

BÉBÉS PLANÈTES FONDS MARINS PHILHARMONIE ÉRUPTIONS SOLAIRES  
EBOLA CLOWNS OBSOLESCENCE DRONES ESPIONNAGE GEMMES MAXWELL

SCIENCE & VIE

# SCIENCE & VIE

JANVIER 2015 N° 1168 A MONDADORI FRANCE



## ROSETTA

LES COULISSES  
DE L'EXPLOIT

**CAMPS NAZIS**  
L'ARCHÉOLOGIE  
DÉVOILE LES FAITS

**RENDEMENTS  
AGRICOLE**  
OÙ SONT PASSÉS  
LES PROGRÈS ?



ACUPUNCTURE, OSTÉOPATHIE, HOMÉOPATHIE, PHYTOTHÉRAPIE...  
**MÉDECINES  
ALTERNATIVES**  
CELLES QUI MARCHENT - CELLES QUI NE MARCHENT PAS

France métro: 4,30 € - D: 6,90 € - BEL: 4,70 € - ESP: 4,90 € - GR: 4,90 € - DOM surf: 4,90 € - DOM avion: 6,90 € - ITA: 4,90 € - LUX: 4,70 € - PORT CONT: 4,90 € - CAN: 6,50 \$ CAN - MAR: 48DH - TOM: S/ 750 CFP - TOM A: 1400 CFP - CH: 8,5 FS - TUN: 7,5 DTU

M 02578 - 1168 - F: 4,30 € - RD



# #MonEtoilePréféré



## RENAULT CLIO INITIALE PARIS

Soin du détail, confort incomparable et services exclusifs, la nouvelle signature haut de gamme de Renault est à l'image de Paris : unique.

Consommations mixtes min/max (l/100 km) : 3,5/5,2. Émissions CO<sub>2</sub> min/max (g/km) : 90/120.  
Consommations et émissions homologuées selon réglementations applicables.

Renault présente 



CHANGEONS DE VIE  
CHANGEONS L'AUTOMOBILE



**PMU.FR**

VOUS POUVEZ  
**JOUER ET GAGNER**  
**PARTOUT**  
OÙ QUE VOUS  
**SOYEZ**



Téléchargez les **APPLICATIONS PMU.fr**

PMU G.I.E. SIREN 775 671 258 RCS PARIS

Disponible sur  
[pmumobile.fr](#)

Disponible sur  
[App Store](#)

JOUER COMPORTE DES RISQUES : ENDETTEMENT, DÉPENDANCE... APPElez LE 09 74 75 13 13 (APPEL NON SURTAXÉ).



B. SALOMON/SPL/COSMOS

## Médecines alternatives: un progrès?

Ce sont désormais 4 Français sur 10 qui ont recours aux médecines alternatives. A l'occasion ou régulièrement, en pleine confiance ou dans le simple bénéfice du doute, nous sommes de plus en plus nombreux à nous tourner vers d'autres pratiques médicales. Phytothérapie, homéopathie, acupuncture, ostéopathie, hypnose, chiropraxie, mais aussi chromothérapie, réflexo-

thérapie, auriculothérapie... On en dénombre aujourd'hui plusieurs centaines. Nous avons cherché à connaître l'efficacité réelle des plus populaires d'entre elles. "Douces", "parallèles", "alternatives", "traditionnelles", ces "autres" médecines parviennent-elles véritablement à soulager des douleurs? A soigner des maladies? Et si oui, le font-elles mieux que la médecine "classique"?

Lorsque la comparaison est possible, la synthèse des études scientifiques sur cette question que nous publions ici donne rarement l'avantage aux médecines alternatives. Mais elle rappelle aussi l'importance de l'effet placebo qui se nourrit de la confiance accordée par le patient à son thérapeute. Et en la matière, la médecine "classique" a manifestement des progrès à accomplir (lire p. 50).

## Rosetta: que de progrès!

Le monde entier a suivi l'événement en direct – ou plutôt avec 28 minutes de décalage compte tenu du demi-milliard de kilomètres qui nous séparent de la comète. Pour la première

fois, un engin fabriqué par l'homme est parvenu à se poser sur un caillou de quelques kilomètres de côté. Au-delà de l'avalanche de découvertes scientifiques attendues dans les mois

qui viennent, cette expédition vaut déjà par ce qu'elle est: un exploit sans précédent. Même si les dernières heures ne furent pas de tout repos (lire p. 42)...

## Rendements agricoles: où est passé le progrès?

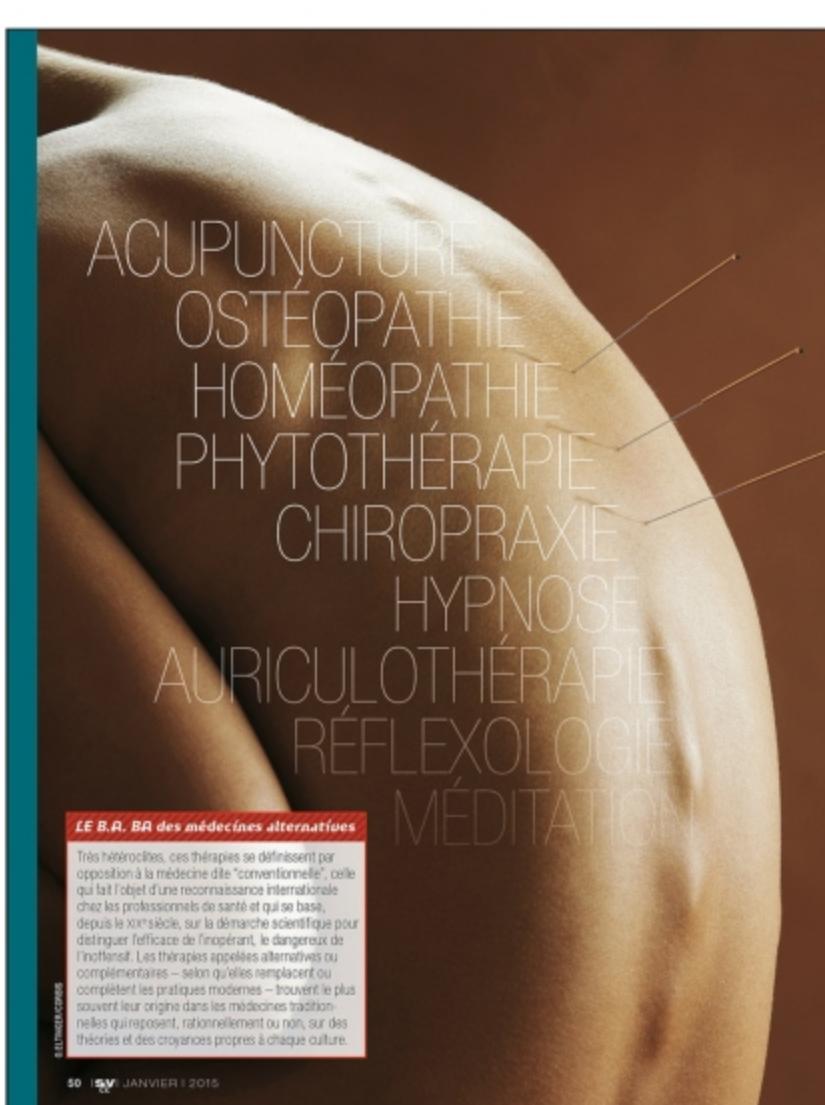
On s'y était habitué. Depuis l'après-guerre, le rendement des terres agricoles n'a cessé de progresser. Toujours plus de blé, de maïs ou de riz par hectare cultivé; bon an mal an

telle était jusqu'ici la règle, en juste rémunération des progrès accomplis dans le travail de la terre. Voici que ce n'est plus le cas. Pis, pour certaines cultures, les rendements sont désor-

mais à la baisse. Une situation particulièrement inquiétante alors que le nombre de bouches à nourrir, lui, ne cesse de croître. Nous avons mené l'enquête (lire p. 98).

# Sommaire

Janvier 2015 **N° 1168**



50

# MÉDECINES ALTERNATIVES

*CELLES QUI MARCHENT  
CELLES QUI NE MARCHENT PAS*

À LA  
UNE

Elles sont désormais pléthoriques : plus de 400 recensées en France. Et de plus en plus de Français – jusqu'à 40 % – affirment y avoir recours pour se soigner, peu ou prou. Pas de doute, les médecines "alternatives", "douces" ou "traditionnelles" ont le vent en poupe. De quoi reposer la question de leur efficacité – mais avec de nouveaux outils d'analyse ! Car contrairement à ce qu'affirment les praticiens, homéopathie, acupuncture, ostéopathie et autres auriculothérapie peuvent désormais être scientifiquement évaluées, tout autant que n'importe quel médicament. La preuve avec huit d'entre elles. Verdict ? Nous vous laissons le découvrir...

PAR MARIE-CATHERINE MERAT,  
CAROLINE TOURBE ET CORALIE HANCOCK

JANVIER 2015 | 51



**SCIENCE & VIE** 8, rue François-Ory 92543 Montrouge Cedex  
Tél. : 01 46 48 48 48 - Fax : 01 46 48 48 67  
E-mail : [symens@mondadori.fr](mailto:symens@mondadori.fr) Recevez **Science & Vie** chez vous.  
Votre bulletin d'abonnement se trouve p. 123. Vous pouvez aussi  
vous abonner par téléphone au 01 46 48 48 96, ou par internet sur  
[www.kiosquemag.com](http://www.kiosquemag.com). Deux encarts abonnement sont jetés sur les  
exemplaires de la vente au numéro : diffusion France métropolitaine.  
Un encart abonnement est jeté sur les exemplaires de la vente au  
numéro : diffusion Suisse et Belgique.

Un encart "Boutique S&V Encart 3 volets Noël R° Mars / V° Robot" est jeté sur les exemplaires de toute la diffusion abonnée France métropolitaine. Un encart "Science & Vie Croisières Encart Saint-Laurent" est jeté sur les exemplaires de toute la diffusion abonnée France métropolitaine.

## 8 Forum

Actus12 **Labos**

Voici la première image détaillée d'un berceau planétaire ; On sait enfin pourquoi l'homme n'a qu'un pénis ; Le gladiateur se dopait à la cendre végétale ; Le babouin aussi peut transmettre une culture...

20 **Environnement**

La déforestation libère un nouveau paludisme ; En modélisant les "rivière atmosphériques", on arrive à mieux prédire les crues...

26 **Médecine**

Une injection est à l'étude pour prévenir le sida ; Dans le blé, le gluten n'est plus le seul à blâmer ; Un remède à base de café agit contre Alzheimer...

30 **Technos**

Les avions vont "sentir" les turbulences ; Rendre invisible est possible avec juste un jeu de lentilles...

Science & société32 **Survols de centrales nucléaires**

Les drones constituent-ils une réelle menace ?

36 **La grande salle de la "Philharmonie" ouvre ses portes à Paris**

L'acoustique d'une salle demeure un défi scientifique

38 **Loi sur l'obsolescence programmée**

Tous les objets ne gagnent pas à durer

39 **Attaques de clowns violents**

Pourquoi les clowns font-ils si peur ?

40 **Affaire des "disparues de l'A6"...**

L'ADN aide à résoudre de plus en plus d'affaires criminelles

Événement42 **Exploit de Rosetta :**

Et pourtant rien ne s'est passé comme prévu

A la Une50 **MÉDECINES ALTERNATIVES : celles qui marchent, celles qui ne marchent pas**

58 Huit thérapies passées au crible de la science

Science & découvertes70 Astrophysique  
**Eruptions solaires : enfin un premier pas vers leur prévision**73 Virologie  
**Ebola : l'énigme des 7 protéines**76 Archéologie  
**Camps d'extermination nazis : l'archéologie dévoile les faits**84 Géologie  
**Terre primitive : voici le nouveau scénario des origines**Science & techniques90 Espionnage  
**Attention, les objets nous écoutent !**94 Clarity  
**L'art de rendre le corps transparent**98 Rendements agricoles  
**La grande panne**Science & futur

## 108 Un nouvel archipel face à l'océan Indien ; Un géant des mers déplacera des plates-formes offshore...

Culture science116 **Bon à savoir**  
118 **Questions/Réponses**124 **A lire / à voir**127 **Le ciel du mois**128 **Technofolies**132 **Il y a... 150 ans : Maxwell unifie électricité, magnétisme et lumière.**

# Forum

Merci d'adresser vos courriers à: sev.lecteurs@mondadori.fr

## Vie extraterrestre: l'espoir n'est pas partagé par tous

Pourquoi parler d'"espoir" de découvrir une vie extraterrestre (n° 1167)?

Bien sûr, c'est le rêve de tous les enfants de rencontrer E.T.! Mais en tant qu'adulte, il faudrait y réfléchir à deux fois. En effet, à quoi cela pourrait-il bien servir de trouver de la vie ailleurs que sur Terre? Analysons les possibles découvertes.

D'abord la plus simple: des bactéries extraterrestres. Si elles étaient

fossiles, on saurait juste qu'il en existe ailleurs que sur Terre; si elles étaient vivantes, alors il y aurait un risque terrible, puisqu'elles pourraient être dangereuses pour la faune et la flore terrestres, pour nos micro-organismes. Les tests servant à vérifier leur innocuité sont si nombreux qu'on ne pourrait pas tous les effectuer; il serait donc prudent de garder ces bactéries extraterrestres hors de tout contact avec la Terre.



VIE EXTRATERRESTRE

## L'ESPOIR

C'est une petite lune en orbite autour de Jupiter. Mais elle a des similitudes de planète. Surtout, elle possède tous les ingrédients de la vie. Car les dernières analyses sont formelles: un immense océan d'eau liquide coule sous sa surface. Et son cœur est vibrant. Une autre Terre a-t-elle enfin été découverte? Se trouve-t-elle à "seulement" 600 millions de kilomètres de nous? Jamais les zoobiologues n'ont été aussi près de la croire! C'est les promesses décevantes de Mars, respectif et décevante... Europa. Car tel est le nouveau nom de l'espoir. L'espoir de trouver enfin une vie extraterrestre.

Même conclusion s'il ne s'agissait pas de bactéries, mais de formes de vie évoluées, qu'elles soient animales ou végétales.

Enfin, la découverte de formes de vie de type "humain" serait catastro-

phique! Une forme moins évoluée que nous serait condamnée à la colonisation ou à l'esclavage. A l'inverse, une forme plus évoluée signerait la fin de la Terre: les chocs des civilisations se terminent toujours par la disparition de la forme la moins évoluée, la plupart du temps de manière violente.

Toute recherche de vie extraterrestre ne peut donc déboucher que sur des événements négatifs; mieux vaudrait consacrer notre énergie et notre savoir à des choses positives pour l'humanité. On retrouve ici le mythe d'Adam croquant dans la pomme de la connaissance. Elle n'a pas toujours bon goût...

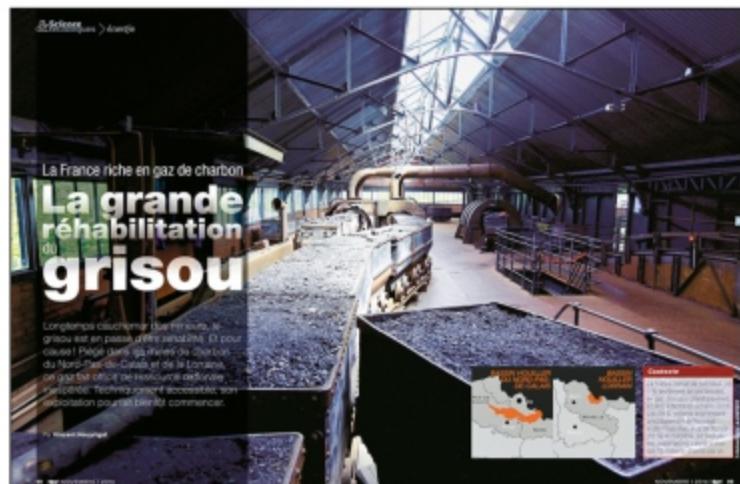
Christian Buyse, Belgique

“

”

Sommes-nous tellement désillusionnés par l'avenir de notre monde que notre espoir soit d'en trouver un autre? Un semblable, je n'y tiens pas. Un différent? Nous ne saurons ni le reconnaître ni l'accepter. Alors "espoir" de quoi?

**Bernard Charre, Internet**



## Gaz de charbon: n'oublions pas le Boulonnais!

J'ai lu avec beaucoup d'intérêt votre article sur l'exploration du gaz de charbon en France (n° 1166). Mais je suis fâchée que vous ignoriez la région du Boulonnais, qui fait elle aussi l'objet de recherches minières, en tant qu'extension du bassin minier du Nord-Pas-de-Calais – de nombreuses références sérieuses existent sur ce sujet. Il y a aussi une hypothèse – qui reste à vérifier – sur l'existence d'un prolongement de ce bassin minier sous la Manche jusqu'en Angleterre, sous la Cornouailles et le Devon!

**Diane Vidier, Internet**

# Le point faible de notre dissuasion nucléaire

**Votre article sur le Laser Mégajoule (n° 1167) est intéressant, mais vous évitez l'essentiel : le facteur humain dans la dissuasion nucléaire. Car elle dépend autant de la réalité et de l'efficacité des armes que de la conviction de l'ennemi que ces armes seront employées sans faillir. Or, si les capacités de la technologie française ne font aucun doute, on imagine mal nos ennemis potentiels croire un seul instant nos hauts responsables capables de provoquer un suicide planétaire pour préserver la France d'une agression !**

Yves Perret, Internet

## En science, ne jamais dire jamais...

Vous présentez dans le n° 1166 la technique "CRISPR/Cas9", mise au point par Emmanuelle Charpentier, qui permet de modifier sur mesure n'importe quel gène de tout organisme vivant.

A ce sujet, il est amusant de se remémorer cette phrase de Jacques Monod, prix Nobel de médecine en 1965, qui écrivait en 1970 dans *Le Hasard et la Nécessité* : "Non seulement la génétique moléculaire moderne ne nous propose aucun moyen d'agir sur le patrimoine héréditaire pour l'enrichir de traits nouveaux, mais elle révèle la vanité d'un tel espoir :

*l'échelle microscopique du génome interdit pour l'instant et sans doute à jamais de telles manipulations.*"

CRISPR/Cas9 est un nouvel exemple de la première loi de Clarke : "Quand un savant distingué mais vieillissant estime que quelque chose est possible, il a presque certainement raison, mais lorsqu'il déclare que quelque chose est impossible, il a très probablement tort."

Heureusement pour la science, Emmanuelle Charpentier donne tort à Jacques Monod et raison à Arthur C. Clarke.

Philippe Lamarche, Internet

## On en reparle



## LES SATELLITES "TUEURS" FONT DE NOUVEAU TREMBLER

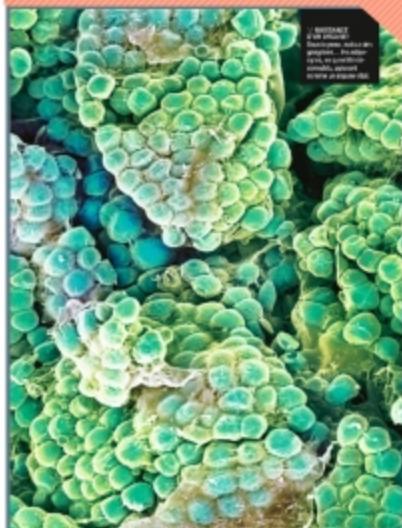
Mais à quoi correspond cet objet spatial qui apparaît sur nos écrans radars ? Pourquoi adopte-t-il une telle trajectoire ? Et s'il s'approche de nos satellites ? En février 2012 (n° 1133), *Science & Vie* enquêtait sur l'incroyable paranoïa qui règne actuellement en orbite terrestre, entre manœuvres intrigantes et lancements de nouveaux engins militaires.

Et depuis quelques semaines, astronomes amateurs et médias spécialisés n'en finissent pas de spéculer sur les intentions d'un objet lancé le 23 mai dernier par les Russes avec trois autres satellites "officiels". Considéré à l'origine comme un débris spatial, l'objet catalogué 2014-28E par les radars américains n'était finalement pas inerte : dès le début de l'été, il a entrepris plusieurs changements de trajectoire sophistiqués. Début novembre, il simulait même un rendez-vous spatial avec un morceau de fusée russe. Le genre de manœuvre qui pourrait tout autant servir à réparer ou ravitailler un satellite ami qu'à... accrocher et neutraliser un vaisseau rival. Certains experts évoquent la renaissance d'un vieux programme soviétique de satellites tueurs de satellites ! Les officiels russes préfèrent, pour l'instant, garder le silence.

Pendant ce temps, la navette militaire américaine X-37B se posait en Californie après presque deux ans d'une mission top secret. La guerre des nerfs continue...

V.N.

## On en reparle



Elles cachent des fonctions vitales...

### Vive les cellules graisseuses!

En étudiant la graisse pour mieux lutter contre elle, les scientifiques ont découvert qu'elle fait aussi dans le corps... Autant dire que les cellules graisseuses sont utiles.

de Eric Deltel

**A**ujourd'hui, on sait que les cellules graisseuses jouent un rôle dans la santé humaine. Elles sont nécessaires pour faire fonctionner les organes, réguler les hormones et protéger les nerfs. Mais elles peuvent également causer des maladies si elles sont trop nombreuses ou si elles sont mal utilisées. Les scientifiques ont donc commencé à étudier ces cellules pour comprendre comment elles fonctionnent et comment elles peuvent être utilisées pour améliorer la santé humaine. Ils ont découvert que les cellules graisseuses sont très utiles pour maintenir la santé et pour aider à prévenir certaines maladies. Cependant, il est important de rappeler que les cellules graisseuses doivent être utilisées de manière responsable et éthique, car elles peuvent également causer des problèmes si elles sont mal utilisées. Les scientifiques continuent d'étudier les cellules graisseuses pour mieux comprendre leur fonctionnement et pour trouver de meilleures façons d'utiliser leurs propriétés bénéfiques pour améliorer la santé humaine.

## LES CELLULES GRAISSEUSES ONT AUSSI UN RÔLE ANTIDÉPRESSEUR

En octobre dernier (S&V n° 1165, p. 79), nous vous décrivions la surprise des scientifiques face à la découverte des nombreuses vertus de notre tissu graisseux : régulation de la fonction vasculaire et du métabolisme, activation des défenses immunitaires, optimisation de la température corporelle, modulation de l'appétit... Aujourd'hui, des biologistes chinois et canadien étendent encore plus loin le champ d'influence reconnu de la graisse. Par des expériences sur des souris, ils démontrent que l'adiponectine, une hormone produite par les cellules graisseuses, a aussi un rôle... antidépresseur. Nos émotions, elles-mêmes, seraient connectées à notre tissu graisseux ! L'adiponectine produit cet effet bénéfique en activant la fabrication de nouveaux neurones dans l'hippocampe, une zone du cerveau liée au traitement des émotions. Précisons cependant que les cellules graisseuses n'assurent ce service que lorsque les souris font de l'exercice, car c'est l'activité physique qui stimule la sécrétion d'adiponectine. Pour préserver son moral, mieux vaut donc toujours aller courir que de rester sur son canapé à fabriquer du gras... d'autant plus que, à mesure que la graisse prend du volume, sa production d'adiponectine diminue.

E.A.

## Robots et... taux de chômage

**Je suis tout de même étonné qu'à aucun moment, dans un article où l'on laisse entendre que les robots feront tout ou presque demain, ne soit évoqué le problème du chômage grandissant... Quel aveuglement !**

Laurent Deltel, Internet

## Big bang et trous noir, même physique ?

Suite à votre article sur les trous noirs qui exploseraient en "trous blancs" (S&V n° 1166, p. 82), je me demande si le big bang ne pourrait pas être une "fontaine blanche" ?

Patrick Gordon, Internet

**S&V** Cette possibilité est très sérieusement envisagée ! L'explosion à l'origine de notre Univers pourrait tout à fait être une sorte de trou blanc. En effet, la similitude entre trous noirs et big bang (densité de matière infinie, présence d'une singularité...) n'a pas échappé aux physiciens. Et certains d'entre eux se sont aperçus que la pression co-

lossale engendrée par la gravitation, lorsque la matière devient extrêmement dense, peut provoquer un effondrement de toute la matière de l'Univers, et la faire rebondir dans un processus qui ressemble au big bang (théorie du "grand rebond", S&V n° 1134, p. 60). Soit un processus très proche de celui décrit par Carlo Rovelli pour faire exploser les trous noirs – ce physicien est d'ailleurs un des spécialistes de la gravitation quantique à boucle, la théorie à l'origine de l'hypothèse du grand rebond. On pourrait donc effectivement considérer le big bang comme une gigantesque "fontaine blanche".

## La boutique SCIENCE & VIE

Plus de  
**400**

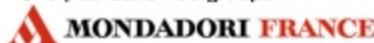
- ▶ Livres
- ▶ Objets scientifiques
- ▶ Idées cadeaux

[www.laboutiquescienceetvie.com](http://www.laboutiquescienceetvie.com)



**SCIENCE & VIE**

Une publication du groupe



PRÉSIDENT: Ernesto Mauri

**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

**RÉDACTEURS EN CHEF ADJOINTS**

Grégoire Bouillier (édition),  
François Lassagne

**DIRECTRICE ARTISTIQUE**

Yvonne Diraison

**CHEF DE SERVICE**

Valérie Greffoz (actualités, société),  
Caroline Tourbe (médecine)

**CHEF DE RUBRIQUE**

Muriel Valin (technologies)

**RÉDACTEURS**

Elsa Abdoun, Boris Bellanger,  
Mathilde Fontez, Vincent Nouyrigat,  
Emilie Rauscher

**SECRÉTAIRE GÉNÉRAL DE RÉDACTION**

Jean-Luc Glock

**SECRÉTAIRES DE RÉDACTION**

Anne Riera, Clara Baudel

**MAQUETTISTES**

Valérie Samuel-Charrier (1<sup>re</sup> maquettiste),  
Elisabeth de Garrigues

**SERVICE PHOTO-INFOGRAPHIE**

Anne Levy (chef de service photo),  
Isabelle Henneron ; Emmanuel Jullien  
(chef de service infographie)

**DOCUMENTATION**

Marie-Anne Guffroy

**ONT COLLABORÉ À CE NUMÉRO**

S. Aquindo, K. Bettayeb, L. Blancard,  
P.-Y. Bocquet, B. Bourgeois, L. Bouyssou,  
S. Brunier, F. Cadu, L. Cavicchioli,  
G. Cirade, O. Capronnier, A. Dagan,  
A. Debroise, S. Devos, S. Fay, L. Gougis,  
F. Gracci, M. Grousson, E. Haentjens,  
C. Hancock, M. Kontente, P. Lefevre,  
M.-C. Merat, E. Monnier, A. Pihen,  
A. Rambaud, B. Rey, M. Saemann,  
Y. Sciamia, M. Spée, E. Thierry-Aymé,  
Visual Science

**DIRECTION-ÉDITION****DIRECTION PÔLE**

Carole Fagot

**DIRECTEUR DÉLÉGUÉ**

Vincent Cousin

**DIFFUSION**

Jean-Charles Guérault (directeur diffusion),  
Siham Daassa (responsable diffusion  
marché)

**MARKETING**

Sandra Boixel (responsable marketing),  
Michèle Guillot (chargée de promotion),  
Nathalie Carrère (abonnements)

**PUBLICITÉ**

Valérie Camy (directrice exécutive),  
Caroline Soret (directrice de groupe  
commercial titres Automobile et Science),  
Virginie Commun (directrice de publicité  
adjointe), Lionel Dufour (directeur  
de clientèle), Christine Chesse (assistante),  
Stéphanie Guillard, Angélique Consoli,  
Sabrina Rossi-Djenidi (planning),  
Stéphane Durand (trafic), Jean-Jacques

Benezech, Grégory Gounse, Anne-Sophie  
Chauvière (opérations spéciales)

Grande-Bretagne : Publieurope LTD  
(infolodon@publieurope.com –  
44 (0)20 7927 9800);  
Allemagne : Publieurope Munich  
(informunich@publieurope.com  
0049 89 2908150);  
Suisse : Publieurope Lausanne  
(infolausanne@publieurope.com  
0041 21 323 3110);  
Espagne : Publimedia Madrid  
(informadrid@publim-gestion.es  
0034 91 212 83 00)

**FABRICATION**

Gérard-Laurent Greck,  
Marie-Hélène Michon

**FINANCE MANAGER**

Guillaume Zaneskis

**DÉPARTEMENT INTERNATIONAL**

Mathilde Janier-Bonnichon,  
Murielle Luche

**EDITEUR MONDADORI MAGAZINES  
FRANCE**

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

**DIRECTEUR DE LA PUBLICATION**

Carmine Perma

**ACTIONNAIRE PRINCIPAL**

Mondadori France SAS

**IMPRIMEUR : ELCOGRAF – ITALIE**

N° ISSN : 0036-8 369

**N° DE COMMISSION PARITAIRE :**

1015 K 79977. Tarif d'abonnement légal :  
1 an, 12 numéros : 42,80 €;  
1 an, 12 numéros + 4 HS : 52,80 €.  
Dépôt légal Janvier 2015

**RELATIONS CLIENTÈLE  
ABONNÉS**

Par téléphone : 01 46 48 48 96

Par courrier :

SERVICE ABONNEMENTS SCIENCE & VIE,  
CS 50273 - 27092 EVREUX CEDEX 9

Par internet ( taper directement dans votre  
navigateur) : abo.scienceetvie.fr

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



# le la science se livre **vivant**

24 janv > 11 fév 2015

Ateliers, débats,  
conférences, spectacles  
dans les bibliothèques  
et lieux culturels  
des Hauts-de-Seine

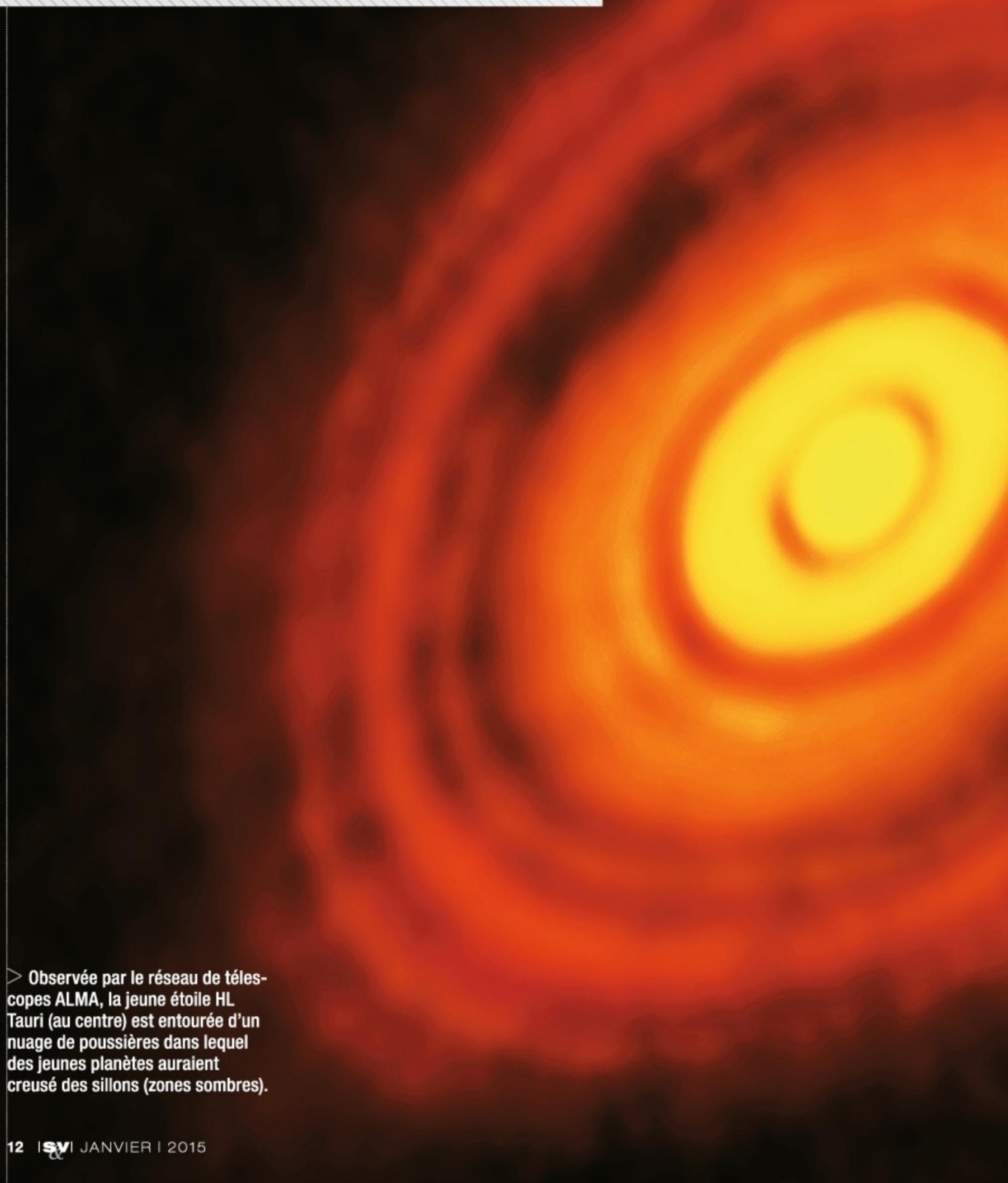


[www.hauts-de-seine.net](http://www.hauts-de-seine.net)



Avec le soutien de la Direction régionale des affaires culturelles  
d'Île-de-France - Ministère de la Culture et de la Communication

# actus



► Observée par le réseau de télescopes ALMA, la jeune étoile HL Tauri (au centre) est entourée d'un nuage de poussières dans lequel des jeunes planètes auraient creusé des sillons (zones sombres).



PLANÉTOLOGIE

# VOICI LA PREMIÈRE IMAGE DÉTAILLÉE D'UN BERCEAU PLANÉTAIRE

*“Le niveau de détail surpassé toutes nos attentes !”, s’extasie Catherine Vlahakis. “C’est une vue incroyable du processus de formation planétaire !”, s’exclame Anthony Beasley... Les membres de l’observatoire ALMA n’en finissent plus d’utiliser des superlatifs. Car ces anneaux concentriques jaune orangé ne sont pas le fruit de l’imagination d’un artiste de la Nasa mais bien une vue réelle, captée par le réseau de télescopes basé au Chili. Au centre de*

*l’image rayonne une jeune étoile – HL Tauri –, qui gravite à 450 années-lumière de nous, dans la constellation du Taureau. Et autour, se déploie son disque de gaz et de poussières.*

*Un disque qui, à la grande surprise des astronomes, se révèle composé d’une série d’anneaux concentriques séparés par des zones vides de matière. “Ces sillons que l’on voit ont très probablement été créés par des planètes en train de se former autour de HL Tauri, ex-*

*plique Catherine Vlahakis. Les poussières et les gaz se sont agrégés, nettoyant certaines orbites et créant ces zones vides.”*

Or, HL Tauri est née il y a un petit million d’années... Elle est bien trop jeune pour avoir déjà commencé à donner naissance à des planètes. A peine publiée, la première image détaillée de l’enfance d’un système solaire met déjà un coup de pied dans la théorie de formation planétaire. M.F.

EMBRYOLOGIE

# ON SAIT ENFIN POURQUOI L'HOMME N'A QU'UN PÉNIS

Pourquoi les hommes n'ont-ils qu'un pénis... alors que les serpents en ont deux? Parce que, dans leurs embryons, le pénis pousse à partir de deux populations cellulaires différentes : celles qui forment la queue chez les mammifères, et celles d'où émergent les deux membres postérieurs chez les squamates (serpents, lézard).

C'était en tout cas l'hypothèse formulée par des chercheurs américains et français après avoir examiné de nombreux embryons de souris, poulets, serpents ou lézards. Ils ont alors entrepris, chez ces embryons, de colorer les groupes cellulaires destinés à développer les pattes, et ceux formant la queue. Et ils ont effectivement observé que chez

les serpents et les lézards, le même groupe de cellules donne naissance, de chaque côté de l'abdomen, aux deux organes génitaux externes et aux deux membres postérieurs : les pattes chez les lézards, et, chez certains serpents comme les pythons, des moignons de pattes qui ne se développeront jamais.

En revanche, chez les poulets et les souris, plus proches des êtres humains, les cellules qui forment les organes génitaux se situent à l'extrémité de l'embryon, là où pousse, éventuellement, la queue! Petite précision : dans ce texte, vous pouvez remplacer "pénis" par "clitoris". Les deux organes émergent en effet de la même population de cellules...

A.D.



> Le serpent, lui, a deux hémipénis (flèche), que l'on voit poindre sur cet embryon de python.

# 54 000 ans

C'est la date du métissage entre Neandertal et *Sapiens*. C'est ce que révèle l'ADN prélevé sur un tibia de l'homme de Ust'-Ishim, le plus vieux de nos ancêtres, qui vivait en Sibérie il y a 45 000 ans. Des paléogénéticiens de l'Institut Max-Planck de Leipzig en Allemagne ont découvert que cet homme possédait environ 2,3 % des gènes de Neandertal. L'analyse de ce génome leur a permis de remonter à l'origine du métissage, soit 54 000 ans, au moment où *Sapiens* sortait d'Afrique pour aller coloniser l'Europe et l'Asie. o.D.

PALÉONTOLOGIE

## *Les dinosaures ovipares couvaient avec délicatesse*

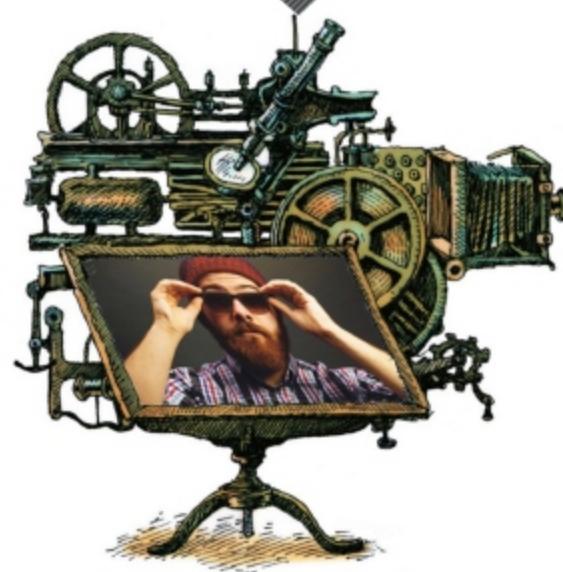
On imagine sans peine un étourneau couver ses œufs, moins un dinosaure de plusieurs tonnes... Et pourtant, les ouraptoosaures, lestés de leurs 3 tonnes, couvaient aussi, a découvert Kohei Tanaka, de l'université de Calgary. Et en analysant la structure des nids et des coquilles, le chercheur a compris leur technique : ils disposaient leurs œufs en un large cercle. L'essentiel de leur poids reposait au centre, vide ; les œufs se déployaient en périphérie du postérieur parental, profitant de sa chaleur sans risquer d'être écrasés.

E.R.



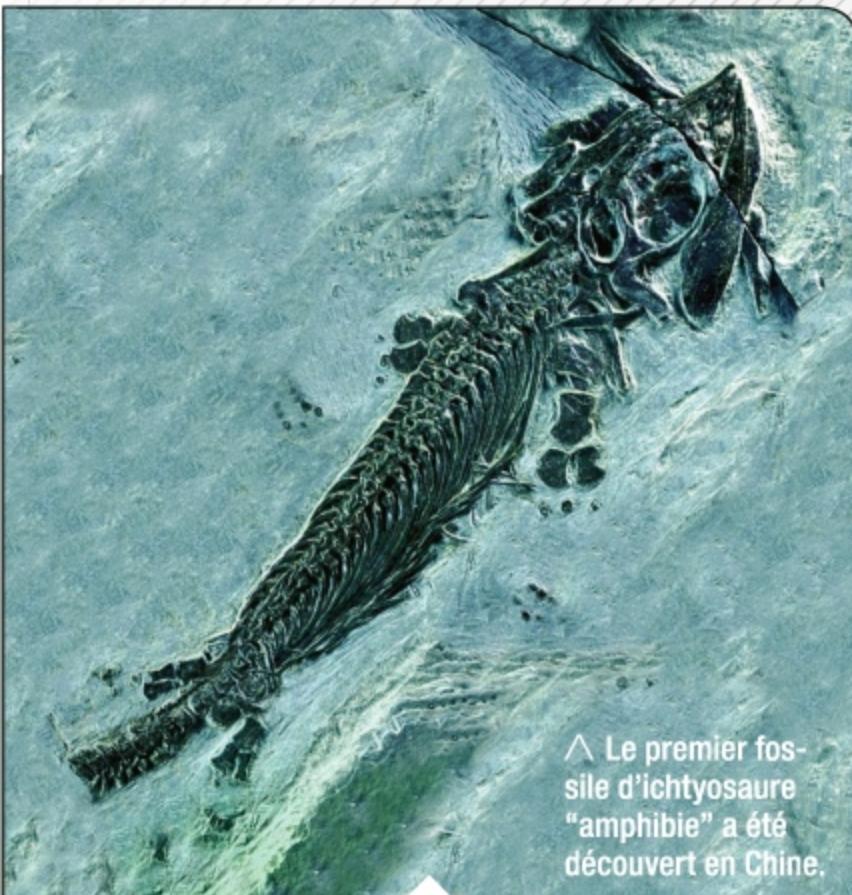


< Les oviraptorosau-  
res disposaient les  
œufs en cercle pour  
ne pas les écraser.



## L'épidémie de barbus s'explique... mathématiquement

Lunettes à bords épais, et, surtout, pour les hommes, pilosité faciale exubérante... Voici quelques-uns des attributs des "hipsters", ces individus ultra-branchedes qui semblent tout faire pour se différencier, mais finissent tous par se ressembler. Un phénomène auquel le mathématicien Jonathan Touboul vient de trouver l'explication suivante:  $m_i(t) = 1/n \cdot \sum_j J_{ij} \cdot s_j(t - \tau_{ij})$ . Tout le problème est que  $m_i(t)$  (la tendance perçue par l'individu  $i$  au temps  $t$ ) est dépendante de  $\tau$  (le temps qu'il faut pour s'informer sur la mode). Un délai qui peut, grâce à Facebook et Twitter, tendre vers 0, mais sans jamais l'atteindre. Résultat: quand le hipster achète des bretelles, il pense le reste du monde encore adepte de la ceinture, alors que d'autres sont probablement arrivés à la même conclusion dans le magasin d'à côté. Le temps de s'en rendre compte, les bretelles seront devenues tendance... jusqu'à ce que la ceinture fasse, pour les mêmes raisons, son come-back. Les hipsters alimenteraient ainsi un phénomène de mode oscillatoire auto-entretenu, et ce, même quand les choix sont plus variés (bretelles et ceinture, pourquoi pas!). Seule solution: "choisir sa tenue aléatoirement", propose Jonathan Touboul. Pas sûr, cependant, que la science soit très bonne conseillère en matière de mode... E.A.



▲ Le premier fossile d'ichtyosaure "amphibie" a été découvert en Chine.

#### PALÉONTOLOGIE

## CET ANIMAL MARIN VIVAIT AUSSI SUR LA TERRE FERME

Comme les cétacés actuels, les ichthyosaures ont pris à revers l'évolution : d'animaux terrestres, ils sont redevenus marins. Mais on n'avait jamais retrouvé de fossile d'un stade intermédiaire entre la vie exclusivement marine et celle exclusivement terrestre qui témoignerait du retour, forcément progressif, de ces reptiles à la vie marine.

C'est désormais chose faite avec la découverte, dans l'est de la Chine (province d'Anhui), des restes fossilisés d'un ichthyosaure amphibie vieux de 248 millions d'années. « *Cette nouvelle espèce, baptisée Cartorhynchus lenticarpus, a*

*des nageoires anormalement larges et courbées par rapport aux ichthyosaures postérieurs. Elles devaient lui permettre de supporter son poids lorsqu'il se déplaçait sur la terre ferme, comme le font aujourd'hui les phoques* », explique Ryosuke Motani, l'un des chercheurs de l'université de Californie à l'origine de cette découverte.

Comme les phoques, *Cartorhynchus lenticarpus* possédait un museau court. Avec ses 40 cm de long, c'est aussi le plus petit ichthyosaure connu, bien loin de la dizaine de mètres qu'ont atteint d'autres ichthyosaures. C.H.

#### ANTHROPOLOGIE

## Le gladiateur se dopait à la cendre végétale

Pour favoriser la récupération, les athlètes antiques augmentaient leurs apports en minéraux, comme les sportifs actuels. Dans le cimetière d'Éphèse (actuelle Turquie), l'équipe de l'Autrichien Fabian Kanz a trouvé dans les ossements de gladiateurs inhumés entre le II<sup>e</sup> et le III<sup>e</sup> siècle deux fois plus de strontium que chez leurs contemporains. Explication probable : les gladiateurs consommaient une boisson, décrite par Pline l'Ancien, qui contenait de la cendre végétale. C.H.

✓ Il consomme des insectes recelant un antibactérien pour ne pas transmettre une éventuelle maladie par contact sexuel.



#### ÉTHOLOGIE

## Le mâle de la grande ourarde séduit avec un antibiotique

Pendant la saison des amours, la grande ourarde consomme des insectes de la famille des méloïdés, bien que ceux-ci contiennent de la cantharidine, un composé mortel à forte dose. Selon des scientifiques espagnols, les mâles en mangent plus, afin de s'attirer les faveurs des femelles. Vermifuge à faible dose, la cantharidine permet aussi de lutter contre des bactéries gastro-intestinales à l'origine de MST. Les mâles réduisent ainsi leur charge parasitaire et prouvent leur bonne hygiène aux femelles... celles-ci inspectant avec attention le cloaque des messieurs avant d'accepter l'accouplement. M.S.



