions spectaculaires, de corrélations incroyables ou de terribles lois des séries... Sans vraiment comprendre ce qui se cache derrière ces chiffres. Mathématicien américain et vulgarisateur reconnu, Jordan Ellenberg nous éclaire ici sur la mécanique des statistiques en s'appuyant sur des exemples souvent réjouissants. Un manuel pas toujours facile d'accès... mais salvateur. **V.N.**

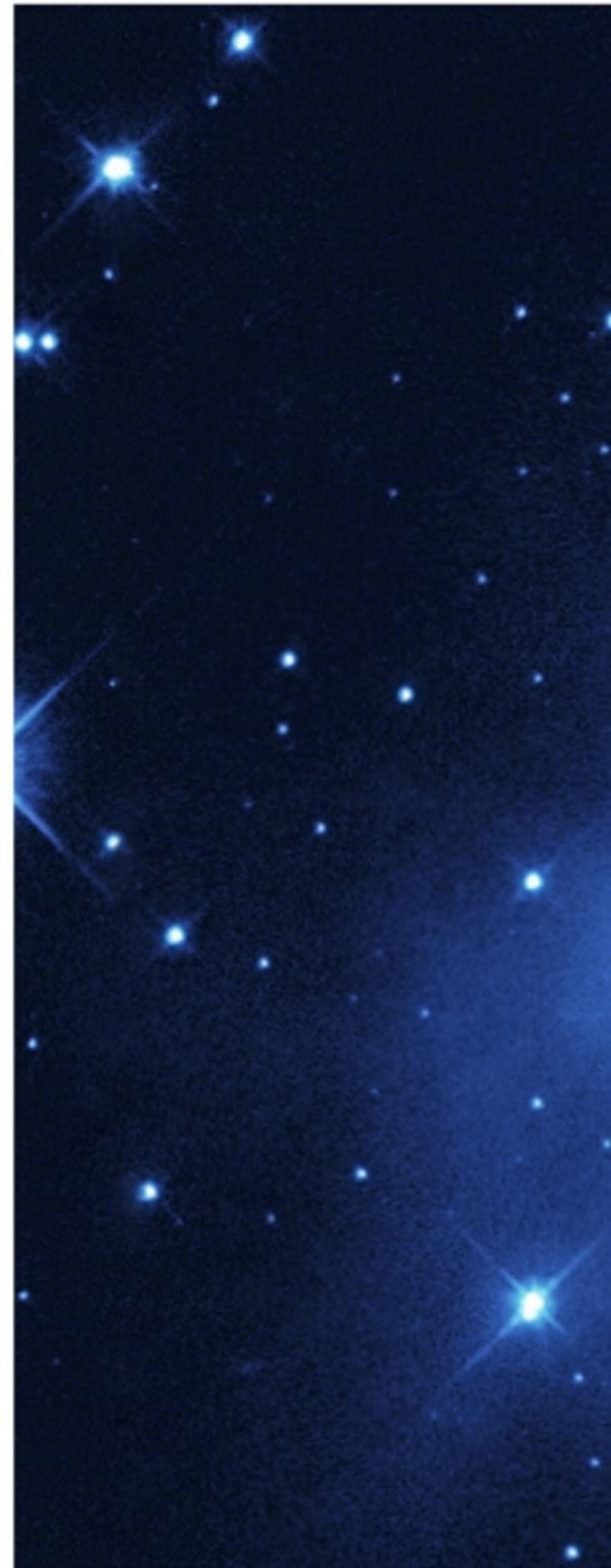
Quel est l'endroit le plus froid de l'Univers ?

Question de Morgane Chagny, Grenoble (38)

L'endroit "naturel" le plus froid connu est une étoile géante rouge qui gravite à 5000 années-lumière, dans la constellation du Centaure, dans la nébuleuse du Boomerang. "Elle expulse son gaz à une telle vitesse qu'il subit une détente adiabatique qui le refroidit, sur le même principe que celui qui circule dans nos réfrigérateurs", explique Wouter Vlemmings, de l'université de Chalmers (Suède). Les gaz autour de l'étoile sont ainsi à $-273,05^{\circ}\text{C}$, soit dix petits dixièmes de degré seulement au-dessus du zéro absolu, cette température théorique à laquelle les particules qui composent la matière sont parfaitement figées (rappelons

que la température d'un objet traduit l'agitation des particules qui le composent). C'est bien plus froid que les $-270,424^{\circ}\text{C}$ qui règnent en moyenne dans l'espace, mais plus chaud... que les nuages d'atomes créés depuis quelques décennies sur Terre, dans les laboratoires de physique. Les physiciens se sont en effet lancés dans une course au froid pour tester leurs théories sur la matière : en 2011, l'équipe du Prix Nobel 2001 Wolfgang Ketterle, du Massachusetts Institute of Technology, est ainsi parvenue à refroidir des atomes de rubidium jusqu'à 5 centièmes de milliardième de degré au-dessus du zéro absolu!