S'IL EST SI BON, C'EST QUE NOTRE SAVOIR-FAIRE  
S'EXPRIME DEPUIS UN SIÈCLE ET DEMI, À LA LOUCHE.

Le Camembert Lanquetot est lentement Moulé à la Louche  
parce que c'est cette technique, inspirée d'un savoir-faire séculaire, qui lui offre  
sa croûte délicatement tourmentée, son moelleux parfait, son goût franc  
et généreux et son arôme subtilement boisé.

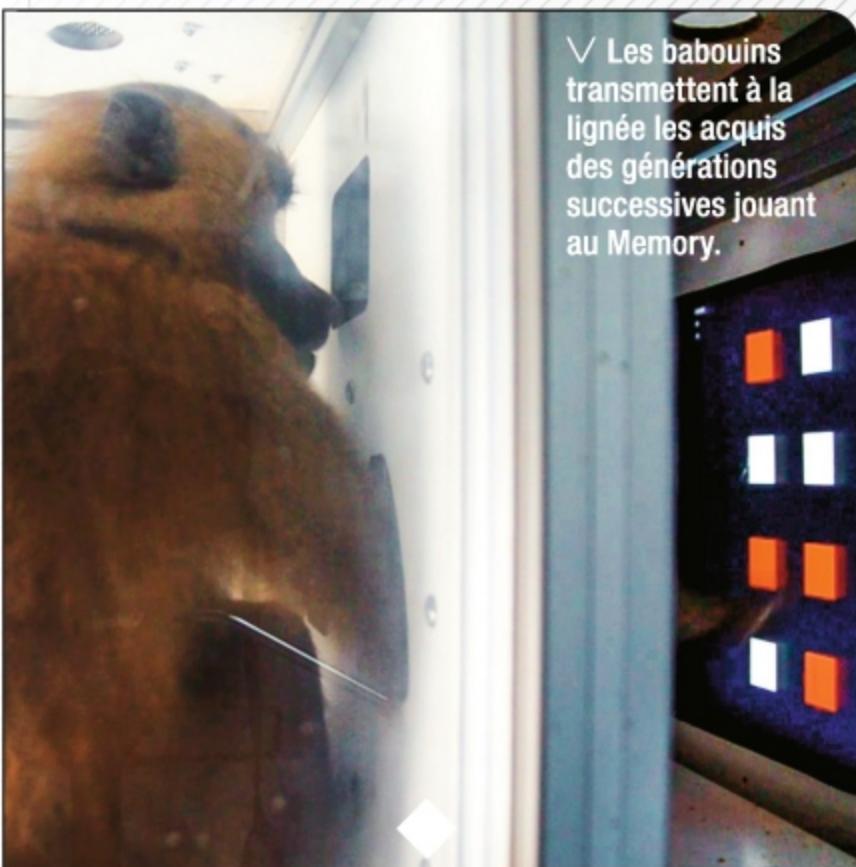


*Jusqu'où ira le plaisir Camembert?*

[www.lanquetotgourmand.fr](http://www.lanquetotgourmand.fr)



POUR VOTRE SANTÉ, PRATIQUEZ UNE ACTIVITÉ PHYSIQUE RÉGULIÈRE. [WWW.MANGERBOUGER.FR](http://WWW.MANGERBOUGER.FR)



PRIMATOLOGIE

## LE BABOUIN AUSSI PEUT TRANSMETTRE UNE CULTURE

La capacité à enrichir un savoir au fil des générations n'est pas le propre de l'homme. C'est ce qu'a découvert Nicolas Claidière (université d'Aix-Marseille) en étudiant des babouins jouant au... Memory. Face à un écran tactile, ils devaient repositionner correctement 4 cases rouges qui apparaissaient brièvement sur une grille de 16 cases. Pour le premier, la position des cases rouges était aléatoire. Mais dès le deuxième, elle correspondait à ce que le précédent avait tapé en repositionnant les cases. Les grilles évoluaient ainsi à chaque "génération", montrant de plus en plus de motifs dont les cases se touchent (une

ligne, un carré, un S, un L ou un T), plus facilement mémorisables. En commettant des erreurs, les babouins ont ainsi transmis des modifications qui ont rendu les générations suivantes plus efficaces: en douze générations, le taux de réussite est passé de 80 à 95 %. Mais surtout, cette transmission est spécifique: chaque "lignée" de babouins jouant l'un après l'autre avait son motif prédominant (soit ligne, soit carré, etc.). "C'est ce qui est observé lors d'une évolution culturelle humaine: une augmentation de la performance, et l'émergence d'un comportement spécifique à chaque lignée", souligne Nicolas Claidière. E.L-T.

✓ Les babouins transmettent à la lignée les acquis des générations successives jouant au Memory.

## PARLER RAVIT NOTRE CERVEAU

La découverte de nouveaux mots active les mêmes circuits neuronaux du plaisir et de la récompense qu'une victoire à un jeu d'argent. Ce mécanisme évolutif aurait été sélectionné très tôt pour faciliter l'acquisition du langage. E.A.

## BROUILLEUSE DE RADAR

Pour empêcher ses rivales de venir sur son terrain de chasse, une chauve-souris – le molosse du Brésil – pratique la guerre des ondes. Elle émet un signal ultrason qui sature le sonar des chasseurs rivaux, qui ratent ainsi quasi-méthodiquement leur proie. O.D.

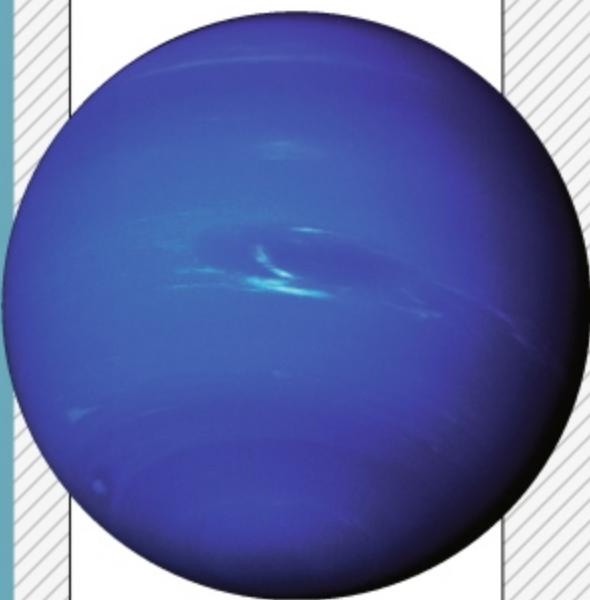
## ÎLE DE PÂQUES PAS SI VIERGE

On croyait les habitants de l'île de Pâques isolés jusqu'à l'arrivée des Européens en 1722. Mais l'étude du génome de 37 habitants a révélé un partage de gènes avec les populations d'Amérique du Sud entre 1280 et 1495. E.L-T.

PLANÉTOLOGIE

## Le mystère d'Uranus et de Neptune vient d'être levé

Vingt ans que les planétologues ne comprenaient ni la composition d'Uranus et Neptune (ci-dessous), ni leur taille énorme au regard de la quantité de matière disponible aux confins de la nébuleuse primordiale. La simulation ultra précise d'une équipe franco-américaine montre qu'à la distance du Soleil où le monoxyde de carbone (CO) passe de gaz à solide, le disque proto-planétaire présentait une plus forte densité de blocs de matière. Justement là où les deux mastodontes se sont formés. D'où leur taille, et leur richesse en carbone. "Notre modèle lève tous les mystères qui entouraient la composition et la formation d'Uranus et Neptune", s'enthousiasme Mohamad Ali-Dib, à l'Observatoire de Besançon. M.G.





La santé  
a un prix  
et il doit être  
raisonnable.



Profitez d'une complémentaire santé performante, à un budget maîtrisé, incluant :

- le tiers payant : vous n'avancez aucun frais auprès de nombreux professionnels de santé.
- des réductions allant jusqu'à 40 % sur les verres, grâce au 1<sup>er</sup> réseau national d'opticiens partenaires.
- des remboursements rapides.



Harmonie Mutuelle, 1<sup>re</sup> mutuelle santé de France.

**Harmonie  
mutuelle**

En harmonie avec votre santé

[harmonie-mutuelle.fr](http://harmonie-mutuelle.fr)

GÉOLOGIE

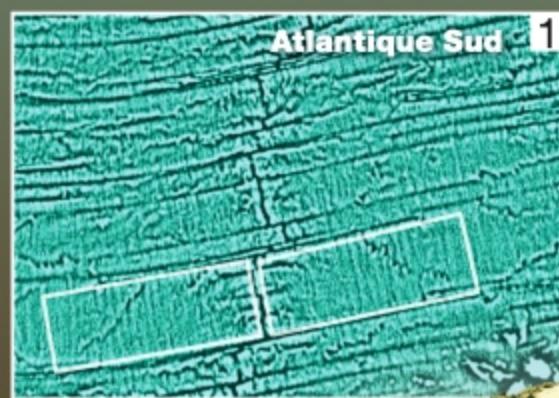
# LA CARTE PRÉCISE DU PLANCHER OCÉANIQUE RÉVÈLE SES SECRETS

Le fond de nos océans, moins connu que la surface de Mars ? Ce constat déploré par les géologues sera bientôt de l'histoire ancienne, grâce à David Sandwell et ses collègues de l'Institut océanographique Scripps, en Californie. Les géologues ont compilé pas moins de 70 mois de données satellitaires pour construire une carte des fonds marins deux fois plus précise qu'aujourd'hui. En identifiant des structures plus fines, de l'ordre de 5 km de large, les images révèlent un plancher océanique bien plus accidenté qu'on ne le pensait et des structures spectaculaires ensevelies sous les centaines de kilomètres de sédiments accumulés au fil des temps géologiques.

Dans l'Atlantique Sud, c'est un ensemble de failles anciennes étirées d'Ouest en Est sur plusieurs centaines de kilomètres (voir image 1) qui a attiré l'attention des géologues : elles datent de l'époque où Afrique et Amérique du Sud étaient très proches, il y a 100 millions d'années, et apportent une lumière nouvelle sur les conditions dans lesquelles les continents se sont séparés. Les fonds du Pacifique se sont révélés être vallonnés de milliers de collines de 1 000 à 2 000 m de haut (image 2).

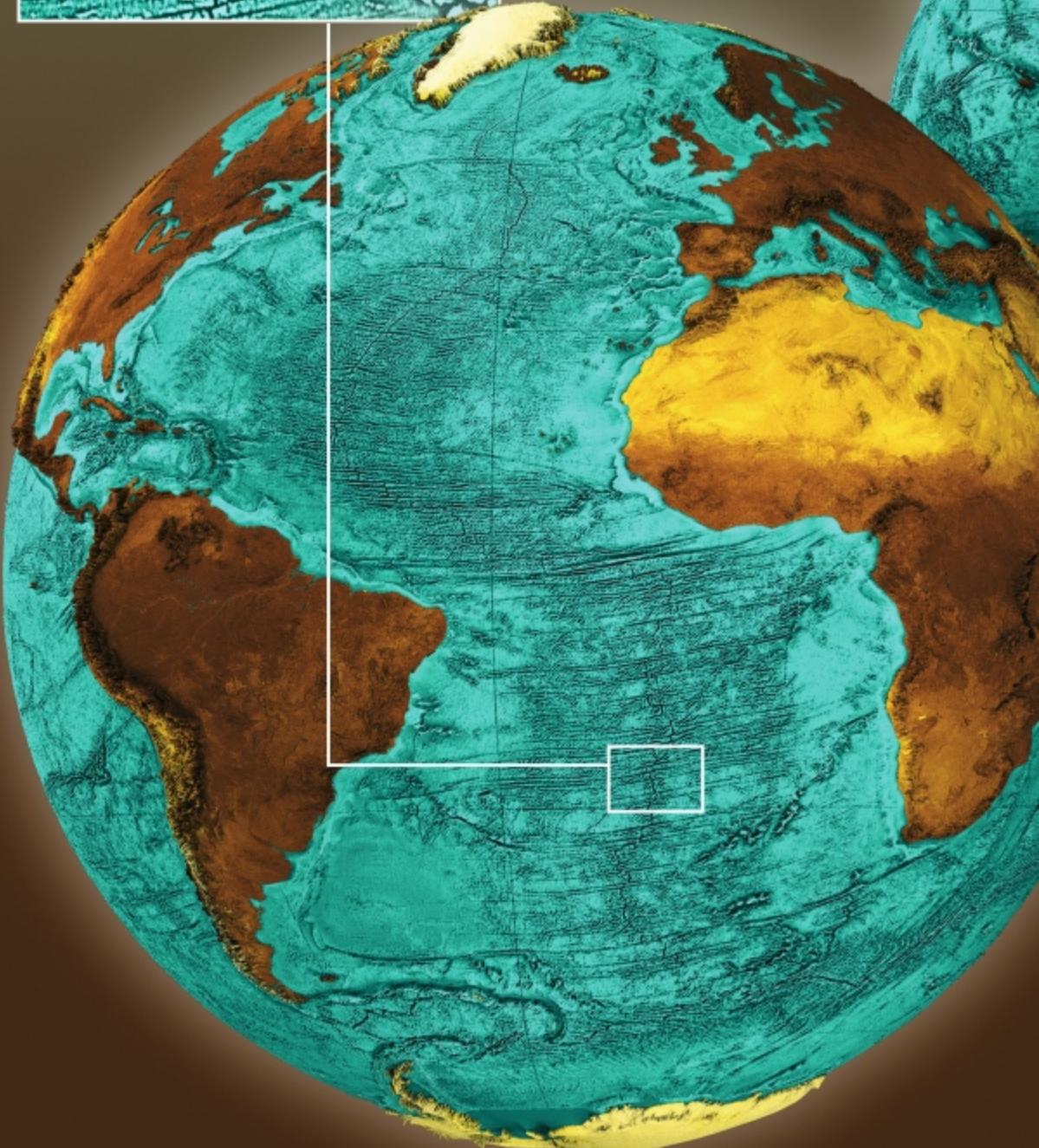
Au gré des images satellitaires s'est aussi dessinée avec précision dans le golfe du Mexique une ancienne dorsale dont le rôle a été déterminant dans la tectonique de la région Caraïbes (image 3). Et, dans l'océan Indien, ressurgissent des traces d'activité tectonique ensevelies sous les sédiments (image 4).

E.H.



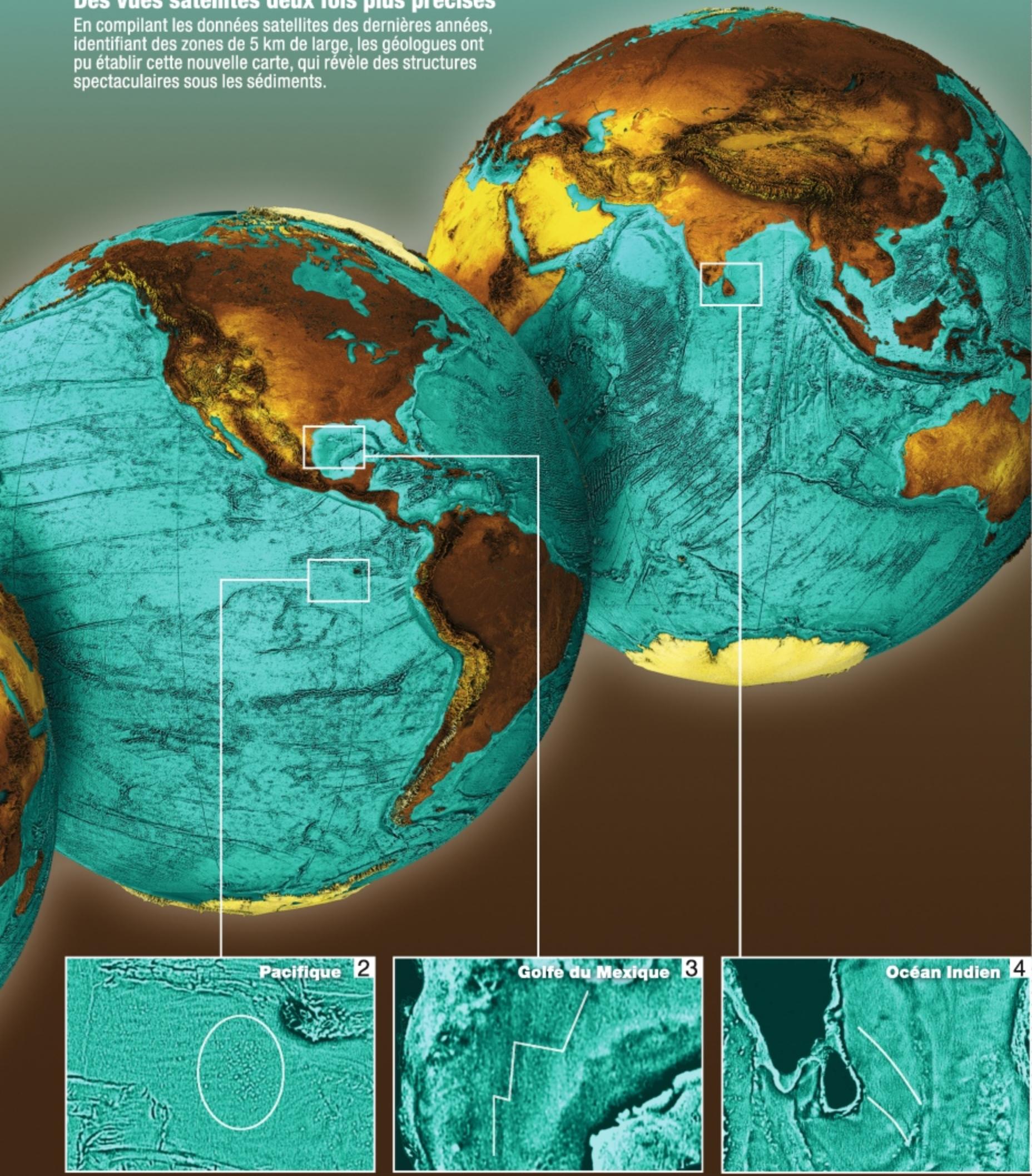
Atlantique Sud

De très vieilles failles témoignent de la séparation de l'Afrique et de l'Amérique du Sud.



## Des vues satellites deux fois plus précises

En compilant les données satellites des dernières années, identifiant des zones de 5 km de large, les géologues ont pu établir cette nouvelle carte, qui révèle des structures spectaculaires sous les sédiments.



Des milliers de collines de 1 000 à 2 000 m vallonnent le Pacifique.



Une dorsale ancienne explique la tectonique de la région Caraïbes.



Au sud-est de l'Inde, des traces de l'activité tectonique resurgissent.

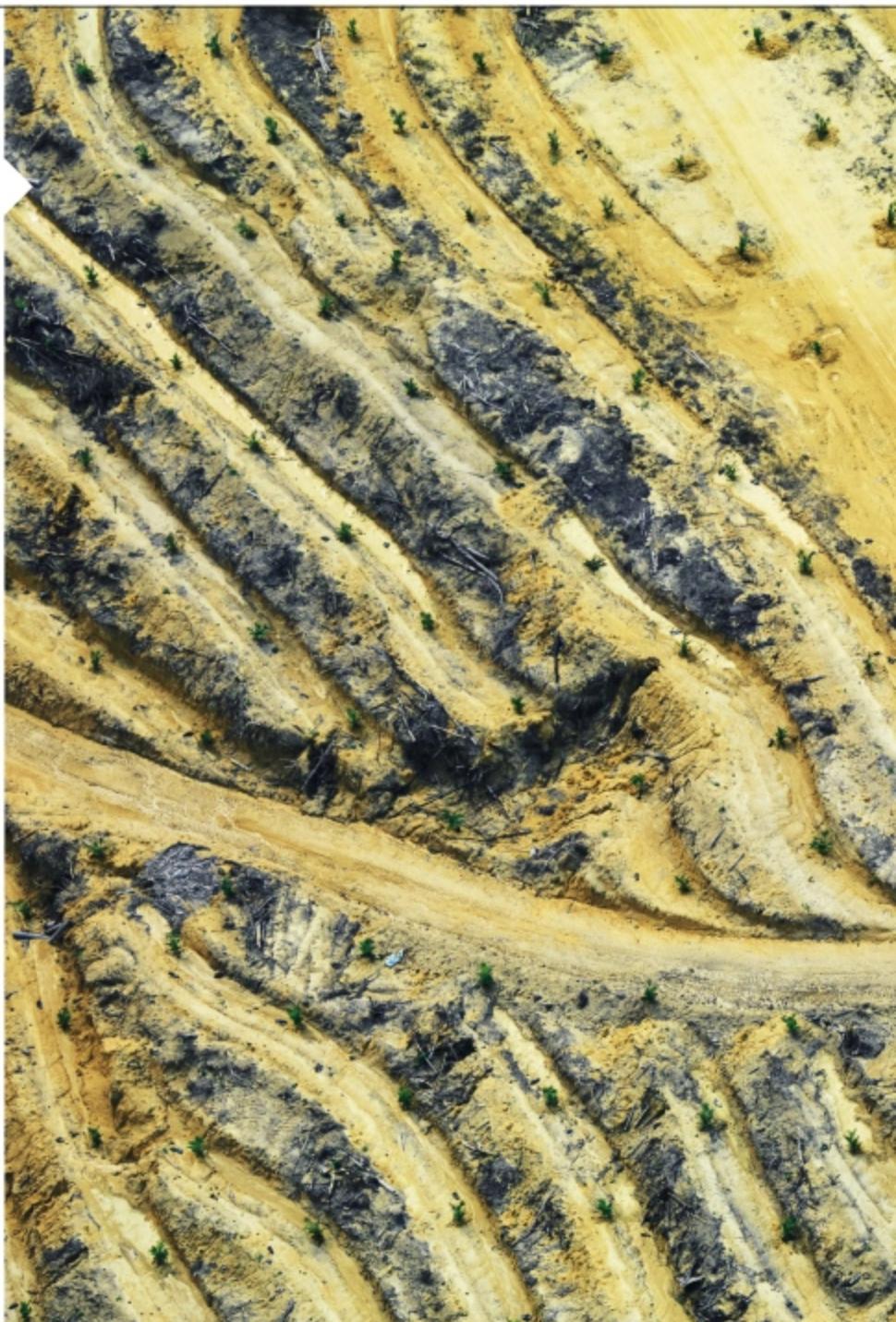
## ÉCOLOGIE

# LA DÉFORESTATION LIBÈRE UN NOUVEAU PALUDISME

En Malaisie, 68 % des hospitalisations liées au paludisme sont désormais provoquées par un parasite jusqu'ici très rare chez l'homme. *Plasmodium knowlesi*, puisque c'est son nom, est aujourd'hui responsable d'un grand nombre de décès et de 2000 hospitalisations annuelles, ont révélé des scientifiques indiens et britanniques à la dernière réunion de la société américaine de médecine et d'hygiène tropicale (ASTMH). Tout semble indiquer que *P. knowlesi* est passé à l'homme depuis qu'il se trouve en contact avec son hôte naturel, le macaque, à la faveur de la déforestation galopante de la Malaisie. Les infections

sont en effet concentrées dans des zones du pays peuplées de macaques où d'importantes coupes forestières ont été réalisées récemment, principalement en vue de cultiver le palmier à huile. Pour l'instant, les analyses génétiques des parasites suggèrent qu'ils ont toujours besoin de passer par le singe pour se reproduire – les humains s'infectant par la piqûre de moustiques ayant précédemment piqué des singes. Mais les scientifiques redoutent que *P. knowlesi*, à force de séjourner chez *Homo sapiens*, n'ait "appris" par mutation à s'y reproduire. Il pourrait alors sortir des zones rurales et ravager les grandes villes asiatiques.

Y.S.

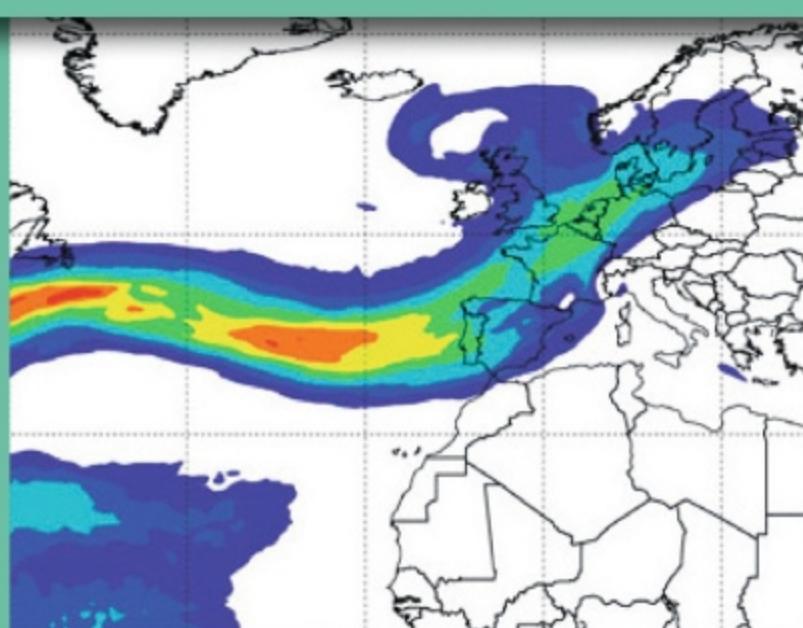


## MÉTÉOROLOGIE

## *En modélisant les "rivière atmosphériques", on arrive à mieux prédire les crues*

La prédition des crues est un enjeu majeur en météorologie. Une méthode de modélisation atmosphérique mise au point par trois chercheurs britanniques semble permettre de gagner jusqu'à trois jours dans la mise en alerte. Elle se base sur une forte corrélation observée entre les crues et la formation de "rivière atmosphériques" (ci-contre), de vastes flux de vapeur d'eau associés aux dépressions. Car la formation de ces rivières s'avère bien plus prévisible que les pluies, plus locales et capricieuses.

Y.S.





La déforestation galopante en Malaisie a fait émerger un parasite qui touchait rarement l'homme jusqu'ici.

# 420 millions

c'est le nombre d'oiseaux perdus par le continent européen en trente ans, selon une étude regroupant des observations issues de 25 pays. Ceci représente une baisse d'effectif de 20 %, principalement centrée sur 36 espèces communes, moineau, étourneau, alouette, perdrix... Les auteurs évoquent trois remèdes : des espaces verts urbains, une agriculture moins intensive, un étalement urbain réduit.

Y.S.

X PACIFIA/REDUX/RÉA - D.A. LAVERS ET AL/NATURE COMMUNICATIONS- G. DARVEY/SHUTTERSTOCK

## TOXICOLOGIE

# Déetecter les risques des molécules chimiques devrait être plus facile

Les effets sur la santé des 100 000 molécules de l'industrie chimique ne sont connus que pour une infime partie d'entre elles. Que faut-il étudier en priorité dans ce vaste univers ? Il faudrait déterminer à quoi la population est le plus exposée – mais des analyses biologiques seraient un chantier pharaonique. Des chercheurs de l'agence environnementale américaine EPA ont conçu un algorithme simple qui permet de "dégrossir" l'exposition humaine à chaque composé à partir de cinq questions simples posées aux entreprises produisant ces molécules. Ils ont ainsi rapidement hiérarchisé 8 000 molécules couramment vendues aux Etats-Unis. Les toxicologues vont ainsi savoir sur quoi travailler. Y.S.

Un algorithme permet de mieux déterminer l'exposition aux molécules produites par l'industrie chimique.





▲ Les graminées produisent davantage de pollen lorsque le CO<sub>2</sub> et l'ozone augmentent.

## AGRICULTURE

## IL Y A UN LIEN ENTRE CO<sub>2</sub> ET ALLERGIES AU POLLEN

Préparez-vous à éternuer ! Une nouvelle étude américaine vient accréditer une idée déjà suggérée par divers travaux : les prochaines décennies verront une augmentation notable du pollen atmosphérique... Au grand dam des 10 à 30 % de la population mondiale souffrant de rhinites allergiques, et des quelque 300 millions d'asthmatiques. Les chercheurs ont cultivé des plants de fléole des prés (*Phleum pratense*, une graminée commune sur les 5 continents) dans une atmosphère contrôlée, où les concentrations en CO<sub>2</sub> et en ozone avaient été dou-

blées. Si le CO<sub>2</sub> dope les plantes, l'ozone est plutôt connu pour inhiber leur croissance – d'où l'intérêt de les étudier ensemble. Les résultats semblent sans appel : avec une atmosphère enrichie en ozone et en CO<sub>2</sub>, la concentration en pollen double quasiment. L'expérience ne prouve pas rigoureusement que toutes les graminées réagiront ainsi. Mais on voit mal pourquoi la fléole serait un cas unique, d'autant que des études semblables sur d'autres types de plantes (notamment l'ambroisie) ont toutes donné des résultats comparables. □ Y.S.

### SURVEILLER LES PIPELINES

Les fuites de méthane sur les pipelines pourront désormais être facilement détectées via un logiciel, même sur des réseaux complexes, à partir de simples mesures de pression et de flux.

### BÉBÉS MANCHOTS EXTERMINÉS

En Antarctique, la banquise – exceptionnelle cette année – a géné le nourrissage des bébés d'une manchotière de 34 000 couples. Puis la pluie a mouillé les poussins, dont le plumage ne résiste pas à l'eau. Aucun n'a survécu : du jamais vu en cinquante ans.

### L'USAGE DES PESTICIDES DIMINUE

Des carottages dans les sédiments du lac savoyard de Saint-André ont révélé les pratiques agricoles du XX<sup>e</sup> siècle et ont notamment permis de dater l'utilisation de 12 pesticides. Usage qui semble régresser ces dernières années.

## ÉCOLOGIE

## Le lémurien aide les arbres à pousser

Frugivores pour la plupart, les lémuriens favorisent la germination des graines issues des arbres de Madagascar, selon deux chercheuses de l'université américaine Rice. Un fruit non dispersé tombe au pied de l'arbre qui lui a donné naissance, où il entre en compétition avec son parent et peine à germer. La probabilité que les graines donnent une plantule augmente de 300 % si elles sont dispersées par ces primates, qui les déposent dans des endroits plus favorables (trouées, points d'eau). □ Y.S.

✓ Ils favorisent la germination des graines des arbres.





Innovation  
that excites

# NISSAN NOTE. UN BOUCLIER DE PROTECTION POUR UNE CONDUITE PLUS SÛRE.

SYSTÈME DE NAVIGATION  
NISSANCONNECT 2.0<sup>(2)</sup>

NISSAN NOTE

À PARTIR DE

9 990 €<sup>(1)</sup>

SANS CONDITION



SYSTÈME D'ALERTE  
ANTI-COLLISION  
NISSAN SAFETY SHIELD<sup>(2)</sup>

HABITACLE SPACIEUX  
ET CONFORTABLE

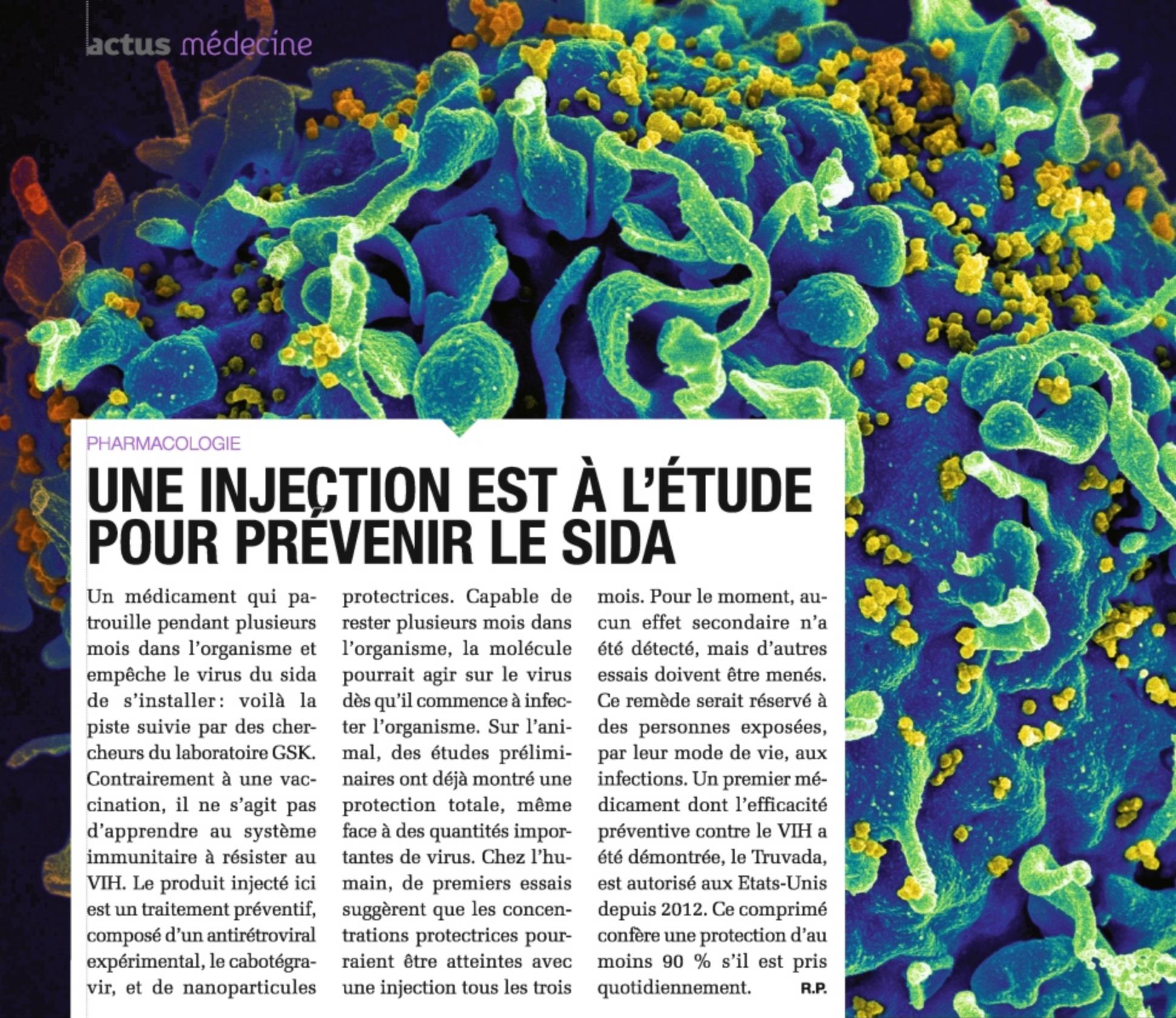
AIDE AU STATIONNEMENT  
NISSAN AVM - VISION 360°<sup>(2)</sup>

(2) Équipements disponibles de série ou en option et sur certaines versions (sauf Visia).

Pour plus d'informations, rendez-vous sur [nissan.fr](http://nissan.fr)

Innover autrement. (1) Prix au 01/10/2014 de la Nissan NOTE Visia 1.2L 80 après déduction de 3660 € de remise\*. **Modèle présenté :** Nissan NOTE Black Line 1.2L 80 avec option peinture métallisée : 13 180 € après déduction de 3 160 € de remise\*. \*Prolongation jusqu'au 31/12/2014 de l'offre de remise valable initialement jusqu'au 30/09/2014. Offres non cumulables avec d'autres offres, réservées aux particuliers chez les Concessionnaires participants. NISSAN WEST EUROPE SAS au capital de 5 610 475 €, RCS Versailles B 699 809 174 - Parc d'Affaires du Val Saint-Quentin - 2, rue René Caudron CS 10213 - 78961 Voisins-le-Bretonneux Cedex.

Consommations gamme cycle mixte (l/100 km) : 3,5 - 5,1. Émissions CO<sub>2</sub> (g/km) : 90 - 119.



## PHARMACOLOGIE

## UNE INJECTION EST À L'ÉTUDE POUR PRÉVENIR LE SIDA

Un médicament qui patrouille pendant plusieurs mois dans l'organisme et empêche le virus du sida de s'installer: voilà la piste suivie par des chercheurs du laboratoire GSK. Contrairement à une vaccination, il ne s'agit pas d'apprendre au système immunitaire à résister au VIH. Le produit injecté ici est un traitement préventif, composé d'un antirétroviral expérimental, le cabotégravir, et de nanoparticules

protectrices. Capable de rester plusieurs mois dans l'organisme, la molécule pourrait agir sur le virus dès qu'il commence à infecter l'organisme. Sur l'animal, des études préliminaires ont déjà montré une protection totale, même face à des quantités importantes de virus. Chez l'humain, de premiers essais suggèrent que les concentrations protectrices pourraient être atteintes avec une injection tous les trois

mois. Pour le moment, aucun effet secondaire n'a été détecté, mais d'autres essais doivent être menés. Ce remède serait réservé à des personnes exposées, par leur mode de vie, aux infections. Un premier médicament dont l'efficacité préventive contre le VIH a été démontrée, le Truvada, est autorisé aux Etats-Unis depuis 2012. Ce comprimé confère une protection d'au moins 90 % s'il est pris quotidiennement. R.P.



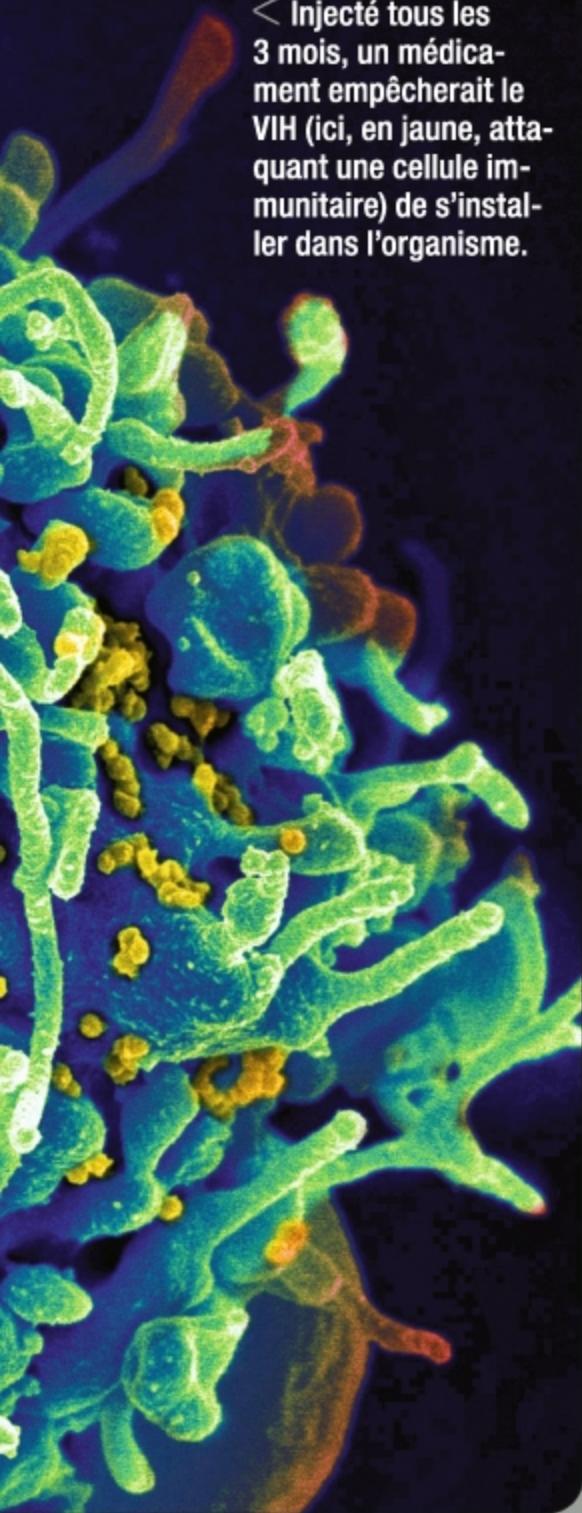
## GASTRO-ENTÉROLOGIE

## Dans le blé, le gluten n'est plus le

Ça se confirme: les protéines de gluten présentes dans la farine de blé ne seraient pas les seules à déclencher la maladie cœliaque. Cette maladie auto-immune liée à la consommation de certaines céréales se caractérise par une destruction de la paroi intestinale. L'équipe

d'Armin Alaedini (université Columbia, New York) vient de montrer que le système immunitaire des patients réagit mal face à d'autres protéines que celles du gluten. Dans le sang de personnes malades, les chercheurs ont trouvé des anticorps dirigés contre le

< Injecté tous les 3 mois, un médicament empêcherait le VIH (ici, en jaune, attaquant une cellule immunitaire) de s'installer dans l'organisme.



## seul à blâmer

gluten, mais aussi contre ces autres protéines. "Nous allons maintenant étudier leur rôle dans l'inflammation intestinale", explique le chercheur. Et de nouvelles approches thérapeutiques contre la maladie cœliaque sont à espérer. A.R.

### LA THÉRAPIE CELLULAIRE DE LA RÉTINE VALIDÉE

La greffe de cellules rétinianes obtenues à partir de cellules souches confirme son potentiel contre la dégénérescence maculaire, maladie provoquant une perte de la vision : deux ans après, 10 patients sur 18 avaient une meilleure vue. E.A.

### LA MESURE BACTÉRIENNE DE L'AMOUR

Quelque 80 millions de bactéries sont échangées lors d'un "french kiss". Il faut toutefois s'embrasser langoureusement au moins 9 fois par jour pour développer des microbes salivaires plus proches de ceux de sa moitié que de son voisin. E.A.

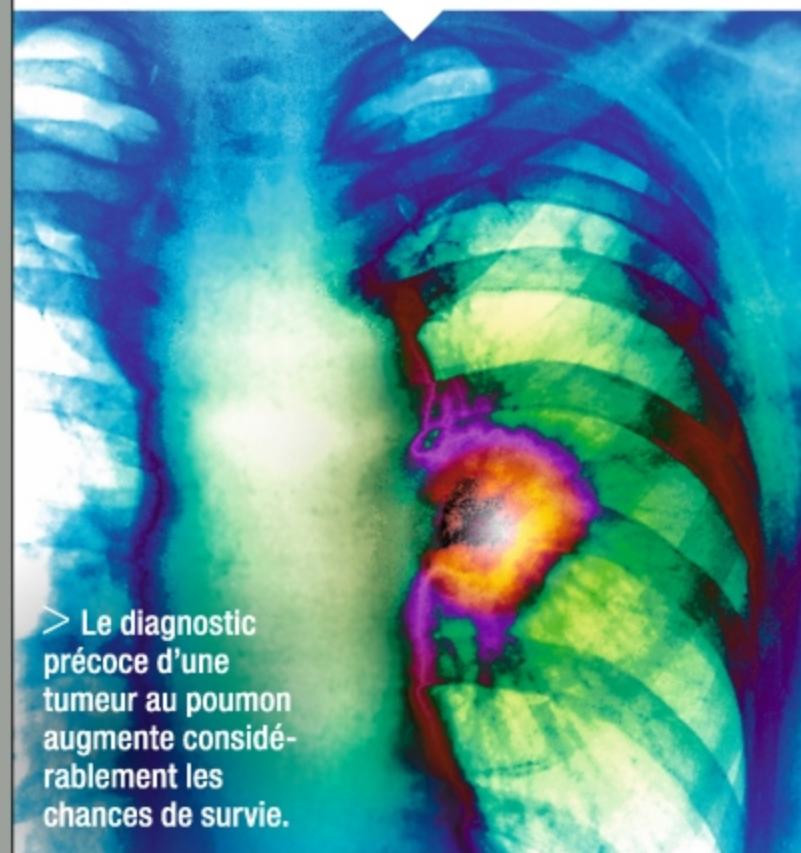
### LE TRICLOSAN DÉCIDÉMENT SUSPECT

Une nouvelle étude confirme les doutes sur cet antimicrobien utilisé dans de nombreux produits d'hygiène : chez la souris, une exposition de six mois triple le risque de développer des tumeurs au foie. E.A.

### CANCÉROLOGIE

## Une simple prise de sang permettrait de dépister très tôt le cancer du poumon

Suffira-t-il bientôt d'un test sanguin pour prédire l'apparition d'un cancer du poumon, bien avant que la tumeur soit visible par le radiologue ? C'est l'espoir récemment soulevé par une équipe niçoise. Les chercheurs ont suivi pendant cinq ans 168 patients très à risque, souffrant de broncho-pneumopathie chronique obstructive (BPCO), ainsi que 42 fumeurs à risque modéré et 35 non-fumeurs. Des cellules cancéreuses ont été repérées dans le sang de 5 patients, tous issus du groupe BPCO, alors qu'aucune tumeur n'était détectable. De un à quatre ans après l'identification de ces "sentinelles" tumorales, un cancer du poumon a été diagnostiqué chez ces mêmes 5 patients, et chez eux uniquement. Soit un taux de dépistage de 100 % ! "Ces résultats doivent être validés sur un plus grand nombre de personnes, tempère Paul Hofman, responsable de l'étude. Mais cela confirme le concept du diagnostic précoce." Aujourd'hui, aucun autre test ne permet de dépister ce cancer suffisamment tôt. Or, gagner du temps est primordial : les chances de survie sont de 50 % à cinq ans en cas de traitement précoce, contre 10 % à deux ans pour un diagnostic à un stade avancé. o.c.



> Le diagnostic précoce d'une tumeur au poumon augmente considérablement les chances de survie.



▲ Chez la souris, la caféine prévient l'apparition de la pathologie (ici, le cerveau d'un malade).

## NEUROBIOLOGIE

## UN REMÈDE À BASE DE CAFÉINE AGIT CONTRE ALZHEIMER

Plusieurs études épidémiologiques avaient déjà établi un lien entre la consommation de café et un risque plus faible de développer la maladie d'Alzheimer. L'équipe de David Blum (Inserm/université Lille-II) vient de lever le voile sur les mécanismes à l'origine de cet effet protecteur. *“La caféine possède plusieurs cibles dans le cerveau, mais nous avons montré pour la première fois que lorsqu'elle bloque certaines de ces cibles, appelées récepteurs A2a de l'adénosine, cela prévient l'apparition de la maladie chez la souris”*, explique le biologiste. Mieux, les

chercheurs ont également réussi à améliorer les capacités cognitives d'animaux déjà malades. Pour cela, ils ont notamment utilisé des molécules dérivées de la caféine. Forts de leurs résultats, ils espèrent lancer bientôt des essais cliniques visant à mesurer l'efficacité d'un apport supplémentaire de caféine. *“D'autres molécules bloquant les récepteurs A2a sont actuellement en phase avancée d'essais cliniques contre la maladie de Parkinson. Au vu de nos résultats, il serait opportun de les tester également contre la maladie d'Alzheimer”*, avance David Blum.

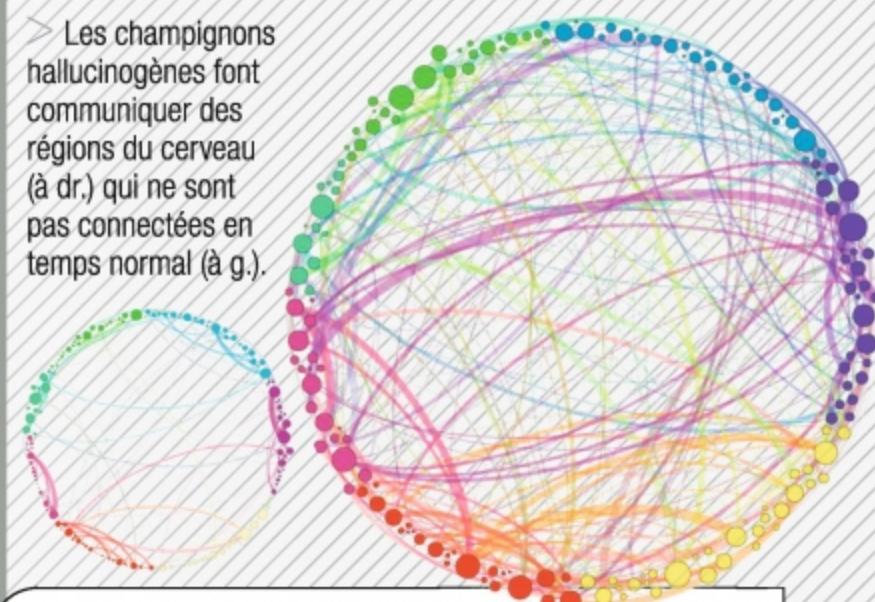
C.H.

## PHARMACOVIGILANCE

## *Les embolies liées à la pilule sont en baisse*

C'est une bonne nouvelle: le nombre de femmes françaises de 15 à 49 ans non enceintes et hospitalisées, en 2013, pour l'apparition d'un caillot sanguin dans les poumons, est en recul. Elles étaient 2704, soit 341 de moins qu'en 2012. Selon l'Agence nationale de sécurité du médicament, cette amélioration est en grande partie due à la forte baisse de consommation (-45 %) des pilules de troisième et quatrième générations depuis la médiatisation, en décembre 2012, de leurs risques vasculaires. E.A.

> Les champignons hallucinogènes font communiquer des régions du cerveau (à dr.) qui ne sont pas connectées en temps normal (à g.).



## NEUROLOGIE

## Les champignons magiques remodèlent la carte du cerveau

La puissance hallucinogène des “champignons magiques” n'a plus rien de mystérieux. Une équipe anglo-italienne a observé par IRMf l'activité cérébrale de 15 volontaires auxquels avait préalablement été injecté soit un placebo, soit de la psilocybine, le principe actif des champignons hallucinogènes. Résultat: la psilocybine active de nombreuses voies de communication entre des réseaux de neurones éloignés et habituellement indépendants. Voilà qui pourrait expliquer les phénomènes de synesthésie (l'association de différentes perceptions sensorielles, telles que couleurs et sons) provoqués par cette drogue. E.A.



[www.diams.com](http://www.diams.com)

**Nous n'avons pas attendu que la sonde Rosetta largue le robot Philae sur la comète Tchouri pour vous proposer des fascinants bijoux extraterrestres taillés dans une météorite.**

Son âge est d'environ 4,5 milliards d'années.

**diamS**  
Switzerland 



## AÉRONAUTIQUE

## LES AVIONS VONT “SENTIR” LES TURBULENCES

Imaginé par des chercheurs de l’Institut royal de technologie de Melbourne (université RMIT), un système qui vise à détecter l’arrivée des turbulences avant qu’elles ne frappent les avions a été mis au point,

permettant de limiter leurs effets. Un tel mécanisme préventif était jusqu’à présent l’apanage des oiseaux. En effet, ces derniers possèdent de petits récepteurs, appelés corpuscules de Herbst, situés

sur le bord de leurs ailes. Ils leur permettent de sentir rapidement la moindre vibration ou le moindre changement de pression de l’air, indicateurs de l’arrivée d’une turbulence, et d’adapter leur vol afin de

limiter les secousses. C’est ce mécanisme que les chercheurs ont reproduit dans un premier temps sur un petit drone. Ils ont ensuite équipé son nez de capteurs de pression afin qu’il détecte les perturba-

## INFORMATIQUE

### Le premier logiciel qui “voit” comme un œil a été mis au point

“Les neurones dédiés à la vision travaillent en parallèle, chacun étant configuré pour reconnaître un stimulus dans une région de la rétine”, explique Diego Tonelli. En s’inspirant de cette architecture, l’équipe de ce physicien du Cern a conçu un logiciel qui permet à des dizaines de milliers d’unités de calcul de travailler en parallèle pour reconnaître une forme et analyser des motifs en 25 milliardièmes de seconde. De quoi étudier les collisions de particules du LHC... ou doter d’une vue aiguisée un composant électronique. M.F.

## OPTIQUE

### *Rendre invisible est possible avec juste un jeu de lentilles*

Quatre lentilles bien disposées et... un objet disparaît. Des chercheurs de l’université de Rochester (New York) ont mis au point un dispositif de camouflage optique simple, mais très efficace. Ces lentilles de verre ordinaires sont alignées de telle sorte que la lumière ne peut pas passer dans une zone centrale qui a la forme d’un anneau. Un objet placé à l’intérieur n’interceptera pas de rayons lumineux et deviendra donc invisible, laissant apparaître l’arrière-plan. Ce dispositif est le premier qui permette de dissimuler des objets en 3D sous différents angles de vue jusqu’à 15 degrés. L.B.

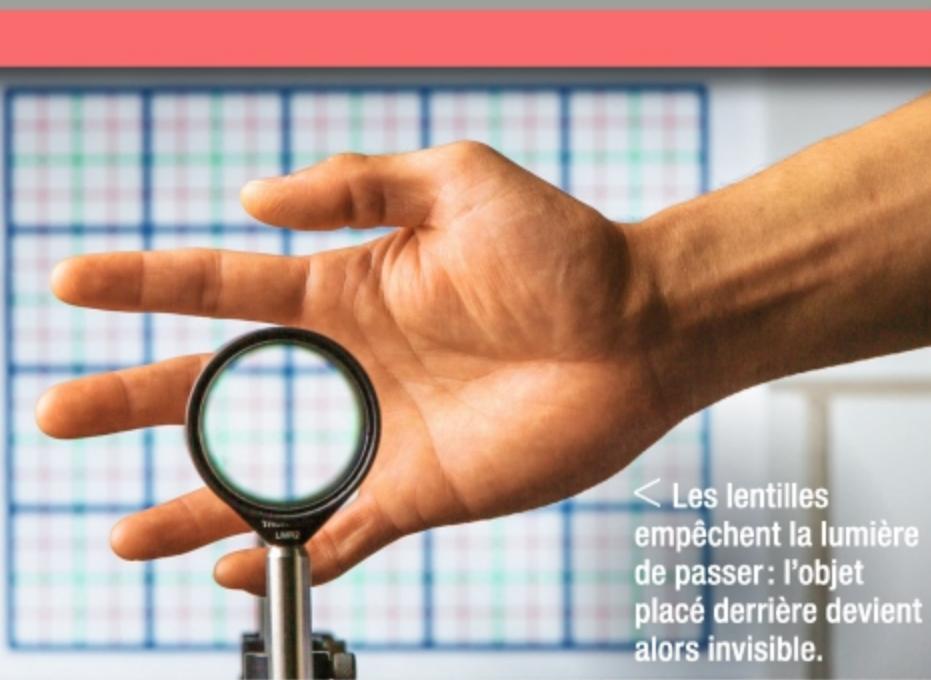


▲ Comme les ailes d'un oiseau, le nez de cet avion est équipé de capteurs de pression qui détectent les perturbations atmosphériques.

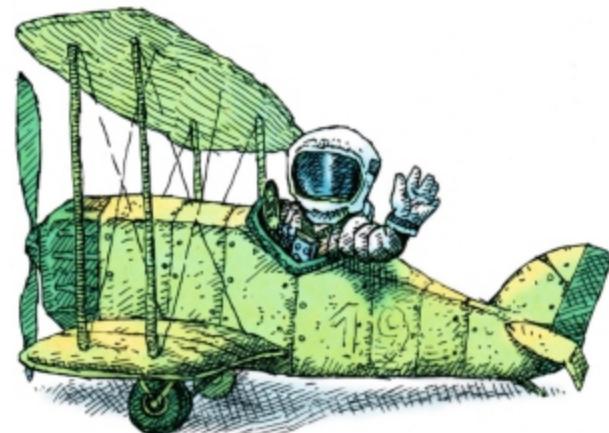
tions de l'air avant qu'elles n'arrivent aux ailes et à la queue. De quoi donner à ces dernières le temps d'adapter leurs positions pour contrer les turbulences. Testé en soufflerie, ce système a permis

de réduire sensiblement leurs effets sur l'appareil. Il pourrait également permettre d'allonger la durée de vie des futurs avions en réduisant les contraintes mécaniques subies par les ailes.

S.F.



< Les lentilles empêchent la lumière de passer: l'objet placé derrière devient alors invisible.



## Le tourisme spatial sortira vivant du temps des pionniers

Aussi dramatique que soit le crash de la navette de *Virgin Galactic*, qui a provoqué la mort d'un de ses pilotes et gravement blessé le second, il n'y a pas de doute, le tourisme spatial lui survivra. Ce n'est pas une surprise: aller dans l'espace est risqué. Et il est encore trop tôt pour conclure que le risque est trop grand. L'heure n'est pas à l'accidentologie et aux études de fiabilité, mais aux premiers essais techniques, avec leur lot d'incertitudes, de ratés et de drames.

Et la question n'est pas de savoir si le jeu en vaut la chandelle, s'il s'agit pour l'Homme de s'affranchir d'une dernière frontière ou d'envoyer des milliardaires profiter de quelques minutes d'apesanteur... Le tourisme spatial se développera s'il est économiquement et technologiquement viable. Or, malgré cet accident, les deux indicateurs sont au vert: les projets bénéficient toujours du financement de riches industriels et futurs clients, et aucune impossibilité technique n'a été identifiée. D'ailleurs, l'Agence européenne de la sécurité aérienne et son équivalent américain ne s'y trompent pas. Voilà des années que ces organismes, qui réglementent le transport aérien, préparent l'étape suivante: les procédures qui obligeront les professionnels du tourisme spatial à garantir la sécurité de leurs clients.

M.F.

## La guerre des drones

ETE Les survols de centrales nucléaires par des engins commandés se sont multipliés, au point d'inquiéter les autorités. Jouer avec le feu? C'est possible: il suffit d'une télécommande ou d'un smartphone pour piloter un mini-drone fabriqué dans un coin de pub.

LE SURVOL DES CENTRALES NUCLÉAIRES

## Drones: EDF et l'Etat cherchent la réglementation

## devant

Drones: des radars militaires déployés devant les centrales nucléaires

Conférence de moyens techniques, à la proximité des sites, zones,

## Survols de centrales nucléaires

# Les drones constituent-ils une réelle menace?

### Le rappel des faits

**En décembre 2011**, un drone de Greenpeace avait déjà survolé et filmé le centre de retraitement de la Hague pour démontrer sa vulnérabilité face à ce type d'intrusion.

**Début octobre 2014**, plusieurs drones sont repérés au-dessus de centrales: le 5, à Creys-Malville (Isère); le 13, à Nogent-sur-Seine (Aube), le 14, à Cattenom (Moselle); le 19, à Gravelines (Nord), Chooz (Ardennes), Nogent-sur-Seine et Bugey (Ain).

**Les 30 et 31 octobre**, la pratique s'accélère: c'est au tour des centrales de Penly (Seine-Maritime), Flamanville (Manche), Fessenheim (Haut-Rhin), Dampierre (Loiret), St-Laurent-des-Eaux (Loir-et-Cher), Blayais (Gironde), Golfech (Tarn-et-Garonne).

Et d'autres survols ont été signalés en novembre.

GREENPEACE - DR

Au moment où nous écrivons ces lignes, EDF a identifié 25 survols de drones au-dessus de 14 centrales nucléaires (sur les 19 que compte le parc français). Une manœuvre pourtant interdite pour tout aéronef dans un rayon de 5 km autour de ces installations sensibles, et jusqu'à 1 000 m d'altitude. Ces actions n'ont pas été revendiquées et les motivations (provocation ? sensibilisation ? repérage en vue d'action terroriste ?) de leurs auteurs restent mystérieuses. Jusqu'ici, aucun de ces drones n'a été intercepté ni aucun pilote interpellé.

Comment expliquer une telle impunité, alors que certaines des centrales – pourtant réputées hautement sécurisées – ont été survolées à plusieurs reprises, comme celle du Bugey dans l'Ain (4 fois en 19 jours)? Quel danger cela représente-t-il réellement? Existe-t-il des moyens de

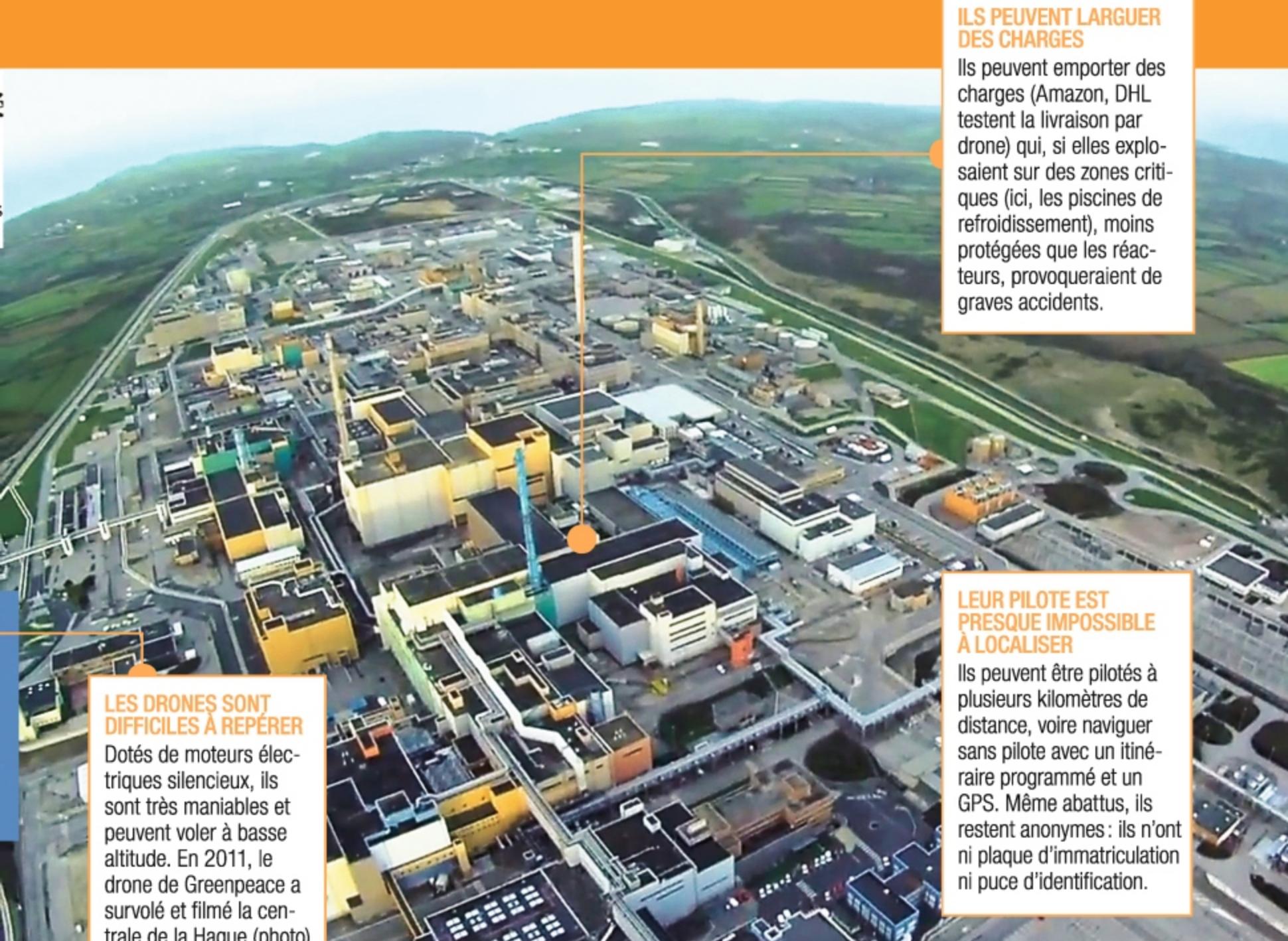
s'en prémunir? Après avoir évoqué ce risque dès notre numéro du mois de mai dernier (n° 1160), l'actualité impose d'y répondre de façon plus spécifique. Car une chose est sûre: les drones obligent à revoir les procédures de sécurité...

### ► POURQUOI LES DRONES SONT-ILS DIFFICILES À INTERCEPTER?

Selon les descriptions, les drones aperçus par les agents de sécurité sont plutôt des appareils de grande taille, de 50 à plus de 80 cm d'envergure. Mais tous les vols (excepté un cas unique) ont été réalisés de nuit, parfois sans éclairage de signalisation. Cela ajoute au fait qu'ils sont dotés de moteurs électriques peu bruyants et qu'ils évoluent à quelques dizaines de mètres d'altitude, les drones sont par nature difficiles à repérer.



Normalement, chaque site – qui peut dépasser 100 ha, soit la moitié de la principauté de Monaco – est en permanence protégé par environ 25 personnes. La moitié est composée de personnels d'EDF, l'autre du peloton spécialisé de protection de la gendarmerie, chargé de la protection des centrales contre les menaces terroristes. En cas d'alerte, ils peuvent demander l'aide du GIGN ou de l'armée pour engager des moyens d'interception, notamment des hélicoptères. Sans succès pour l'instant. Car ces derniers mettent entre quinze et vingt minutes, voire plus, pour arriver sur zone. Il fau-



### ILS PEUVENT LARGUER DES CHARGES

Ils peuvent emporter des charges (Amazon, DHL testent la livraison par drone) qui, si elles explosaient sur des zones critiques (ici, les piscines de refroidissement), moins protégées que les réacteurs, provoqueraient de graves accidents.

### LEUR PILOTE EST PRESQUE IMPOSSIBLE À LOCALISER

Ils peuvent être pilotés à plusieurs kilomètres de distance, voire naviguer sans pilote avec un itinéraire programmé et un GPS. Même abattus, ils restent anonymes : ils n'ont ni plaque d'immatriculation ni puce d'identification.

#### LES DRONES SONT DIFFICILES À REPÉRER

Dotés de moteurs électriques silencieux, ils sont très maniables et peuvent voler à basse altitude. En 2011, le drone de Greenpeace a survolé et filmé la centrale de la Hague (photo) sans être inquiété.

drait qu'ils soient en l'air en permanence, prêts à intervenir. De plus, ces moyens sont inadaptés pour des drones dont la maniabilité et la capacité à voler à basse altitude leur permettent de s'échapper facilement.

Quant à ceux qui commandent les drones, ils sont eux aussi difficiles à repérer : ces appareils peuvent être pilotés en vue subjective grâce à un retour vidéo des images prises en vol avec une por-

tée de plusieurs kilomètres. Ils sont même capables de se passer de pilote : une procédure permet de les programmer pour qu'ils suivent automatiquement un itinéraire prédéfini par GPS. Le drone se repère alors grâce aux satellites, sans guidage depuis le sol.

#### ► PEUVENT-ILS CAUSER DES DÉGÂTS SUR UNE CENTRALE ?

*“Les centrales sont conçues pour résister à des agressions externes du*

*type séisme ou chute d'avion de tourisme, tranche Philippe Sasseigne, directeur de la division production nucléaire chez EDF. Les drones représentent un risque très inférieur : même s'ils chutaient, ils ne feraient aucun dégât.”*

Ce n'est pas l'avis de Greenpeace, qui pointe que si les réacteurs principaux sont effectivement "bunkérés", ce n'est pas le cas des piscines de refroidissement, situées dans des bâtiments annexes, qui servent à stocker le combustible usagé pendant un à deux ans, avant son envoi pour retraitement à la Hague. *“Ces piscines d'entreposage se trouvent dans des bâtiments dont le toit est en tôle, comme un simple hangar industriel,* interpelle Yannick Rousselet, en charge des questions nucléaires chez Greenpeace. *Or, elles contiennent d'importantes quantités de combustible radioactif. Une fuite importante de l'eau qui les protège entraînerait un* →

## > DES RIPOSTES SE METTENT EN PLACE

Des radars mobiles de l'armée ont été déployés à proximité des centrales (1), en attendant que la France dispose de canons laser capables d'abattre des drones, à l'instar de l'armée chinoise (2) ou américaine (3).

→ *nuage radioactif de grande ampleur.*

Un constat nuancé par Thierry Charles, directeur général adjoint de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN), chargé de la sûreté nucléaire : « Ces bâtiments, souvent accolés aux réacteurs, sont composés de murs en béton armé et de toits en charpente métallique. Ils ont été conçus pour résister aux aléas extérieurs (séismes, chute d'avion) selon un mode probabiliste : si la probabilité est inférieure à  $10^{-7}$  par an, le risque est estimé trop peu probable pour être pris en compte. Autrement dit,



1

*la surface de ces toitures a été jugée trop faible pour avoir à résister à une chute d'avion.* » Et à celle d'un drone ? « C'est un élément qui a été vérifié, répond Philippe Sasseigne. Leur résistance est largement suffisante pour supporter la chute d'un appareil tel que ceux qui ont été aperçus. Il n'y a aucun risque de perforation. »

Des drones pourraient-ils alors percer ces piscines



2

et provoquer une fuite critique ? Ou détruire des points sensibles tels que les transformateurs électriques, stoppant ainsi la centrale ?

Hormis les modèles récréatifs de 10 à 20 cm d'envergure, trop peu puissants, les drones de taille supérieure ont la possibilité d'emporter plusieurs kilos de charge utile (une caméra et sa batterie... ou autre). Ni EDF, ni l'IRSN, ni l'Autorité de sûreté nucléaire, ni le CEA, ni la gendarmerie des transports aériens n'ont voulu s'exprimer sur ce cas de figure. « Sans dévoiler de scénario précis, un ou plusieurs drones pourraient techniquement provoquer

*un accident grave sur une piscine* », persiste Yannick Rousselet, de Greenpeace.

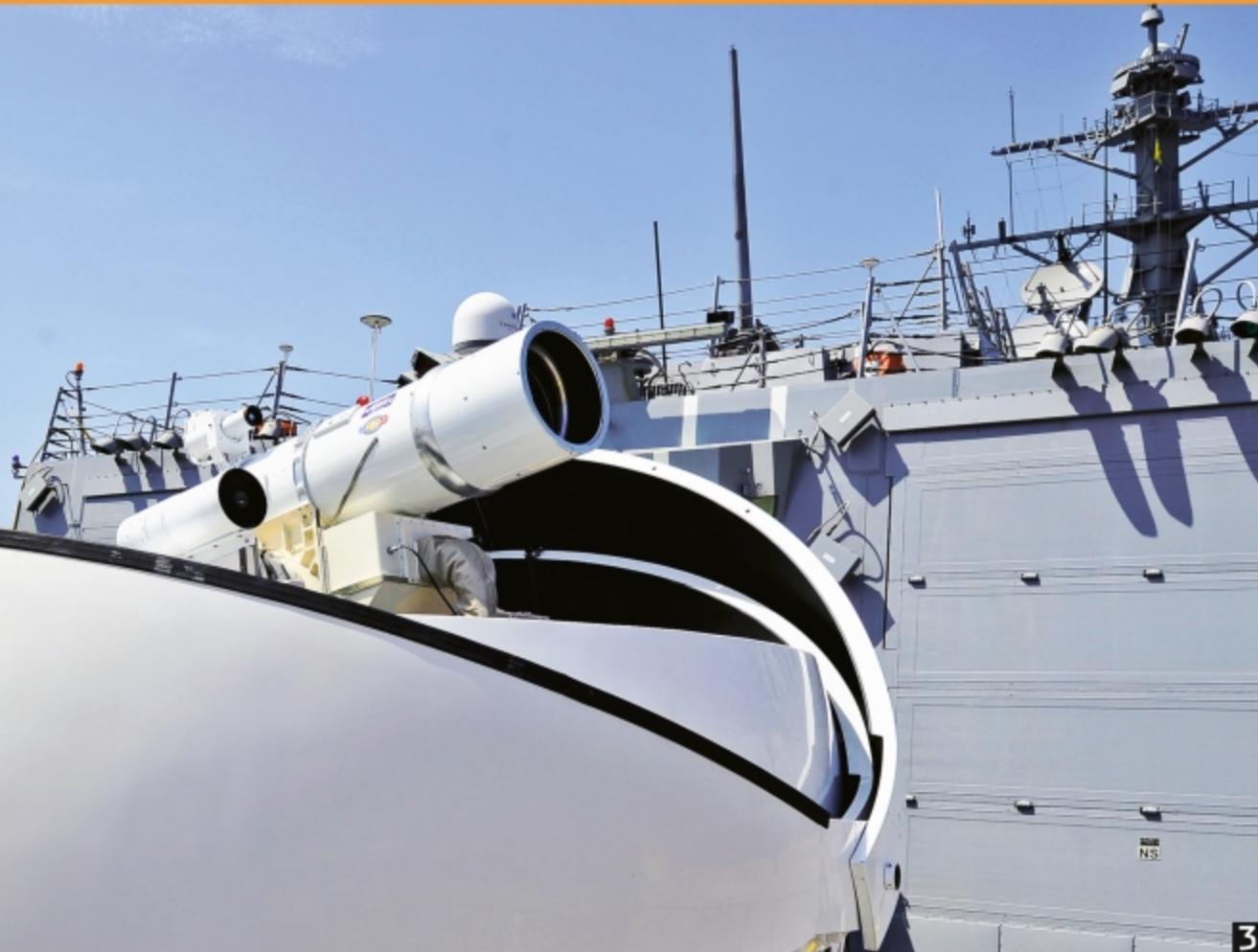
## ▶ COMMENT LES EMPÊCHER DE SURVOLER DES ZONES SENSIBLES ?

Avant le mois d'octobre – comme l'expérience l'a démontré –, aucune centrale nucléaire n'était équipée de systèmes capables de détecter et de neutraliser des drones. Mais la situation a changé.

Le 12 novembre, une source officielle a confirmé à l'AFP qu'« un certain nombre de moyens techniques, dont des radars militaires, ont été déployés

## Ce qui dit la loi sur l'utilisation privée des drones

Outre les zones dont le survol est interdit pour tous les aéronefs en deçà d'une altitude plancher (centrales nucléaires, bases militaires, Paris...), les drones ne peuvent pas être utilisés partout. Leur usage est strictement proscrit dans l'espace public (en ville, par exemple). Le risque étant, en cas de chute de l'appareil, de mettre en danger autrui. Il faut donc les faire voler dans des espaces privés (chez soi) ou sur des zones non peuplées (à la campagne). Pour les professionnels, la loi répertorie quatre scénarios qui encadrent le rayon d'action des drones en fonction de leur poids, de l'altitude atteinte, de la présence de personnes au sol... Elle impose des homologations préalables à chaque mission et définit des zones d'exclusion (aéroports, couloirs aériens...). Sans oublier des exigences concernant la formation des télépilotes.



“ THIERRY CHARLES

Directeur général adjoint de l'IRSN

*La probabilité que les piscines de refroidissement soient touchées est trop faible pour que ce risque soit pris en compte*

*à proximité des sites et des centrales nucléaires récemment survolés par des drones*". Il s'agirait notamment du radar militaire mobile basse altitude ANGD, l'un des seuls capables de détecter un objet de la taille d'un drone.

Une fois repéré, comment neutraliser le drone ?

*"Le plus simple est de brouiller la liaison entre l'opérateur et son appareil, explique Richard Perdriau, enseignant-chercheur à l'Ecole supérieure d'électronique de l'Ouest. Mais encore faut-il savoir quelle bande de fréquences est utilisée pour le guidage ! Sans oublier que si le drone est guidé par GPS, cela nécessite un brouillage spécifique."* L'armée dispose de ce type de brouilleurs, notamment pour neutraliser les engins explosifs déclenchés à l'aide de téléphones portables.

Autre solution plus radicale : abattre le drone. Avec une arme à feu de type fusil à pompe, parfaitement adapté à des cibles mouvantes (contrairement aux fusils de précision des *snipers*), mais dont la portée est limitée (20 à 30 m). Ou à l'aide de canons à énergie dirigée. *"Il suffit de diriger un faisceau d'ondes électromagnétiques de forte puissance vers un drone pour perturber ses composants électroniques et provoquer sa chute"*, précise Richard Perdriau. Seul hic : il existe des blindages et des parades logicielles pour permettre à des composants de résister à ce type d'agression.

Solution ultime : le canon laser.

Le faisceau pointé sur la cible permet d'échauffer l'objet jusqu'à sa destruction. Des tests ont ainsi permis de détruire en quelques secondes des drones

militaires en plein vol, à plusieurs kilomètres de distance. L'armée américaine et tout récemment la Chine ont annoncé travailler sur cette solution ; mais la France ne dispose pas officiellement, pour l'instant, de tels moyens.

Une fois l'appareil abattu, retrouver son pilote reste un défi : les drones ne sont dotés ni de plaque d'immatriculation ni de puce d'identification. *"Il y a des réflexions en cours sur des dispositifs de détection des drones qui existent déjà, mais dont le déploiement représente un certain coût"*, détaille Emmanuel De Maistre, président de la Fédération professionnelle du drone civil. Et c'est sans compter avec les drones "fait maison" à partir de plans pris sur Internet et de composants du commerce, qui échapperont à cette parade.

Pierre-Yves Bocquet

## Aller plus loin

- La carte des 19 centrales françaises : <http://energie.edf.com/nucleaire/carte-des-centrales-nucleaires-45738.html>.
- Test du canon laser de l'US Army contre un drone : [https://www.youtube.com/watch?v=OmoldX1wKYQ&feature=youtube\\_gdata](https://www.youtube.com/watch?v=OmoldX1wKYQ&feature=youtube_gdata)
- Le survol de la Hague par un drone de Greenpeace : <https://www.youtube.com/watch?v=3Lz4fX6C3Mc>

des expositions temporaires, qui accueillera dès mars celle consacrée à David Bowie, déjà présentée à Londres et à Berlin. Outre les cinq salles de répétition, dont la plus grande sera ouverte au public, elle proposera aussi un pôle pour les enfants et un restaurant panoramique.

**Pas moins de 270 concerts  
prévus de janvier à juin 2015.**

Roberto Alagó,  
Cotillard, da  
Mais, d'HIGEL GUERRIN  
Higelin,  
Maalon,  
ou le  
meilleur  
**Mauvais acco**

**Mauvais accords pour la Philharmonie**

**Mauvais accord**

Un vent mauvais souffle sur la culture à Paris. La cible a pour nom la Philharmonie. On voudrait écrire un livre sur la gestion de la salle de concert à milles lieues de l'art.

## 40 %

### LA PART MAXIMALE

des soirées qui seront dédiées à l'événementiel

## UNE STRUCTURE, TOTALEMENT INÉDITE

Pour offrir un son enveloppant, riche en réflexions latérales, la grande salle de la Philharmonie a été équipée de réflecteurs en forme de nuages, suspendus au plafond. Un dispositif prometteur... mais jamais expérimenté à cette échelle.



## **Le rappel des faits**

Après **8 ans** d'études et de travaux et **386 millions** d'euros, le chantier de la Philharmonie touche à sa fin. Avec ses **52 m** de haut, ce bâtiment dessiné par **Jean Nouvel** dotera ainsi la France de sa toute première salle symphonique de grande envergure, censée rivaliser, voire détrôner, les plus prestigieuses (Philharmonie de Berlin, Musikverein de Vienne, Concertgebouw d'Amsterdam...).

Le 14 janvier, la plus grande salle symphonique de France (30500 m<sup>3</sup>) sera inaugurée. Pourtant, personne ne sait prévoir aujourd'hui comment la salle va résonner ni si les notes émises ne vont pas être trop absorbées par certaines parois. Etonnant, non ?

*“La qualité exacte de l’acoustique de cette salle reste une inconnue, reconnaît Laurent Bayle, le président de la Philharmonie de Paris. Tout a été fait pour qu'il n'y ait pas de mauvaise surprise, mais les premières notes émises lors des tout premiers concerts seront là pour nous donner le verdict.”*

Comment un tel chantier, qui aura duré plus de cinq ans, monopolisé les meilleures outils d'acoustique, et bénéficié de la participation de deux acousticiens de renommée mondiale, le Néo-Zélandais Harold Marshall et le Japonais Yasuhisa Toyota, peut-il laisser une telle part d'incertitude jusqu'au bout ?

*“L’acoustique n’est pas une science objective, explique Laurent Bayle. Dans cette salle comme dans tous les précédents chantiers de ce type, on ne peut pas estimer précisément la qualité sonore par avance.” Les raisons en sont multiples.*

DES SONS CIRCULANTS

D'abord, chaque construction est unique. S'il existe bien dans le monde une cinquantaine de salles symphoniques d'envergure équivalente, impossible d'en déduire des concepts acoustiques généraux qui garantiraient un son idéal (lequel n'existe pas).

Surtout, trop de paramètres entrent en jeu: depuis la taille de la salle, ses matériaux de construction, l'emplacement du point d'écoute, le volume d'air qui y circule, jusqu'à son hygrométrie... sans même parler du type de musique joué.

Dans le cas de la Philharmonie, la salle a été conçue avec l'objectif d'un son

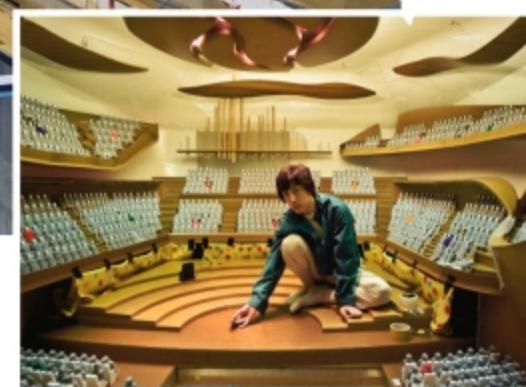
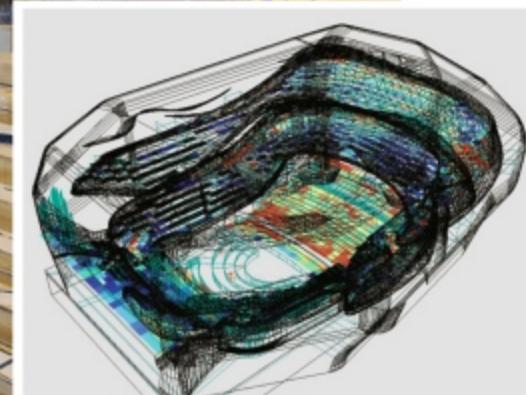
enveloppant inédit, composé de sons directs et de réflexions latérales. Pour favoriser les premiers, la scène a été positionnée au centre de la salle et chaque siège (y compris ceux des balcons) a été placé de manière à ce que les sons circulent autour, avec une distance extrêmement réduite entre les spectateurs et la scène (32 m d'éloignement maximal, contre 48 m à Pleyel et 40 m à Berlin). Pour renforcer les réflexions latérales, des réflecteurs en bois d'érable

N. BOBEL/PHIL HARMONIE DE PARIS - MARSHALL DAY ACOUSTICS



### DES PARAMÈTRES IMPRÉVISIBLES

Les trous pour accrocher les réflecteurs ainsi que les micros, tout comme la température de l'air ou l'humidité sont des paramètres qui n'ont pu être pris en compte lors de simulations et d'études sur maquette. Pourtant, ils risquent d'interférer sur l'acoustique finale de la salle.



ont été, en outre, suspendus au plafond. Or, cette structure n'a jamais été expérimentée...

#### LIMITES DE LA SIMULATION

Autre particularité : la salle va accueillir une programmation polyvalente (classique, jazz, musique du monde...) et des orchestres en configuration variable. Ce qui imposera des positionnements de musiciens différents d'un soir à l'autre et même des déplacements de la scène – motorisée – au fil des concerts. Une structure flexible qui fera

immanquablement varier l'acoustique.

Malgré toutes ces incertitudes, la propagation du son a été simulée informatiquement pour déterminer si la géométrie de la salle allait garantir une bonne répartition acoustique globale. Une maquette au 1/10<sup>e</sup> a également permis d'envoyer des impulsions sonores et de mesurer l'acoustique grâce à deux types de micros (binauraux et monauraux) répartis en divers endroits.

*“Ces travaux préparatoires nous ont grandement*

*aidés à affiner la construction. Nous avons redimensionné les réflecteurs de son au plafond et supprimé les échos, explique Geoffroy Vauthier, responsable technique du projet. Mais ces outils n'ont pas permis de tout anticiper... Par exemple, l'impact des trous d'accroche dans le plafond en plâtre haute densité : ils risquent d'absorber les sons. Les variations de la température et de l'humidité joueront également sur l'acoustique, et ces paramètres n'ont pas pu être modélisés. Une simula-*

*tion ou une maquette figée ne pourra jamais égaler une salle vivante.”*

Puisque les notes virtuelles n'ont pas permis de tout anticiper, il faudra donc attendre mi-janvier pour savoir si le son de la Philharmonie sera bien à la hauteur... de ce qu'espèrent ses concepteurs. **Muriel Valin**

ce n'est que depuis moins de deux ans qu'elle est devenue loi publique et d'interpellé sur un

**PHILIPPE FRÉMEAUX**, éditorialiste à Alternatives Économiques

## Sortir de l'obsolescence programmée

Cette mode de vie repose sur la consommation massive de biens et services qui peuvent pour leur production, dans le monde, alors que nous sommes établis dans la révolution

On connait paradoxalement, le coût du travail dans les pays riches est devenu très élevé, grâce précisément au bas niveau de productivité. Nous devons être débrouillés.

on estimait à 220 volume des Les Verts français dans l'UE, so pour une loi contre par habitant le « tout-jeté » objets indu

Le groupe écologique le Sénat veut interdire l'obsolescence programmée des objets

## Loi sur l'obsolescence programmée

# Tous les objets ne gagnent pas à durer

Les associations de consommateurs, les organisations environnementales, et maintenant le gouvernement... La guerre est déclarée contre "l'obsolescence programmée", cette pratique industrielle qui consisterait à raccourcir en secret la durée de vie des produits, pour en vendre plus.

### Le rappel des faits

**Le 14 octobre 2014,** l'Assemblée nationale adopte le projet de loi sur la transition énergétique, dont un article sur l'obsolescence programmée punit de 300 000 € d'amende et deux ans de prison "l'introduction volontaire d'une défectuosité, d'une fragilité, d'un arrêt programmé ou prématûré, d'une limitation technique, d'une impossibilité de réparer ou d'une non-compatibilité".

**Début 2015**, le projet est présenté au Sénat.

Après enquête, le phénomène se révèle plus marginal qu'on ne le croit. Toujours est-il que cet assaut législatif répond à l'impression générale d'un immense gâchis écologique généré par tous ces articles jugés trop éphémères.

Faudrait-il alors convertir notre société moderne aux objets robustes et durables du "bon vieux temps"?

"La réponse n'est pas évidente, et cela mérite de mener pour chaque type d'objet une analyse approfondie de son cycle de vie, de l'extraction des matières premières jusqu'à la décharge", explique Benoît Tinetti, du cabinet d'études BIO Intelligence. Autant d'étapes durant lesquelles l'objet consomme de l'eau, des minéraux, de l'énergie non renouvelable, et génère des gaz à effet de serre et autres polluants.

La conclusion des études menées jusqu'ici peut surprendre: minimiser l'impact environnemental d'un objet ne passe pas toujours

### SI PRODUIRE DES RÉFRIGÉRATEURS POLLUE...

Leur fabrication consomme de l'eau, des minéraux, de l'énergie non renouvelable, émet des gaz à effet de serre, de l'ozone et des produits toxiques.



par l'allongement de sa durée de vie.

Deux types d'objet se démarquent: ceux dont l'impact se concentre au moment de leur fabrication, et ceux qui marquent la planète de leur empreinte pendant leur utilisation. Ce sont ceux-là qui pourraient gagner à être renouvelés régulièrement, dans la mesure où les nouveaux modèles consomment moins.

### DES COMPROMIS TECHNIQUES

Ainsi, détaille Eric Vidalenc, de l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (Ademe), "à condition de recycler, il peut être avantageux sur le plan énergétique d'acheter un nouveau réfrigérateur 'A++': les modèles récents consomment 170 kWh/an contre 320 pour le parc moyen actuel". Selon une

enquête de l'Ademe publiée en 2012, le renouvellement, en France, de l'ensemble du gros électroménager (congélateurs, réfrigérateurs, lave-linge et lave-vaisselle) permettrait de réduire l'impact environnemental d'au moins 20 % – hors déchets. De son côté, une étude parue en 2003 dans le *Journal of Engineering Manufacture* établissait la durée de vie optimale d'un lave-vaisselle à 8,3 ans, quand l'âge moyen des équipements français est de 11 ans.

Autre cas emblématique: la voiture à essence, dont la consommation de ressources se concentre à 83 % pendant son utilisation.

Quant à l'ordinateur, il consomme autant d'énergie lors de sa fabrication que quand il est en activité, et sa voracité en matières premières est problématique.



### ... EN CHANGER PERMET D'ÉCONOMISER BEAUCOUP D'ÉNERGIE

Les modèles récents A++ consomment deux fois moins d'électricité : 170 kWh/an contre 320 pour le parc moyen actuel.

Bien entendu, il existe une foule d'objets – du téléphone portable à la voiture électrique en passant par les vêtements – pour lesquels l'allongement de la durée de vie serait bénéfique. Encore faut-il remarquer que cette quête de longévité est semée de compromis techniques. A l'exemple de feu l'ampoule à incandescence, explique Eino Tetri, spécialiste du sujet à l'université d'Aalto (Finlande), “*dont l'allongement de la durée de vie, par le renforcement du filament, se faisait au détriment de la luminosité émise. Dans de telles conditions, il devient difficile de faire un choix*”.

La question de l'obsolescence se joue décidément au-delà des discours simplificateurs. **Vincent Nouyrigat**

EDI 31 OCTOBRE 2014

breton, sociologue, y voit un exutoire de la virilité adolescente auquel elles on peine à que ce soit. "Quand on a con- ronner des photos, on a essayé de voi- s étaient prises ailleurs pour donner les a- co", assure Clément. Sur Twitter, les mêmes lés dominent la France ont été très en vogue la se- mer

lorsque de style jockes dans les- l'action pour alimenter de nouvelles formes d'héroïsme. Il s'agit d'afficher ses actes et non plus d'en parler. L'inten- sion est de produire une image choc et de s'en glorifier, celle-ci atteste de l'ex- plot et vaut une renommée à qui la produit, de même que la et n'ont pas et aux yeux. Le souci de per- de sollicité face à les moments n'pas. Jour, d'après est dissimilé les adop- clown illustrati Pour faire ..

**La rumeur se nourrit avec succès du réel : chaque article de presse consacré à l'arrestation d'un nouvel individu grimé légitime les affirmations les plus fantaisistes.**

## Attaques de clowns violents

# Pourquoi les clowns font-ils si peur ?

La peur s'est rapidement diffusée dans toute la France : des clowns arpenteraient les rues, agressant les passants. Quelles sont les raisons de cette propagation virale ? Pourquoi le clown a-t-il déclenché une telle psychose ?

Si les réseaux sociaux ont décuplé l'ampleur du phénomène – nombre d'études montrent l'efficacité d'Internet pour accélérer la propagation des rumeurs –, la peur est avant tout due au clown lui-même.