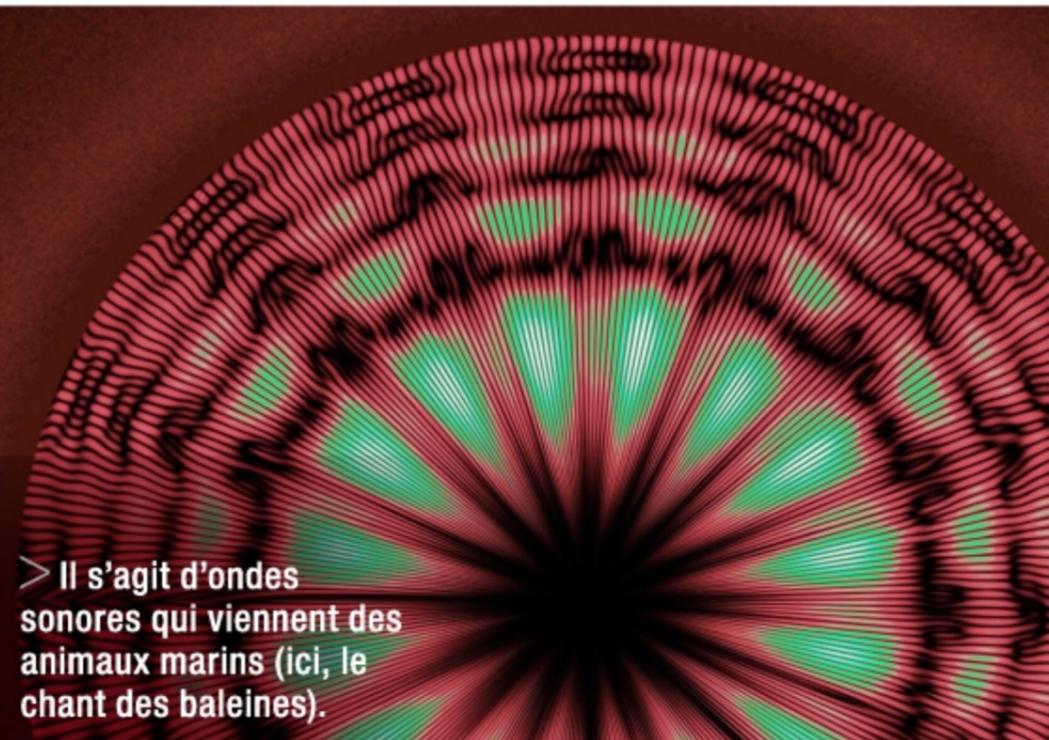
Bien que cette expérience soit aujourd'hui arrêtée, elle détient toujours le record de température la plus basse... Mais sans doute plus pour longtemps : une expérience nommée CAL, pour Cold Atom Laboratory (laboratoire d'atomes froids), sur le point d'être lancée dans la Station spatiale internationale par la Nasa, prévoit de refroidir des atomes de potassium jusqu'à atteindre $-273,149999999999^{\circ}\text{C}$, soit un millième de milliardième au-dessus du zéro absolu (voir S&V n°1199). Dans quelques mois, ce sera donc à nouveau dans l'espace que sera l'endroit le plus froid de l'Univers. **B.R.**



Pourquoi entend-on des crépitements sous l'eau ?

Question de Jean Weil, Paris (75019)

Ces crépitements, ce sont les bruits que produisent les animaux marins. En haute mer, les mammifères ; et sur les côtes, on entend surtout les mâchoires des poissons qui mangent des coquillages ou les bivalves qui referment leur coquille pour expulser leurs excréments. "On distingue particulièrement bien le bruit des oursins car leur squelette fait cage de résonance, et les claquements de la pince des crevettes pistolets", précise Lucia Di Iorio, spécialiste de l'analyse des paysages acoustiques aquatiques à l'institut Chorus, à Grenoble. **A.D.**



> Il s'agit d'ondes sonores qui viennent des animaux marins (ici, le chant des baleines).

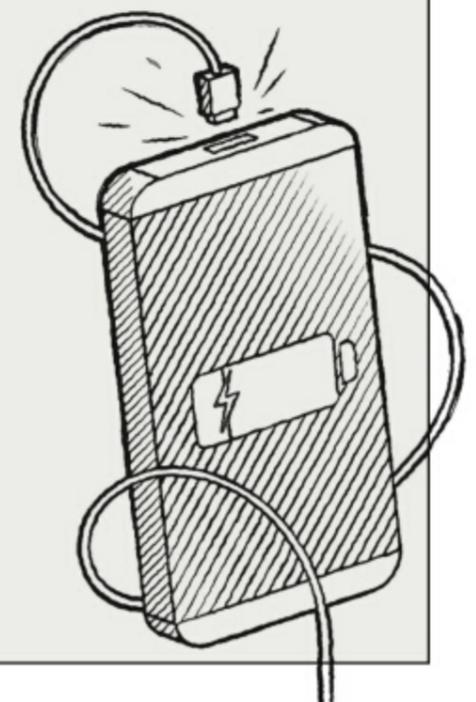


< C'est autour d'une étoile de la nébuleuse du Boomerang qu'il fait le plus froid : -273,05 °C.