D'abord pour une raison psychologique : même si le nez rouge, le sourire constant et les grands yeux sont dessinés pour être drôles, des travaux ont montré qu'il n'y a rien de plus effrayant

que ce qui semble humain et qui ne l'est pas. “*C'est la théorie de la 'vallée dérangeante'*\*, proposée par le roboticien Masahiro Mori, précise Christina Ioannou, à l'Ecole normale supérieure. *Les clowns, comme les poupées ou les robots androïdes, mêlent caractères humains et non humains, ce qui crée un sentiment de peur et de répulsion.*”

De cette réaction spontanée découle un phénomène culturel : au cours de l'histoire, le clown a subi une sorte de transformation, par exagération progressive des traits, jusqu'à être détourné de sa fonction initiale. Ce rustre rigolo – en anglais, *clown* signifie aussi “plouc”, “camp-

gnard” – est devenu agressif. “*Ce personnage moqué a été amené à se venger d'une société qui le repousse. Et l'habit qu'il revêt le protège, en rendant impossible l'attribution de responsabilité*, explique Guillaume Dezecache, à l'université Saint-Andrews, en Ecosse. *Exclusion sociale et anonymat : l'imaginaire collectif créé à partir de ces éléments une figure antisociale.*”

Auteurs et cinéastes l'ont compris. Du Bouffon vert des *comics* au roman *Ça* de Stephen King, en passant par le Joker de *Batman*, rien de plus efficace qu'un clown pour incarner un sociopathe. **Mathilde Fontez**

\*Dite aussi “vallée de l'étrange”, voir S&V n° 1166, p. 64.

### Le rappel des faits

**Le 10 octobre**, un clown poursuit des passants à Périgueux. Dans la foulée, des plaintes sont déposées dans le Pas-de-Calais.

**Le 22 octobre**, les réseaux sociaux parlent d'invasion de clowns méchants, des milices se forment.



▲ Les clowns mêlent caractères humains et non humains, créant un sentiment de répulsion baptisé, en psychologie, “vallée de l'étrange”.

désormais de rouvrir des dossiers non résolus. Un laboratoire de ces experts du commun nous a ouvert ses portes.

Lyon (Rhône) de nos envoyés spéciaux

REPÈRES

**LE FNAEG**

C'EST LE LABO de chance. Celui où les mystères criminels

Voté en 1998 pour les infractions sexuelles, le Fichier national automatisé des

Par PATRICIA TOURANCHI

**L**es cold cases, ces affaires restent pas toujours sans solution. Parmi celles d'aujourd'hui

**Jacques R. a été**

**identifié après plus de quinze ans**

de six marqueurs afin de la comparer aux profils du fichier, explique Estelle Davet, chef du service central d'identité judiciaire de la Sous-direction de la police technique et scientifique. Cette nouvelle technique d'aide

Affaire des "disparues de l'A6"...

# L'ADN aide à résoudre de plus en plus d'affaires criminelles

Quatre mille affaires criminelles ne sont toujours pas résolues depuis une trentaine d'années en France... Un chiffre que la police judiciaire et l'Office central pour la répression des violences aux personnes entendent faire baisser en réétudiant régulièrement les vieux dossiers.

Leur obstination paie de plus en plus: rien qu'en octobre

dernier, des affaires de plus de vingt ans, celles des "disparues de l'A6" ou des "disparues de Perpignan", ont ainsi connu de nouvelles avancées à la suite du réexamen de leurs scellés.

Pourquoi? Parce que les techniques progressent: analyses plus fines et détection de traces biologiques jusque-là invisibles; établissement

de profils génétiques avec toujours moins de matériel biologique; comparaison avec le fichier national automatisé des empreintes génétiques, en pleine expansion... Les avancées de la science repoussent les limites des enquêteurs. **Emilie Rauscher**

B.BOURGEOIS

## Même anciens, les scellés judiciaires demeurent exploitables

### Les cellules biologiques restent piégées...

... dans les tissus naturels (ici, le coton)



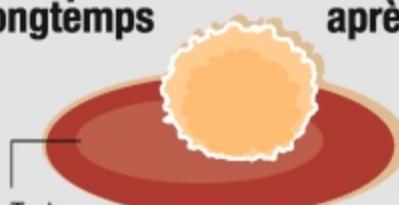
Cellule de 100 µm à l'échelle

... dans les matériaux rugueux (ici, le bois)



Cellule de 100 µm à l'échelle

### Elles peuvent révéler des informations longtemps après les faits



Tache de sang



Tache de sperme



Verre avec des traces de salive



Cellules sanguines  
**20 à 30 ans**

Spermatozoides  
**15 ans**

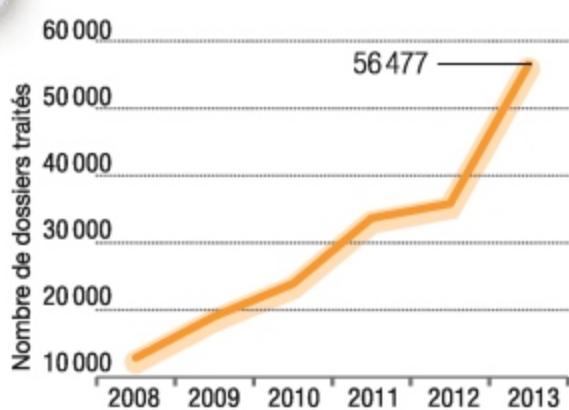
Cellules buccales  
**20 ans**

Autres cellules (peau...)  
**15 à 30 ans**

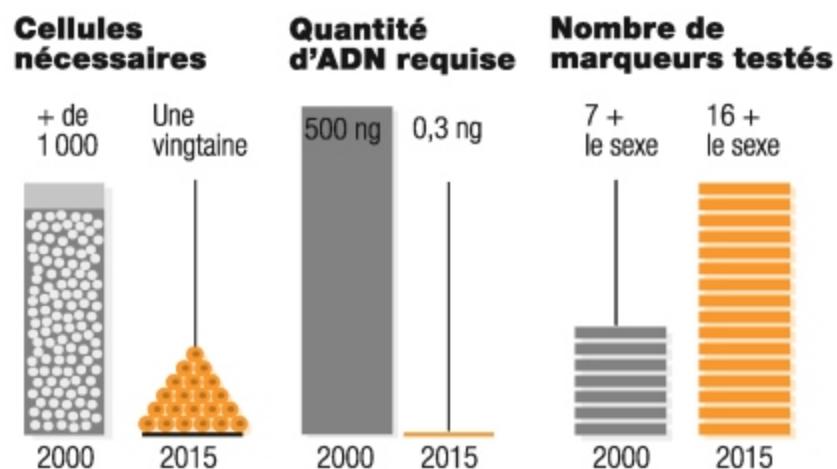


## L'analyse de l'ADN n'a jamais été aussi efficace

### La capacité de traitement des échantillons grimpe en flèche



### La sensibilité de l'analyse est devenue extrême



### Les échantillons biologiques sont mieux conservés et plus longtemps

A horizontal bar chart illustrating the increasing time of biological sample preservation over time. The x-axis represents time, and the bars are composed of small orange squares.

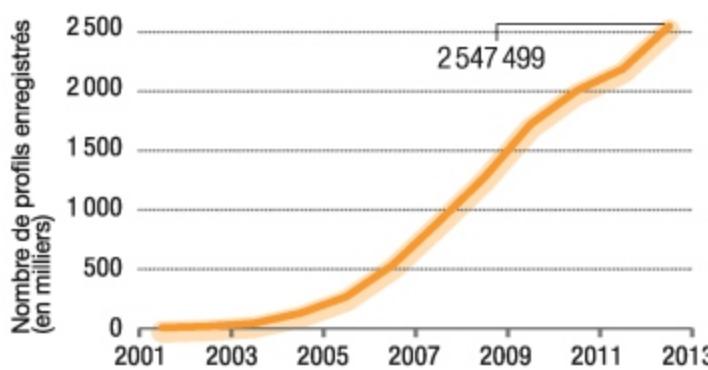
Période de conservation	Définition
6 mois	Temps de conservation maximal des scellés d'affaires classées
25 ans	Temps de conservation des scellés biologiques de suspects jamais condamnés
40 ans	Temps de conservation des scellés de personnes condamnées, disparues...
Illimité	Temps de conservation des scellés d'affaires en cours d'instruction

# 30 mille

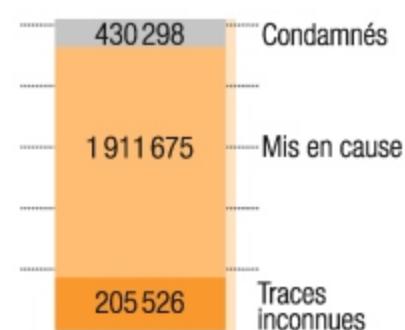
C'est le nombre de scellés ayant donné lieu à un profil génétique conservés par le Service central de préservation des prélèvements biologiques.

### Le fichier de profils génétiques est en pleine expansion

#### Sa taille a été multipliée par 70 en dix ans

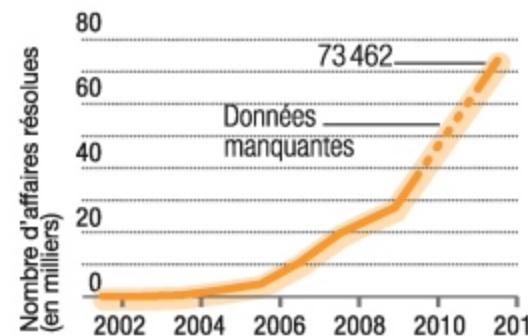


Origine des profils génétiques enregistrés



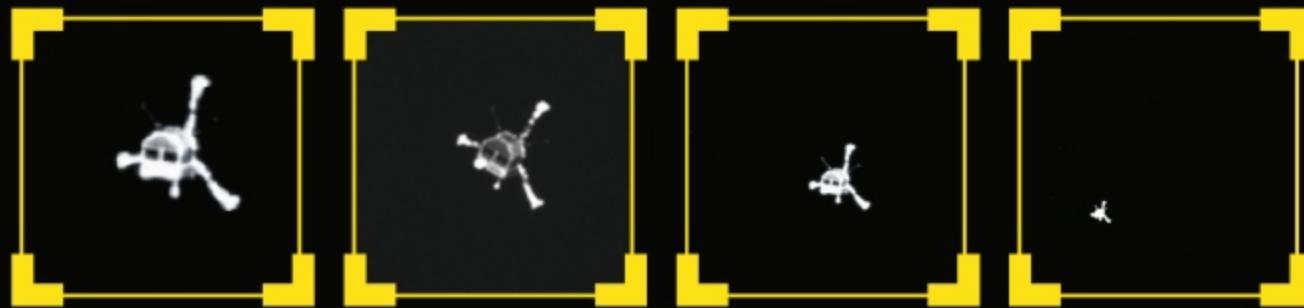
### Il permet d'avancer dans plus de 24 000 affaires chaque année

La comparaison de profils génétiques a permis de réaliser, en 2014, quelque 125 000 rapprochements d'affaires en France. Au niveau européen, l'interrogation des bases de données de 13 pays a permis de relier 6 500 affaires en quatre ans.



# Exploit de Rosetta

*Et pourtant rien ne s'est passé*



Le monde entier a suivi, en direct, ce rendez-vous historique : le 12 novembre dernier, la sonde *Rosetta* larguait le robot *Philae* sur la comète 67P/Tchourioumov-Guérassimenko. Sept heures et demie plus tard, la nouvelle parvenait aux Terriens : pour la première fois, un engin humain s'était posé sur une comète. Un exploit qui a permis d'analyser les roches, poussières et gaz primordiaux de ces vestiges de la formation du système solaire. Mais tout ne fut pas simple. Loin de là ! Entre imprévus et pépins, retour sur soixante-cinq heures au cours desquelles le génie de l'improvisation des scientifiques n'a eu de cesse de repousser les limites pour finalement réaliser l'exploit.

Par **Benoît Rey**



comme prévu

ESA/Rosetta/Navcam/Damia Bouic

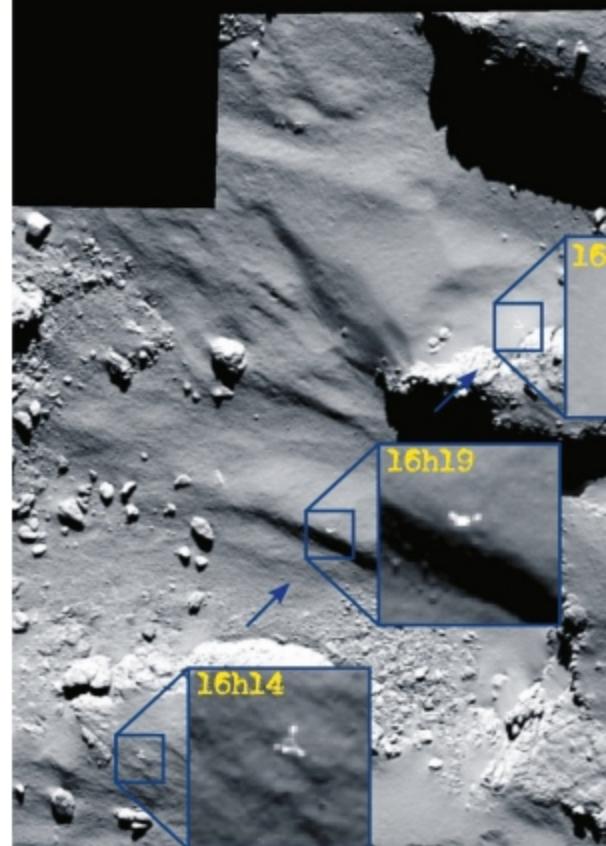
### Faits et chiffres

Lancée le 2 mars 2004, la sonde *Rosetta* a atteint le 6 août dernier la comète 67P/Tchourioumov-Guérassimenko, à 510 millions de km de la Terre. Témoin des origines du système solaire, ce corps céleste plus noir que du charbon mesure 3 km sur 4, file autour du Soleil à 66 000 km/h et fait un tour sur lui-même toutes les 12 h 43. Il a une densité plus de deux fois inférieure à celle de l'eau et la gravité y est 100 000 fois plus faible que sur Terre.

## Événement



12 novembre - 15h38 Descente



12 novembre - 07h50

### PREMIER PROBLÈME

Le feu vert vient d'être lancé depuis le centre de commande de l'Agence spatiale européenne, à Darmstadt, en Allemagne. Dans vingt-huit minutes, le signal parviendra à la sonde Rosetta, qui larguera à 9h35 le petit robot Philae depuis son orbite, à 22,5 km au-dessus de la comète. C'est parti pour plus de sept heures de descente et de suspense. Tout marche à merveille... excepté le système destiné à plaquer le robot au sol lors de l'atterrissement pour éviter qu'il ne rebondisse, tant la gravité est faible. Mais les ingénieurs ne s'inquiètent pas : deux harpons seront tirés automatiquement et des fixations de sécurité sont nichées au creux de chaque pied de l'atterrisseur.

12 novembre - 12h05

### JUSQU'ICI TOUT VA BIEN...

Des applaudissements retentissent au Sonc de Toulouse, le centre où sont traitées les données scientifiques en provenance de Philae. Les premières

données confirmant la séparation viennent d'arriver. Le robot est en train de tomber dans l'espace à la vitesse d'un marcheur – un mètre par seconde.

12 novembre - 17h03

### ATTERRISSAGE RÉUSSI !

C'est l'explosion de joie au centre de commande de Darmstadt. Les dirigeants de la mission exultent : les accéléromètres fixés dans les pieds de Philae viennent de confirmer l'atterrissement... vingt-huit minutes plus tôt. A Paris, dans l'amphithéâtre de la Cité des Sciences, où François Hollande et des responsables français de la mission suivent l'événement sur grand écran, l'assistance se lève. Chercheurs, officiels, anciens astronautes, chacun y va de son discours. Pour la première fois, un engin humain a atterri sur une comète !

12 novembre - 17h04

### "TOUT EST PERDU!"

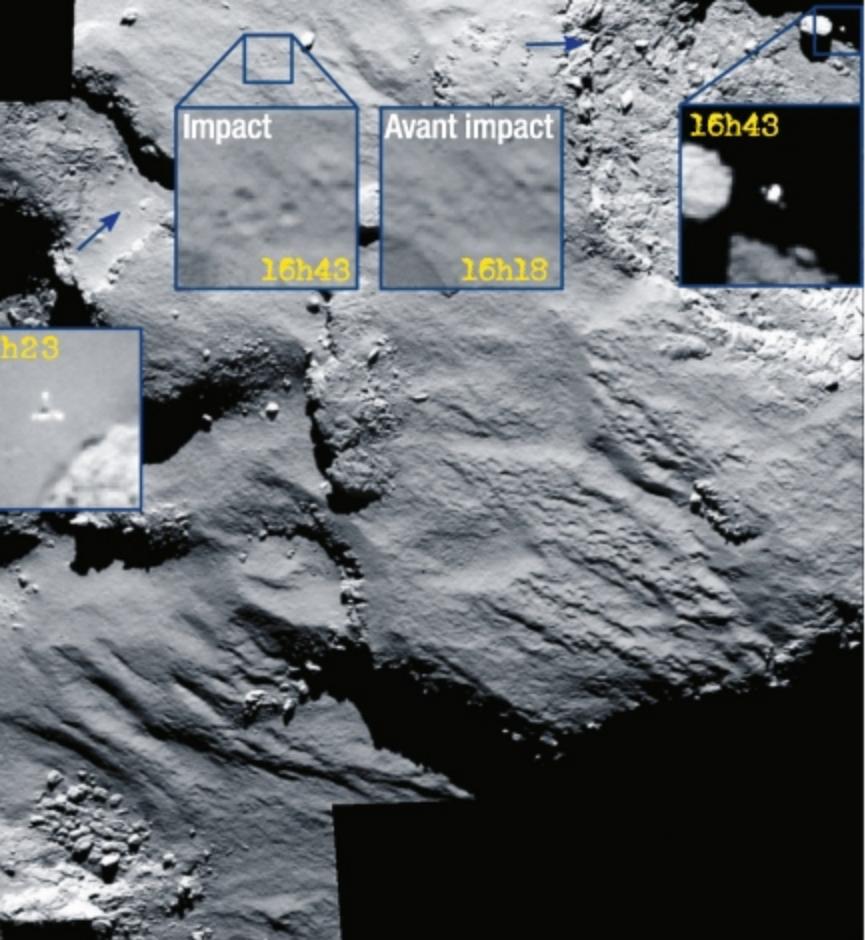
Une vague d'angoisse envahit le Sonc. Les courbes d'énergie provenant des panneaux

solaire fluctuent alors qu'elles devraient être parfaitement constantes. Le panorama de la comète pris par les caméras de Philae arrive... Il est totalement flou. Cela ne peut signifier qu'une chose : le robot dérive. Les harpons ne se sont pas déclenchés. "On s'est dit alors que tout était perdu", raconte Dominique Hallouard, ingénieur de planification des opérations scientifiques au Cnes.

12 novembre - 18h57

### MAIS OÙ EST PHILAE ?

Rosetta passe sur l'autre face de la comète. Le contact avec Philae est coupé, comme ce sera le cas toutes les douze heures et quarante minutes. Les ingénieurs du centre des commandes techniques, à Cologne, font le bilan des données transmises pendant la descente. Systèmes d'ancre, gaz, harpons, vis... tout a échoué. Philae semble s'être arrêté de dériver juste avant la perte de contact, mais on n'a aucune idée ni de sa localisation, ni de sa position, ni de sa stabilité. On ne connaît pas l'ensoleillement



Soulagement au centre de commande de Darmstadt

12 novembre - 17h03

dont il bénéficie, et on ne sait pas si les expériences scientifiques seront possibles.

**13 novembre - 01h30**  
**ORGANISER UN PLAN B**

L'heure est grave à Darmstadt. Les responsables se réunissent. L'atmosphère est tendue. Il faut abandonner le plan initial et... improviser. Le forage prévu pour le lendemain est trop risqué: il risquerait de faire chavirer le robot, qui serait alors perdu pour de bon, si ce n'est déjà fait. Les autres expériences motorisées sont également reportées. Dès le retour de visibilité, les ingénieurs déclencheront les mesures de poussières, de température et de champ magnétique, et se serviront du panorama photo pour tâcher de comprendre où diable Philae a atterri.

**13 novembre - 07h40**  
**ON A RETROUVÉ PHILAE!**

A Toulouse, l'espoir renaît. Les premières données affluent, enregistrées pendant la nuit

par le radar, le magnétomètre et les accéléromètres. Philae est sain et sauf! Il a rebondi une première fois, remontant à une altitude de plusieurs centaines de mètres avant de retomber deux heures plus tard et de rebondir plus mollement une seconde fois. Il s'est finalement arrêté dans une zone accidentée, à 1 kilomètre de son point de chute initial.

**13 novembre - 07h59**  
**EN ÉQUILIBRE INSTABLE**

A Darmstadt, le panorama s'affiche enfin sur l'ordinateur de Jean-Pierre Bibring, responsable des 7 caméras Civa (voir photo p. 46). Dans son dos, ses collègues exultent. *"On voit le pied d'un engin fabriqué par l'homme il y a quelques années, sur quelque chose fabriqué par la nature il y a 4,6 milliards d'années"*, s'enthousiasme le chercheur. La deuxième image montre le ciel. Le robot est donc de travers. Deux pieds touchent le sol, le troisième est bloqué en l'air. Sur les autres photos, Philae est entouré de petites falaises.

**13 novembre - 10h44**  
**BRANLE-BAS DE COMBAT**

Très mauvaise nouvelle: les calculs d'ensoleillement indiquent que Philae bénéficiera d'une heure et demie de jour toutes les 12 h 40, au lieu des six heures prévues. Pas sûr que cela soit suffisant pour recharger la batterie secondaire, reliée aux panneaux solaires qui tapissent le robot. Philae pourrait ne jamais se réveiller après l'extinction de sa pile primaire. Le compte à rebours est lancé. Il reste un jour et demi pour réaliser les expériences scientifiques.

**13 novembre - 22h46**  
**AVANCER À L'AVEUGLETTE**

Sur la comète, les deux premières expériences à risque vont commencer. L'instrument APXS doit s'approcher à 4 cm du sol et balayer la surface de rayons X pour en déduire sa composition chimique. Le marteau de Mupus doit quant à lui frapper la surface pour évaluer sa résistance mécanique et sa température interne. La phase →

## Evénement

→ préliminaire se passe sans accroc. Pendant une heure, le mécanisme chauffe. Le premier coup est sur le point d'être porté... lorsque le contact est perdu. Fin de la visibilité pour aujourd'hui.

14 novembre - 00h00

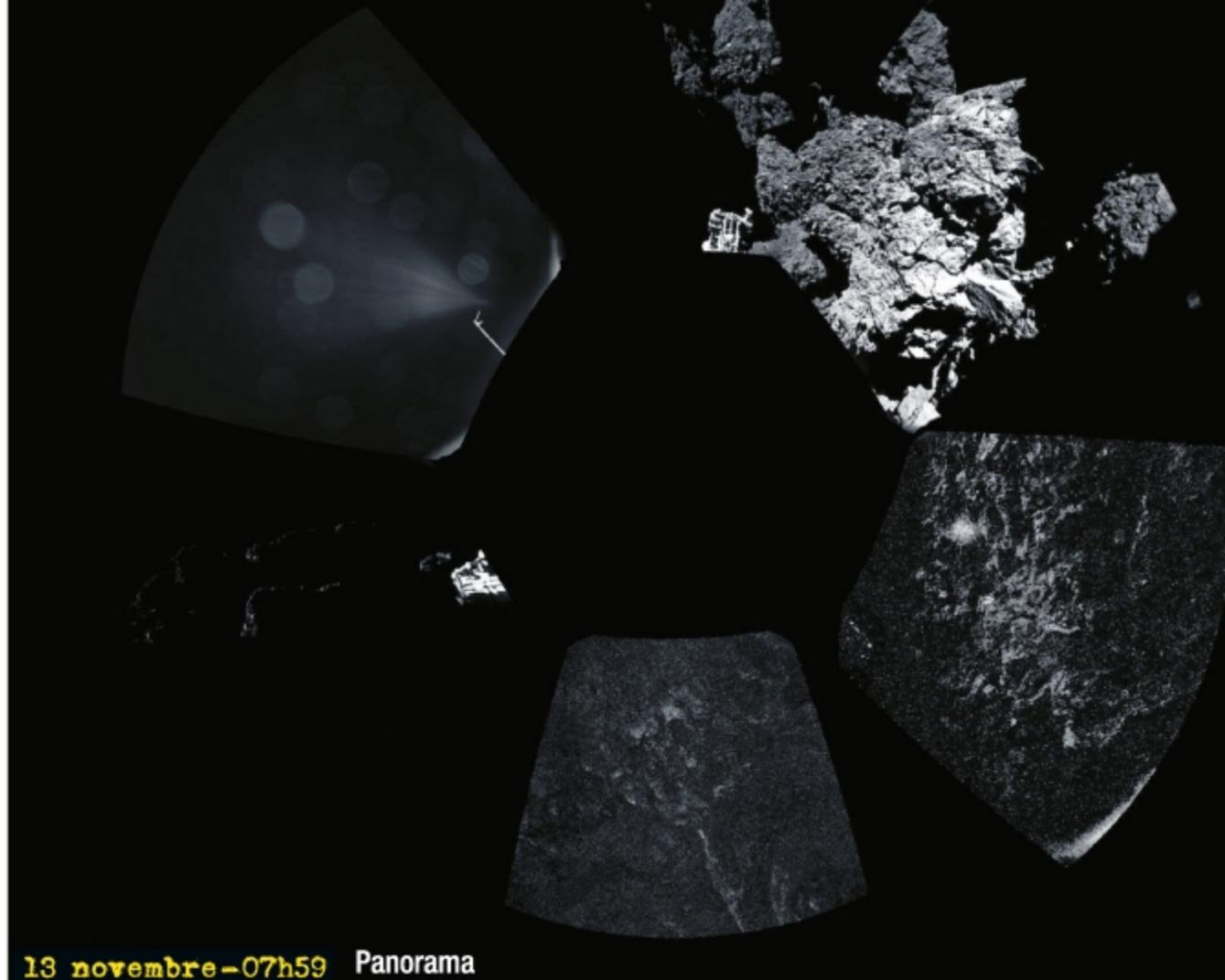
### PAS DE SECONDE CHANCE

La décision est prise. Demain matin, un unique forage sera effectué. La batterie n'en permettra pas deux. Le foret prélevera un échantillon de 40 mm<sup>3</sup> et le versera dans un four chauffé à 250 °C. Le spectromètre de masse Cosac mesurera sa composition en molécules organiques pour les comparer à celles qui ont été à l'origine de la vie sur Terre. L'autre expérience prévue, Ptolemy, devait analyser les gaz de l'échantillon. Elle est sacrifiée, jugée trop énergivore.

14 novembre - 10h32

### IMPOSSIBLE À PERCER ?

Le signal revient avec une triste nouvelle. Le cache de protection du spectromètre à rayons X ne s'est pas ouvert. L'expérience est un échec. En revanche, Mupus est en train de livrer ses résultats. Le percuteur a d'abord pénétré dans une couche de poussière d'une dizaine de centimètres. Il est ensuite tombé sur une surface tellement dure qu'il n'a pas réussi à la percer au-delà de quelques millimètres, et ce même en augmentant graduellement sa force de frappe. Au bout de sept minutes à pleine puissance, une surtension a fini par faire griller l'électronique. L'expérience n'aura duré que deux heures au lieu de douze... "Le sol de la zone d'atterrissement est dur



13 novembre - 07h59 Panorama

*comme une plaque de glace, et c'est une information en soi, se console le responsable de l'instrument, Tilman Spohn. Et puis... Philae ne semble pas avoir bougé d'un pouce. C'est de bon augure pour le forage."*

14 novembre - 13h14

### SUSPENSE...

L'expérience phare a démarré. Pour la première fois, le sol d'une comète va être foré. "On n'a rien programmé derrière afin d'être sûr qu'il reste assez de batterie pour transférer les résultats", explique Aurélie Moussi, responsable des opérations scientifiques embarquées. Durant plusieurs heures, le foret s'enfonce dans le sol, mais arrivé à 25 cm... plus rien. La liaison est de nouveau coupée.

14 novembre - 13h14

### LA PILE TIENT LE COUP

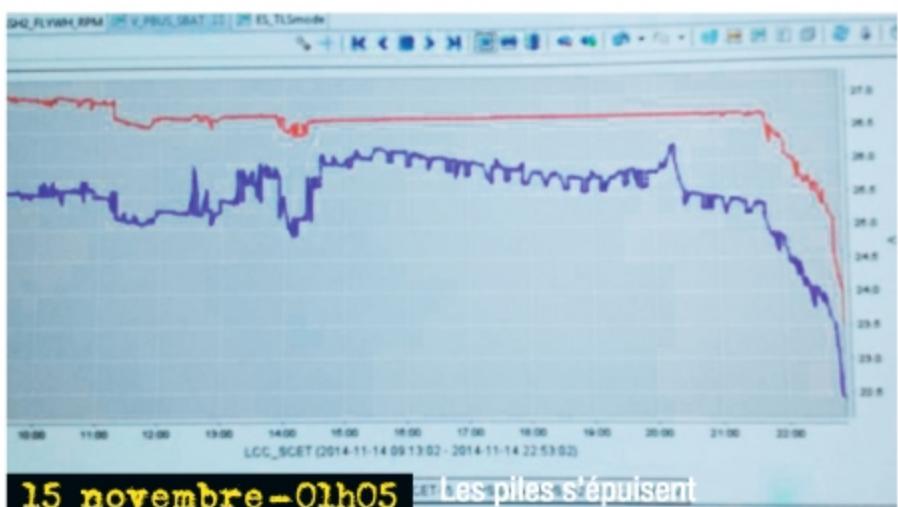
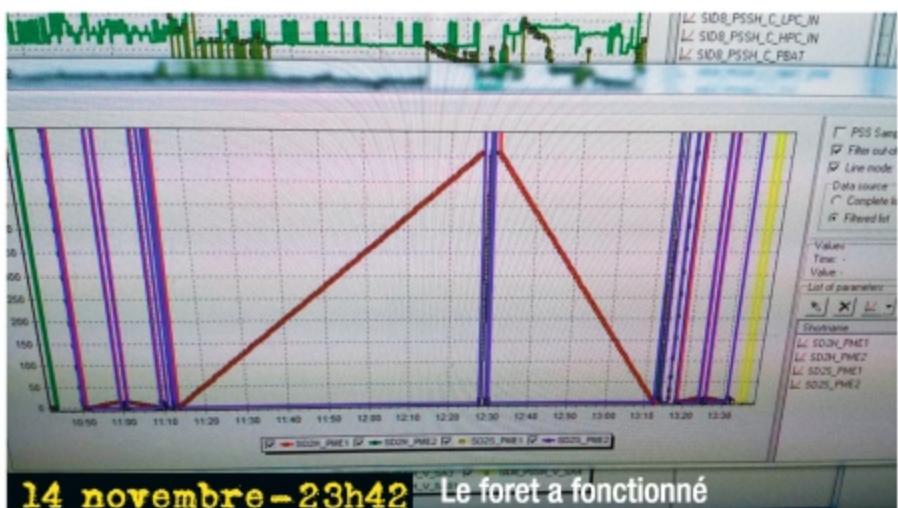
A Toulouse, les équipes en charge de la batterie reproduisent à l'identique le dérou-

lement des expériences sur une copie conforme de la pile de Philae. Ils viennent de recalculer ce qui lui reste d'autonomie: la pile se porte à merveille ! Non seulement son énergie devrait suffire pour transmettre les données du forage... mais on pourra même tenter de faire tourner Philae sur lui-même pour mieux l'exposer au soleil, et peut-être espérer le réveiller dans quelques semaines, une fois sa batterie secondaire rechargée.

14 novembre - 23h02

### UN FORAGE... À VIDE ?

La liaison est rétablie. Bonne nouvelle: le foret est descendu comme prévu à 46,9 cm sous le plancher du robot, le four a bien chauffé, Cosac a fonctionné. Oui, seulement... à vide, semble-t-il. Amalia Finzi, la responsable de la foreuse, ne parvient pas à savoir si le chauffage de l'échantillon n'a pas émis de gaz, ou si la très faible gravité a empêché



## La mission n'est pas terminée

Rosetta va continuer à escorter la comète vers le Soleil. Dans quelques semaines, l'énergie reçue par les panneaux solaires de Philae permettra peut-être de recharger sa batterie secondaire et de la réactiver. Le robot surchauffera certainement avant le 13 août prochain, jour où la comète atteindra le point de son orbite le plus proche du Soleil. Elle dégagera tellement de vapeur d'eau qu'elle s'emmouflera dans une atmosphère que Rosetta étudiera en détail depuis son orbite. En décembre, la sonde commencera à manquer de carburant. Les scientifiques décideront alors de la poser sur la comète ou de la laisser dériver dans l'espace...

qu'il ne se verse correctement dans le four. On en saura plus dans quelques semaines. Pour l'heure, il reste un soupçon d'énergie dans la batterie : il faut tenter la rotation du robot.

**14 novembre - 23h15**

### ENFIN UN PEU DE SOLEIL

Les ingénieurs commandent l'articulation du train d'atterrissement de Philae. Le robot se met en branle, se soulève de 4 cm et se tourne de 25°. C'est un franc succès ! Philae devrait recueillir 50 % de plus de puissance solaire.

**14 novembre - 23h34**

### DERNIÈRES EXPÉRIENCES

La pile est increvable ! Contrairement aux attentes, l'atterrisseur continue d'émettre. Les scientifiques se paient le luxe d'une analyse des gaz avec Ptolemy, d'une photo du sol sous Philae grâce à la caméra Rosalind, et même d'une ultime mesure radar.

**15 novembre - 01h05**

### SILENCE RADIO

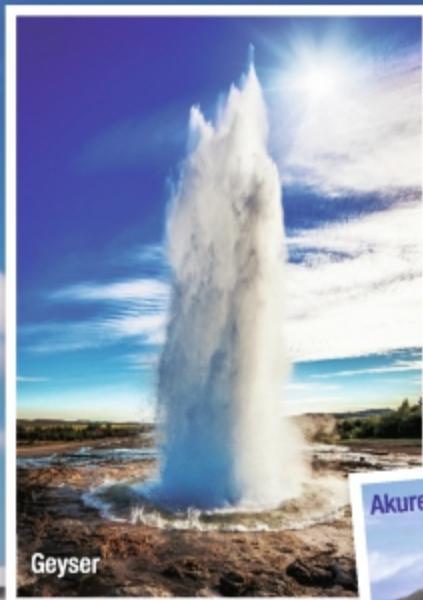
Brutale chute de tension à bord de Philae. La pile lâche. Les dernières données arrivent en provenance du radar. Puis c'est le silence. En Allemagne comme à Toulouse, les ingénieurs sont épuisés. "Chaque nuit aura été une nuit de crise", résume Jean-Pierre Bibring. Après un dernier briefing, ils relâchent enfin la pression. Le chapitre le plus délicat de la mission est achevé. Philae a atterri sur une comète, où il a recueilli une foison de données. Dans les différents centres de contrôle, on sort le champagne.

A voir : les images prises par les caméras de Rosetta et Philae.

A suivre : les dernières nouvelles de la mission sur le blog de l'ESA.

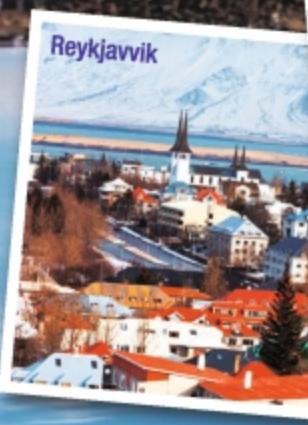
**EN SAVOIR PLUS**

science-et-vie.com



Geyser

Akureyri



Reykjavik



# FAITES ROUTE VERS L'ISLANDE

## Terre de feu et de glace

DU 20 JUIN AU 4 JUILLET 2015

EN PARTENARIAT AVEC :



**Yves Lancelot**  
Océanographe

**Hervé Leyrit**  
Vulcanologue

### LE PROGRAMME DE CETTE CROISIÈRE EXCEPTIONNELLE :

- **Yves Lancelot**, océanographe, abordera la naissance de l'Atlantique et la circulation océanique.
- **Michel Tognini**, astronaute, nous contera l'historique des vols habités et la gestion des missions spatiales.
- **Hervé Leyrit**, vulcanologue et docteur en géologie vous dévoilera « La vie d'un volcan, entre construction et destruction » ainsi que « La Terre active : que risquons-nous ? » séisme, éruption volcanique, tsunami, peut-on prévoir ces phénomènes et leurs conséquences ?

Et d'autres conférences et moments d'échanges en compagnie de **Michel Chevalet**, votre maître de cérémonie et de **Matthieu Villiers**, directeur de la rédaction de **Science & Vie**, à découvrir dans la brochure.



**Matthieu Villiers**  
Directeur de la rédaction  
de **Science & Vie**

**Michel Chevalet**  
Maître de cérémonie

**Michel Tognini**  
Astronaute

DES EXCURSIONS SPÉCIALES SCIENCE & VIE CONÇUES SUR MESURE VOUS SERONT ÉGALEMENT PROPOSÉES !

**2590€**

**EN PENSION COMPLÈTE**

Au départ d'Amsterdam

Prix TTC /pers. en cabine double cat. IC.

Forfait de séjour à bord inclus

Forfait boissons à table inclus



## LES POINTS FORTS DE VOTRE CROISIÈRE

- ✓ Un itinéraire **spectaculaire** : magie de l'Islande, secrètes îles Féroé et les fougueuses îles Shetland !
- ✓ Des conférences exceptionnelles tous les jours.
- ✓ Des rencontres avec ceux qui réalisent chaque mois votre magazine.
- ✓ Un **tarif exclusif** pour nos lecteurs incluant les boissons aux repas.



**RENSEIGNEMENTS & RESERVATION AU :** **01 41 33 57 57**

Du lundi au vendredi de 8h à 19h et le samedi de 9h à 19h (prix d'un appel local)

OU SUR LE SITE : <http://islande.scienceetvievoyages.com>

En précisant  
le code avantage :  
**“SCIENCE ET VIE”**

Complétez, découpez et envoyez ce coupon à SCIENCE & VIE CROISIÈRES - CS 50273 - 27092 EVREUX CEDEX 9

**OUI, JE SOUHAITE RECEVOIR GRATUITEMENT ET SANS ENGAGEMENT LA DOCUMENTATION COMPLÈTE de la croisière ISLANDE proposée par Science & Vie Croisières.**

Mme  M. Nom :

Prénom :

Adresse :

Code postal : \_\_\_\_\_ Ville : \_\_\_\_\_

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

Tél. : \_\_\_\_\_ Email : \_\_\_\_\_

**Oui je souhaite bénéficier des offres de Science & Vie et de ses partenaires. Avez-vous déjà effectué une croisière (maritime ou fluviale)  OUI  NON**

Conformément à la loi "Informatique et Liberté" du 6 janvier 1978, nous vous informons que les renseignements ci-dessus sont indispensables au traitement de votre commande et que vous disposez d'un droit d'accès, de modification, de rectification des données vous concernant. Cette croisière est organisée en partenariat avec Costa Croisières : Costa Croisière S.p.A, France - Atout France 092100081. Science & Vie est une publication du groupe Mondadori France, siège social : 8 rue François Drey - 92543 Montrouge Cedex. Crédit photo : © iStock : Mlenny - Powerofforever - Dieter Meryl. © Costa Croisières.

**SCIENCE & VIE**  
**CROISIÈRES**

C15SV1D

**Costa**

# ACUPUNCTURE OSTÉOPATHIE HOMÉOPATHIE PHYTOTHÉRAPIE CHIROPRAXIE HYPNOSE AURICULOTHÉRAPIE RÉFLEXOLOGIE MÉDITATION

## LE B.A. BA des médecines alternatives

Très hétéroclites, ces thérapies se définissent par opposition à la médecine dite "conventionnelle", celle qui fait l'objet d'une reconnaissance internationale chez les professionnels de santé et qui se base, depuis le XIX<sup>e</sup> siècle, sur la démarche scientifique pour distinguer l'efficace de l'inopérant, le dangereux de l'inoffensif. Les thérapies appelées alternatives ou complémentaires – selon qu'elles remplacent ou complètent les pratiques modernes – trouvent le plus souvent leur origine dans les médecines traditionnelles qui reposent, rationnellement ou non, sur des théories et des croyances propres à chaque culture.

# MÉDECINES ALTERNATIVES

*CELLES QUI MARCHENT  
CELLES QUI NE MARCHENT PAS*

À LA  
UNE

Elles sont désormais pléthoriques : plus de 400 recensées en France. Et de plus en plus de Français – jusqu'à 40 % – affirment y avoir recours pour se soigner, peu ou prou. Pas de doute, les médecines "alternatives", "douces" ou "traditionnelles" ont le vent en poupe. De quoi reposer la question de leur efficacité – mais avec de nouveaux outils d'analyse ! Car contrairement à ce qu'affirment les praticiens, homéopathie, acupuncture, ostéopathie et autres auriculothérapie peuvent désormais être scientifiquement évaluées, tout autant que n'importe quel médicament. La preuve avec huit d'entre elles. Verdict ? Nous vous laissons le découvrir...

*PAR MARIE-CATHERINE MÉRAT,  
CAROLINE TOURBE ET CORALIE HANCOCK*

**A**cupuncture, homéopathie, ostéopathie, phytothérapie, réflexologie, magnétothérapie...

Peut-être avez-vous déjà eu recours à l'une ou l'autre de ces pratiques pour soigner une migraine chronique, des problèmes de digestion ou comme ultime tentative pour arrêter de fumer.

Peut-être même votre médecin vous a-t-il proposé quelques séances d'acupuncture ou prescrit des granules d'homéopathie pour soulager un mal de dos récalcitrant ou traiter une allergie.

Il faut dire que ces pratiques ont aujourd'hui le vent en poupe. D'autant que leur offre thérapeutique est vaste, à l'image de leurs multiples intitulés: tantôt on les appelle médecines "douces", "naturelles" ou "traditionnelles" – en fonction des principes qui les soutiennent –, tantôt elles sont dites "alternatives" ou encore "complémentaires", selon qu'elles sont utilisées à la place ou en complément de soins classiques.

Rien qu'en France, elles seraient au nombre de 400. Au risque de la confusion ? Plutôt de leur succès.

Les chiffres sont éloquents : plus de 4 Français sur 10 déclarent se tourner vers elles pour se soigner. Selon un rapport du Centre d'analyse stratégique (CAS), l'engouement ne se limite pas aux frontières de notre pays. 70 % des habitants de l'Union européenne y ont recours au moins une fois dans leur vie, et 25 % les utilisent au moins une fois chaque année.

Avec raison ? La question est essentielle. Car si les médicaments nous soignent, ils ne permettent pas de traiter tous les maux. Qui plus est, ils ne sont pas exempts de contre-indications, ni d'effets secondaires. Sans compter leur part d'ombre, faite de scandales, de pressions financières des laboratoires, de prescrip-

## CELLES QUI SE FONDENT SUR LA MANIPULATION DU CORPS...

**OSTÉOPATHIE  
21 800**

C'est le nombre d'ostéopathes diplômés qui exercent aujourd'hui en France.

**ACUPUNCTURE  
10 000**

C'est le nombre d'acupuncteurs diplômés. Mais des milliers exercent sans diplôme.



tions abusives (S&V n° 1030, n° 1065, n° 1122). De quoi susciter méfiance et réserves.

Dans ces conditions, se soigner autrement peut avoir, sur le papier, tout pour séduire et rallier les suffrages.

A condition de pouvoir démêler le vrai du faux. Car il en va ici de la santé de chacun. Or, en dépit de ratés parfois dramatiques et spectaculaires, la

médecine conventionnelle s'appuie sur des procédures éprouvées et des résultats reproductibles, gages de son efficacité. Qu'en est-il alors des autres pratiques qui, en tournant le dos à la part d'ombre de la médecine conventionnelle, tournent aussi le dos à ce qui fait son succès ? En un mot, sont-elles efficaces ? Et à quel point ?

Problème : en se définissant justement par opposition à la médecine conventionnelle, ces pratiques prétendent s'affranchir aussi de toute démarche scientifique de validation. Se prétendant non démontrables de façon objective, elles se réfèrent à des lois naturelles méconnues, oubliées ou héritées de savoirs ancestraux et, pour la plupart, fonctionnent au cas par cas, arguant autant d'un savoir-faire spécifique à chaque praticien que de la singularité de chaque patient, irréductible par définition.

En substance, elles échapperaient à la rationalité scientifique, laquelle est donc incapable de les appréhender



## CHIROPRAKIE **700**

C'est le nombre de chiropracteurs diplômés en activité dans notre pays.

pour ce qu'elles sont. Et encore moins de les évaluer... Tel est le discours dominant chez les tenants – mais aussi chez les patients – des médecines alternatives.

### UN EFFET PLACEBO BIEN IDENTIFIÉ

Sauf que cette frontière entre science moderne et savoirs naturels est artificielle.

Au vrai, les médecines alternatives peuvent tout à fait passer l'épreuve de la science. Et cela en relevant plusieurs défis, qui permettent enfin aujourd'hui d'y voir plus clair.

Premier défi : apporter la preuve que les bénéfices qui leur sont associés ne sont pas uniquement dus à un effet placebo – lequel a été scientifiquement prouvé et même visualisé par imagerie cérébrale. Autrement dit, la part de guérison constatée chez les patients est-elle liée à la seule perception – consciente ou non – des nombreux facteurs liés à l'intervention thérapeutique (relation avec le praticien, qualité perçue du traitement proposé...) plutôt qu'à l'effet spécifique du traitement ?

# LES MÉDECINES ALTERNATIVES EN FRANCE SONT...

## ... TRÈS NOMBREUSES

**400** C'est le nombre de pratiques non conventionnelles à visée thérapeutique proposées en France.

## ... LARGEMENT UTILISÉES

**40 %** des Français ont recours aux médecines dites alternatives. Les trois plus utilisées sont l'homéopathie, suivie de près par l'ostéopathie et la phytothérapie (remèdes à base d'extraits de plantes).

## ... JUGÉES TRÈS EFFICACE

**78 %** des personnes interrogées jugent efficaces ces remèdes lorsqu'ils sont utilisés en prévention.  
(Source : sondage Ifop pour Pasteur Mutualité)

**72 %** des sondés estiment que, même dans le cas du cancer, les médecines complémentaires sont importantes en plus des traitements médicaux.  
(Source : sondage 2014 pour l'Institut Curie)

## ... TRÈS PRÉSENTES DANS LES INSTITUTIONS MÉDICALES

**16 CHU** sur 29 proposent des consultations en médecines complémentaires (Besançon, Bordeaux, Dijon, Limoges, Lyon, Marseille, Montpellier, Nancy, Nice, Nîmes, Orléans, Reims, Rennes, Rouen, Toulouse, Tours). Il s'agit principalement de : toucher massage (14), hypnose (11), acupuncture (10), relaxation (9) et ostéopathie (6).  
(Source : AP-HP)

La question est déterminante. Car la puissance de l'effet placebo est telle qu'il peut, à lui seul, améliorer l'état de santé d'un malade. Les études qui le montrent s'accumulent (voir notre numéro "Guérir par la pensée", *S&V* n°1153, octobre 2013). Terminé donc, le temps où il était vu comme un simple phénomène "psychologique", sous-entendu inexistant, rien d'autre qu'une vue de l'esprit. Non, aujourd'hui, les modifications biologiques engendrées par l'effet placebo sont telles qu'il est de plus en plus sérieusement étudié.

D'ailleurs, prouver qu'un traitement est capable de le surpasser n'est pas du tout une exigence réservée aux seules pratiques alternatives. C'est aussi la base de l'évaluation de la médecine conventionnelle. Et pour cela, elle peut compter sur un outil redoutablement efficace : "l'essai clinique randomisé en double aveugle". Le *gold standard* de l'évaluation !

Pour prendre le cas des médicaments, une fois une molécule découverte, un essai est conduit sur des participants répartis aléatoirement dans deux groupes – c'est l'étape de →

## Que dit la loi ?

En France, il n'existe pas de loi qui encadre la totalité des médecines alternatives. Leur grande majorité n'est pas non plus réglementée. Parmi les exceptions, citons l'homéopathie, qui ne peut être prescrite que par les professions médicales ayant reçu un diplôme qualifiant. L'ordre national des médecins reconnaît aussi les expertises en acupuncture, homéopathie, médecine manuelle (ostéopathie et mésothérapie). Depuis 2002, la loi Kouchner réglemente la pratique des ostéopathes et des chiropracteurs, qui sont formés dans des centres agréés par le ministère de la Santé. Il n'y a pas d'obligation légale pour les thérapies alternatives proposées dans des institutions de santé, et là encore la situation varie. A Paris, l'AP-HP demande aux professionnels d'être titulaires d'un diplôme agréé par un comité interne. De manière générale, les praticiens non médecins peuvent être poursuivis pour "exercice illégal de la médecine".

## CELLES QUI SE FONDENT SUR UNE ACTION DE L'ESPRIT SUR LE CORPS...



**HYPNOSE  
1 400**

C'est le nombre d'hypnothérapeutes qui ont obtenu un diplôme universitaire.

→ la randomisation. Dans un second temps, un groupe reçoit le véritable médicament, tandis que le second se voit administrer un traitement placebo, *a priori* parfaitement identique (forme, couleur...), mais ne contenant aucun principe actif. L'essai est idéalement mené lorsque les patients n'ont aucun moyen de savoir à quel groupe ils appartiennent, ni les médecins qui donnent et évaluent le traitement. C'est l'essai en double aveugle (voir schéma page suivante).

*"Il est très courant d'entendre les partisans des médecines alternatives déclarer que les essais cliniques randomisés ne sont pas appropriés, et ce, quelle que soit la thérapie qu'ils défendent,* remarque le pharmacologue David Colquhoun, de l'University

College London (Royaume-Uni), créateur du site Web DC's Improbable Science. Les objections reposent, une fois encore, sur les particularités de leurs principes, sur leurs approches anticonformistes du corps humain ou sur leur action "à la carte" pour chaque patient.

### DES CONTRÔLES CLINIQUES ADAPTÉS

Et alors ? Cela n'empêche en rien certaines d'entre elles de se prêter particulièrement bien aux essais cliniques randomisés. C'est le cas des thérapies par les plantes ou de l'homéopathie. Pour cette dernière, *"il est très facile de faire ce type d'essai contre placebo. En effet, elle s'apparente à un soin médicamenteux, même si son principe biologique est un peu curieux"*,

observe le pédopsychiatre et biostatisticien Bruno Falissard, dont l'équipe, à l'Institut national de la santé et de la recherche médicale (Inserm), a récemment évalué l'efficacité de plusieurs médecines alternatives.

En revanche, pour l'acupuncture, l'ostéopathie ou la réflexologie, les essais cliniques randomisés ne sont pas directement transposables. A l'Institut Gustave-Roussy, l'épidémiologiste Catherine Hill, qui a travaillé sur le sujet, se veut pragmatique. Oui, les études cliniques randomisées permettent bien d'évaluer les médecines alternatives, pense-t-elle, mais à condition d'en renforcer la méthodologie.

*"Le problème est que beaucoup d'essais sont mal faits. Ils sont élaborés par des statisticiens qui ne*



## MÉDITATION 3 000

C'est le nombre de sophrologues diplômés en France, une discipline basée sur la relaxation.

connaissent pas le domaine et qui imposent des contraintes inutiles de diagnostic précis et de standardisation du traitement, comme quand on évalue des médicaments classiques", expose-t-elle. Or, il est tout à fait possible d'adapter les protocoles.

Ainsi le groupe CONSORT, un panel d'experts en méthodologie des essais, rédige depuis 2006 des guides méthodologiques visant à améliorer la qualité de l'évaluation des thérapeutiques non pharmacologiques. L'Organisation mondiale de la santé (OMS) a

superficielle, en dehors des méridiens chinois, ou utiliser des dispositifs télescopiques qui donnent l'impression, au patient comme à l'acupuncteur, de s'enfoncer dans la peau alors qu'en réalité ils se rétractent dans leur partie supérieure. "De même, il est possible d'imaginer toutes sortes de manipulations factices en ostéopathie ou en chiropraxie", affirme encore Catherine Hill.

Force est cependant de reconnaître qu'il est parfois impossible d'exiger que l'essai soit mené en double aveugle et que le thérapeute, en plus du patient, ignore s'il applique une thérapie ou un placebo. C'est tout particulièrement vrai pour les thérapies manuelles, comme l'ostéopathie.

Mais là, une solution pragmatique relève le défi. Lorsque le double aveugle n'est pas possible,

explique Catherine Hill, l'évaluation peut alors se rabattre sur un test en simple aveugle avec évaluation à l'aveugle: "Celui qui juge les effets d'une procédure de chiropraxie ou d'ostéopathie ne sait pas si le patient a reçu le traitement placebo ou le traitement réel." Une précaution d'autant plus essentielle que la connaissance de l'intervention reçue peut influer sur l'analyse des résultats.

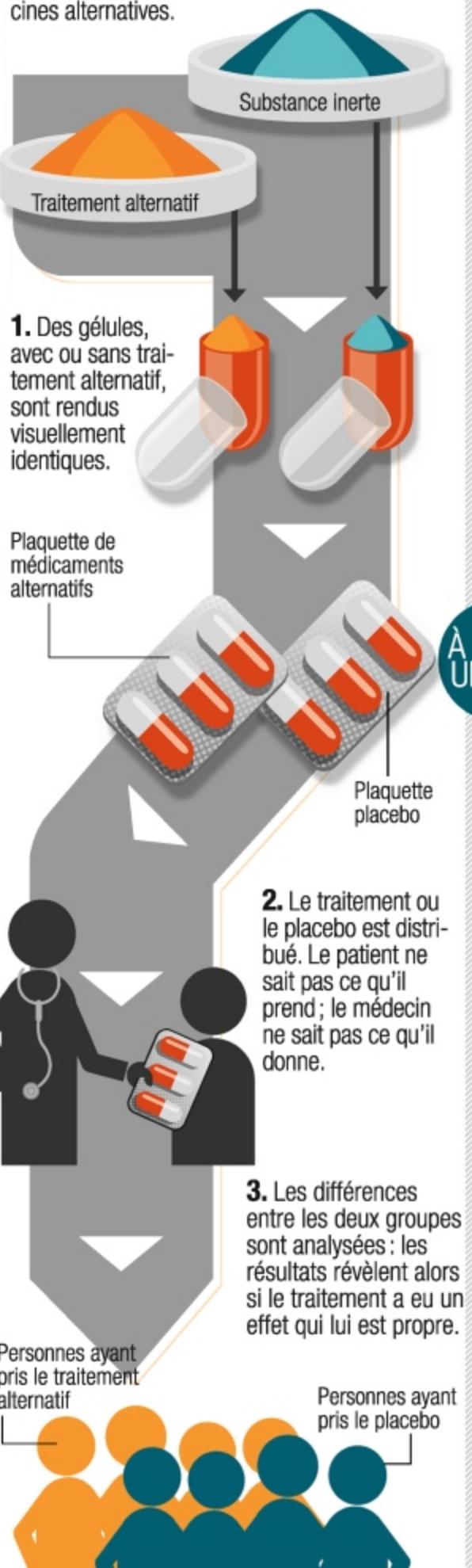
## Les médecines alternatives peuvent tout à fait passer l'épreuve de la science

également publié une série de guides techniques avec le même objectif.

C'est dans le domaine de l'acupuncture, aujourd'hui la plus étudiée parmi les pratiques alternatives – des milliers d'essais cliniques ont été publiés –, que les réflexions sont le plus avancées. L'idée, ici, est de mener plusieurs procédures simulées permettant de proposer un traitement placebo: planter les aiguilles de façon très

## Des médecines alternatives testées en "double aveugle"

Révélatrice de l'effet placebo, cette méthode s'applique sans difficulté à certaines médecines alternatives.



→ “Les évaluations ne devraient jamais être faites par le clinicien investigator, insiste Patrick Lemoine, directeur d'enseignement clinique à l'université Claude-Bernard de Lyon, qui a élaboré plusieurs essais cliniques sur les médecines alternatives. Il ne peut être juge et partie. Le désir de résultat est tel que l'on ne peut être chercheur et clinicien à la fois. Car c'est toujours le clinicien qui l'emporte et qui triche un peu, inconsciemment, en toute bonne foi.”

### UN LÉGITIME BESOIN DE SAVOIR...

Placebo, double aveugle ou diversité des pratiques, ces difficultés parfois brandies comme insurmontables n'empêchent donc pas les médecines alternatives de passer sous les fourches caudines de l'évaluation scientifique. Reste que ces études peuvent être compliquées par les faibles effectifs liés à des thérapies marginales, des difficultés de financement, un manque de suivi des patients à moyen ou long terme, ou des critères d'évaluation trop larges ou multiples...

Face à ces nombreux biais, doit-on conclure que les essais cliniques ne pourront jamais atteindre le niveau de preuve des études pharmacologiques et qu'il subsistera toujours un doute quant à l'efficacité des médecines alternatives ?

Non. Comme *Science & Vie* l'a souvent rappelé dans ces colonnes, les résultats d'une étude unique n'ont que peu de valeur. C'est lorsqu'ils sont

## CELLES QUI SE FONDENT SUR LES PRODUITS NATURELS...



### HOMÉOPATHIE 2,5 milliards

C'est le nombre de boîtes vendues en 2012 en France, prescrites par 5000 médecins homéopathes.

confrontés et additionnés aux résultats de dizaines, vingtaines, centaines d'autres études, qu'il devient possible de conclure sur l'efficacité d'une thérapie. En combinant les résultats de plusieurs essais cliniques, parfois contradictoires, parfois menés sur des échantillons de taille limitée, la mété-analyse permet, via des calculs

statistiques, de conclure sur l'effet d'un traitement là où les études, prises individuellement, ne permettent pas de trancher.

De même, les revues systématiques de la littérature exposent l'état des connaissances sur un sujet donné. Celles élaborées par la Collaboration Cochrane, notamment, sont aujourd'hui reconnues pour leur rigueur et leur qualité. Cette organisation internationale indépendante épingle les essais cliniques depuis 1993 dans le but “d'aider les médecins et leurs patients à prendre des décisions bien informées grâce à la réalisation de bilans critiques systématiques sur les effets d'interventions médicales dans tous les domaines de la médecine”. Or, le groupe Cochrane (Complementary

## Un marché en pleine expansion

Au niveau mondial, l'OMS estime que le marché des médecines traditionnelles représente 68 milliards d'euros. Le marché mondial des plantes médicinales est en forte croissance – entre 5 et 18 % par an depuis dix ans –, en rapport avec la généralisation des ventes par Internet. La vente de produits homéopathiques a, elle, augmenté de 20 % en Europe entre 2003 et 2007. En France, la Sécurité sociale rembourse chaque année autour de 9 millions d'euros pour ces produits : l'homéopathie représenterait 3,5 % du marché global du médicament. Pour les autres thérapies, il est difficile de recueillir des statistiques économiques sur l'ensemble des médecines alternatives, car elles n'apparaissent pas dans les remboursements.



## PHYTOTHERAPIE 365

C'est le nombre de plantes inscrites dans la Pharmacopée française, qui ont droit au statut de "médicaments à base de plantes".

& Alternative Medecine) compte aujourd'hui plus de 560 revues à son actif, tous domaines confondus.

De quoi éclairer enfin des lumières de la raison les ombres des médecines "non conventionnelles". Car, au final, l'enjeu est de savoir qui soigne et qui ne soigne pas, sans parti pris. En matière de santé, cette distinction est ni plus ni moins une exigence. Et la science permet aujourd'hui de le dire : tout n'est pas à jeter dans ces médecines. Dans certains cas, des effets sur certaines indications sont bien démontrés.

Toutefois, il faut l'admettre : certaines n'ont strictement aucune vertu... autre que celle, puissante, de l'effet placebo. Ce qui a finalement un mérite dont la médecine conventionnelle ferait bien de s'inspirer (voir ci-contre). Oui, les bases d'une nouvelle médecine conventionnelle fondée sur l'effet placebo restent à inventer. **M.-C.M et C.T.**



PATRICK  
LEMOINE



*La médecine occidentale a tout à gagner à se servir de l'effet placebo*

Directeur d'enseignement clinique, université Claude-Bernard (Lyon)

**S&V :** Pourquoi les médecines alternatives semblent-elles être les championnes de l'effet placebo ?

**Patrick Lemoine :** Je ne pense pas qu'il soit plus important dans la médecine alternative que dans la médecine orthodoxe. Simplement, il y a un effet de contraste : dans la médecine orthodoxe occidentale, l'effet pharmacologique est en général assez fort, ce qui fait que l'effet placebo apparaît en pourcentage moins important. Cet effet dépend de la conviction du thérapeute et de celle du patient, et donc de la nature de leur relation entre eux. C'est une question de personnes plus que de maladie ou de traitement.

**S&V :** Les médecins alternatifs semblent mieux exploiter les effets de la relation thérapeute-patient...

**P.L. :** Oui, les médecins qui choisissent la médecine alternative ont en général une vision très humaniste, très holistique de leurs patients, et passent plus de temps à écouter leur histoire. J'ai d'ailleurs toujours soutenu l'homéopathie, même si je pense que c'est une "placebo-thérapie". Car il faut reconnaître qu'elle fait des miracles

là où la médecine occidentale se casse les dents. Mais je pense que les médecins classiques sont tout aussi capables de jouer de ces effets.

**S&V :** La médecine conventionnelle ne devrait-elle pas tirer les leçons du succès de ces pratiques ?

**P.L. :** Bien sûr que si. Je le répète depuis presque vingt ans et la publication de mon livre sur *Les mystères du placebo*. Cet effet compte en moyenne pour 30 % de l'effet thérapeutique. Et même 85 % dans le cas de certaines douleurs. Il est évident que la médecine occidentale aurait tout à gagner à le développer, c'est-à-dire à enseigner le rôle de la relation, de la conviction, de l'optimisme du médecin. Un bon médecin, c'est quelqu'un qui croit à ce qu'il fait. Il doit avoir une conviction fondée sur des arguments scientifiques ou sur son expérience clinique. S'il soigne avec conviction et optimisme, et non avec un scepticisme distingué comme on le voit souvent, on sait que le patient sera lui-même convaincu et optimiste, et que, du coup, son cerveau se mettra à fabriquer les endomédicaments qui sont à l'origine de l'effet placebo.

À LA  
UNE

# Une efficacité limitée, sans rapport avec

**C**ontrairement à la plupart des médecines non conventionnelles, l'acupuncture ne manque pas de données cliniques. Plusieurs milliers d'essais ont déjà été menés, et de nombreuses revues d'études sur le sujet et méta-analyses publiées. En janvier 2014, la collaboration Cochrane (organisation internationale indépendante dédiée à l'évaluation des interventions en santé) comptait 442 synthèses critiques des études sur l'acupuncture, conduites sur plus de 52 000 sujets au total.

Résultat ? Les trois quarts d'entre elles se révèlent non concluantes, le plus souvent en raison d'un manque de données de qualité (faible nombre de patients, méthodologie inadaptée...).

Sur une vingtaine d'indications, dont la dépendance au tabac ou à la cocaïne, l'asthme chronique, le déclenchement des contractions d'accouchement, la dépression, l'épilepsie, le syndrome de l'intestin irritable, l'accident vasculaire cérébral, l'insomnie ou la démence vasculaire... l'acupuncture n'apporte pas les preuves de son efficacité.

## La théorie ébranlée

En revanche, la lecture du dernier quart des synthèses indique une action contre certaines douleurs (lombalgies chroniques, arthrose, céphalées et migraines, douleurs cervicales, douleurs pendant l'accouchement...), mais aussi contre les nausées et les vomissements après une chimiothérapie ou une intervention chirurgicale.

Cependant, cette apparente efficacité ne semble rien devoir au principe de l'acupuncture, soit l'implantation d'aiguilles en des points précis du corps, déterminés par la tradition chinoise (lire "le principe").

Cette ambiguïté a été mise en évidence par les résultats obtenus en 2007 lors des plus grands essais cliniques jamais réalisés sur l'acupuncture. Menés sur des cohortes de 200 à 1 000 volontaires dans le cadre du programme allemand Gerac (German Acupuncture Trials), ils visaient à évaluer l'efficacité de cette pratique dans le traitement de douleurs chroniques (migraines, douleurs lombaires, arthrose du genou...).

Pour chacune de ces indications, trois groupes de patients étaient constitués. Le premier suivait un vrai traitement par acupuncture.

## *Que l'on plante l'aiguille sur un point précis du corps ou à côté... cela ne fait aucune différence !*

Le deuxième, un traitement "factice" : les aiguilles étaient plantées superficiellement, en dehors des points répertoriés par la médecine traditionnelle chinoise. Le troisième, enfin, une thérapie standard : injections d'analgésiques, massages, exercices physiques...

Le résultat est sans appel : si les effets de l'acupuncture sont apparus parfois supérieurs à ceux d'une thérapie standard, ils étaient le plus souvent identiques, ou seulement très légèrement supérieurs, à ceux d'une acupuncture factice !

En résumé, cette pratique est sans doute efficace dans un petit nombre d'indications (douleurs chroniques, nausées et vomissements), mais l'emplacement exact des points de stimulation n'apparaît pas essentiel... ce qui fragilise la théorie qui la sous-tend.

Bruno Falissard, coauteur d'un rapport Inserm dédié à l'évaluation de l'acupuncture, publié en janvier 2014, confirme :

*"Ce que disent les essais, c'est que globalement, les gens vont mieux après qu'avant une séance d'acupuncture. Mais que l'on plante les aiguilles sur le méridien ou à côté... cela ne fait pas une grande différence."*

Le pharmacologue David Colquhoun, créateur du site web DC's Improbable Science, est plus explicite encore : *"Cela montre bien que les principes sous-jacents – les méridiens, le Qi, etc. – sont entièrement imaginaires."*

Mais alors, d'où viendrait l'effet des aiguilles, qu'elles soient implantées selon les principes de l'acupuncture ou sans en tenir compte ?

Pour l'expliquer, des acupuncteurs invoquent la neuro-

physiologie, et notamment un mécanisme bien connu appelé "contrôle inhibiteur diffus". Le simple fait de piquer la peau, à n'importe quel endroit, produirait un stimulus douloureux qui activerait des fibres nerveuses chargées de transmettre le message "douleur" au cerveau, lequel déclencherait en retour un système d'inhibition générale de la douleur. Ce processus expliquerait l'effet analgésique des aiguilles.

Mais pour Radhouane Dallez, neurobiologiste spécialiste de la douleur, l'explication n'est que très partiellement convaincante : *"Pour activer le contrôle inhibiteur diffus, le stimulus douloureux doit être persistant. Or, l'acupuncture ne déclenche une douleur qu'au moment de l'implantation des aiguilles."* Sans compter qu'il est peu probable que l'acupuncture active certaines fibres nerveuses censées être impliquées, car *"cela suppose une douleur intolérable"*.

# ses préceptes

D'autres fibres pourraient éventuellement être activées, "mais l'inhibition de la douleur qu'elles déclenchent n'est pas très puissante".

## Un contexte émotionnel fort

Plus vraisemblable apparaît, en revanche, la mise en jeu de l'effet placebo dans l'acupuncture – vraie ou simulée. "Dans le cas des douleurs chroniques, le contexte émotionnel est fort, indique le spécialiste. La simple prise en charge des patients, qu'on leur donne ou non le produit actif [ou la thérapie censée être active], les amène à déclencher leur propre contrôle inhibiteur de la douleur." Ce qui se traduit par l'activation de certaines zones cérébrales.

Pour les autres indications (nausées et vomissements après une chimiothérapie), il est encore plus difficile, sinon impossible à l'heure actuelle, de savoir si l'acupuncture, simulée ou réelle, a une action spécifique ou s'il s'agit, là encore, d'un effet placebo.

Fin du débat ? Pas pour les spécialistes de la pratique. Certains estiment que comparer acupunctures réelle et simulée n'a pas de sens. Cela reviendrait à mesurer uniquement les effets de la stimulation des points, et donc à sous-estimer l'efficacité totale de la pratique, qui ne se résume pas aux aiguilles. Ils arguent que l'acupuncture doit aussi son efficacité au processus diagnostique, radicalement différent des méthodes de la médecine conventionnelle, à l'ajustement du traitement séance après séance, qui implique la participation active du patient... Mais alors, ces avantages supposés ne sont plus vraiment spécifiques à l'acupuncture, puisqu'ils sont repris par la plupart des autres médecines alternatives.

M.-C.M.

Nos sources : The Cochrane Collaboration Reviews, janvier 2014 ; le programme Gerac (German Acupuncture Trials), 2007 ; le rapport Inserm sur l'acupuncture, janvier 2014 ; etc. A retrouver sur [www.science-et-vie.com](http://www.science-et-vie.com)

## LE PRINCIPE

Pratique millénaire, l'acupuncture est l'une des médecines alternatives les plus utilisées au monde. Selon la médecine traditionnelle chinoise, la santé repose sur un équilibre entre le yin et le yang, deux entités complémentaires. Cet équilibre est assuré par la bonne circulation du Qi, une énergie vitale qui parcourt le corps à travers des canaux appelés méridiens. En cas de maladie, cet équilibre est perturbé. L'acupuncture consiste à rétablir la bonne circulation du Qi en stimulant des points précis du corps. Selon ses praticiens, elle peut tout soigner, ou presque. La stimulation est le plus souvent effectuée via l'implantation et la manipulation de fines aiguilles métalliques ; depuis peu, elle peut aussi se faire par laser.

## EN CHIFFRES

- 3442 médecins acupuncteurs en France.
- 4000 à 6000 personnes exercent sans diplôme.

## LES PREUVES D'EFFICACITÉ

### Indications

Douleurs (lombalgies, arthrose, migraines...)

Nausées, vomissements après chimiothérapie ou intervention chirurgicale

Arrêt du tabac, asthme... et toute autre indication

### Niveau de preuve

Modéré à fort

Modéré à fort

Insuffisant



# Elle manque d'une vraie évaluation scientifique

**P**remier constat : la recherche en ostéopathie manque d'études. En 2012, l'Inserm a recensé 64 essais cliniques seulement, contre plus de 200 pour la chiropraxie et 10 fois plus encore pour l'acupuncture.

*"L'ostéopathie est très franco-française, juge Caroline Barry, coauteur du rapport de l'Inserm. De plus, c'est une discipline très hétérogène : beaucoup d'écoles l'enseignent, mais avec des philosophies parfois très différentes. Il est donc difficile non seulement d'évaluer la thérapie, mais aussi de généraliser les conclusions, positives ou négatives, à l'ensemble de l'ostéopathie."*

Les tenants de la discipline estiment, eux, que les essais cliniques se heurtent à une difficulté majeure : s'il est facile de comparer les effets d'un médicament et d'un placebo à l'aspect identique, l'affaire se complique quand il s'agit de leurrer le patient sur une méthode manuelle

## *Pour soulager une lombalgie, elle semble aussi utile que les anti-inflammatoires... ou aussi inutile*

qui dépend de l'expérience du praticien. Sauf que ces réserves concernent d'autres médecines, alternatives (l'acupuncture) ou classiques (la chirurgie). Et qu'elles ne se soustraient pas, pour autant, au prisme de l'évaluation.

D'ailleurs, pour l'ostéopathie, des protocoles existent depuis peu. Les participants effectuent par exemple des manipulations factices, leur toucher est moins marqué. *"Mais cela ne pourra jamais se faire en double aveugle [étude dans laquelle même le chercheur ne sait pas quels patients ont reçu le placebo] : si le patient peut être leurré par la séance placebo, le praticien, lui, sait ce qu'il fait"*, plaide Thibault Dubois, du Syndicat français des ostéopathes.

Reste qu'évaluer l'ostéopathie est donc possible. Quelques études comparatives valables ont même déjà été menées pour le traitement des douleurs d'origine vertébrale. Si leurs conclusions ne sont pas toutes identiques, Bruno Falissard, coauteur du rapport de l'Inserm, reconnaît que *"pour soulager le mal de dos, l'ostéopathie semble faire aussi bien que des anti-inflammatoires non stéroïdiens... ou aussi mal, car ces médicaments n'ont qu'une efficacité très limitée contre la lombalgie".*

Pour toutes les autres indications (asthme, otites, pneumonies...), *"les études sont encore trop rares et présentent des limites méthodologiques trop importantes pour pouvoir proposer des conclusions fiables"*, regrette Caroline Barry.

Malgré ce manque d'évaluation, certaines connaissances anatomiques permettent d'envisager la réalité des effets "à distance" revendiqués par les ostéopathes. Par exemple, chacune de nos vertèbres se trouve à proximité d'un ganglion du

système nerveux autonome (responsable des mouvements involontaires comme les battements cardiaques, la respiration, etc.). Les ostéopathes estiment que la manipulation d'une vertèbre stimulerait le ganglion voisin, lequel stimulerait à son tour, via des influx nerveux, les organes qui lui sont associés. Une explication qui peut sembler plausible, mais qui n'a pas valeur de preuve. Et il n'y a aucune mesure objective des actions physiologiques revendiquées.

Quant au cas de l'ostéopathie crânienne, il est emblématique du flou qui règne dans la discipline. Pousser la porte d'un ostéopathe peut aussi vous amener à consulter un praticien qui estime agir à distance sur le corps en jouant sur la mobilité

des os du crâne. *"Or, si de telles manipulations peuvent se concevoir d'un point de vue physiologique chez l'enfant, dont les os du crâne ne sont pas encore soudés, chez l'adulte, c'est tout bonnement impossible"*, indique Jean-Yves Maigne, rhumatologue et responsable de l'enseignement de médecine manuelle à l'université Paris-Descartes. Les rares recherches menées sur cette branche de l'ostéopathie, qui trouve certains de ses opposants parmi les ostéopathes eux-mêmes, n'ont d'ailleurs apporté aucune preuve en sa faveur... même chez les enfants.

## Peu de danger... en théorie

Quant au risque que l'ostéopathie partage avec la chiropraxie, celui d'un accident lors d'une manipulation des cervicales, Edzard Ernst, ancien professeur de médecine alternative à l'université d'Exeter (Angleterre), l'estime moins important : *"Les manipulations des ostéopathes sont plus douces que celles des chiropracteurs."*

Sans compter qu'en France, à la différence des chiropracteurs, les ostéopathes ne sont autorisés à pratiquer ce type de manipulations que si un médecin a établi, au préalable, un certificat de non contre-indication. De quoi réduire encore le risque. Du moins en principe. Car dans les faits, rares sont les médecins prêts à engager leur responsabilité en délivrant de tels certificats. Dès lors, les ostéopathes passent-ils outre ? A cette question, Thibault Dubois botte en touche, indiquant que *"les manipulations cervicales peuvent être remplacées par des techniques plus douces et cette fois sans risque".*

C.H.

■ Nos sources : le rapport Inserm sur l'ostéopathie, avril 2012 ; le rapport de l'Académie nationale de médecine, mars 2013 ; l'article "Manipulations vertébrales – ostéopathie. Evidences/ignorances", *Revue du rhumatisme*, février 2009 ; etc. A retrouver sur [www.science-et-vie.com](http://www.science-et-vie.com)



## EN CHIFFRES

- Plus de 21800 ostéopathes en France.
- 3 professions (essentiellement, mais pas seulement) autorisées à exercer: les médecins et kinésithérapeutes titulaires d'un diplôme spécifique, et des "ostéopathes exclusifs", formés dans l'une des 74 écoles.

## LES PREUVES D'EFFICACITÉ

Indications	Niveau de preuve
Douleurs d'origine vertébrale	Moyen
Troubles intestinaux	Insuffisant
Asthme, troubles ORL	Insuffisant

## LE PRINCIPE

Mise au point à la fin du XIX<sup>e</sup> s. par le médecin américain Andrew Taylor Still, l'ostéopathie est définie par l'OMS comme un ensemble de techniques manuelles visant à "faciliter les mécanismes normaux d'autorégulation et d'autoguérison du corps en s'intéressant aux zones de tension, de stress ou de dysfonctionnement des tissus susceptibles d'entraver les mécanismes neuraux, vasculaires et biochimiques normaux". L'ostéopathe agit directement sur la zone douloureuse ou à distance, en faisant appels à des interactions entre les différentes parties du corps. Les manipulations se concentrent sur la mobilité des os du crâne ou touchent l'ensemble du corps. Les indications sont variées: problèmes orthopédiques (entorses, etc.), neurologiques (sciatique...), digestifs, psychologiques (dépression, anxiété...) ou encore affections ORL et pulmonaires (sinusites, asthme...).

## CHIROPRAKIE

# Un effet confirmé contre le mal de dos

Un mal de dos persistant peut-il être soulagé en allant voir un chiropracteur? Au vu de la littérature scientifique de ces dernières années, il semble que oui. Ainsi, dans un rapport de 2011, après avoir retenu 32 essais cliniques publiés depuis 1990, l'Inserm concluait: "Dans les lombalgies aiguës ou suraiguës, la chiropratique semble efficace, avec un ordre de grandeur comparable à l'efficacité des traitements alternatifs" (kinésithérapie ou anti-inflammatoires).

Contre les douleurs cervicales, en revanche, "il existe des preuves convaincantes de l'efficacité de la chiropraxie, mais la manipulation des vertèbres cervicales peut entraîner le déchirement d'une artère du cou, avec pour conséquence un accident vasculaire cérébral (AVC) et, dans le pire des cas, le décès du patient", avertit Caroline Barry, coauteur du rapport de l'Inserm. "Certes, ce type d'accident est très rare et il est possible que la manipulation du chiropracteur ne fasse que déclencher ou amplifier un problème qui serait de toute manière survenu... mais dans le doute, et au vu de la non-supériorité de la chiropratique sur les autres traitements possibles, le rapport bénéfice-risque me semble défavorable", conclut-elle.

C.H.

À LA UNE

## LE PRINCIPE

Inventée aux Etats-Unis à la fin du XIX<sup>e</sup> s. par Daniel David Palmer, la chiropraxie (ou chiropratique) se concentre, à la différence de l'ostéopathie, presque exclusivement sur la colonne vertébrale. Réaligner les ver-

tèbres au moyen de manipulations manuelles soulagerait douleurs lombaires ou articulaires, troubles viscéraux, migraines... La pratique influencerait en effet le reste de l'organisme par le biais du système nerveux.

## LES PREUVES D'EFFICACITÉ

Indications	Niveau de preuve
Lombalgie persistante	Bon
Douleurs cervicales	Moyen

## EN CHIFFRES

- 700 chiropracteurs en France.

# Elle prouve uniquement l'effet placebo

**D**e nombreux homéopathes considèrent que leur pratique ne peut pas être évaluée dans le cadre d'essais cliniques contre placebo parce qu'elle est trop différente de la médecine conventionnelle. Elle est personnalisée et n'associe pas un symptôme à un remède donné. Ainsi, deux individus présentant exactement le même ensemble de symptômes ne se verront pas forcément prescrire le même traitement.

Soit. Mais il existe une solution très simple pour prendre en compte cette particularité. Imaginons un essai clinique destiné à évaluer l'efficacité de l'homéopathie contre la grippe. Il suffirait de mettre à la disposition du praticien deux valises, l'une contenant tous les traitements homéopathiques possibles de la grippe, l'autre exactement les mêmes remèdes en apparence, mais qui n'en sont pas : des "placebos". L'homéopathe pourrait alors prescrire des traitements individualisés, réels ou non.

## Zéro substance active

Or, des études cliniques de ce type ont déjà été menées, et permettent désormais de statuer sans ambiguïté sur le cas de l'homéopathie.

La dernière analyse en date (août 2014), l'une des plus importantes,

a été dirigée par le Conseil national australien de la recherche en santé, chargé d'enquêter sur l'efficacité des traitements et des nouvelles pratiques médicales. Après avoir répertorié les 57 revues systématiques de qualité (des synthèses critiques des meilleures études déjà parues) relatives aux effets de l'homéopathie sur 68 problèmes de santé (asthme, grippe, eczéma, etc.), les auteurs

Rien d'étonnant, si l'on considère la façon dont sont élaborés la plupart de ses remèdes, au moyen de dilutions répétées. En pratique, le fabricant utilise une dose de produit actif – constituée d'un nombre de molécules données – qu'il va noyer dans toujours plus d'eau. À force de dilutions, chaque échantillon contient de moins en moins de molécules.

Jusqu'à ce que l'immense majorité des échantillons n'en contienne plus aucune.

Ainsi, le taux de dilution 30 CH signifie que l'ingrédient

de base a été dilué 30 fois, d'un facteur 100 à chaque fois. Soit un facteur de dilution total de  $10^{60}$ . Résultat, la probabilité que le remède final contienne une molécule de substance active est de un sur un milliard de milliards de milliards de milliards.

Catherine Hill, épidémiologiste et méthodologiste à l'Institut Gustave Roussy, résume : "Il y a zéro molécule dans l'homéopathie, donc ça ne peut être qu'un placebo."

Autre façon de le dire : l'homéopathie prouve l'effet placebo, lequel a été démontré (voir S&V n° 1153). Ce qui, en soi, est une bonne nouvelle.

Mais les tenants de l'homéopathie ne désarment pas. Selon eux, même



si le principe actif est absent, l'eau qui a servi à la dilution transmet bel et bien son effet. C'est la thèse de la mémoire de l'eau, proposée dans les années 1980 par l'immunologue Jacques Benveniste et défendue depuis quelques années par Luc Montagnier (prix Nobel de médecine pour la découverte du VIH).

Elle stipule que les molécules d'eau garderaient l'empreinte du principe actif même s'il n'est plus là, en se liant les unes aux autres pour former des sortes de cages qui piégeraient des ondes électromagnétiques. Une piste thérapeutique potentiellement formidable... sauf qu'aucune des expériences qui prétendent valider cette thèse n'a pu être reproduite.

#### Rien n'est transmis par l'eau

De plus, les arguments avancés sont considérés par les spécialistes comme fantaisistes. "A l'état liquide, l'eau ne présente pas de structure moléculaire ordonnée qui pourrait garder la trace d'une quelconque information", explique Sylvain Picaud, directeur de recherche à l'université de Franche-Comté. Frédéric Caupin, physicien à l'université de Lyon, renchérit : "Deux molécules d'eau peuvent se lier, mais pendant très peu de temps, de l'ordre de la pico-seconde." Soit bien moins qu'un

milliardième de seconde. En clair, même si l'eau avait une "mémoire", elle serait de toute façon beaucoup trop courte pour transmettre le moindre effet à un patient.

Reste que l'homéopathie demeure un placebo très efficace. A défaut d'avoir démontré sa supériorité sur un composé inerte, de nombreuses études ont observé son efficacité par rapport à une absence de traitement. "Les homéopathes sont les meilleurs pour optimiser l'effet placebo", souligne le psychiatre Patrick Lemoine (université Claude-Bernard de Lyon).

N'est-ce pas une raison suffisante pour justifier l'utilisation clinique de l'homéopathie ? Le débat est économique, pas scientifique. Sans compter qu'il n'est pas nécessaire de passer par une pilule placebo pour déclencher l'effet placebo. Tout médicament conventionnel, pour peu qu'il soit délivré par un médecin

bienveillant, à l'écoute de son patient, produit, en plus d'un effet thérapeutique spécifique, un effet placebo aux mécanismes physiologiques démontrés : activation du cortex préfrontal, libération d'endorphines...

S'il est un enseignement à tirer du succès actuel de l'homéopathie, c'est bien celui-ci : les médecins devraient veiller à établir une véritable relation de confiance avec leurs patients, de façon à optimiser leur prise en charge.

M.-C.M. et M.F.

■ Nos sources : le rapport du Conseil national australien de la recherche en santé (NHMRC), août 2014 ; le rapport fédéral suisse sur l'homéopathie, 2011 ; etc. A retrouver sur [www.science-et-vie.com](http://www.science-et-vie.com)

#### LE PRINCIPE

Contrairement à l'acupuncture, cette thérapie n'est pas issue d'une tradition millénaire, mais de l'esprit d'un homme du XVIII<sup>e</sup> siècle, Samuel Hahnemann. Ce médecin allemand estimait que diluer un remède (à base de plantes, de substances minérales ou de produits animaux) augmentait sa puissance thérapeutique. Et que le secouer en cours de dilution améliorait encore son efficacité. D'où le principe de dilutions successives et de secousses qui constitue, aujourd'hui encore, la base de la préparation des remèdes homéopathiques.

#### EN CHIFFRES

- 5000 médecins homéopathes en France.
- 34 pilules homéopathiques en accès direct en pharmacie.
- 56 % des Français l'ont déjà utilisée pour se soigner (sondage Ipsos 2012 pour les laboratoires Boiron).



#### LES PREUVES D'EFFICACITÉ

Indications	Niveau de preuve
Douleurs	Insuffisant
Grippe	Insuffisant
Asthme	Insuffisant
Eczéma	Insuffisant
Toute autre indication	Insuffisant

# Une vingtaine de plantes ont des vertus

**A** priori, le principe qui fonde cette thérapie est un défi pour la raison : pourquoi utiliser la plante entière plutôt qu'une molécule précise qu'elle contient ? Au-delà d'une raison purement pratique (l'extraction du principe actif demande des moyens techniques *ad hoc*), les adeptes de la phytothérapie arguent que les plantes renferment un mélange complexe de substances qui agissent en synergie. Ce qui optimiserait l'effet du ou des principes actifs, de sorte que la plante consommée entièrement serait plus efficace que la somme de ses principes actifs utilisés séparément.

Délirant ? Pas vraiment. D'abord, parce que les plantes possèdent effectivement des molécules puissantes susceptibles de véritables effets thérapeutiques. Ensuite, parce que pour certaines d'entre elles, la science a prouvé que la synergie existe bel et bien.

## De puissantes interactions

Les mécanismes à l'œuvre sont complexes et n'ont pas tous été identifiés. Parmi eux, on trouve des interactions pharmacocinétiques favorables (par exemple, telle substance A inhibe la dégradation de telle autre substance B par l'organisme) ou des mécanismes épigénétiques (A favorise l'expression de certains gènes, ce qui potentialise l'action de B).

C'est notamment le cas d'*Harpagophytum*. Egalement appelée griffe du diable, cette plante originaire du sud-est de l'Afrique a démontré son efficacité contre les douleurs liées à l'arthrose lors de deux essais cliniques, jugés d'excellente qualité dans une méta-analyse effectuée en 2006 par des experts de la collaboration Cochrane. Or, indique Jacques

Fleurentin, pharmacien et président de la Société française d'éthno-pharmacologie, "*l'harpagoside, le principe actif extrait d'Harpagophytum, s'est révélé moins efficace que l'extrait brut de la plante*".

Dans un troisième essai clinique, publié en 2003 et également inclus dans la méta-analyse de 2006, la griffe du diable se révélait aussi efficace que le Vioxx, un anti-inflammatoire retiré du marché en 2004 après que l'Administration américaine a recensé plus de

## Consommées entièrement, certaines plantes se révèlent plus efficaces que leur principe actif extrait

27 000 décès ou problèmes cardiaques liés à son utilisation.

De quoi fournir un autre argument de poids aux adeptes de la phytothérapie : face aux scandales répétés de l'industrie pharmaceutique et aux nombreux effets secondaires des médicaments commercialisés, leur pratique serait, elle, inoffensive.

*"Cette croyance, très répandue, est bien évidemment fausse, contre Pierre Champy, chercheur au Laboratoire de chimie des substances naturelles et responsable de l'enseignement de phytothérapie à l'université Paris-Sud. Non, la nature ne nous veut pas du bien ; elle peut même parfois être très dangereuse. Elle recèle de véritables poisons. Ainsi, l'utilisation d'huiles essentielles chez de jeunes enfants a déjà provoqué plusieurs décès."*

Tout comme la médecine conventionnelle, la phytothérapie n'est pas exempte d'effets secondaires, ni même d'interactions médicamenteuses. Le millepertuis, notamment, utilisé pour traiter

la dépression légère ou modérée, stimule les enzymes du foie, ce qui a pour effet de dégrader bon nombre de médicaments avant qu'ils aient eu le temps d'agir. Pour cette raison, son utilisation est déconseillée aux personnes sous antirétroviraux, anticancéreux, anticoagulant ou contraceptif oral.

Néanmoins, à l'exception de ces patients, le millepertuis est l'une des plantes pour lesquelles on dispose du plus grand nombre de

preuves d'efficacité. Ainsi, une méta-analyse publiée en 2008 par la collaboration Cochrane recensait 18 essais

cliniques démontrant la supériorité du millepertuis sur le placebo et 17 essais concluant à une efficacité identique à celle des antidépresseurs classiques.

Mais combien de plantes ont, à l'instar du millepertuis et d'*Harpagophytum*, fait la preuve scientifique de leur efficacité clinique ? Loïc Bureau, professeur à l'université de Rennes, estime leur nombre à moins d'une vingtaine (voir les exemples les plus probants dans le tableau ci-contre).

## Des protocoles à revoir ?

Pour le chercheur, cependant, l'absence d'étude pour toutes les autres plantes ne signifie pas forcément absence d'efficacité ; elle peut être due à la difficulté d'appliquer à la phytothérapie la médecine basée sur les preuves. *"Cette médecine ne prend pas en compte la variabilité des ressources. En chimie, la substance étudiée est toujours la même. Les substances naturelles, elles, changent d'une variété de plante à l'autre, d'un terroir à l'autre. De la*

# démontrées

même espèce de vigne, on obtient des vins très différents. En phytothérapie, c'est pareil", argumente-t-il.

Sans compter, ajoute-t-il, que "la façon dont est extraite la plante joue aussi. Par exemple, les principes actifs du gingembre sont peu solubles dans l'eau, ce qui explique pourquoi 45 % des tests d'efficacité du gingembre contre les nausées se révèlent négatifs.

Lorsqu'on considère uniquement les extraits hydroalcooliques, on obtient 80 % de résultats positifs". Ces arguments classiques pourraient être surmontés si la recherche en avait les moyens.

Or, "en Europe, les médicaments à base de plantes bénéficient d'une autorisation de mise sur le marché dite allégée, souligne Pierre Champy. Pour l'obtenir, un industriel doit juste pouvoir apporter la preuve qu'une plante est utilisée pour ses vertus médicinales depuis au moins trente ans, dont quinze au sein de l'Union européenne".

Dès lors, quel industriel engagerait la mise en place d'essais cliniques aussi coûteux qu'inutiles d'un point de vue légal ? C'est pourquoi nous n'aurons probablement jamais la preuve formelle de l'efficacité d'un grand nombre de plantes. Et cela confortera les phytothérapeutes qui s'appuient sur la tradition plutôt que sur des méthodes scientifiques pour arguer de l'efficacité de leurs produits. Car rien n'empêchera, demain, un industriel de faire entrer dans la Pharmacopée un "remède" dont la seule vertu aura été de bénéficier pendant quinze ans d'un formidable coup de pouce marketing... C.H.