Faut-il vider intégralement les batteries pour qu'elles durent ?

Question de René Perret, La Crau (83)

Tenace, cette injonction n'en est pas moins aujourd'hui dépassée. Dans les anciennes batteries nickel-cadmium ou nickel-hydrure métallique, des réactions secondaires provoquaient la formation d'alliages parasites qui détournaient petit à petit les espèces chimiques nécessaires au bon fonctionnement d'une batterie et dégradait ses performances. Pour y remédier, il convenait donc d'opérer régulièrement une décharge profonde afin de dissoudre les matériaux indésirables. Cependant, dans les batteries lithium-ions, les plus courantes aujourd'hui, ces réactions parasites n'ont plus cours. La façon dont une batterie est chargée ou déchargée n'a donc plus aucun effet sur son vieillissement. **M.G.**



Fumer 2 fois moins, 2 fois moins risqué ?

Question de Sarah Madureira, Bezons (95)

Hélas, non, comme l'a montré, entre autres, une étude danoise de 2005. Les chercheurs ont suivi plus de 11 000 hommes et près de 9 000 femmes entre 1964 et 1988 : ils ont conclu que les fumeurs ayant réduit leur consommation de 20 à

10 cigarettes par jour ont vu le risque de développer un cancer du poumon diminuer de... seulement 27 %. Le risque restant huit fois plus élevé que pour les personnes n'ayant jamais fumé. Pis, selon une autre étude danoise, réduire la

consommation de tabac de 50 % ne semble avoir aucun effet sur d'autres pathologies potentiellement mortelles – infarctus du myocarde, maladie pulmonaire obstructive chronique (MPOC), caractérisée par une dégénérescence progressive des tissus pulmonaires et une obstruction des voies respiratoires. **K.B.**

Quelle est la taille maximale pour un animal ?

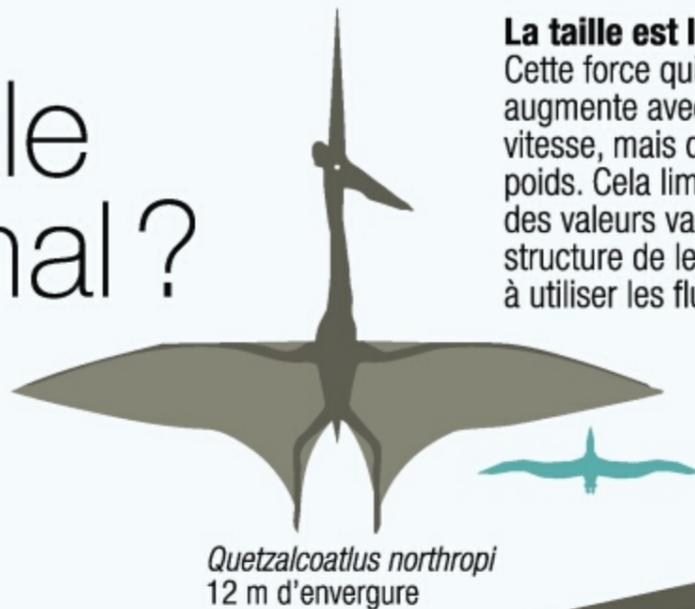
Question d'Évelyne Flous, Orthez (64)

L'évolution favorise les géants : plus un animal est gros, moins il a de prédateurs. Les spécialistes considèrent donc que les tailles maximales ont été atteintes. Elles sont limitées par plusieurs facteurs, dont l'un prédomine dans chaque milieu. **A.D.**

DANS L'AIR

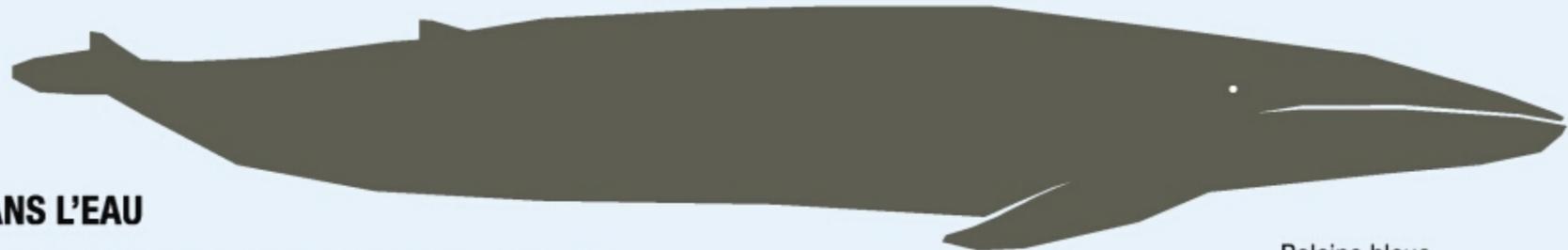
La taille est limitée par la portance

Cette force qui permet à un animal de voler augmente avec la longueur des ailes, la vitesse, mais diminue plus vite avec le poids. Cela limite la taille des animaux à des valeurs variables en fonction de la structure de leurs ailes, ou de leur capacité à utiliser les flux d'air.



Quetzalcoatlus northropi
12 m d'envergure

Grand albatros
3,70 m d'envergure



Baleine bleue
30 m de longueur

DANS L'EAU

La taille est limitée par la nourriture disponible

Plus un animal est gros, plus il dépense d'énergie pour digérer, respirer, se déplacer... et donc plus il a besoin de nourriture. Les baleines sont ainsi devenues géantes au moment où sont apparus des courants marins favorisant le krill, il y a 4,5 millions d'années. Elles souffrent aujourd'hui de sa régression.

Rêvasser a-t-il une quelconque utilité ?

Question de Davide Costa, Paris (75020)

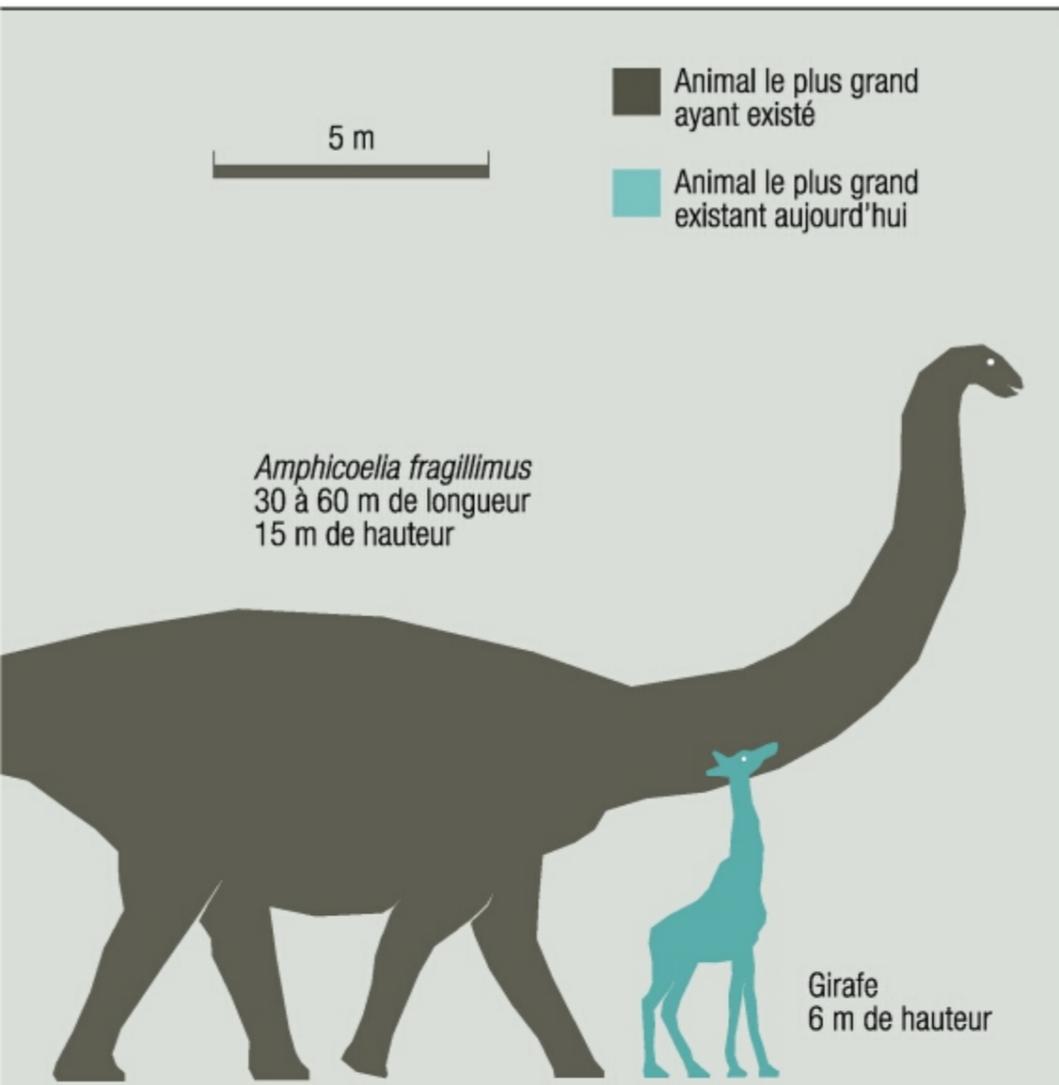
Oui ! Ces périodes durant lesquelles nos pensées se déconnectent de la tâche en cours pour vagabonder librement seraient même cruciales ! "C'est ce qu'on appelle le 'mind wandering', soit en français 'l'errance mentale', explique Patrick Lemaire, neuropsychologue à Aix-Marseille Université. *Ce phénomène, est très étudié depuis une dizaine d'années. On a découvert que, contrairement à ce que l'on pourrait penser, il ne s'agit pas d'un mode 'off' du cerveau, lors duquel il serait dénué de toute activité.*"