■ Médecines douces : info ou intox ?, S. Singh et E. Ernst (Cassini, 2014) ; Du bon usage des plantes qui soignent, J. Fleurentin (Ouest-France, 2013) ; The Cochrane Collaboration Reviews pour chaque plante citée ; etc. A retrouver sur [www.science-et-vie.com](http://www.science-et-vie.com)



## LE PRINCIPE

Issue de traditions parfois plurimillénaires, la phytothérapie ("médecine à base de plantes") demeure le seul recours thérapeutique pour la majeure partie de l'humanité. Elle a vocation à soigner toutes les maladies. Contrairement aux médicaments qui utilisent des molécules actives dont certaines ont été extraites de plantes, la phytothérapie se sert d'extraits bruts issus de la totalité d'une plante ou, du moins, d'un de ses organes (racine, fleur, tige, etc.). En France, seules celles inscrites dans la *Pharmacopée française* (365 dans la dernière édition) peuvent revendiquer le statut de plante médicinale, bénéficier d'une autorisation de mise sur le marché et être vendues comme "médicaments à base de plantes". Néanmoins, un autre marché a investi le domaine de la phytothérapie... Depuis l'arrêté "Plantes" du 24 juin 2014, 540 plantes (inscrites à la *Pharmacopée française* ou issues de médecines exotiques) ont le droit de figurer dans la composition des compléments alimentaires.

À LA UNE

## Inutile dans la plupart des cas

**E**n 2013, l'Inserm s'est penchée sur le cas de l'auriculothérapie. Sur les 42 essais cliniques retenus, plus du tiers concernait des addictions (alcool, tabac, cocaïne, opiacés) et ne permettait pas de conclure à l'efficacité de cette technique.

*Idem* pour les problèmes dermatologiques, les vomissements, les douleurs chroniques, l'endométriose ou la rhinite allergique.

Au final, seuls trois essais jugés de qualité suffisante concluaient à un bénéfice pour le traitement des douleurs liées aux opérations et, dans une moindre mesure, l'anxiété pré-opératoire. "Trois essais, c'est trop

peu. Ces résultats devront être confirmés par d'autres études", note Bruno Falissard, coauteur de l'étude.

Pour la réflexologie plantaire et palmaire, les preuves sont là aussi très faibles. Analysant 23 essais cliniques, le spécialiste des médecines douces Edzard Ernst concluait, en 2011, que même si certains essais suggéraient une efficacité modérée pour des indications particulières, la majorité d'entre eux (notamment ceux de plus haute qualité) se soldait par des résultats négatifs. "Les voies censées exister entre les pieds, les mains ou les oreilles n'ayant aucun fondement physiologique, le mieux que

l'on puisse attendre de la réflexologie, c'est son effet relaxant ou son effet placebo", estimait le chercheur.

A l'inverse, les tenants de la discipline, et en particulier ceux de l'auriculothérapie, mettent en avant l'innervation complexe de l'oreille, directement connectée au système nerveux central par quatre paires de nerfs crâniens. Selon eux, son efficacité (relative) s'expliquerait ainsi par le même mécanisme neurophysiologique que celui impliqué dans l'acupuncture.

C.H.

■ Nos sources : le rapport Inserm, juillet 2013 ; "Reflexology : An update...", E. Ernst, *Maturitas*, nov. 2010 ; etc. A retrouver sur [www.science-et-vie.com](http://www.science-et-vie.com)

## HYPNOTHÉRAPIE

### Elle permet surtout de mieux supporter la

**S**igner la douleur ou des troubles psychiatriques par la seule force de la pensée... Si la promesse de l'hypnothérapie séduit de plus en plus de patients et de thérapeutes, les preuves scientifiques de son efficacité restent cependant faibles.

En particulier en psychiatrie, où l'hypnose revendique un grand nombre d'indications (phobies, troubles anxieux, stress post-traumatique, boulimie, anorexie, TOC...), sans s'appuyer sur des essais cliniques concluants.

Cela n'étonne qu'à moitié Bruno Falissard, coauteur d'un rapport Inserm à paraître prochainement. Pour ce pédopsychiatre et spécialiste de l'évaluation des médecines non conventionnelles, "les troubles psychiatriques sont des pathologies au tableau clinique [liste des symptômes et signes cliniques] assez flou, et pour lesquelles il est donc difficile d'évaluer l'amélioration. Juger de l'efficacité de l'hypnose est d'autant plus compliqué que les

essais ne peuvent jamais se faire en double aveugle [patient et soignant ignorent si le traitement administré est actif ou est un placebo], et difficilement en simple aveugle [seul le patient l'ignore]", explique-t-il. Impossible également d'administrer une séance d'"hypnose placebo" à un groupe pour la comparer à une séance de "vraie hypnose" chez un second groupe.

Les chercheurs n'ont donc d'autre moyen que de comparer un groupe de patients soumis à un traitement classique à un second groupe qui reçoit, en sus, une ou des séances d'hypnose. Sans pouvoir mesurer d'effet positif pour ces dernières.

#### Un ressenti moins négatif

Un bénéfice, en revanche, peut bel et bien être mesuré pour l'autre grande application de l'hypnose : le traitement de la douleur. En particulier lorsque la technique est utilisée au cours d'une intervention chirurgicale : les patients ayant

bénéficié de séances d'hypnose ont besoin de moins d'analgésiques que les autres. "Six essais cliniques concluent de façon positive quant à l'intérêt de l'hypnose dans les procédures anesthésiques", indique Bruno Falissard.

L'hypnose ne semble toutefois pas aussi efficace contre d'autres types de douleurs, qu'elles soient liées à des troubles digestifs, des soins dentaires ou un accouchement.

Bien que défavorables en apparence, ces conclusions permettent de mieux comprendre comment fonctionne l'hypnose. "L'utilisation de cette technique avant ou pendant l'accouchement ne permet pas de réduire l'intensité de la douleur, mais elle en améliore l'expérience : les femmes n'ont pas moins mal, mais elles garderont, plus tard, un ressenti moins négatif de la douleur et de leur accouchement", indique Bruno Falissard.

Ce que confirme le médecin Jean-Marc Benhaim, hypnothérapeute

## EN CHIFFRES

- 600 professionnels spécialisés en réflexologie plantaire en France.
- Plusieurs milliers d'auriculothérapeutes.

## LES PREUVES D'EFFICACITÉ

Indications	Niveau de preuve
Douleurs opératoires	Très faible
Anxiété préopératoire	Très faible
Addiction (tabac, alcool...) et toute autre indication	Insuffisant

## LE PRINCIPE

La réflexologie consiste à stimuler des zones précises des pieds (réflexologie plantaire), des mains (palmaire) ou des oreilles (auriculothérapie ou acupuncture auriculaire) au moyen de massages ou pressions manuelles, d'aiguilles ou de divers autres dispositifs (aimants, lasers, etc.). Elle repose sur le postulat que chaque organe, partie du corps ou fonction physiologique correspondrait à une zone ou un point sur les mains, les pieds ou les oreilles.



# douleur

à l'hôpital Ambroise-Paré (Paris). Pour lui, ces conclusions sont en adéquation avec ce que l'on sait du fonctionnement de l'hypnose. *“Elle ne soigne pas la douleur, mais elle modifie le rapport qu'a le patient avec ce qui lui arrive. La douleur est certes ressentie, mais elle a moins de prise sur lui : le patient s'en détache. Il n'est plus submergé émotionnellement par sa douleur et par les angoisses qui accompagnent celle-ci”*, explique-t-il.

Et ce bénéfice, la neuro-imagerie le prouve. Car si l'hypnothérapeute n'agit pas directement sur le corps de son patient, il parvient néanmoins à provoquer des modifications de son activité cérébrale, visibles sur un électroencéphalogramme ou une IRM. Ainsi, sous hypnose, la fréquence des ondes cérébrales diminue progressivement et l'activité du cortex cingulaire antérieur augmente. Or, c'est justement cette zone du cerveau qui commande la composante émotionnelle de la douleur. S'imaginer souffrir moins, c'est déjà souffrir moins. C.H.

## EN CHIFFRES

- En 2001, le premier diplôme universitaire (DU) d'hypnose médicale voyait le jour à l'université Paris-VI.
- 1 400 personnes ont été formées grâce à ce DU : des médecins, infirmiers, dentistes, psychothérapeutes ou sages-femmes.
- Un centre de traitement de la douleur sur deux propose une consultation.

## LES PREUVES D'EFFICACITÉ

Indications	Niveau de preuve
Addiction	Insuffisant
Troubles anxieux	Insuffisant
Douleurs opératoires	Bon
Autres douleurs (dentaires, post-accouchement...)	Moyen

■ Nos sources : le rapport Inserm, à paraître ; The Cochrane Coll. Reviews, mars 2012 ; etc. A retrouver sur [www.science-et-vie.com](http://www.science-et-vie.com)

## LE PRINCIPE

À LA UNE

L'hypnothérapie consiste à utiliser à des fins thérapeutiques l'hypnose, c'est-à-dire à provoquer chez le patient une sorte de sommeil éveillé, caractérisé par une modification de son niveau de vigilance, de sa conscience de soi et de son environnement. Si l'histoire de la technique remonte à l'Egypte antique, l'hypnothérapie moderne a vu le jour au XVIII<sup>e</sup> s. avec les travaux du médecin allemand Franz Mesmer, suivis aux siècles suivants par ceux de l'Ecossais James Braid (auquel on doit le terme d'hypnose) et du psychiatre américain Milton Erickson. L'hypnose propose de soulager la douleur, mais aussi de sattaquer à d'autres troubles, comme les problèmes d'addiction ou de stress.

# MAGNÉTOOTHÉAPIES

## Pas la moindre preuve

**L**es études ayant mesuré l'efficacité de cet ensemble de thérapies sont rares. Depuis l'Antiquité, pourtant, nombreux ont été les bienfaits ou guérisons associés d'abord aux pierres naturellement magnétiques, puis aux aimants. A tort ou à raison ?

Au XVIII<sup>e</sup> siècle, le père de l'hypnose, Franz Mesmer, affirme que les transes hypnotiques s'expliquent par le rééquilibrage d'un fluide magnétique ou énergétique circulant dans le corps humain. Cette théorie du "magnétisme animal" est aujourd'hui encore utilisée par les magnétiseurs pour soigner douleurs, allergies ou maladies de peau. Or, aucune étude n'a permis de vérifier que ce fluide existe, et encore moins que des mains ou des objets puissent avoir sur lui une quelconque influence.

Mais qu'en est-il des vrais aimants et des magnétothérapies au sens strict ? Force est de constater que la plupart ont fait la preuve... de leur absence totale d'efficacité. Comme le montre la méta-analyse publiée

en 2007 par Edzard Ernst, patchs, bandeaux antimigraine, oreillers ou autres bracelets magnétiques n'ont aucun effet sur la douleur.

Les seuls aimants qui échappent à ce bilan négatif sont ceux qui produisent un champ magnétique variable (ou "pulsé", relié à une source électrique) ; ils sont d'ailleurs utilisés en médecine classique pour favoriser la guérison de fractures non consolidées. En 2013, la collaboration Cochrane concluait qu'ils permettaient également de réduire de 15 points (sur une échelle de 0 à 100) les douleurs liées à l'arthrose.

Pour expliquer ces améliorations, plusieurs hypothèses : la propriété de l'os à se polariser sous l'action d'une contrainte mécanique et à se déformer sous un champ électrique ; ou des modifications dans les flux d'ions autour de la membrane des cellules chargées de la régénération des tissus osseux. C.H.

■ Nos sources : The Cochrane Coll. Reviews, 2013 ; "Magnets for Pain Relief", National Institutes of Health, 2008 ; etc. A retrouver sur science-et-vie.com

### LE PRINCIPE

Proposés contre un très grand nombre de maladies, les traitements alternatifs par magnétothérapie reposent sur l'utilisation de champs électromagnétiques constants, comme ceux émis par de petits aimants. Ils stimule-

raient, selon les tenants de ces pratiques, le fonctionnement (voire la croissance) des cellules, activeraient la circulation sanguine (favorisant ainsi l'apport en oxygène et en nutriments) ou modifieraient la transmission du signal douloureux vers le cerveau. Les magnétiseurs estiment, eux, qu'ils ont le pouvoir d'influencer le "fluide magnétique" qui circulerait dans l'organisme.

### EN CHIFFRES

- **8000 magnétiseurs** en France.
- **D'innombrables produits, de 12 à plus de 300 euros,** sont vendus pour leurs propriétés soi-disant thérapeutiques : bracelets, bandeaux antimigraine, oreillers, ceintures...

### LES PREUVES D'EFFICACITÉ

Indications	Niveau de preuve
Douleurs	Insuffisant
Toute autre indication	Insuffisant

Celles-ci sont inutiles... et surtout risquées

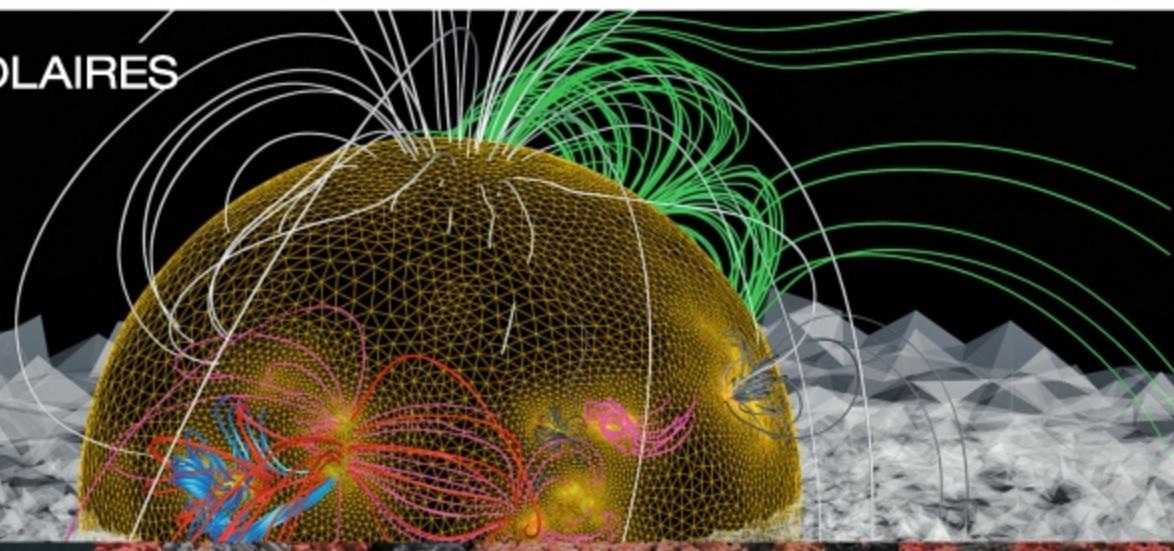
Parmi les 400 autres "approches non conventionnelles à visée thérapeutique" recensées par la Mission interministérielle de vigilance et de lutte contre les dérives sectaires, la plupart n'ont aucun intérêt thérapeutique démontré. Pis, certaines sont dangereuses. Dans cette liste se distingue l'**hydrothérapie du colon**, dont l'objectif est de purifier l'organisme des toxines liées à l'alimentation en pratiquant des lavements répétés des intestins. Les risques vont de la perforation intestinale à l'apparition de carences. Relevons aussi l'exemple des **bougies auriculaires**, dont l'application est censée provoquer une aspiration qui rééquilibre la pression de l'oreille. Résultats à craindre : des brûlures et l'occlusion du conduit auditif, voire la perforation du tympan. Dérivée d'une méthode conventionnelle qui utilise de puissants agents chimiques pour traiter les intoxications aux métaux lourds, la **thérapie par chélation** propose de corriger des déséquilibres sanguins... Elle peut surtout provoquer la mort. Quant à l'**urinothérapie**, qui consiste à recycler son urine en la buvant, sous prétexte de lutter contre le stress ou encore le diabète, elle expose au risque d'une contamination ou d'une surconcentration d'urée dans le sang. A noter qu'il n'existe aucun système de surveillance des effets indésirables des médecines alternatives.

C.T.

# & Science découvertes

ÉRUPTIONS SOLAIRES

70



EBOLA

73



CAMPS NAZIS

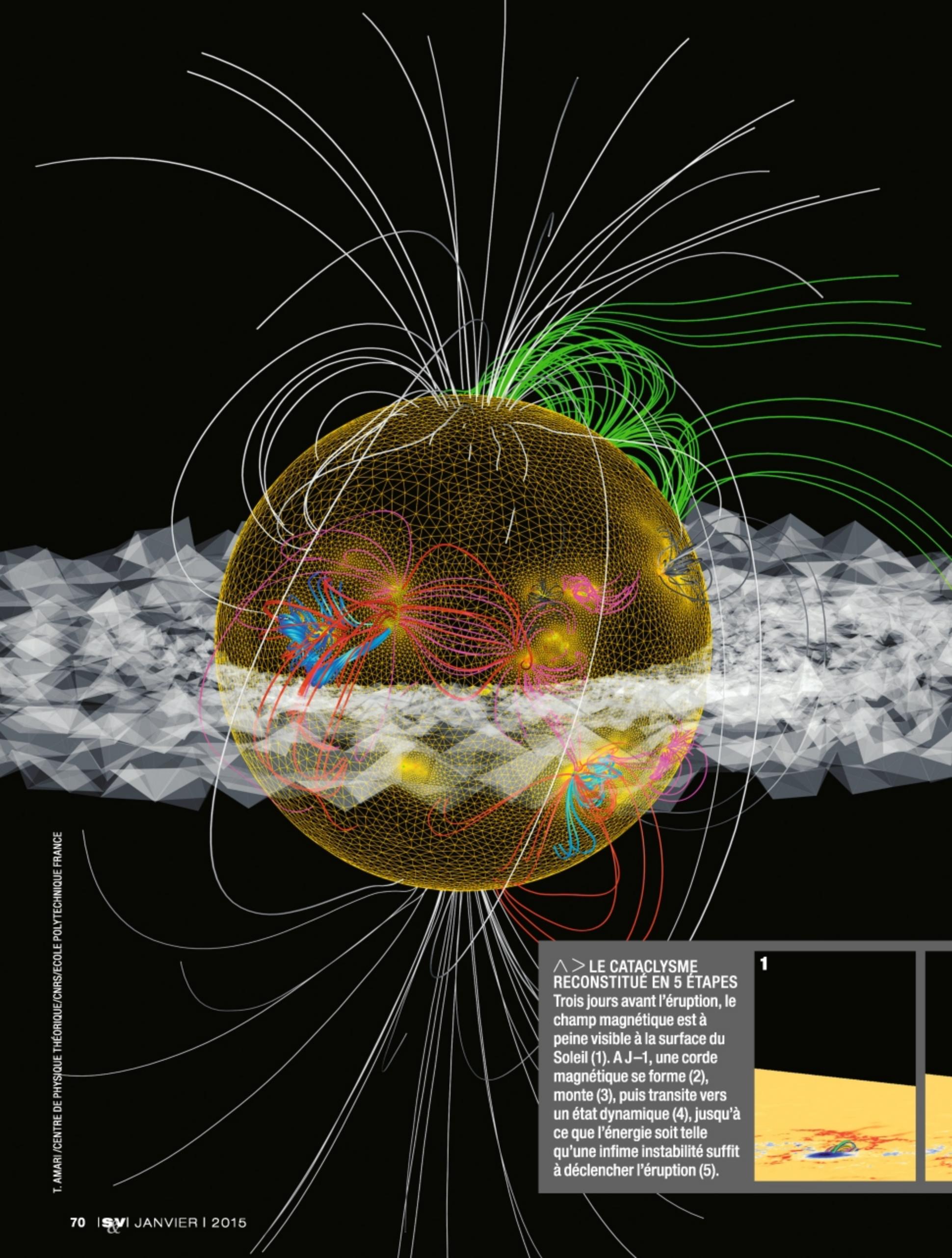
76



TERRE PRIMITIVE

84





▲ > LE CATACLYSME  
RECONSTITUÉ EN 5 ÉTAPES  
Trois jours avant l'éruption, le  
champ magnétique est à  
peine visible à la surface du  
Soleil (1). A J-1, une corde  
magnétique se forme (2),  
monte (3), puis transite vers  
un état dynamique (4), jusqu'à  
ce que l'énergie soit telle  
qu'une infime instabilité suffit  
à déclencher l'éruption (5).

# Eruptions solaires

*Enfin un premier pas vers leur prévision*

Observée en direct, une éruption solaire a livré la clé de son mécanisme. Crucial pour anticiper leurs effets magnétiques sur Terre.

Par **Mathilde Fontez**

**U**n enroulement de lignes de champ magnétique se déploie à la surface du Soleil. D'abord discret, il s'élève progressivement jusqu'à atteindre la hauteur faramineuse de 100 000 kilomètres – 10 Terre mises bout à bout!

Puis cette corde vrillée se disloque brutalement.

Dans un éclair de lumière, elle cède et laisse s'échapper une gigantesque bulle de plasma qui s'élance dans l'espace.

Simple. Efficace. Voilà comment le Soleil, lorsqu'il dégaze ses trop-pleins d'énergie, nous bombarde de milliards de tonnes de matière.

Et pour la première fois, une équipe d'astronomes a pu détailler le phénomène heure par heure. De quoi confronter enfin les modèles sur lesquels ils travaillent depuis vingt ans à la réalité de ces monstrueuses colères.

Il faut dire que la naissance des éruptions solaires est l'un

des problèmes les plus ardu斯 de l'astrophysique. La clé est le champ magnétique qui règne au-dessus de la surface de l'étoile, dans cette atmosphère chauffée à un million de degrés. Lui seul recèle assez d'énergie.

Seulement ce champ est particulièrement pénible à modéliser. “*En météo, on a affaire à des variations de 1 ou 2 % de la pression de l'atmosphère ; dans une éruption solaire, la pression magnétique varie de 300 % !*”, explique Guillaume Aulanier, spécialiste du sujet à l'Observatoire de Paris. *On a donc bien du mal à faire converger nos calculs.*”

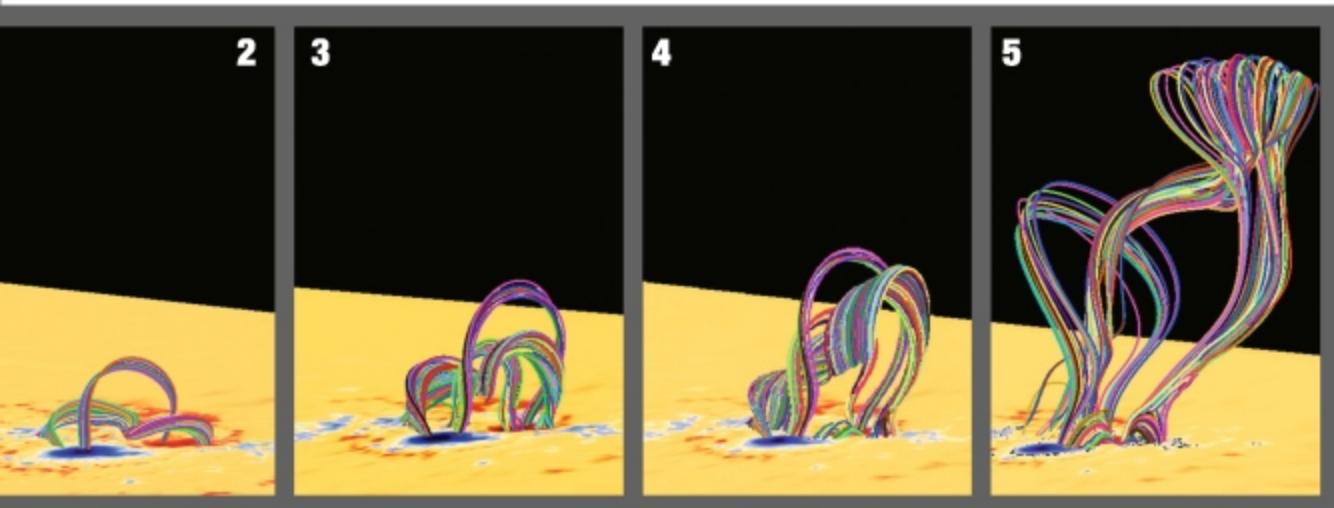
Depuis quarante ans qu'elles y travaillent, les quelques équipes – une dizaine, dans le monde – qui sont capables de dompter ces équations sont tout →

2

3

4

5



## Enjeux

Les éruptions solaires ont déjà causé des dégâts sur Terre. En 1989, une panne électrique a plongé le Québec dans le noir durant neuf heures. En septembre 2003, les compagnies aériennes ont dû dérouter leurs vols reliant Amérique et Asie. Chaque année, elles provoquent des dizaines de pannes électroniques sur les satellites.

→ de même parvenues à dégager de ce fatras de boucles magnétiques et de filaments de plasma deux mécanismes physiques concurrents.

Le premier se base sur la naissance brutale d'un enroulement de lignes de champ magnétique au-dessus de la surface du Soleil, qui finit par se rompre, propulsant une bouffée de plasma dans l'espace.

Le second mise sur la lente déformation des lignes de champ présentes en permanence dans l'atmosphère solaire par des flux magnétiques opposés : à force d'être cisail-

physique qui l'anime. "C'est le nerf de la guerre !", résume Guillaume Aulanier. Or, les deux modèles ne font pas appel aux mêmes équations. Ce n'est pas la même physique."

Corde ou arcade, il fallait donc trancher avec des données expérimentales.

Justement : Tahar Amari, astrophysicien à l'Ecole polytechnique et son équipe ont repéré il y a quelques mois un cas idéal pour cela : une éruption qui a eu lieu dans la nuit du 12 au 13 décembre 2006 et qui a été scrutée par trois télescopes, le japonais Hinode, l'eu-

jusqu'à atteindre une énergie telle qu'une infime instabilité suffit à déclencher sa dislocation. L'éruption s'enclenche quatre heures plus tard.

"Là, on voit vraiment la corde !", s'exclame Jean-Jacques Aly, astrophysicien au CEA qui a participé à l'étude. "Une corde magistrale !, insiste Tahar Amari. Elle est presque aussi nette que dans les modèles !"

### UN EXPLOIT À REPRODUIRE

Le modèle de la corde sort donc vainqueur du test. C'est justement celui qu'ils défendaient. "Oui, on est contents", convient Aurélien Canov, l'un des membres de l'équipe. Surtout, la prévision des éruptions solaires semble maintenant à portée de main. "On approche du but, s'enthousiasme Bernard Kliem, de l'université de Potsdam. Cette corde pourrait être un signe précurseur." D'ailleurs, les prévisionnistes du centre de météorologie spatiale américain sont intéressés...

Mais avant d'embaucher des miss météo solaire, il faudra reproduire l'exploit sur d'autres éruptions. Car rien ne dit qu'elles sont toutes mues par la même machinerie. "C'est une très forte confirmation de l'un des modèles, mais cela n'infirme pas l'autre, prévient ainsi Tahar Amari. Dans d'autres conditions, ce pourrait être les arcades qui déclenchent l'éruption."

Le chercheur est déjà en train de rassembler les données pour réaliser d'autres tests. Prochaine étape, produire des statistiques sur un grand nombre d'éruptions.

Le Soleil vient de dévoiler l'une de ses colères. Peut-être sera-t-on bientôt capable de toutes les sentir venir.

## Comment font les agences de météo spatiale ?

Dans un premier temps, un prévisionniste analyse les données captées par les télescopes : le type et les mouvements des taches solaires, les structures de la couronne... Ensuite, des programmes informatiques calculent des indices et les comparent de manière statistique aux éruptions passées. Voilà la méthode des agences de météorologie spatiale. La seule possible en l'absence d'un modèle physique décrivant le déclenchement des éruptions solaires et pointant des signes précurseurs. Elle donne des prévisions à la fiabilité aléatoire... en attendant mieux !

lées, ces arcades finiraient par libérer le plasma.

Rupture brutale de corde ou cisaillement progressif d'arcade ? Le choix n'a rien d'un point de détail. Car, une demi-heure après leur naissance, ces bulles de plasma peuvent occasionner sur Terre des dégâts considérables (voir "Enjeux").

Inutile de dire que l'armée, les compagnies aériennes, l'industrie des satellites aimerait avoir plus de temps.

Or, pour prévoir le déclenchement de l'éruption, il faut comprendre le mécanisme

européen SOHO et l'Observatoire de Meudon.

Des données dont la robustesse a été vérifiée en 2011 et qui permettent aujourd'hui de détailler le phénomène du début à la fin, et qui peuvent être injectées dans les modèles afin de comparer le film de leur simulation avec celui enregistré.

Quatre jours avant l'éruption, ils ne voient rien sur leur écran. A peine quelques soubresauts magnétiques. A J-2, l'énergie du champ augmente. Puis, à partir de J-1, une corde magnétique émerge et grandit

A voir : l'activité du Soleil en temps réel, captée par les télescopes.

**science-et-vie.com**

# EBOLA

## L'énigme des 7 protéines

Le redoutable virus a dévoilé son anatomie : sa virulence tient à quelques protéines. Pourquoi ? Comment les mettre en échec ? De ces réponses dépend l'espoir d'un remède efficace.

Par Lionel Cavicchioli

**E**bola est une vieille connaissance. Il a été découvert dès 1976.

Pourtant, son vrai visage reste encore bien mystérieux.

Ainsi, l'espèce Ebola "Zaire", qui sévit en Afrique de l'Ouest depuis un an, se distingue par une très grande virulence : jusqu'à 90 % des personnes infectées ne lui résistent pas.

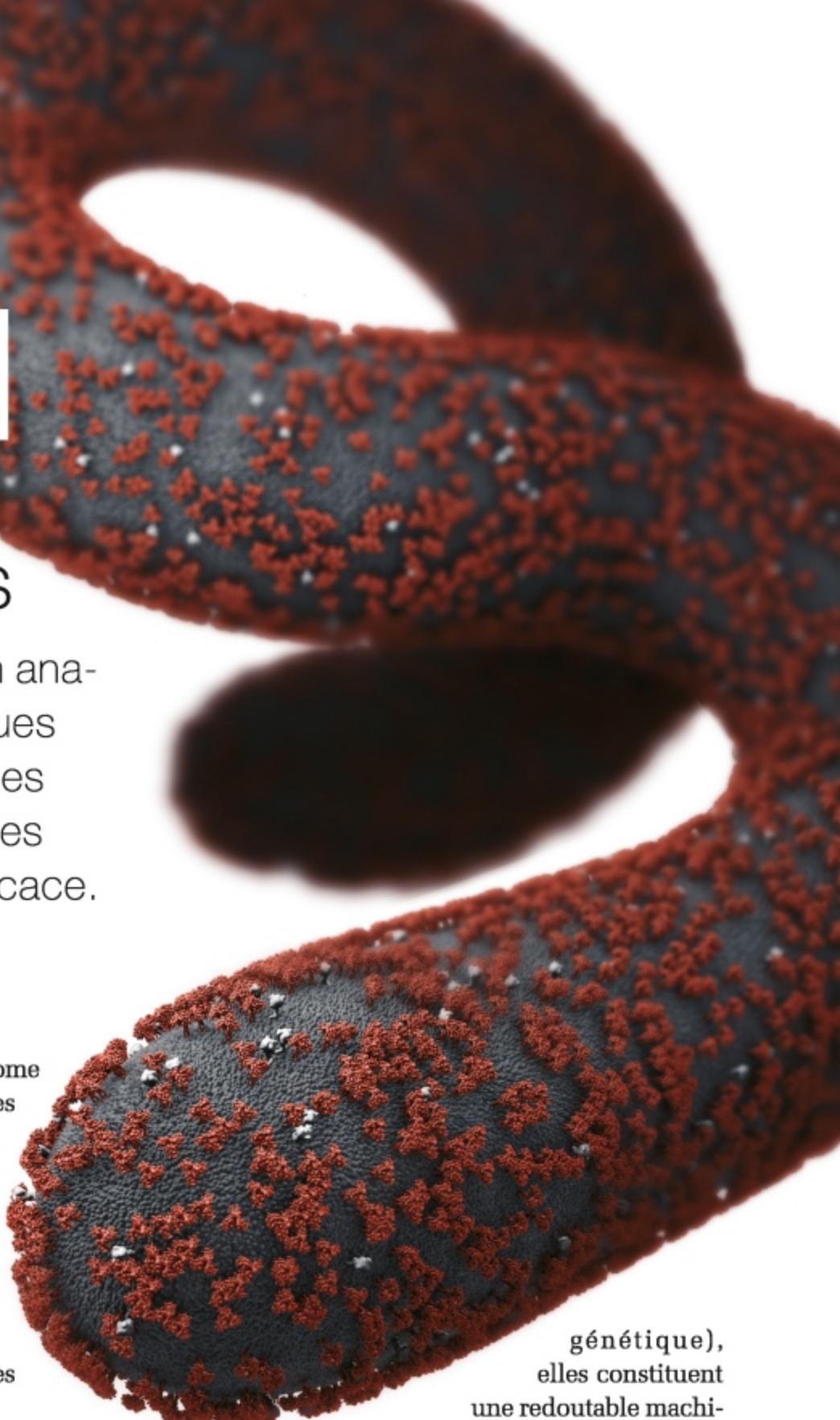
Pourquoi ? C'est ce que les nombreux chercheurs qui l'étudient s'acharnent à découvrir.

Que savent-ils pour l'instant ? Que le virus Ebola est constitué

d'un court génome et de sept protéines virales principales (voir l'infographie), qui constituent sa coque en forme de filament et assurent sa capacité à infecter les cellules des malades et à s'y multiplier.

Précisément, les chercheurs soupçonnent plusieurs de ces sept protéines de déterminer sa virulence.

Associées à l'enveloppe et à l'ARN du virus (son code



▲ Le virus Ebola, le voici : un long filament renfermant un petit génome et 7 protéines principales... qui sont autant de mécanismes d'attaque.

génétique), elles constituent une redoutable machinerie qui permet à Ebola d'infecter les cellules à son entrée dans le corps, de détourner leur fonctionnement pour se reproduire et de se répandre très rapidement, en désamorçant les défenses immunitaires.

Là où ça se complique, c'est qu'il n'y a pas un virus Ebola, mais cinq espèces virales, portant chacune le nom du lieu de sa découverte : Soudan, Forêt de Taï (Côte d'Ivoire), Bundibugyo (Ouganda), Reston (Etats-Unis, chez des macaques venant des Philippines) et Zaire. →

### REPÈRES

Le virus Ebola appartient à la famille des filovirus et compte 5 espèces virales. Entre 1976 et 2014, il a contaminé près de 17 000 individus et fait plus de 6 750 victimes (40 %). L'espèce "Zaire", qui sévit actuellement en Afrique de l'Ouest, est la plus redoutable avec 15 800 infections (40 % de mortalité, avec des pics à plus de 80 %), survenues principalement lors de l'épidémie de 2014, qui avait contaminé, mi-novembre, 14 413 personnes, en tuant 5 177.

→ A l'exception d'Ebola Reston, toutes sont mortelles pour l'homme, mais à des degrés divers. Car si toutes sont constituées d'un petit ARN (sept gènes) et des mêmes protéines qui rendent le virus si dangereux, il existe des variantes, à l'intérieur de l'ARN et des protéines, d'une espèce à l'autre.

*"Il peut y avoir jusqu'à 50 % de variabilité génétique entre les espèces d'Ebola,* précise Eric Leroy, spécialiste du virus à l'Institut de recherche pour le développement. *Leurs propriétés sont donc complètement différentes. Et il y a des liens entre ces variations et la dangerosité d'une espèce.*" Lesquels ? Question cruciale. "Les détails de ces relations de cause à effet restent flous", regrette le chercheur.

#### LE VIRUS MUTE TRÈS VITE

Ces "détails" promettent pourtant d'orienter les virologues vers les meilleures ripostes possibles à l'épidémie actuelle.

En particulier, ils espèrent développer un traitement anti-viral qui neutraliserait tout ou partie des mécanismes d'attaque du virus. Ils comptent aussi mettre au point un vaccin qui apprendrait au système immunitaire à tenir le virus en respect. Dans les deux cas, la détermination précise des protéines à neutraliser (pour le traitement) ou à "imiter" (vaccin) est la clé du succès.

Les sept protéines essentielles d'Ebola Zaïre sont donc passées au crible : séquençage, comparaison entre espèces, recherche d'une corrélation entre la nature de la protéine et les symptômes... Les meilleurs virologues sont à l'ouvrage.

Sachant que leurs résultats pourraient être rapidement...

caducs. L'une des découvertes les plus récentes est en effet qu'Ebola Zaïre mute plus vite qu'on ne le croyait. Un sacré handicap pour les chercheurs : traitements et vaccins éventuellement développés pourraient perdre en efficacité au fil des mutations du virus.

Mais Ebola pourrait aussi devenir moins violent... ce qui n'est pas qu'une bonne nouvelle. Actuellement, il tue son hôte très rapidement, ce qui limite sa propagation. Des mutations diminuant sa virulence constitueraient donc un avantage pour lui, une plus grande survie des malades lui permettant de se transmettre davantage. Revers de la médaille, il deviendrait plus contagieux...

Quant à la mutation la plus redoutée, qui le rendrait transmissible par les airs en plus de l'être par les fluides corporels, elle est hautement improbable. Un tel changement de mode de transmission n'a jamais été observé dans la nature.

Les chercheurs s'intéressent par ailleurs aux origines naturelles du virus : son "réservoir", l'animal qui l'héberge sans être malade et qui contamine les autres. Ils suspectent certaines chauves-souris frugivores. Si ces soupçons se confirment, l'étude de leur système immunitaire pourrait fournir des enseignements précieux.

Ultime piste : comprendre pourquoi certains malades résistent mieux à l'infection – au point de ne présenter parfois aucun symptôme (fièvre, hémorragie...). Le succès de leur système immunitaire à désarmer le virus pourrait, mieux qu'ailleurs, mettre en lumière les faiblesses encore inconnues de ce fléau et, enfin, inspirer des traitements efficaces. ■

## Les 7 protéines d'Ebola passées à l'épreuve de la science

### L'ENVELOPPE

#### Le camouflage idéal

Quand le virus quitte une cellule pour en infecter une autre, il emporte un morceau de membrane cellulaire, dont il s'enveloppe. Or, on sait que chez d'autres virus (VIH), la présence sur l'enveloppe de protéines cellulaires offre au virus une protection ou augmente son pouvoir infectieux.

### 1 LA GLYCOPROTÉINE

#### Le ticket d'entrée

Accrochée à l'enveloppe virale, cette protéine joue un rôle clé dans l'infection : elle permet à Ebola de se fixer sur les cellules et d'y pénétrer. Egalemenr sécrétée par les cellules infectées, elle réduirait l'efficacité de la réponse immunitaire.

### L'ARN

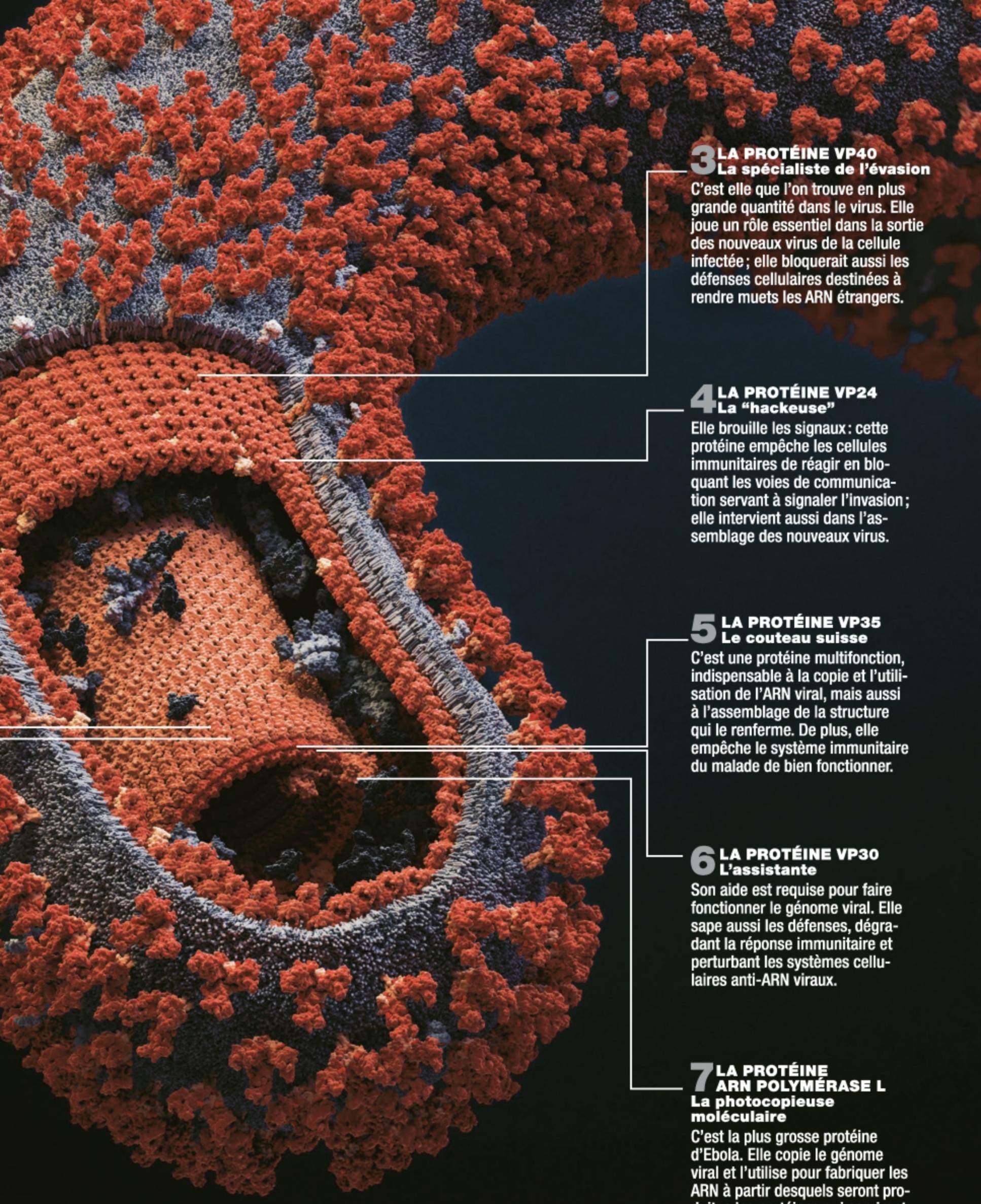
#### Le code du virus

Le petit génome d'Ebola (7 gènes) est constitué d'ARN, une molécule responsable de la production d'une dizaine de protéines. C'est la cellule infectée qui fabrique les protéines virales, à son insu.

### 2 LA NUCLÉOPROTÉINE

#### La clé de la reproduction

Cette protéine forme avec l'ARN une structure en forme de tube, au cœur du virus. Associée à trois autres protéines (VP30, VP35 et l'ARN polymérase L), elle fabrique les nouveaux virus : sans elle, Ebola ne peut pas se reproduire.



### 3 LA PROTÉINE VP40 La spécialiste de l'évasion

C'est elle que l'on trouve en plus grande quantité dans le virus. Elle joue un rôle essentiel dans la sortie des nouveaux virus de la cellule infectée ; elle bloquerait aussi les défenses cellulaires destinées à rendre muets les ARN étrangers.

### 4 LA PROTÉINE VP24 La "hacheuse"

Elle brouille les signaux : cette protéine empêche les cellules immunitaires de réagir en bloquant les voies de communication servant à signaler l'invasion ; elle intervient aussi dans l'assemblage des nouveaux virus.

### 5 LA PROTÉINE VP35 Le couteau suisse

C'est une protéine multifonction, indispensable à la copie et l'utilisation de l'ARN viral, mais aussi à l'assemblage de la structure qui le renferme. De plus, elle empêche le système immunitaire du malade de bien fonctionner.

### 6 LA PROTÉINE VP30 L'assistante

Son aide est requise pour faire fonctionner le génome viral. Elle sape aussi les défenses, dégradant la réponse immunitaire et perturbant les systèmes cellulaires anti-ARN viraux.

### 7 LA PROTÉINE ARN POLYMÉRASE L La photocopieuse moléculaire

C'est la plus grosse protéine d'Ebola. Elle copie le génome viral et l'utilise pour fabriquer les ARN à partir desquels seront produites les protéines qui serviront à construire les nouveaux virus.



<> Détruit par les nazis et recouvert par la forêt, le camp de Sobibor n'avait jamais fait l'objet d'études scientifiques avant les années 2000. Celles menées depuis quatre ans ont permis d'exhumier les traces des victimes (une plaque, à g.) et, l'été dernier, les fondations des chambres à gaz (à dr.).

## Camps d'extermination nazis L'ARCHÉOLOGIE DÉVOILE LES FAITS

Des camps de Sobibor et Treblinka, rasés en 1943 par les nazis, il ne reste rien, sinon les témoignages et les documents. Mais grâce à de nouvelles techniques de fouilles non invasives, des archéologues ont exhumé vestiges, fondations et charniers qui révèlent ce qui se passa exactement en ces lieux. Désormais, l'histoire récente n'échappe plus à l'archéologie.

Par **Emilie Rauscher**





### Contexte

Sans rapport avec les classiques camps de prisonniers de guerre, des centaines de camps de concentration ont été créés par le régime nazi (dont un en France, le Struthof, dans le Bas-Rhin). Ces camps servaient à écarter les opposants et les "indésirables" (Juifs, Tsiganes...) et à organiser le travail forcé. D'une autre nature, six camps eurent, eux, pour objectif l'extermination des Juifs : les 2 camps mixtes d'Auschwitz-Birkenau et Majdanek, le camp de Chelmo et les 3 camps de l'opération Reinhard, à Belzec, Sobibor et Treblinka, en Pologne.

**Q**ue ressent-on quand on fouille une terre où des centaines de milliers de personnes ont disparu, presque sans laisser de trace ?

Quand, pour la première fois, on met au jour les fondations d'une chambre à gaz jusqu'à connue seulement à travers quelques témoignages ?

A Sobibor et Treblinka, camps de la mort SS où furent exterminés plus d'un million et demi de Juifs entre 1942 et 1943, pour la première fois, des scientifiques ont entrepris de se pencher sur un passé que les nazis ont voulu effacer, et que la végétation recouvre un peu plus chaque année.