Des travaux d'imagerie cérébrale publiés en 2009 par des psychologues américains et canadiens ont ainsi montré que rêvasser s'accompagne d'une activation de deux zones du cerveau : le réseau exécutif, impliqué dans le raisonnement, et le réseau par défaut, associé à la pensée et à l'imagination. Et les auteurs de conclure que l'errance mentale jouerait un rôle majeur dans la créativité. Dans un récent article faisant une synthèse sur les connaissances dans ce domaine, les psychologues cognitivistes américains Benjamin Mooneyham et Jonathan Schooler vont même jusqu'à dire que l'errance mentale pourrait permettre d'élaborer des plans pour l'avenir. Durant ces pauses, l'esprit compilerait, lierait, organiserait les informations... Ces pauses se révèlent fréquentes : une étude américaine publiée en 2010 sur les situations favorisant l'errance men-

Des travaux d'imagerie cérébrale publiés en 2009 par des psychologues américains et canadiens ont ainsi montré que rêvasser s'accompagne d'une activation de deux zones du cerveau : le réseau exécutif, impliqué dans le raisonnement, et le réseau par défaut, associé à la pensée et à l'imagination. Et les auteurs de conclure que l'errance mentale jouerait un rôle majeur dans la créativité. Dans un récent article faisant une synthèse sur les connaissances dans ce domaine, les psychologues cognitivistes américains Benjamin Mooneyham et Jonathan Schooler vont même jusqu'à dire que l'errance mentale pourrait permettre d'élaborer des plans pour l'avenir. Durant ces pauses, l'esprit compilerait, lierait, organiserait les informations... Ces pauses se révèlent fréquentes : une étude américaine publiée en 2010 sur les situations favorisant l'errance men-

Des travaux d'imagerie cérébrale publiés en 2009 par des psychologues américains et canadiens ont ainsi montré que rêvasser s'accompagne d'une activation de deux zones du cerveau : le réseau exécutif, impliqué dans le raisonnement, et le réseau par défaut, associé à la pensée et à l'imagination. Et les auteurs de conclure que l'errance mentale jouerait un rôle majeur dans la créativité. Dans un récent article faisant une synthèse sur les connaissances dans ce domaine, les psychologues cognitivistes américains Benjamin Mooneyham et Jonathan Schooler vont même jusqu'à dire que l'errance mentale pourrait permettre d'élaborer des plans pour l'avenir. Durant ces pauses, l'esprit compilerait, lierait, organiserait les informations... Ces pauses se révèlent fréquentes : une étude américaine publiée en 2010 sur les situations favorisant l'errance men-

Des travaux d'imagerie cérébrale publiés en 2009 par des psychologues américains et canadiens ont ainsi montré que rêvasser s'accompagne d'une activation de deux zones du cerveau : le réseau exécutif, impliqué dans le raisonnement, et le réseau par défaut, associé à la pensée et à l'imagination. Et les auteurs de conclure que l'errance mentale jouerait un rôle majeur dans la créativité. Dans un récent article faisant une synthèse sur les connaissances dans ce domaine, les psychologues cognitivistes américains Benjamin Mooneyham et Jonathan Schooler vont même jusqu'à dire que l'errance mentale pourrait permettre d'élaborer des plans pour l'avenir. Durant ces pauses, l'esprit compilerait, lierait, organiserait les informations... Ces pauses se révèlent fréquentes : une étude américaine publiée en 2010 sur les situations favorisant l'errance men-



Amphicoelia fragillimus
30 à 60 m de longueur
15 m de hauteur

Girafe
6 m de hauteur

SUR TERRE

La taille est limitée par le système vasculaire

La pression sanguine doit être suffisante pour alimenter les cellules les plus éloignées du cœur, sans faire éclater les vaisseaux sanguins. La girafe est ainsi dotée d'un cœur surdimensionné, et les sauropodes géants (dont l'*Amphicoelia*) devaient avoir des muscles agissant comme des pompes intermédiaires, et tenir leur cou à l'horizontale.

tale a conclu sans surprise que nos pensées vagabondent d'autant plus que nous sommes en train d'accomplir une tâche ennuyeuse, répétitive ou qui ne monopolise pas toute notre attention : lorsqu'on est sous la douche, que l'on se brosse les dents, que l'on fait de l'exercice... Mais, surtout, elle a montré que cet état occupe en moyenne 46,9% de notre temps. Nous passons près de la moitié de notre temps à rêvasser!

Et moins on en a conscience, plus cela nous profite : les images cérébrales de l'étude américano-canadienne de 2009 ont en effet montré que le cerveau s'active plus, et par conséquent que l'errance mentale est plus prononcée, lorsque les sujets ne s'aperçoivent pas qu'ils se déconnectent du réel. Il ne faut donc pas trop s'acharner à reprendre le contrôle de ses pensées : il n'en a pas l'air, mais le cerveau, alors, travaille. **K.B.**

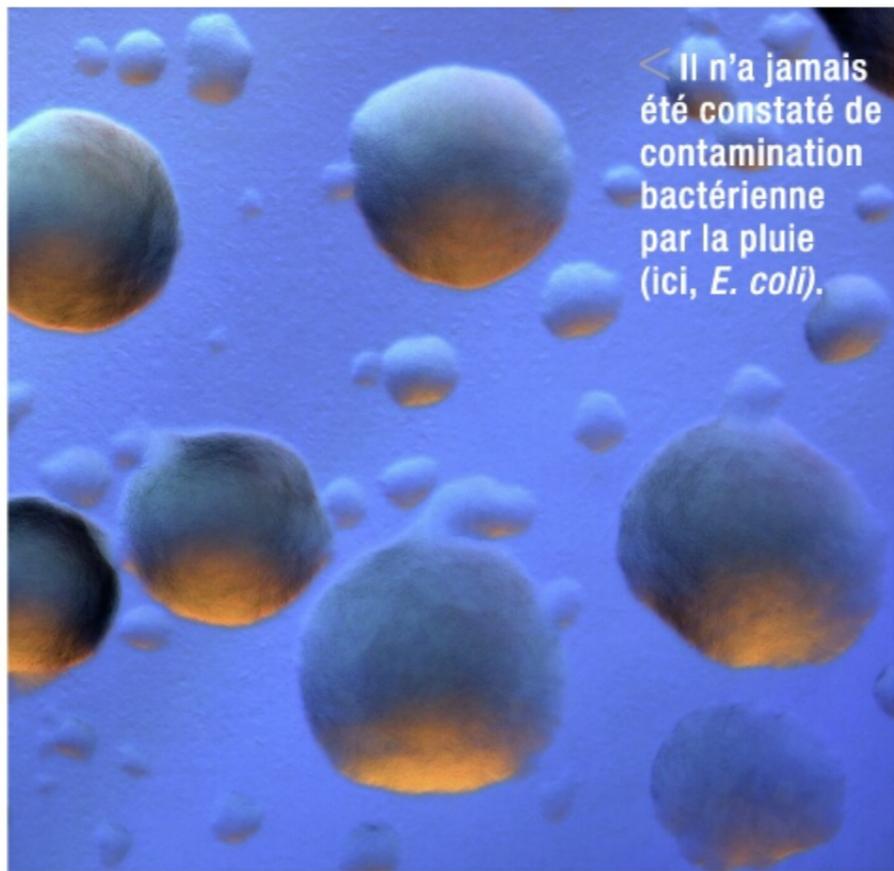
Les gouttes de pluie peuvent-elles contenir des bactéries ou des virus ?

Question de Sabrina Peysson, Boulin (65)

Très probablement. On pourrait penser que les bactéries et les virus ne peuvent pas survivre dans la troposphère, là où se forment les nuages et les pluies : la pression y est jusqu'à 10 fois plus faible qu'au sol, l'acidité assez forte, et la température peut descendre à -55°C... Mais on aurait tort : plusieurs études ont en effet montré que la pluie peut contenir diverses bactéries : des *Streptomyces*, non pathogènes, qui dégradent les matières organiques ; des *Micrococcus*, qui existent naturellement sur notre peau, dans le sol et les eaux douces ; ou des gamma-proteobactéries, dont certaines induisent une maladie mor-

telle pour la vigne... (voir aussi S&V n°1202).

Pas de quoi s'inquiéter non plus : "À ma connaissance, aucune étude n'a montré la présence de bactéries et virus pathogènes pour l'homme dans les gouttes de pluie, indique la biologiste Cindy Morris, de l'Inra à Avignon ; et même si c'était avéré, cela ne signifierait pas forcément que la pluie augmente le risque de contamination." Il faudrait en effet que ces agents pathogènes entrent dans l'organisme humain, donc que les gouttes de pluie contaminées soient ingérées, et que la quantité de pathogènes dans les gouttes de pluie soit importante... **K.B.**





< Le nombre de fourmis est estimé grosso modo à 1 million de milliards. Minimum.

Combien y a-t-il de fourmis sur Terre ?

Question de Joceline Saget, Concarneau (29)

On n'en connaît pas le nombre exact. On ne sait même pas combien d'espèces compte cette grande famille. "Aujourd'hui, près de 15 200 espèces de fourmis ont été décrites. Et je pense qu'il nous en reste à peu près autant à identifier", prévient Benoît Guénard, entomologiste à l'université de Hongkong. Il existe cependant un moyen d'estimer le nombre de fourmis "à la louche". Il suffirait de prélever des échantillons de sols dans de nombreux écosystèmes représentatifs de la diversité de notre planète, d'y compter le nombre de

fourmis, et d'extrapoler à la terre entière.