#### L'OPÉRATION REINHARD

Inutile de faire comme si c'était là des lieux de recherche comme les autres. Ceux qui y fouillent, tous archéologues réputés et expérimentés, le disent. Ils parlent de respect, d'un sentiment étrange jamais ressenti ailleurs. Et pourtant, ils s'évertuent à traiter ces chantiers, terribles, comme tous les autres, pour être, peut-être plus qu'ailleurs, irréprochables quant à leurs résultats.

Là où on pensait que toutes les preuves avaient été détruites, l'archéologie prouve le contraire

Des résultats ? Mais quels résultats ? N'en sait-on pas assez sur les camps pour encore venir déranger ces lieux ? Les images d'Auschwitz ou de Dachau sont connues, des milliers de travaux ont été menés pour documenter ce qui y fut perpétré.

*"L'archéologie ne remplacera pas le travail historique ni les*

témoignages, pointe d'ailleurs Annette Wieviorka, historienne spécialiste de la Shoah (CNRS). Mais il y a des camps très bien documentés comme Auschwitz, et d'autres pour lesquels on n'en sait pas assez, tels les centres de mise à mort de Belzec, Sobibor, Treblinka. Il est donc important de développer d'autres moyens de connaissance complémentaires."

Car d'un camp à l'autre, l'histoire diffère. Ainsi de ces trois camps entièrement dédiés à l'extermination, il ne reste rien. Pour qui s'y rend aujourd'hui, il n'y a plus que des bois, des prairies traversées d'anciennes voies ferrées mangées par les herbes et des monuments à la mémoire de défunts dont on ignore souvent jusqu'au nom.

C'est là que l'archéologie prend tout son sens. Car, désormais, elle se préoccupe aussi de l'histoire récente. Ses techniques de prospection font aussi bien parler des vestiges vieux de plusieurs siècles que ceux datant de 10 ou 70 ans. Depuis peu, une prise de conscience s'est faite : des spécialistes sont sollicités au Rwanda, en Serbie, en Espagne, pour apporter des éléments matériels inédits, en

complément des témoignages existants, des images quand il y en a et des documents qui ont pu être collectés.

Ainsi des camps de Sobibor et de Treblinka. Les archéologues ne viennent pas y établir une thèse : le processus d'extermination est une réalité déjà historiquement établie. →

DR.CHECKING - GOOGLE EARTH



## SOBIBOR

### LES FOUILLES RÉVÈLENT LE PLAN

De ce camp, aucun document officiel n'a été préservé. Les rares témoignages disponibles indiquaient qu'il avait été organisé en trois zones principales : une première avec les baraquas des SS, les ateliers où travaillaient les déportés réquisitionnés et le quai d'arrivée ; une deuxième avec les entrepôts de stockage ; et une troisième, reliée à la précédente par la "route vers le ciel" (*Himmelfahrtsstrasse*), où se trouvaient les chambres à gaz, les charniers et quelques baraquas.

En 2007, Yoram Haimi (université Ben-Gurion, Israël) découvre presque par hasard qu'un de ses oncles y est mort. Quand il se rend sur place, il ne trouve qu'une jolie forêt... "Il y avait bien eu quelques excavations en 2000 et 2001 par Andrzej Kola, qui avaient permis



< Fin septembre, Yoram Haimi et Wojciech Mazurek ont mis au jour des fondations en brique : ce sont celles des chambres à gaz.

## DU CAMP ET LE DÉTAIL DE SON ORGANISATION

*de localiser des fosses, se rappelle l'archéologue, mais personne n'était jamais allé plus loin. Alors qu'on ne savait même pas où se trouvaient les chambres à gaz... J'ai donc demandé à faire des fouilles."*

Quelques mois plus tard, il organise sa première campagne. Depuis, chaque nouvelle année livre ses découvertes : "En 2010, on a mis au jour la double enceinte qui encerclait le camp III, où se trouvaient les chambres à gaz. En 2011, ce fut la 'route vers le ciel', longue de 250 m. Et en 2013, nous avons découvert les restes de victimes, parfois tuées d'une balle dans la tête, et les vestiges de neuf crématoires, de baraqués de prisonniers et d'un tunnel secret se dirigeant vers l'enceinte pour une évasion..."

Les fouilles révèlent des charniers gigantesques, des cendres et du sable, des milliers d'objets venus de toute l'Europe ayant appartenu aux nazis, mais aussi, et surtout, à ceux qui ont disparu ici : des plaques d'identification, des bijoux, des montres...

*"En septembre 2014, nous avons trouvé les fondations d'un bâtiment en brique, poursuit, ému, Yoram Haimi. Or, le seul connu du camp dans ce cas, c'est celui des chambres à gaz. Nous avons déjà dégagé quatre pièces sur un côté, le long d'un couloir, mais il doit y en avoir encore autant ; nous avons également retrouvé le puits qui permettait de les nettoyer. Tous les indices convergent pour identifier cet espace, il n'y a pas d'autre possibilité crédible."*

## Faits & chiffres

Construit en mars 1942, ce camp d'extermination fonctionne jusqu'en octobre 1943. Alors qu'Heinrich Himmler, à la tête de la SS et responsable des camps, ordonne sa transformation en camp de concentration, la révolte des prisonniers, le 14 octobre, pousse à son démantèlement. Une soixantaine de déportés, échappés lors du soulèvement, ont survécu, mais plus de 250 000 y furent exécutés.



### LE CAMP RECONSTITUÉ

1. Rampe et quai de la gare
2. Baraques des prisonniers et entrepôts de stockage
3. Ateliers de travail
4. Quartiers d'habitation SS
5. Chemin d'accès : "route vers le ciel"
6. Baraques de prisonniers
7. Crématoires à ciel ouvert
8. Double enceinte barbelée de la zone de mise à mort



▼ En arrivant, rien ne laisse supposer la présence du camp de Sobibor (en haut). Il est pourtant bien là, et les archéologues trouvent partout des ossements (en bas).



→ Non, ils viennent exhumer le "comment" de cette réalité. Ils veulent mettre au jour des faits : ceux qui dévoilent les fondations d'édifices détruits ou les sols ravagés. Là où les témoignages s'arrêtent ou, parfois, se contredisent, ils veulent apporter des éléments de réponse, de nouvelles données pour mieux comprendre ce qui s'est passé et ce que les responsables ont voulu occulter.

Ce génocide sans équivalent dans l'histoire trouve son origine dès 1941. Suivent la conférence de Wannsee, le 20 janvier 1942, et le lancement de l'opération Reinhard. Soit la planification et l'organisation de l'accélération de la mise à mort des Juifs sur trois sites, Belzec, Sobibor et Treblinka, choisis pour leur isolement et leur bonne desserte ferroviaire.

Belzec entre en action en mars, Sobibor en avril et Treblinka en juillet 1942. Construits dans le but unique de tuer en masse, le plus vite et le plus efficacement possible, ceux qui y étaient envoyés, ils feront plus d'un million et demi de victimes.

L'opération, secrète et très cloisonnée, s'achève officiellement en octobre 1943. Pour

Seuls quelques documents sauvés, les témoignages de quelques dizaines de survivants et d'anciens officiers SS ont permis de connaître leur existence et leur fonctionnement général, mais c'est tout.

#### RETRACER LEUR ORGANISATION

*"Un des problèmes principaux, indique Yoram Haimi, archéologue à l'université Ben-Gurion, en Israël, c'est l'absence de plan détaillant l'organisation des lieux. A Sobibor, nous n'en avons pas... Ou plutôt, nous en avons une vingtaine dessinés par les rares témoins, mais tous différents. Et aucun ne décrit le 'camp III', où se trouvaient les chambres à gaz : de là, il n'y eut aucun survivant."*

Malgré ces lacunes, l'archéologie a tardé à être utilisée. En 1946, les commissions examinant les crimes de guerre nazis avaient envoyé à Belzec des médecins légistes pour vérifier son existence et celles des charniers, mais à cette époque on découvrait l'horreur des camps et il s'agissait de la prouver, d'en préserver la mémoire.

Certains sites se sont rapidement imposés comme des symboles : dès les années 1950,

Ces fouilles scientifiques visent à mettre au jour des faits, exhumer le "comment" de l'extermination

camoufler les traces de ce massacre, les nazis détruisent alors les archives, démontent les baraqués, dynamitent les chambres à gaz, nivellent le sol, plantent des arbres, installent des fermes sur les lieux. Même les corps des victimes sont exhumés des charniers et détruits par le feu (opération 1005).

un musée est installé à Auschwitz, où restent 155 bâtiments et quelque 300 ruines sur près de 200 ha, sans compter les centaines de milliers d'objets abandonnés sur place et les centaines de mètres d'archives.

Il faudra attendre 1986 pour qu'un camp d'extermination soit, pour la première →



## TREBLINKA

### LA DÉCOUVERTE DES CHARNIERS

Deux procès, dits de Treblinka, se sont tenus en 1965 et 1970 pour juger les responsables de ce camp d'extermination de l'opération Reinhard, similaire à Sobibor dans son fonctionnement, mais encore plus meurtrier. Pourtant, mis à part une courte campagne menée en 1945 pour confirmer son existence et l'analyse radar demandée par un révisionniste en 2010, le site n'avait jamais été étudié...

*"Je suis archéologue forensique, c'est mon travail de me pencher sur les crimes pour aider à leur compréhension, précise Caroline Sturdy-Colls, de l'université de Staffordshire (Royaume-Uni). Alors, quand j'ai découvert qu'il n'y avait jamais eu d'investigation scientifique dans ce lieu où tant de personnes ont été tuées, je n'ai pas compris. C'était tellement stupéfiant que j'ai demandé une autorisation*



< Analyse de la résistivité des sols et géoradar ont permis à Caroline Sturdy-Colls de découvrir des charniers inconnus.

## AIDERA À MIEUX ESTIMER LE NOMBRE DE VICTIMES

*de fouille.*" La jeune archéologue a attendu son permis plus de deux ans ; depuis, elle a organisé trois campagnes.

Sous les prairies et les forêts d'aujourd'hui, Caroline Sturdy-Colls redessine entièrement ce que fut le camp, principalement connu grâce aux témoignages de la cinquantaine de déportés qui se sont évadés lors de l'insurrection du 2 août 1943. "Même ses limites sont fausses : il était beaucoup plus vaste que ce qu'on croyait," constate-t-elle. Nous avons localisé les restes de la maison transformée en ferme en 1943 pour donner l'illusion qu'il ne s'y était rien passé ; ce devait être l'ancienne boulangerie du camp. Nous avons aussi retrouvé l'emplacement des baraquas de déshabillage, le Lazaret, ce faux hôpital où les victimes qui ne pouvaient aller jusqu'aux

chambres à gaz étaient tuées, et d'autres structures jusqu'ici jamais documentées dans la zone de travail. Et nous avons également localisé au moins 11 charniers, dont l'un de 26 m sur 17, pour 4 m de profondeur... En 2013, ce sont les anciennes chambres à gaz que nous avons retrouvées et identifiées ; les fondations en brique de cet édifice étaient à plus de 1 m de profondeur, ce qui montre jusqu'où sont allés les nazis pour cacher leurs crimes. Nous avons aussi localisé la zone où devraient se trouver les autres chambres à gaz, ensevelies sous plus de 1 m de sable..." Et partout, tout le temps, "des restes humains, parfois brûlés, parfois non – les nazis n'ont donc pas eu le temps de brûler toutes leurs victimes", et aussi des objets : plus d'un millier de broches, de barrettes...

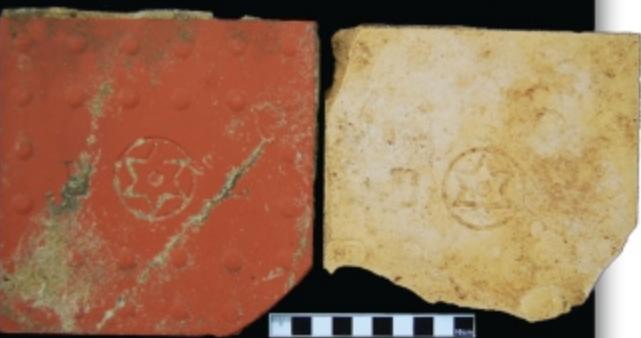
## Faits & chiffres

Sa construction commence en mai 1942. Treblinka est le troisième et dernier camp de l'opération Reinhard. Les premiers convois arrivent à partir de juillet, jusqu'à son démantèlement, lancé en septembre 1943. En seize mois de fonctionnement, au moins 900 000 personnes y auront été exterminées. Seul le camp d'Auschwitz aura été plus mortel.



## LE CAMP RECONSTITUÉ

1. Enceintes du camp
2. Rampe et quai de la gare
3. Baraques de tri et de déshabillage
4. Lazaret
5. "Ferme"
6. Quartier d'habitation SS



▼ Les relevés de terrain ont révélé la présence des fondations d'une chambre à gaz, dont des carreaux (ci-dessus) ont été mis au jour au cours des fouilles.





“

**FRÉDÉRIQUE NEAU-DUFOUR**

Historienne, responsable du Centre européen du déporté résistant (Natzweiler-Struthof)

*Les derniers témoins humains disparaissant peu à peu, il ne restera bientôt plus que les murs*

fois, étudié scientifiquement – jusque-là, il n'y avait eu que des fouilles sauvages menées par des "chercheurs de trésor". Les travaux de Lucja Pawlicka-Nowak, à Chelmno, dégagent alors les fondations d'édifices de ce camp actif dès la fin 1941, mais sur un mode différent de ceux de l'opération Reinhard. Des milliers d'objets appartenant à ses 200 000 victimes et des charniers sont retrouvés.

Au début des années 2000, les choses évoluent. Avec, notamment, les travaux du père Patrick Desbois sur les massacres perpétrés par les *Einsatzgruppen* à l'Est, en Russie, en Ukraine, un pan de l'Holocauste qui fit plus d'un million de morts. Et des projets sont lancés

2004. Le site, malgré son importance, n'est donc plus étudié.

Aujourd'hui, Sobibor est fouillé par Yoram Haimi et son confrère polonais Wojciech Mazurek depuis 2007, et Treblinka par Caroline Sturdy-Colls, de l'université de Staffordshire (Royaume-Uni), depuis 2010. Et, chaque fois, les fouilles apportent de nouveaux éléments, voire corrigent ce que l'on savait. Et ce malgré les difficultés, car fouiller de tels lieux est bien sûr délicat.

Les archéologues, en effet, doivent renoncer à certaines techniques comme le carottage, qui permet de sonder rapidement les sols : utilisé à Belzec, il avait permis de redécouvrir des charniers mais avait

## Chaque découverte est comme la pièce d'un puzzle gigantesque qui se reconstitue peu à peu

en Allemagne dans des camps de concentration (Dachau, Bergen-Belsen, Buchenwald), en Autriche (Mauthausen), et en Pologne, sur les sites de l'opération Reinhard cette fois.

Belzec, le "laboratoire" aux 600 000 victimes potentielles, est le premier à être brièvement fouillé par Andrzej Kola – avant qu'un imposant mémorial ne le couvre de sa chape de béton en

dérange les corps des défunt – ce qui va à l'encontre des préceptes des Juifs orthodoxes. Les spécialistes ont donc dû se tourner vers d'autres précédés.

A Treblinka, Caroline Sturdy-Colls combine des techniques non invasives : *"La photographie aérienne et les recherches historiques et en archives, bien sûr, mais aussi la topographie laser, le lidar et l'imagerie.*



> Restaurée, la baraque crématoire du Struthof a retrouvé son état d'origine.

*L'étude de la résistivité des sols permet de repérer rapidement des choses à faible profondeur et sur une large surface ; le radar à pénétration de sol ou géoradar (GPR) détecte, lui, ce qui est plus profond, mais ses données sont plus longues à analyser.* Des prélèvements limités permettent au final d'identifier les structures repérées.

## Jargon

Ces fouilles sont typiques de l'**archéologie moderne**.

D'une part, elles font appel à des technologies de prospection physique non invasives (géoradar, lidar, topographie laser...) ; mais surtout, elles étudient des sites récents. Matériaux de construction, mode d'ensevelissement... y diffèrent donc de ce qui existe sur les chantiers plus anciens.

A Sobibor, l'approche plus classique de Yoram Haimi profite des travaux prévus pour le musée-mémorial. Les fouilles sont ainsi disséminées un peu partout dans la zone estimée du camp, par carré de 5 m sur 5. *"A chaque nouvelle campagne, nous comprenons mieux comment travailler. Cette archéologie 'moderne' est très différente de ce qui se fait sur les sites millénaires. Et pour les analyses, nous faisons appel à des laboratoires pour ce qui touche aux squelettes."*

C'est ainsi qu'apparaissent les fondations de baraqués disparues, des puits, des chemins racontant l'organisation physique des camps. La terre

# CAMP DU STRUTHOF

## LE CAMP DE CONCENTRATION FRANÇAIS SORT DE L'OUBLI

C'est le seul camp de concentration sur notre territoire, mais il reste mal connu. Le camp de Natzweiler-Struthof (Alsace) bénéficie depuis mars 2014 de sa première restauration totale.

Ouvert le 1<sup>er</sup> mai 1941 et actif jusqu'en septembre 1944, le camp fonctionnait avec près de 70 petites annexes. 52 000 déportés, principalement politiques (les triangles rouges) et "NN" (*Nacht und Nebel*) ; 22 000 y sont morts.

Du site principal, il reste des miradors, la mystérieuse *Kartoffelkeller* ("cave à pommes de terre") ; passé un large portail en bois récent, cuisines, crématoire et prison ; à l'écart, la chambre à gaz. L'emplacement des baraquas des déportés est signalé au sol. Le site existe donc toujours, mais "*la vision qu'il donne du camp est erronée*", constate Christian Bottineau, architecte en chef des Monuments historiques chargé de sa restauration. Ce fut un lieu de souffrance et on ne s'en rend plus compte."

Ce que corrigent aujourd'hui les études scientifiques. Deux ans de recherche ont en effet permis d'identifier son implantation d'origine et ses transformations. Et la restauration renouvelle l'approche du lieu : crématoire et prison retrouvent leur apparence originelle et leurs "anomalies" s'éclairent... "On sait par les témoignages qu'il y a eu des exécutions", rapporte Frédérique Neau-Dufour, historienne en charge du lieu. Nous en avons trouvé les preuves : dans une pièce derrière le four crématoire, les recherches ont dévoilé des trous particuliers – des impacts de balles potentiels, que nous ferons analyser par la police scientifique. Et le mur où ils ont été trouvés est anormalement épais : ce qui s'expliquerait par l'usage qui en était fait." L'ambiance des salles et leurs graffitis réapparaissent. Mais "il reste énormément de questions sans réponse. Nous voulons rendre son sens au lieu dans son entier."

altérée révèle les fosses communes, les fours à ciel ouvert – ce qui pourrait peut-être aider à mieux estimer le nombre de victimes. Quand des milliers d'objets témoignent de ceux auxquels ils appartenaient.

### UNE PAROLE POSTHUME

"*A Treblinka, la plupart des comptes-rendus suggéraient que toutes les preuves ou presque des crimes commis avaient disparu, mais l'archéologie prouve que non*", constate Caroline Sturdy-Colls, qui retrouve l'organisation de la "chaîne de mort" la plus efficace des nazis.

Même constat à Sobibor où, en septembre dernier, Yoram Hai-mi a identifié l'emplacement des chambres à gaz détruites et ensevelies : "Chaque découverte est comme la pièce d'un puzzle gigantesque que nous reconstituons peu à peu. Notre travail va aider les historiens à comprendre ces lieux : d'ici deux mois, nous devrions même proposer une première esquisse du plan du camp."

"Nous retrouvons l'histoire de ceux qui ont subi ces atrocités, même s'ils n'ont pu laisser leur témoignage personnel", souligne Caroline Sturdy-Colls.

Une parole posthume qui prend toute sa force alors que disparaissent les derniers survivants. Certes, il restera leurs écrits, les études historiques, les archives d'autres camps et même de nombreux sites. Mais ceux-ci aussi se dégradent. Pour les camps que les nazis ont voulu arracher de l'histoire comme pour ceux qui s'en effacent doucement sous l'effet du temps, ces recherches sont une nouvelle façon de témoigner.

Laquelle concerne aussi la France : la restauration du camp de Natzweiler-Struthof, le seul sur notre sol, le démontre (voir ci-contre). Ce que résume Frédérique Neau-Dufour, responsable du Centre européen du déporté résistant installé sur le site, en une phrase : "Les derniers témoins humains disparaissent, et lorsqu'ils auront tous disparu, il ne restera que les murs..."

A lire : les rapports de fouilles et de recherche des équipes travaillant au Struthof, à Sobibor et à Treblinka sur leurs sites Internet.

A consulter, à voir : une liste d'ouvrages et de films sur ces sites et sur d'autres camps.

EN  
SAVOIR  
PLUS

science-et-vie.com

## Terre primitive

# Voici le nouveau scénario des ORIGINES

Une longue enfance de plus de 500 millions d'années, enveloppée d'un océan de magma brûlant : telle était jusqu'ici l'image des origines de la Terre. Mais en analysant les isotopes radioactifs de minéraux très anciens, des géologues ont réécrit le récit de sa genèse...

Par Lise Gougis

**C**ontrairement au récit biblique, notre planète fut d'abord un enfer. Peu après que les fragments rocheux du système solaire se furent agrégés en planètes, il y a 4,56 milliards d'années, la Terre n'avait rien du globe bleu que nous connaissons.

A sa surface, et jusqu'à 1 000 kilomètres de profondeur, s'étalait un océan de roches fondues par la cha-

leur résiduelle du processus de formation. Ni continents ni montagnes, encore moins d'océans, mais un magma d'un seul tenant, habillant la sphère terrestre d'un manteau rougeoyant. Un magma que des nuées de météorites criblaient de surcroît de cratères brûlants.

Quand les géologues ont commencé à esquisser l'histoire de la prime enfance de notre planète, un nom s'est →

### Repères

La surface de la Terre, depuis sa formation, est continûment remaniée par la tectonique des plaques, l'activité volcanique, la composition de l'atmosphère... Ce qui laisse dans le sous-sol des traces caractéristiques, grâce auxquelles les géologues ont construit une chronologie, divisée en éons, ères, périodes, époques et âges. L'Hadéen (de -4,56 à -4 milliards d'années), premier des éons, est vu comme "infernal", la surface de la Terre étant encore brûlante.



→ imposé, celui du maître mythique des enfers : Hadès. En 1972, l'Américain Preston Cloud a ainsi baptisé "Hadéen" le premier éon (voir "Repères"), courant de la naissance de la Terre à la formation des premières roches à sa surface, enfin refroidie, il y a 4 milliards d'années. L'Hadéen a ainsi fait commencer l'histoire de la Terre par un chapitre infernal de plus de 500 millions d'années.

#### UNE ANALYSE TRÈS DÉLICATE

Si l'Hadéen se termine officiellement il y a 4 milliards d'années, c'est que les géologues pensaient, jusqu'à récemment, qu'il leur serait à jamais impossible de retrouver des roches plus anciennes. Tout ce qui a précédé, pensaient-ils, a dû disparaître pour toujours dans l'océan de magma des origines.

C'était sans compter la découverte, ces dernières années, de rares minéraux, enserrés dans des roches parmi les plus anciennes du globe. Surprise, ils témoignent de l'existence de roches solides à la surface de

trait d'une enfance planétaire bien plus apaisée. En clair, l'Hadéen n'aurait duré que 150 millions d'années (et non 500 millions) après la formation de la planète, avant de laisser place à une Terre primitive froide.

*"En 2001, lorsqu'on a découvert pour la première fois des zircons vieux de 4,4 milliards d'années, c'était une toute nouvelle hypothèse, raconte John Valley de l'université du Wisconsin-Madison (Etats-Unis). Mais aujourd'hui, elle est très largement acceptée."*

C'est que l'analyse de ces véritables reliques est extrêmement délicate, et le témoignage qu'elles portent bien fragile. Les minéraux retrouvés ont-ils été remaniés par les transformations successives de la surface terrestre ? Ont-ils été contaminés par d'autres roches ? Se sont-ils dégradés ?

Les méthodes de datation permettent, enfin, d'apporter des réponses précises. *"Quand j'étais étudiant, dans les années 1970, les fossiles que contenaient les roches étaient le seul moyen de les dater"*, se souvient Hervé Martin, du laboratoire Magmas et volcans (Clermont-Ferrand). Puis les zircons, capables, grâce à leur extrême résistance, de traverser le temps sans

s'altérer, sont devenus le meilleur moyen d'estimer l'âge des roches qui les abritent à partir des années 1980.

*"A l'époque, il fallait extraire beaucoup de zircons de plusieurs kilogrammes de roches, ce qui prenait des jours, poursuit le géologue. Aujourd'hui, on peut en dater plusieurs dans la même journée grâce à la me-*

## L'"enfer" sur Terre n'aurait en fait pas duré 500 millions d'années...

la Terre bien avant la fin présumée de l'Hadéen, là même où le magma était jusqu'ici réputé régner en maître.

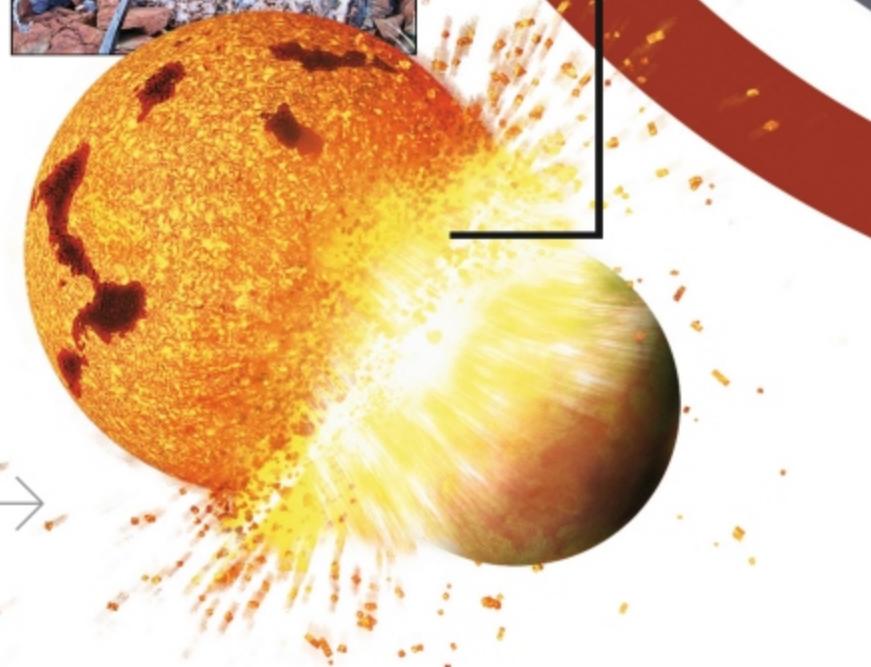
Et ces derniers mois, l'analyse poussée de ces reliques minérales – des échantillons entiers de roches, gneiss ou granits, et d'infimes échantillons de zircons, silicates très résistants – a fini par dresser le por-

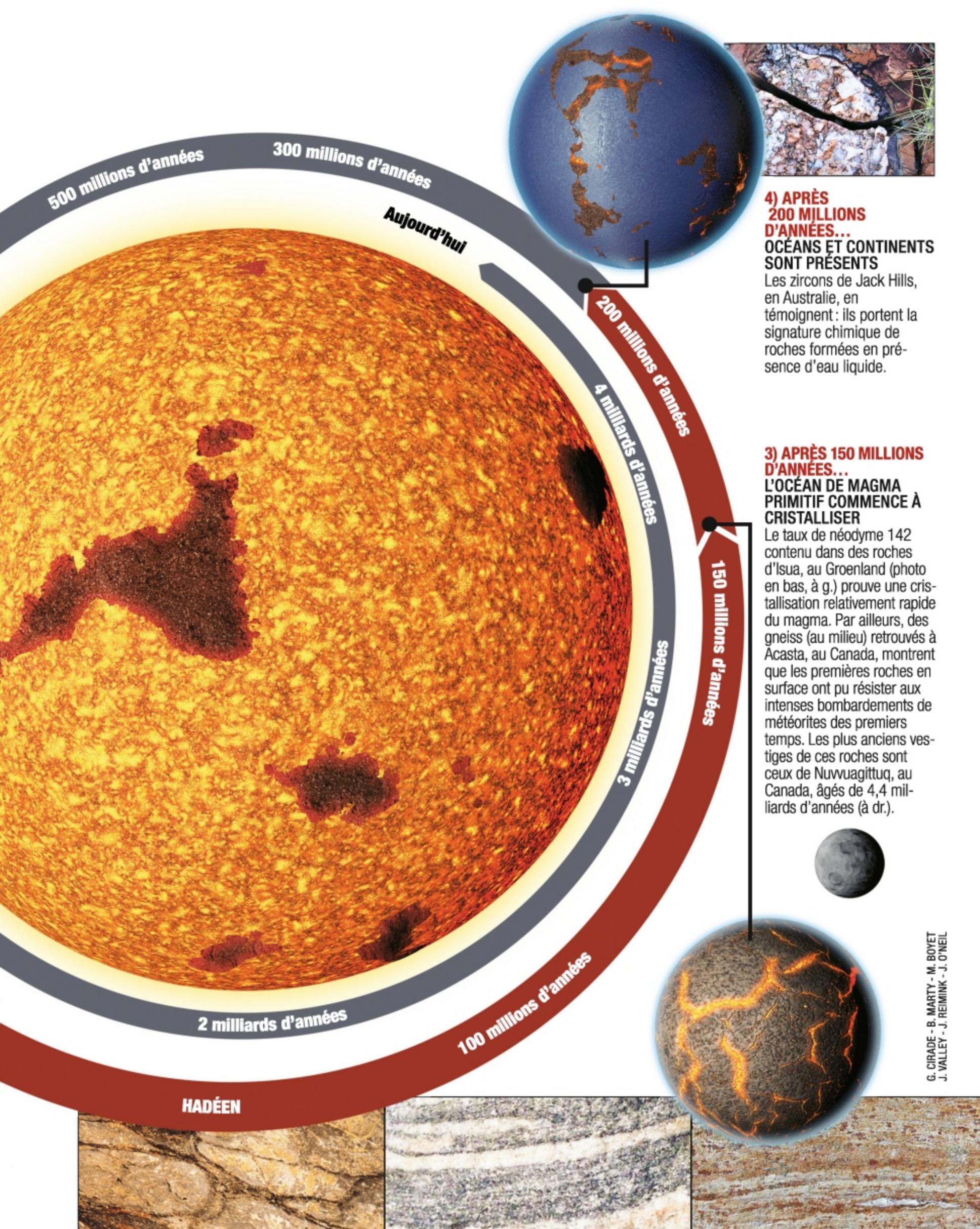
## De très vieux minéraux témoignent que la Terre est devenue la "planète bleue" plus rapidement que prévu

**1) IL Y A 4,5 MILLIARDS D'ANNÉES LA TERRE EST TOUT JUSTE FORMÉE**  
Sa surface est un océan de magma.

**2) APRÈS 50 MILLIONS D'ANNÉES...  
L'ATMOSPHÈRE APPARAÎT**

Elle naît de l'impact d'un astéroïde géant qui donnera naissance à la Lune. C'est en Australie, dans des roches de la région de Pilbara, que les chercheurs ont trouvé du xénon dissous dans des inclusions de quartz (photo). Ce gaz a enregistré la trace de l'événement.





&amp;

→ sure *in situ* qui apporte aussi une plus grande précision."

En pratique, les chercheurs peuvent compter sur des instruments qui traquent la moindre nuance chimique au cœur même des matériaux. Aux premiers rangs desquels les microsondes ioniques et les sondes atomiques tomographiques. Les premières donnent la composition

cheurs sur l'environnement de l'époque, via les isotopes radioactifs qu'ils abritent.

C'est ainsi que l'équipe de John Valley, en analysant le dosage précis des isotopes de l'oxygène, de l'uranium, du thorium et du plomb dans un zircon découvert dans l'ouest de l'Australie, a apporté la preuve de la présence d'océans et de continents durant l'Hadéen.

de l'Hadéen a pu cristalliser très rapidement, formant des roches solides dès 4,47 milliards d'années.

Une poignée d'autres échantillons a permis d'établir que cette croûte primitive a pu résister au bombardement intense de météorites, qu'un champ magnétique était déjà présent il y a 3,45 milliards d'années et qu'il a donc pu exister à l'état d'embryon dès l'Hadéen... (voir infographie pp. 86-87), esquissant un nouveau récit de la genèse terrestre, où l'enfer se réduit à un "bref" épisode.

### UNE RÉÉCRITURE INACHEVÉE

Et cette réécriture des premiers âges se poursuit. Les terrains du Grand Nord sont ceux qui cristallisent le plus d'espoir. Au Groenland, par exemple, certaines roches sont emprisonnées sous des calottes de glace amenées à fondre avec le réchauffement climatique. Une manne inédite et potentiellement exploitables.

Mieux encore: une étude américaine a révélé il y a quelques mois que seule une partie de la planète aurait fondu lors de l'impact avec un objet céleste géant qui a donné naissance à la Lune, il y a environ 4,5 milliards d'années. Les traces de cette collision n'ont donc peut-être pas disparu et ouvrent de nouvelles pistes. Repoussant ainsi les limites temporelles dans la quête de la Terre des origines.

## La date d'apparition de la vie encore repoussée ?

**Les plus vieilles traces de vie auraient été retrouvées dans des sédiments de 3,8 milliards d'années au Groenland (la découverte est controversée). Si les plus anciens fossiles d'êtres vivants connus sont des microbes âgés de 3,5 milliards d'années, les restes fossilisés ne sont pas la seule trace que la vie primitive ait pu laisser. Les bactéries consommant du carbone, elles peuvent altérer l'équilibre de ses isotopes. C'est ce qui a été observé dans les sédiments du Groenland. Les analyses chimiques et géologiques se sont multipliées. Sans certitude. Car, comme le souligne Pascal Phillipot, de l'IPG de Paris, les mesures isotopiques du carbone ne constituent pas forcément une preuve: "L'intense métamorphisme [modifications chimiques et structurelles] qu'ont subi les roches à 500 °C a pu les déstabiliser. Mais il y a tous les moyens d'imaginer que la vie était déjà possible." Et elle pourrait même être plus ancienne. Car si les fossiles de 3,5 milliards d'années attestent d'une vie déjà complexe, c'est qu'elle a commencé à se développer plus tôt, peut-être même à l'Hadéen, qui abritait eau et terres émergées.**

chimique des minéraux au micromètre près, les secondes au nanomètre près. Une résolution suffisamment fine pour reconstituer très précisément l'histoire chimique des minéraux étudiés.

Outre qu'ils livrent l'âge de leur propre formation – qui peut être bien antérieure à l'âge de la roche dans laquelle ils sont découverts –, ces minéraux recèlent des indices qui renseignent les cher-

déen. Les chercheurs ont découvert que la roche d'origine du zircon a subi une altération à basse température avant de fondre, ce qui requiert la présence d'eau liquide en surface.

Grâce au même type d'analyse, Hanika Rizo Garza et ses collègues du laboratoire Magmas et volcans ont découvert, dans des basaltes d'Isua, des roches du Groenland vieilles de 3,8 milliards d'années, la preuve que l'océan de magma

A consulter : une sélection des publications scientifiques parues ces derniers mois, redéfinissant le paysage de la Terre primitive. A voir : des simulations animées de la surface terrestre pendant l'Hadéen.

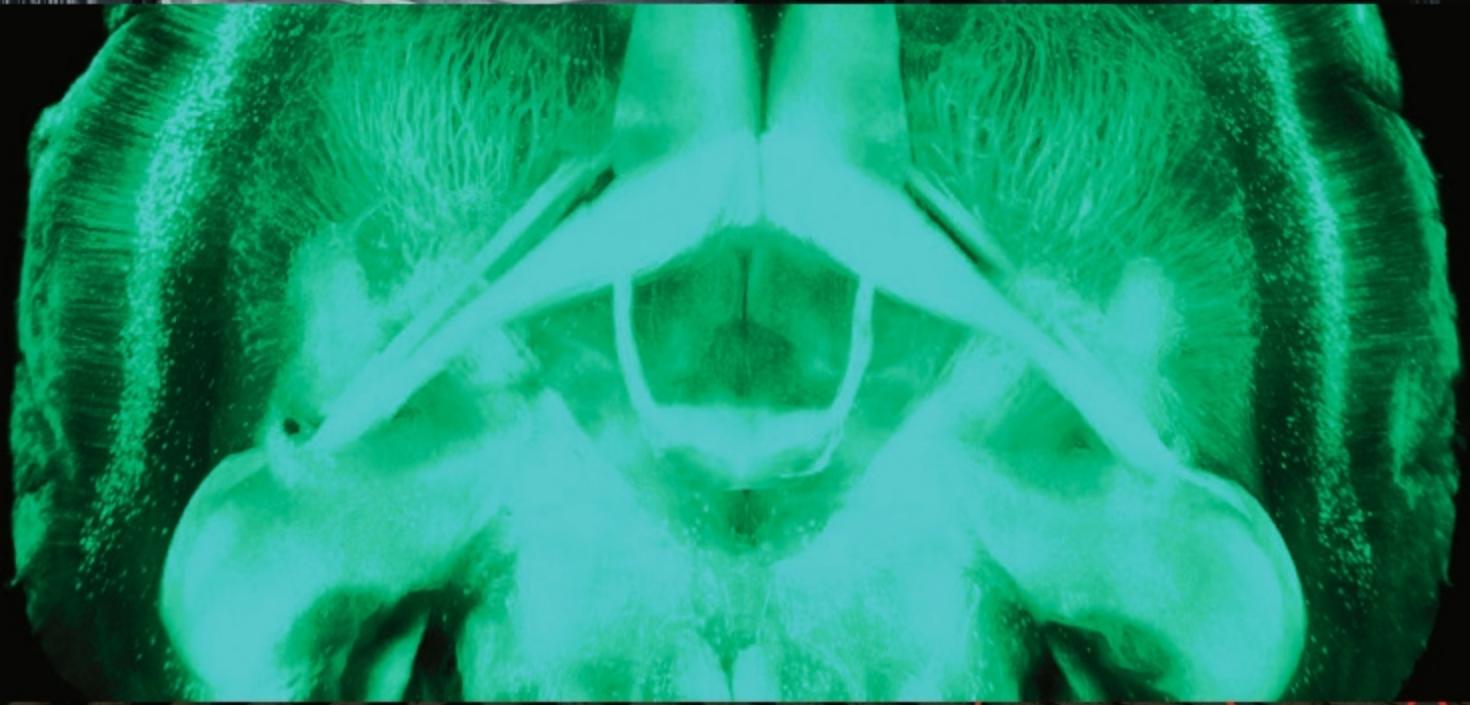
EN SAVOIR PLUS

# & Science techniques

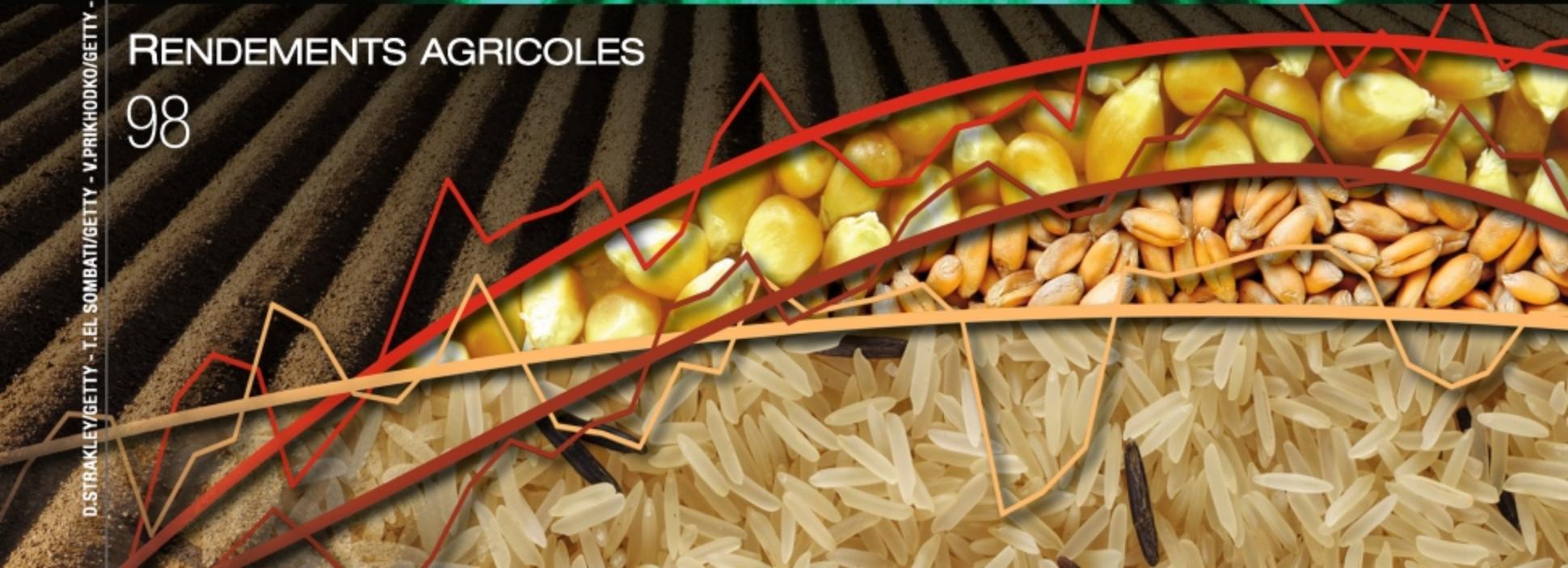
ESPIONNAGE  
90



CLARITY  
94



RENDEMENTS AGRICOLES  
98



> TRAHY PAR LES VIBRATIONS  
D'UNE PLANTE...

En filmant et en analysant la façon dont vibre une plante, on peut reconstruire la conversation émise autour d'elle (ci-dessous).



> ... OU CELLES  
D'UN PAQUET DE CHIPS

L'analyse des mouvements du paquet de chips permet elle aussi de reconstituer le bruit environnant (ci-dessous).



# Attention, les objets nous écoutent!

En vibrant dans l'air, le son fait imperceptiblement réagir les objets environnants. Or, des algorithmes sont désormais capables de traduire ces infimes réactions. Jusqu'à restituer mot pour mot ce qui s'est dit dans une pièce. Une aubaine pour espions.

Par Muriel Valin



**U**ne plante verte posée dans un coin. Des gens qui discutent. Personne ne fait attention à elle. Ce n'est qu'une plante verte. Pourtant, elle écoute tout ce qui se dit dans la pièce. Et plus tard, elle rapportera ce qu'elle a entendu !

Même chose pour un paquet de chips, un mouchoir, un sachet de thé... Pour être anodins, ces objets ne perdent pas une miette de ce qui se dit autour d'eux. Et ne se priveront pas de vendre la mèche.

Imaginons à présent que vous tapez un e-mail sur votre ordinateur. Votre connexion est

sécurisée, vos messages cryptés, vous pensez être à l'abri des indiscretions. Sauf que, pour qui sait écouter, le cliquetis du clavier trahit tout ce que vous avez écrit ! Et même le doux ronronnement de votre ordinateur peut révéler vos précieuses clés de cryptage.

Science-fiction dans la plus pure veine paranoïaque ? Nullement !

Dans des laboratoires américains, israéliens et allemands, des chercheurs ont réussi à rendre bavards des objets qu'aucun espion n'aurait songé à écouter. Comment ? Ici, pas de virus informatique →

### < ... PAR LE RONRON DE L'ORDINATEUR

Ses composants électroniques vibrent, émettant différents bruits (ci-dessous) en fonction des tâches qu'il effectue.



### < ... PAR LE CLIQUETIS DU CLAVIER

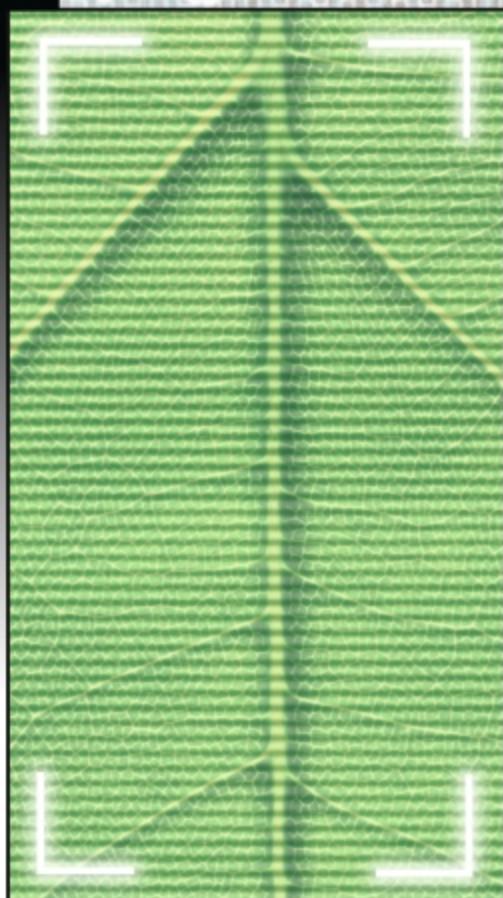
Les touches d'un clavier produisent un bruit et une vibration (ci-dessous) que l'on peut analyser pour retrouver les lettres tapées.