L'entomologiste américain Edward Osborne Wilson s'est lancé en 1996 dans cette vaste tâche. Il a par exemple évalué que chaque hectare de sol de la forêt amazonienne abrite environ 8 millions de fourmis – selon lui, dans cet écosystème, fourmis et termites représenteraient environ un tiers de toute la masse animale vivante ! Selon ses calculs, et même si le compte n'a pas été fait dans tous les écosystèmes, la Terre abriterait au minimum 1 million de milliards de fourmis ! **A.D.**

Le mélange gazeux est-il le même dans l'ISS que sur notre planète ?

Question de Pierre-Louis Eudo, Guémené-sur-Scorff (56)

78 % d'azote, 21 % d'oxygène, 1 atmosphère : oui, l'air dans la Station spatiale internationale est similaire à celui de l'atmosphère terrestre au niveau de la mer. "Ces paramètres ont été choisis pour fournir aux astronautes un environnement semblable à celui de la Terre. C'est aussi une condition nécessaire pour réaliser des expériences

biologiques et physiologiques significatives", explique Johannes Witt, ingénieur à l'Agence spatiale européenne (ESA). Des condenseurs assurent une humidité semblable à celle de nos intérieurs (autour de 45 %) – une valeur choisie pour éviter la prolifération microbienne.

Dans le passé, la Nasa a bien testé d'autres straté-

gies, comme de l'oxygène pur à pression réduite, mais le risque d'incendie était plus élevé et le drame d'Apollo 1 signa l'abandon de ces essais.

Des basses pressions restent cependant envisagées pour de futures missions qui nécessitent la sortie fréquente d'astronautes, afin de réduire les risques liés à la décompression. **N.P.**

GAGNEZ UN ABONNEMENT D'UN AN À

SCIENCE & VIE

Cette rubrique est la vôtre, écrivez-nous !

Nous ne pourrions répondre à tous, mais les auteurs des questions sélectionnées se verront offrir un abonnement d'un an à la version numérique de *Science & Vie* (pour eux-mêmes ou une personne de leur choix).

Envoyez vos questions, en indiquant clairement votre adresse postale, à : sev.qr@mondadori.fr ou bien par courrier à :

SCIENCE & VIE QUESTIONS/RÉPONSES

8, rue François-Ory
92543 MONTROUGE CEDEX

Abonnez-vous à **SCIENCE&VIE**

et recevez l'enceinte Bluetooth



Emportez votre musique dans tous vos déplacements !

Cette enceinte Bluetooth® se connecte sans fil à votre smartphone, tablette ou PC et offre une excellente qualité sonore. Vous pouvez également écouter la radio et son micro intégré vous permet de répondre aux appels téléphoniques en mains libres.

Caractéristiques techniques :

➤ Dim.: Ø 6 x 5 cm ➤ Puissance 3 W ➤ Batterie lithium 250 mAh rechargeable ➤ Autonomie : jusqu'à 1 heure et demie en écoute ➤ Portée jusqu'à 10 mètres ➤ Emplacement carte TF ➤ Câble de chargement USB et câble jack inclus.

-49%

soit 4,40€ par mois au lieu de 8,70€*

SANS ENGAGEMENT

1 numéro par mois
+ 6 hors-séries par an
+ l'enceinte Bluetooth

LA VERSION NUMÉRIQUE OFFERTE



Votre magazine
vous suit partout !

LES AVANTAGES DU PRÉLÈVEMENT

- ✓ Gagnez en sérénité
- ✓ Réglez en douceur
- ✓ Stoppez quand vous voulez

BULLETIN D'ABONNEMENT

à retourner sous enveloppe affranchie à : Service abonnements Science&Vie - CS 90125 - 27091 Evreux Cedex 9



Découvrez toutes nos offres sur

KiosqueMag.com

1 Je choisis mon offre d'abonnement :

L'offre Liberté :

1 n° par mois + 6 hors-séries par an
+ l'enceinte Bluetooth pour 4,40€
par mois au lieu de 8,70€*.

-49%

[982041]

- > Je m'arrête quand je veux.
- > Ce tarif préférentiel est garanti pendant 1 an minimum.

Vous autorisez Mondadori Magazines France à envoyer des instructions à votre banque pour débiter votre compte, et votre banque à débiter votre compte conformément aux instructions de Mondadori Magazines France. Créancier : Mondadori Magazines France 8, rue François Ory - 92543 Montrouge Cedex 09 France - Identifiant du créancier : FR 05 ZZZ 489479

L'offre Passion : 1 an - 12 n° + 6 hors-séries
pour 59,90€ au lieu de 89,40€*.

-32%
[982058]

L'offre Classique : 1 an - 12 n°
pour 40,90€ au lieu de 54€*.

-24%
[982066]

Je choisis mon mode de paiement :

Par chèque bancaire à l'ordre de Science&Vie

Par Carte bancaire :

Expire fin : ____ / ____ / ____ Cryptogramme : ____

Je remplis le mandat à l'aide de mon RIB pour compléter l'IBAN et le BIC et je n'oublie pas de joindre mon RIB.

IBAN : _____

BIC : _____ 8 ou 11 caractères selon votre banque

2 J'indique mes coordonnées :

Nom : _____

Prénom : _____

Adresse : _____

CP : _____ Ville : _____

Tél. : _____ Mobile : _____

Email : _____

Indispensable pour gérer mon abonnement et accéder à la version numérique.

J'accepte d'être informé(e) par email des offres commerciales du groupe Mondadori France et de celles de ses partenaires.

Dater et signer obligatoirement :

À : _____

Date : ____ / ____ / ____

Signature : _____

*Prix de vente en kiosque. Offre valable en France métropolitaine jusqu'au 31/03/2018. Vous pouvez acquérir séparément Science & Vie au prix de 4,50 € et ses Hors-Séries au prix de 5,90 €, vous pouvez aussi acquérir l'enceinte au prix de 15€ frais de port non inclus. Votre abonnement vous sera adressé dans un délai de 4 semaines après réception de votre règlement. Vous disposez d'un droit de rétractation de 14 jours à compter de la réception du magazine en notifiant clairement votre décision à notre service abonnements ou via le formulaire de rétractation accessible dans nos CGV sur le site www.kiosquemag.com. Les informations recueillies à partir de ce formulaire font l'objet d'un traitement informatique destiné à Mondadori Magazines France pour la gestion de son fichier clients par le service abonnements. Conformément à la loi « informatique et libertés » du 6 janvier 1978 modifiée, vous disposez d'un droit d'accès et de rectification aux informations qui vous concernent en écrivant à l'adresse d'envoi du bulletin. J'accepte que mes données soient cédées à des tiers en cochant la case ci-contre :

D'après une question de **Sébastien Lacues, Ecquevilly (78)**

Tu sais, toi, si les femmes sont vraiment multitâches ?

Pour ce qui est de marcher, écouter de la musique ou mâcher du chewing-gum, on est à égalité.



Tu m'étonnes... Et pour les activités plus intellectuelles ?

Les études de psycho sont contradictoires : soit les femmes sont meilleures, soit il n'y a pas de différence.



Aucune étude ne conclut que les hommes sont meilleurs ?

Non.



Mais en fait, ça ne prouve pas grand-chose. Car en plus des faiblesses statistiques, il y a le biais du stéréotype.



Quèsaco ?

Lors d'un test, les femmes vont inconsciemment surjouer leur côté multitâches et les hommes se conformer au stéréotype contraire.



On est tous des stéréotypes, alors.

Surtout toi.



PAR NATHALIE PICARD - ILLUSTRATION ALBAN PÉRINET/DÉCAPAGE

N°43 - JANVIER - FÉVRIER - MARS 2018

l'express **RÉUSSIR**

Etudes supérieures

FILIÈRES D'EXCELLENCE

Le guide 2018

— BAC PAR BAC
Quel cursus choisir

— PARCOURSUP
Bien connaître
la nouvelle procédure
d'orientation postbac

— NOS PALMARÈS
Ecoles de commerce
et d'ingénieurs

— INTERNATIONAL
Nos bons plans
à l'étranger

AVEC

l'Étudiant



**AIDEZ
VOTRE ADO
À TROUVER
SA VOIE**

M 06807 - 43 - F: 5,90 € - RD



DOM: 690 €

LE GUIDE 2018 DES ÉTUDES SUPÉRIEURES

EN VENTE CHEZ VOTRE MARCHAND DE JOURNAUX

C'EST DANS LA PEAU

QUE BIODERMA
A TROUVÉ LA SOLUTION
POUR RECONSTRUIRE
SA BARRIÈRE PROTECTRICE.
DURABLEMENT.



ULTRA-APAISANT
ULTRA-NOURRISSANT

Atoderm Intensive Baume

LE SOIN INTENSÉMENT ANTI-DÉMANGEAISONS
ET RÉPARATEUR

Immédiatement les démangeaisons sont apaisées et la peau reconstruit elle-même sa barrière protectrice.

La fixation sur la peau de la bactérie responsable de l'aggravation des irritations cutanées est limitée grâce au Brevet Skin Barrier Therapy™.

Sa texture ultra-nourrissante et non collante permet un habillage immédiat. La peau est apaisée, confortable et plus résistante. Durablement.

*Prescrit par les dermatologues
en cas de peau à tendance atopique*

LA BIOLOGIE AU SERVICE DE LA DERMATOLOGIE

BIODERMA
LABORATOIRE DERMATOLOGIQUE