### Repères

Caméras de la taille d'un grain de riz à dissimuler partout, micros-canons saisissant le moindre murmure à des dizaines de mètres, algorithmes sophistiqués s'infiltrant dans les réseaux les plus sécurisés... L'espionnage se nourrit de technologies toujours plus poussées. Qui reposent toutes sur le même principe : saisir l'information à sa source (une conversation, les données d'un disque dur), ou l'intercepter quand elle transite par un câble, une onde, un faisceau lumineux...

## PLANTES ET EMBALLAGES RAPPORTENT NOS PAROLES



Imaginez une pièce dans laquelle deux personnes s'entretiennent secrètement. Aucun micro ne traîne, impossible de lire sur les lèvres. Et pourtant, la conversation va être enregistrée grâce à de banals objets (la feuille d'une plante verte, un paquet de chips, un mouchoir...) présents dans la pièce. Incroyable. Cet exploit a été réalisé en août dernier par une collaboration du MIT, de Microsoft et d'Adobe. Leur secret ? Un principe de base de l'acoustique : quand un son se propage dans une pièce, l'onde acoustique fait vibrer de manière infime toutes les surfaces qu'elle croise. Partant de là, les chercheurs ont montré qu'en filmant avec une caméra haute vitesse (jusqu'à 6000 images/seconde) des objets présents dans la pièce sur lesquels un son retentit, ils pouvaient recon-

struire chaque son à l'origine des infimes mouvements de ces objets. "Le plus difficile a été de travailler sur des variations de l'ordre du millième de pixel, et de mettre au point des algorithmes permettant de revenir aux sons initiaux. L'objet idéal pour notre programme est léger, avec d'assez grandes surfaces, comme un paquet de chips", commente Frédo Durand, au MIT. L'équipe a déjà réussi à reconstruire à 100 %, et en seulement deux à trois heures, une comptine et une courte conversation en filmant différents objets avec une caméra placée à 4 m. Seule parade – pour l'heure : baisser la voix. Tout son murmure échappe encore à cette technique, qui nécessite des signaux sonores suffisamment forts pour faire vibrer les objets de manière perceptible par la caméra.

ni de capteurs spéciaux. Mais des caméras et des micros, parfois ceux de simples smartphones, qui filment les plus infimes mouvements d'une plante, écoutent la plus petite variation sonore des touches d'un clavier.

Et surtout des algorithmes, issus des derniers développe-

"attaque par canal caché". Ses premiers succès (lire ci-contre) devraient être rapidement répliqués et améliorés. A la clé : transformer des objets du quotidien en mouchards, du moment qu'ils captent ou émettent des fréquences sonores.

*"De plus en plus de scientifiques travaillent sur ce*

*"Nous montrons comment des informations peuvent fuiter par des objets dont on ne se méfie pas... pour l'instant"*, renchérit Eran Tromer, à l'université de Tel Aviv, à l'origine de la technique pour extraire les clés de cryptage du ronronnement des ordinateurs.

Le contre-espionnage s'organise déjà, prouve que la menace est prise au sérieux. Premiers visés : micros, caméras et accéléromètres des smartphones et objets connectés. "En étudiant ces failles, on va pouvoir suggérer aux développeurs de modifier leurs produits pour éviter qu'ils soient détournés", explique le chercheur. En attendant, c'est avec circonspection que chacun peut commencer à regarder les objets qui l'entourent. La preuve par trois.

## Le contre-espionnage s'organise déjà, prouve que la menace est prise au sérieux

ments en analyse statistique et en traitement du signal, qui, d'un enregistrement audio ou vidéo, sont capables d'extraire une conversation ou un e-mail.

Cette technique d'espionnage, qui lit littéralement sur les lèvres des objets, est baptisée

*sujet, parce que la sécurité des données devient un enjeu crucial et que cette approche est très complexe à surveiller et à anticiper"*, explique Claude Castellucia, à l'Institut national de recherche en informatique et en automatique.

A écouter : une comptine reconstruite via un paquet de chips ou une plante.

A lire : les publications (en anglais) et une étude complémentaire sur l'espionnage d'une imprimante.

EN SAVOIR PLUS

science-et-vie.com

## LE BRUIT DU CLAVIER RÉVÈLE CE QUE L'ON ÉCRIT

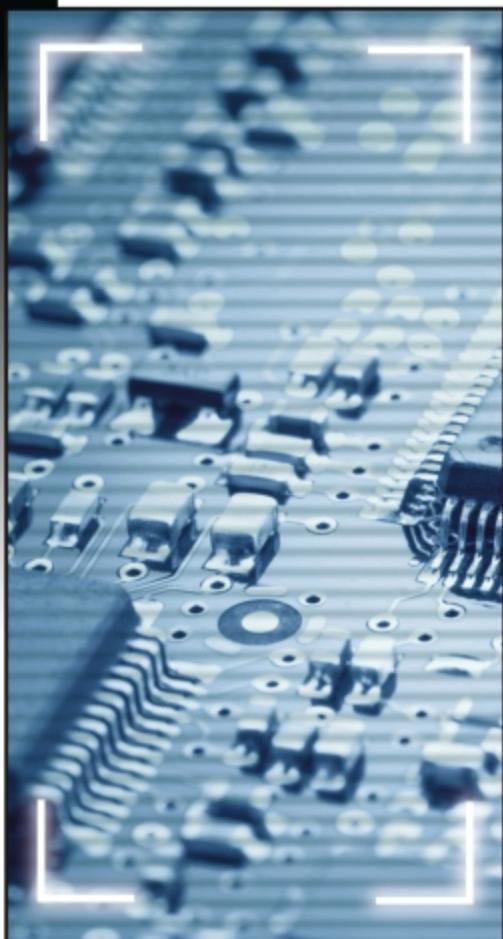
Connaître à la lettre près le texte frappé sur un ordinateur, en posant un smartphone non loin et en analysant le bruit ou les vibrations produites par le clavier, est désormais possible. C'est ce qu'a prouvé l'équipe de Patrick Trainor, au Georgia Tech, à Atlanta. En clair, on peut utiliser le micro ou l'accéléromètre d'un smartphone pour enregistrer et reconstituer un message saisi sur un clavier à proximité. La méthode est aussi simple qu'originale. Quand deux touches sont enfoncées successivement, deux bruits – ou deux vibrations mécaniques – sont émis en deux endroits distincts du clavier: plutôt à droite ou à gauche, plutôt proches ou éloignés l'un de l'autre... Autant de combinaisons qu'un logiciel traite en comparant les successions de frappes avec



une banque de séquences correspondant chacune à un mot préenregistré. Par analogie, les mots tapés sont alors reconstruits, comme dans les logiciels de reconnaissance faciale. Ainsi le mot "papi", sur un clavier azerty, peut être repéré par une combinaison "droite, gauche, loin", puis "droite, droite,

près". De proche en proche, les chercheurs reconstruisent ainsi des phrases entières avec un taux de reconnaissance de 80 %. *"La probabilité qu'une telle attaque vous arrive est faible parce qu'elle est très difficile à mettre en œuvre. Mais si quelqu'un est très motivé, il pourra y parvenir"*, assure Patrick Trainor.

## LE RONRON D'UN PC DÉVOILE SES CLÉS DE CRYPTAGE



Rhhh... Un ordinateur ronronne. Quoi de plus banal! Certains de ses composants électroniques (condensateur, bobine...) vibrent au fil des variations de la tension électrique à leurs bornes. Des variations qui permettent de fournir une tension électrique constante au processeur, indispensable à la bonne conduite des calculs. Y compris les opérations de cryptage des données, qui assurent, théoriquement, le secret des informations stockées dans la machine. Sauf que... ce bruit anodin des circuits, des algorithmes de traitement du signal ultra-élaborés peuvent aujourd'hui l'utiliser pour en extraire les fameuses clés de cryptage. *"Cette idée m'est venue il y a dix ans, raconte Eran Tromer, à l'université de Tel Aviv. Une nuit, alors que je travaillais, je me suis rendu compte que mon ordinateur émettait différents*

*bruits quand il exécutait une tâche."* Avec son équipe, il étudie alors en détail ce signal sonore... et découvre qu'il varie finement en fonction des clés de chiffrement (dites RSA) largement utilisées par les ordinateurs quand ils cryptent les données (e-mail, transactions en ligne...). Mieux, les chercheurs parviennent, à partir du ronronnement enregistré, à reconstruire entièrement des clés secrètes, même lorsqu'elles sont très longues (jusqu'à 4 096 bits). *"Pour y parvenir, on a envoyé un message crypté à un ordinateur. Celui-ci a utilisé sa clé pour le déchiffrer et avec un micro professionnel, placé à 10 m de lui, on a pu extraire 100 % de cette fameuse clé bit par bit, en seulement une heure. Même un micro rudimentaire de smartphone classique posé à 30 cm permet de réaliser cette prouesse"*, explique le chercheur.

# Clarity

# L'art de rendre le corps transparent

Voir à travers un corps ou un organe pour en saisir, en 3D, toute la complexité : tel est l'incroyable défi relevé par "Clarity", une méthode d'"autopsie par transparence".

Par **Elsa Abdoun**

**U**n organe dont les contours s'estompent. Un corps qui devient peu à peu translucide... Une sorte d'autopsie par transparence.

Les images sont saisissantes. La prouesse technique l'est tout autant. "Clarity", méthode mise au point à l'université Stanford (Etats-Unis), permet en effet, par un traitement chimique, de voir à travers toutes les parties du corps.

Jamais auparavant les chercheurs n'avaient pu plonger d'un seul coup d'œil au cœur des structures du vivant. En ajoutant un simple colorant, ils peuvent désormais en sonder l'infine complexité, jusque dans les profondeurs des corps.

La profondeur, voilà ce qui manquait aux techniques tradi-

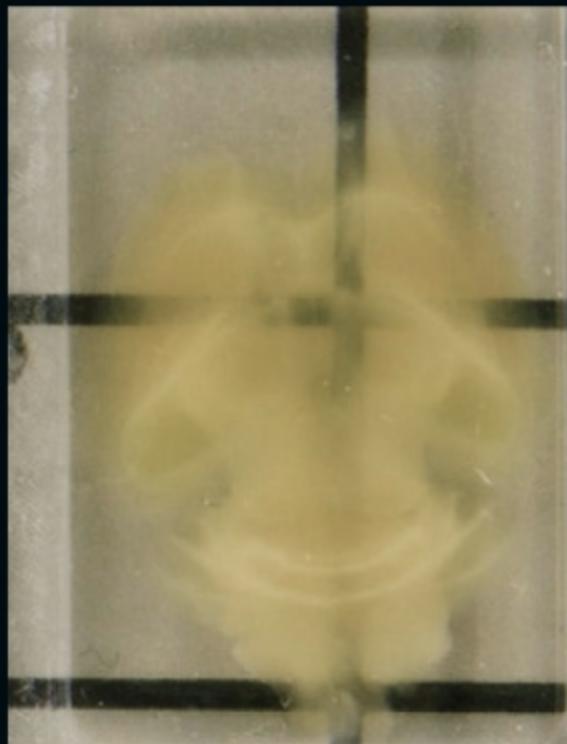
tionnellement utilisées pour analyser la structure microscopique des organes après la mort. Jusqu'ici, le seul moyen d'observer un organisme en détail était de le disséquer et d'en faire des coupes de quelques micromètres d'épaisseur.

Sauf qu'une fois placés sous la lentille d'un microscope, ces échantillons en disent très peu sur la structure tridimensionnelle des tissus et l'organisation du corps.

Clarity, elle, offre la possibilité d'analyser l'architecture du vivant dans son état naturel.

Non seulement l'image est plus fiable, mais elle permet aussi des observations nouvelles. Les colorants ajoutés peuvent, par exemple, indiquer la répartition des virus dans le corps lors d'une infection.

V.GRADINARIU/CALTECH - K.CHUNG/K.DEISSEROOTH/HOWARD HUGHES MEDICAL INST./STANFORD UNIVERSITY



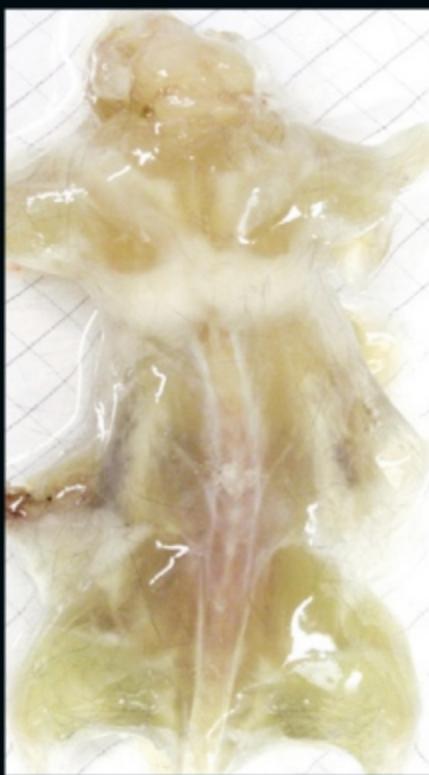
✓ ILS ONT REGARDÉ À TRAVERS UN CERVEAU !

Grâce à l'injection d'un mélange chimique, le cerveau est rendu entièrement transparent (en bas à g.). Un colorant vert révèle ensuite les réseaux de neurones (observés ici au microscope à grossissement x 10).



**Enjeux**

Actuellement, les chercheurs ne peuvent observer les organes au microscope que sous la forme de tranches très fines. Une vision biaisée de l'organisation du vivant. Rendre les corps transparents, puis les recolorer partiellement, permet enfin de les étudier dans leur état naturel.



< Cette souris est le premier être vivant à avoir été rendu entièrement translucide (ici, après une semaine de traitement chimique diffusé par les vaisseaux sanguins).

## INTESTIN

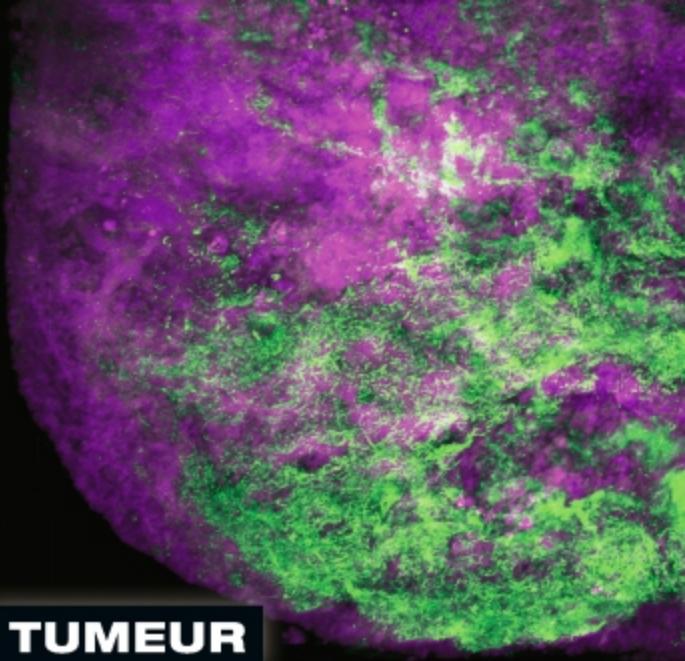
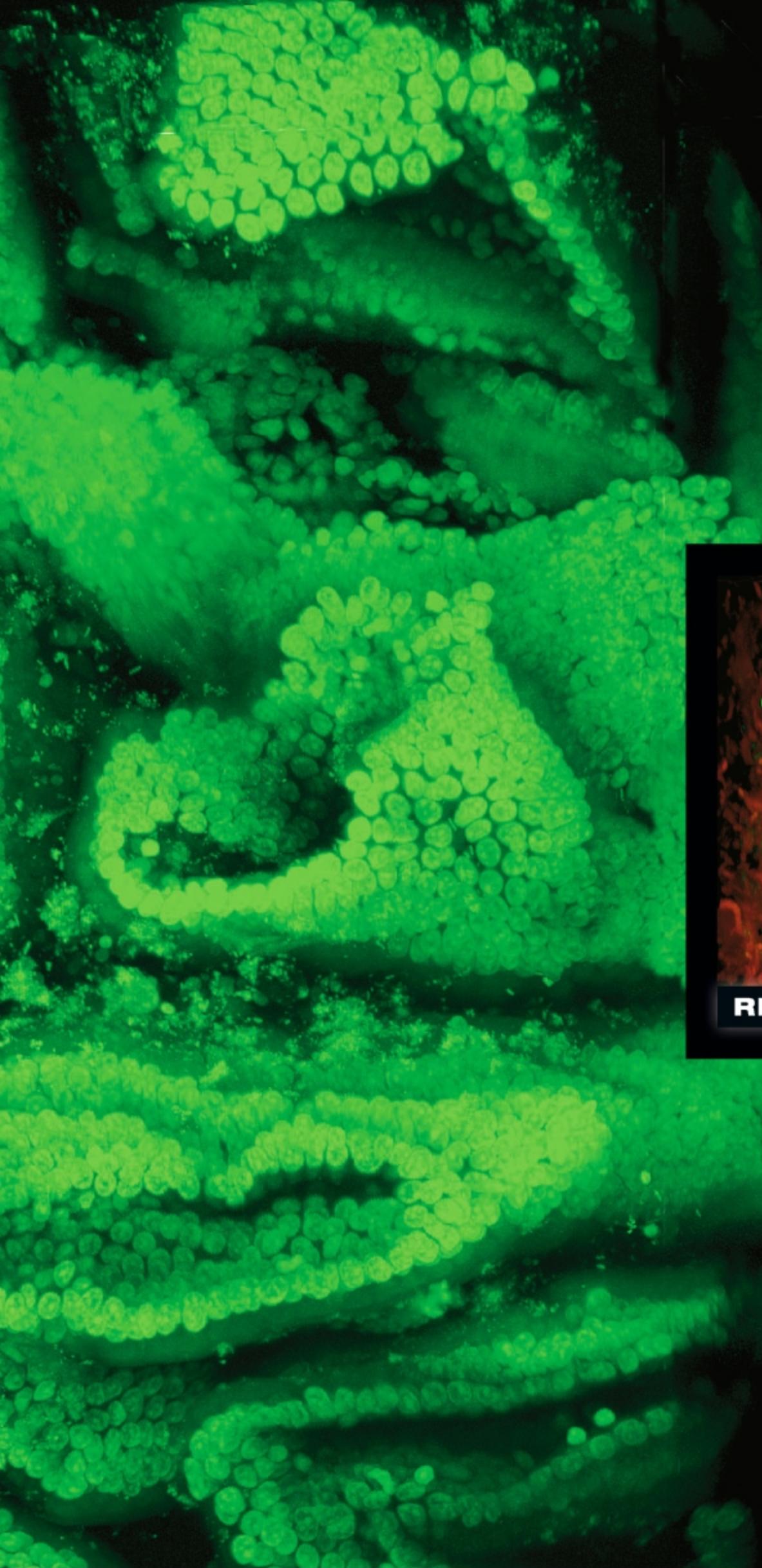
> Riche en lipides, l'intestin est, avec le cerveau, l'organe le plus facile à rendre translucide. Sa structure, faite de nombreux replis, est particulièrement intéressante à étudier en 3D (ici, les noyaux des cellules intestinales, en vert).



Comment une telle transparence a-t-elle été obtenue ? En s'attaquant aux molécules responsables de l'opacité du corps, les lipides. Un mélange chimique a dissous ces lipides, qui constituent les membranes de toutes les cellules animales. Ils ont été remplacés par un gel transparent pour éviter l'affondrement des tissus.

Une méthode si efficace qu'un an plus tard, une équipe du Caltech (Etats-Unis) parvenait à rendre translucide un organisme entier. "Juste" une souris, mais rien n'interdit de passer à des animaux plus gros. Bin Yang, auteur de l'exploit, voit déjà plus grand : *"Cette méthode peut être appliquée à tout animal vascularisé... et donc au corps humain."*

Et la concurrence s'emballe avec l'arrivée dans la course de chercheurs japonais qui développent leur propre méthode, légèrement différente. Une mise à nu des espèces qui promet d'éclairer les derniers secrets du vivant encore cachés dans l'intimité des corps. ■



## TUMEUR

▲ Pouvoir observer le développement d'une tumeur en 3D (ici, des cellules cancéreuses de la peau, en vert) promet d'être très utile pour la recherche de thérapies.

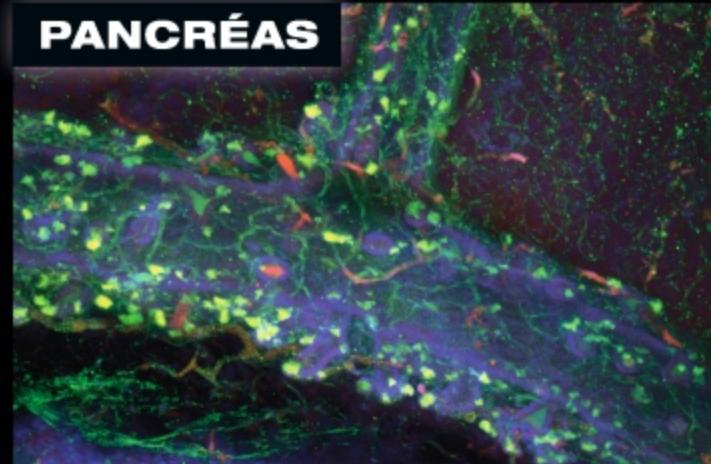


## REIN

▲ "Clarity" permet de voir l'agencement, dans les reins, de microscopiques unités de filtration du sang (en jaune et vert)...

✓ ... ou encore d'étudier comment le diabète modifie la structure du pancréas (ici, son irrigation par un vaisseau sanguin, dont les parois sont marquées en vert).

## PANCRÉAS



### Repères

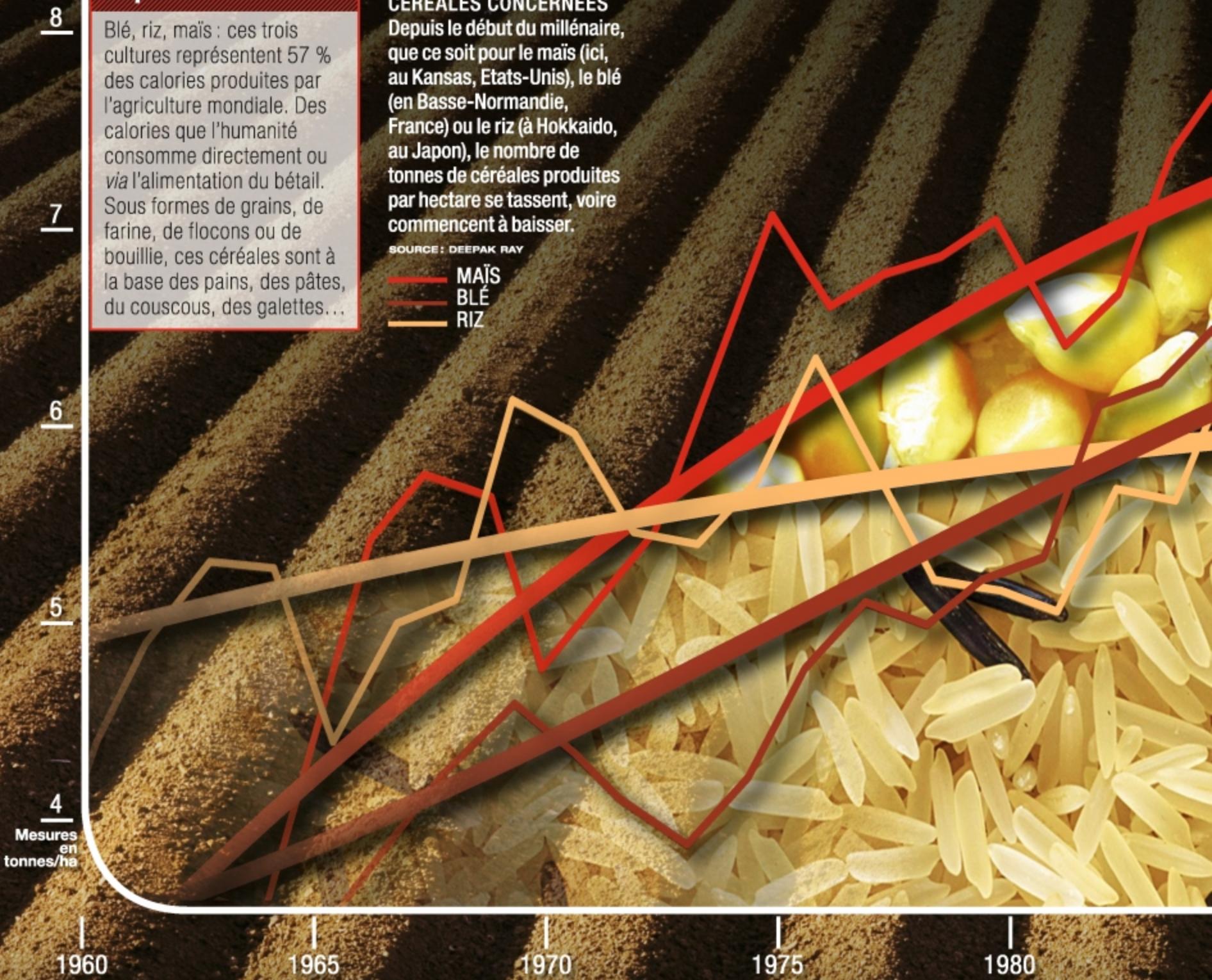
Blé, riz, maïs : ces trois cultures représentent 57 % des calories produites par l'agriculture mondiale. Des calories que l'humanité consomme directement ou via l'alimentation du bétail. Sous formes de grains, de farine, de flocons ou de bouillie, ces céréales sont à la base des pains, des pâtes, du couscous, des galettes...

### > LES TROIS PRINCIPALES CÉRÉALES CONCERNÉES

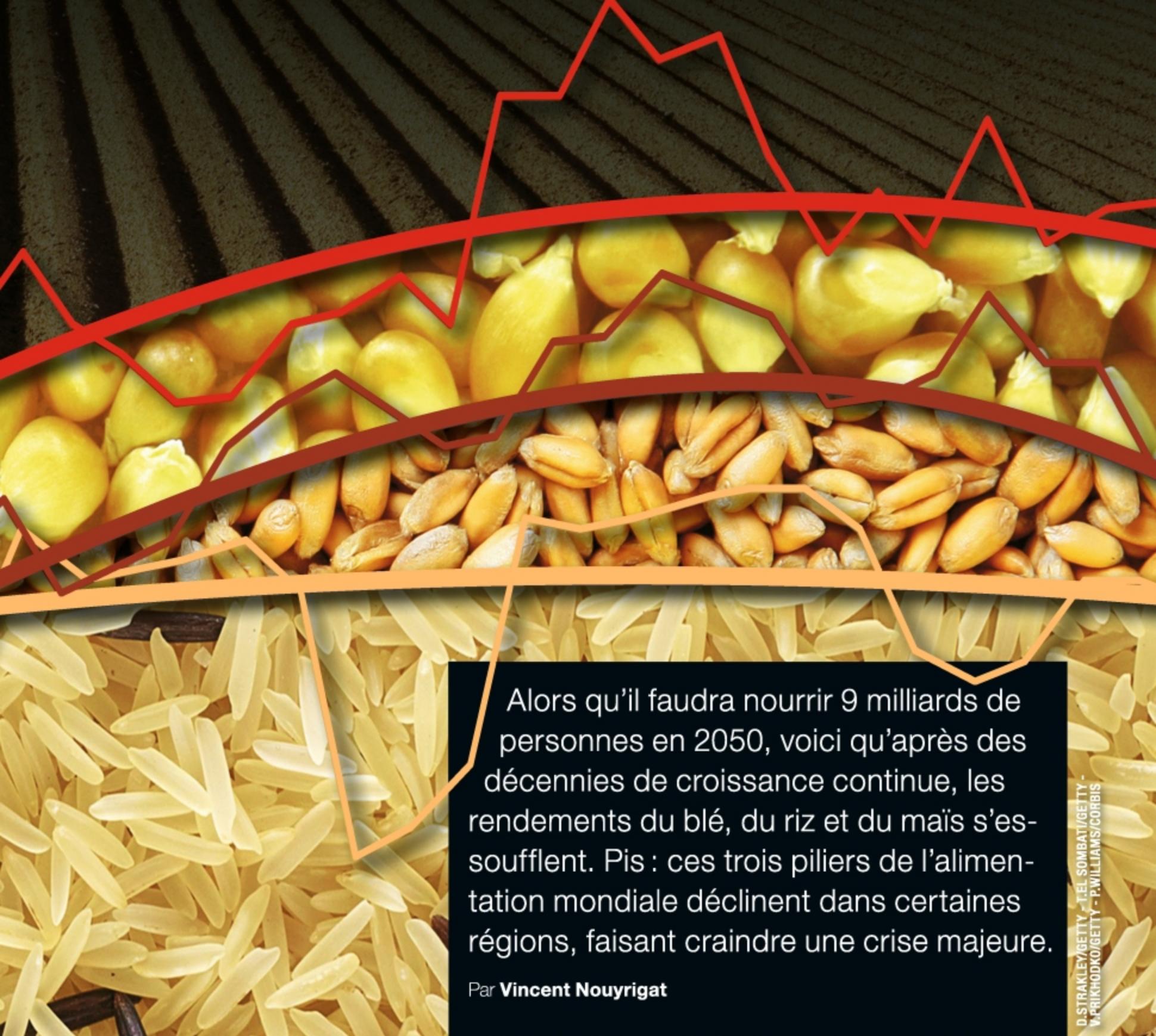
Depuis le début du millénaire, que ce soit pour le maïs (ici, au Kansas, Etats-Unis), le blé (en Basse-Normandie, France) ou le riz (à Hokkaido, au Japon), le nombre de tonnes de céréales produites par hectare se tassent, voire commencent à baisser.

SOURCE : DEEPAK RAY

— MAÏS  
— BLÉ  
— RIZ



# Rendements agricoles **LA GRAND**



Alors qu'il faudra nourrir 9 milliards de personnes en 2050, voici qu'après des décennies de croissance continue, les rendements du blé, du riz et du maïs s'es-soufflent. Pis : ces trois piliers de l'alimentation mondiale déclinent dans certaines régions, faisant craindre une crise majeure.

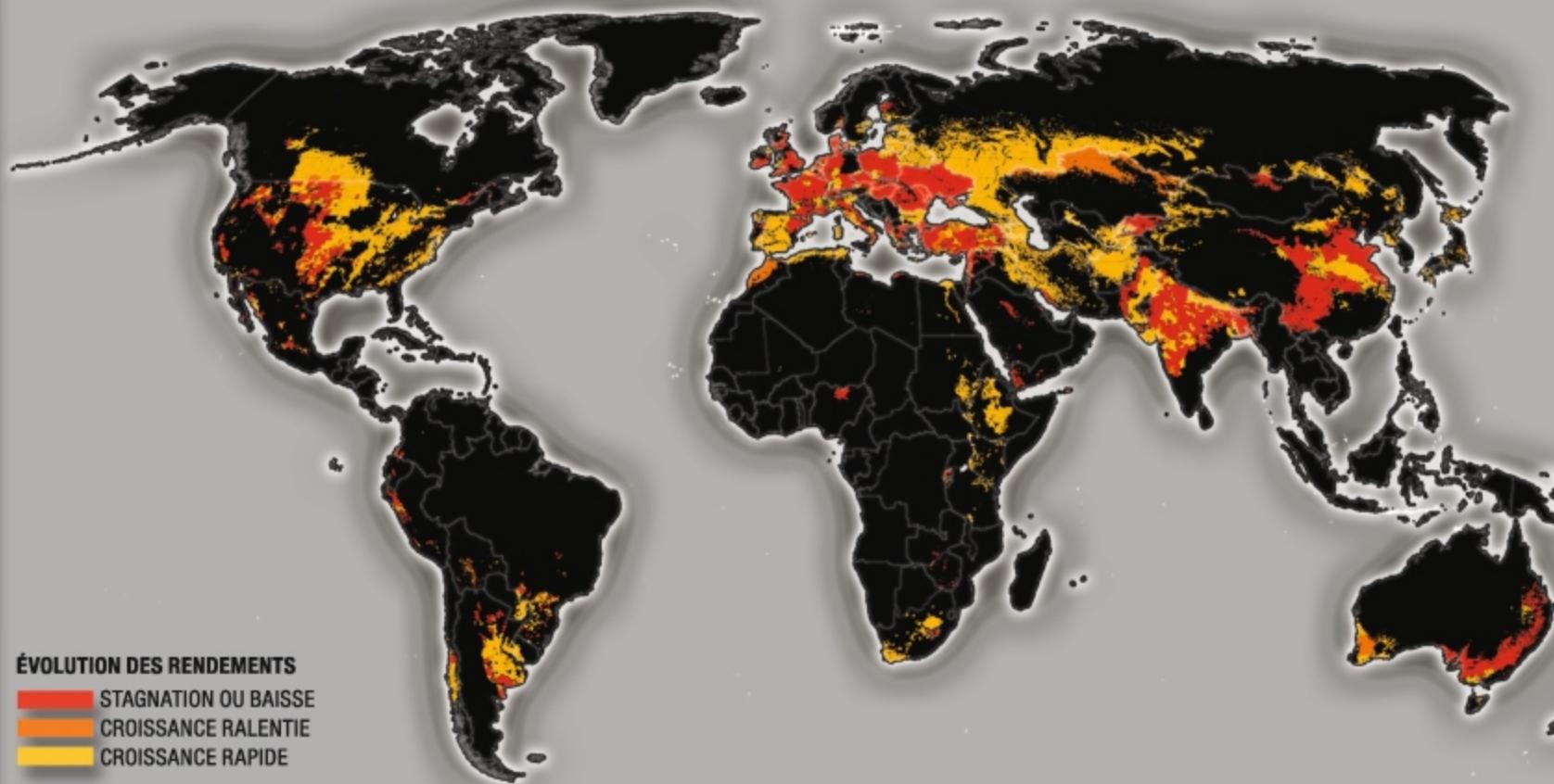
Par **Vincent Nouyrigat**

D.STRAKLEY/GETTY - T.TEL SOMBATI/GETTY - V.PRIKHODKO/GETTY - P.WILLIAMS/CORBIS

# E PANNE

## BLÉ

## LE DÉCLIN DES GRENIERS HISTORIQUES



**A**u début des années 2000, personne n'y a prêté attention... Les récoltes médiocres avaient été mises sur le compte des aléas ancestraux du métier d'agriculteur.

La France céréalière baignait alors dans l'euphorie de quatre décennies de progrès triomphants ; les rendements du blé, qui végétaient à moins de 2,5 tonnes de grains par hectare dans les années 1950, avaient été portés à la fin des années 1990 à plus de 7 tonnes/hectare ! Une révolution verte construite à grands coups d'engrais chimiques, de pesticides, d'herbicides, d'irrigation, de mécanisation et de nouvelles techniques de sélection des semences.

Seulement voilà... les moissons décevantes ont continué

de s'enchaîner. Les statisticiens du ministère de l'Agriculture ont fini par se pencher sur la question. *"En 2007, il y avait suffisamment de recul pour affirmer que la série en cours formait un plateau, les rendements du blé commençaient à stagner"*, raconte François-Xavier Oury, chercheur à l'Institut national de la recherche agronomique (Inra). *"A un moment, on a même cru que les performances de cette céréale majeure étaient en train de chuter"*, témoigne, encore fébrile, Christian Huyghe, directeur scientifique à l'Inra.

*"Malgré le recours aux moyens les plus modernes, les cultivateurs français parviennent difficilement à rééditer certains rendements records atteints en 1984, relève Philippe Gate, écophysiologiste*

## Faits &amp; chiffres

Dans le monde, **805 millions de personnes souffrent de la faim** (1 habitant sur 8, et 1 enfant sur 6). Ce n'est pas tout : **2 milliards de personnes sont malnourries**, elles manquent des vitamines et minéraux élémentaires. Au total, **la survie de 4,5 milliards de personnes** dépend du trio blé, riz, maïs.

à Arvalis-Institut du végétal. C'est déconcertant..."

Déconcertant, voire humiliant pour une terre nourricière que l'on croyait bénie des dieux ; la France, premier producteur agricole européen, l'un des premiers exportateurs mondiaux de céréales et de semences !

## UNE PANNE MONDIALE

Ces dernières années, l'Inra a multiplié les groupes de réflexion et les séminaires. Devant la persistance du problème, l'organisme public entend monter cette année un vaste programme de recherche.

Pourquoi une telle panne ? Les cultures auraient-elles atteint leurs limites biologiques ? Notre modèle agricole serait-il à bout de souffle ? L'élucidation du phénomène dépasse largement le cadre de l'Hexagone : cette

**PART DANS L'ALIMENTATION MONDIALE (CALORIES) : 21 %**

**PRINCIPAUX DÉBOUCHÉS :** pain (blé tendre), pâtes et semoule (blé dur)

**PRINCIPAUX PRODUCTEURS :** Chine, Inde, Etats-Unis, Russie, France

Cette céréale fondatrice de l'agriculture est responsable de la survie de 35 % de la population mondiale. Or, elle se trouve aujourd'hui dans une situation alarmante : 37 % des surfaces cultivées affichent une stagnation des rendements. La France, troisième exportateur mondial, voit les performances de son blé plafonner depuis environ 1995, sans aucun signe de redémarrage. Un constat partagé par de nombreux pays européens (Allemagne, Pays-Bas, Belgique, Danemark, Suède, Grande-Bretagne), et même l'Ukraine, ce fameux grenier à blé. En Afrique du Nord, où le blé apporte près de 50 % des calo-

ries aux populations, les cultures ne progressent plus. Malgré d'intenses apports en engrais, l'Inde déplore 70 % de ses surfaces en panne. Certaines régions australiennes, comme le Queensland, voient même leurs rendements baisser. Les seuls acteurs majeurs en progression sont la Chine et les Etats-Unis, qui partent de très bas – 3 t de rendement moyen dans les grandes plaines contre 7 t pour la France. Des pays agricoles plus marginaux, comme l'Iran ou l'Irak, flambent. De bien maigres consolations à l'heure où les experts anticipent une augmentation de 70 % de la demande en blé d'ici à 2050.



“ CHRISTIAN  
HUYGHE ”

Directeur  
scientifique  
adjoint  
agriculture  
à l'Inra

*Les rendements maximaux théoriques s'écroulent, le plafond nous tombe dessus !*

stagnation ne menace rien de moins que la sécurité alimentaire de la planète au XXI<sup>e</sup> s...

Car la panne semble maintenant générale.

Depuis trois ans, chaque nouvelle publication scientifique révèle un peu plus l'ampleur du phénomène : l'essoufflement des rendements du blé a gagné d'autres pays agricoles parmi les plus productifs (lire ci-dessus) ; Chine et Inde voient les performances de leurs innombrables rizières plafonner (lire pages suivantes) ; tandis que le maïs montre des signes inquiétants en Asie, en Afrique, en Europe et dans une partie de la *Corn Belt*, aux Etats-Unis (voir la fin du dossier).

Blé, riz, maïs : ces trois cultures fournissent près de 60 % des calories consommées par la population mondiale.

Selon Kenneth Cassman, professeur d'agronomie à l'université du Nebraska, “au moins un tiers de ces céréales provient désormais de pays en stagnation ou affichant un ralentissement marqué”.

Un constat d'autant plus inquiétant que la plupart des

## En 2050, la sécurité alimentaire de la planète pourrait être menacée

terres fertiles ont été exploitées. Les organismes comme la FAO misent donc sur une augmentation continue et soutenue des rendements. Deepak Ray, de l'université du Minnesota, a pourtant calculé que “la progression actuelle des rendements de ces céréales sera

insuffisante pour répondre, en 2050, aux besoins alimentaires de plus de 9 milliards d'habitants : il faudrait des progrès de + 2,4 % par an, contre 0,9 % pour le blé aujourd'hui”.

D'où l'urgence d'élucider les raisons de cette panne.

Les soupçons se sont très tôt portés sur les qualités génétiques des céréales plantées aujourd'hui. “Nous avons exploré quarante ans d'archives des nouvelles lignées expérimentales de blé”, explique François-Xavier Oury.

Verdict ? “La progression de leurs performances continue sur le même rythme, à raison de 100 kg de rendement en plus par hectare et par an.” Mieux, ces nouvelles variétés gagnent en résistance aux maladies. Les progrès génétiques sont donc toujours aussi vigoureux →

reux et, souligne Gilles Charmet, du Laboratoire génétique, diversité et écophysiologie des céréales (Clermont-Ferrand), "les nouvelles générations d'agriculteurs sont friandes de variétés récentes, qui se renouvellent environ tous les 7 ans pour le blé, et même tous les 3 à 4 ans pour le maïs".

#### LE CLIMAT EN QUESTION

Les causes de la grande panne sont donc ailleurs... Les agriculteurs des grandes régions agricoles auraient-ils relâché leurs efforts productifs ? La baisse des quantités d'engrais azotés épandues depuis les années 2000 en France (-20 kg/ha) semblait une piste prometteuse. Sauf que, rectifie Marie-Hélène Jeuffroy, chercheuse à l'école AgroParis-Tech, "les volumes d'azote déversés avant étaient largement excessifs, alors que les apports actuels se font de manière plus pointue et plus efficace". S'il y a un effet, il est vraisemblablement marginal. Quant à l'utilisation des produits phytosanitaires, elle n'a pas évolué.

Tout de même ! Ereintés par des décennies de pratique intensive, les sols agricoles auraient toutes les raisons de montrer des signes de faiblesse. Pas si simple... Car, étonnamment, leur teneur en matière

organique reste stable – en tout cas, à l'échelle de la France.

Le véritable fléau du terreau serait en fait l'extension de la monoculture depuis vingt ans. Jusqu'à la caricature dans les grands bassins de production, comme la Beauce : alors que sur une parcelle se succédaient auparavant pois, blé et colza, n'alternent plus désormais que colza-blé-blé, voire blé-blé-blé. Selon Marie-Hélène Jeuffroy, "ces nouvelles rotations favorisent la prolifération de champignons ou de mauvaises herbes néfastes aux rendements, quand les légumineuses, comme le pois, avaient l'avantage de casser le cycle de vie de ces nuisibles tout en apportant de l'azote au sol".

Selon les chercheurs de l'Inra, cette nouvelle rotation des cultures expliquerait 300 à 400 kg de perte de rendement sur les 1 400 kg manquant par hectare de blé français.

L'argument d'une évolution des pratiques culturales n'est donc pas négligeable, d'autant que les agronomes continuent d'explorer de nouvelles pistes : "Les parcelles cultivées sont devenues de plus en plus grandes, donc plus hétérogènes, et les agriculteurs n'ont pas forcément adapté leurs pratiques à cette nouvelle donne", propose Christian Huyghe. Et puis, s'ac-



“

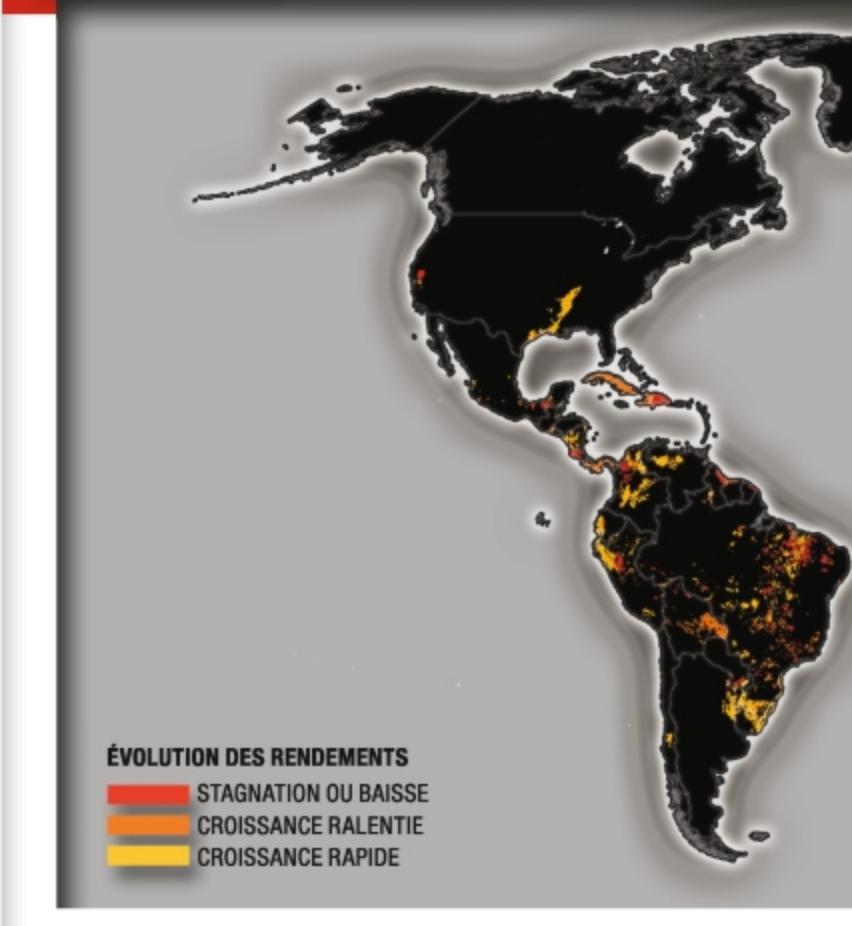
JEAN-FRANÇOIS SOUSSANA

Directeur scientifique  
environnement à l'Inra

*Les experts sont formels : le réchauffement climatique a bien un effet néfaste sur les rendements*

RIZ

UNE CULTURE



croche encore Marie-Hélène Jeuffroy, "nous devrions vérifier l'impact de l'urbanisation sur les rendements, car elle grignote souvent les terres agricoles les plus fertiles".

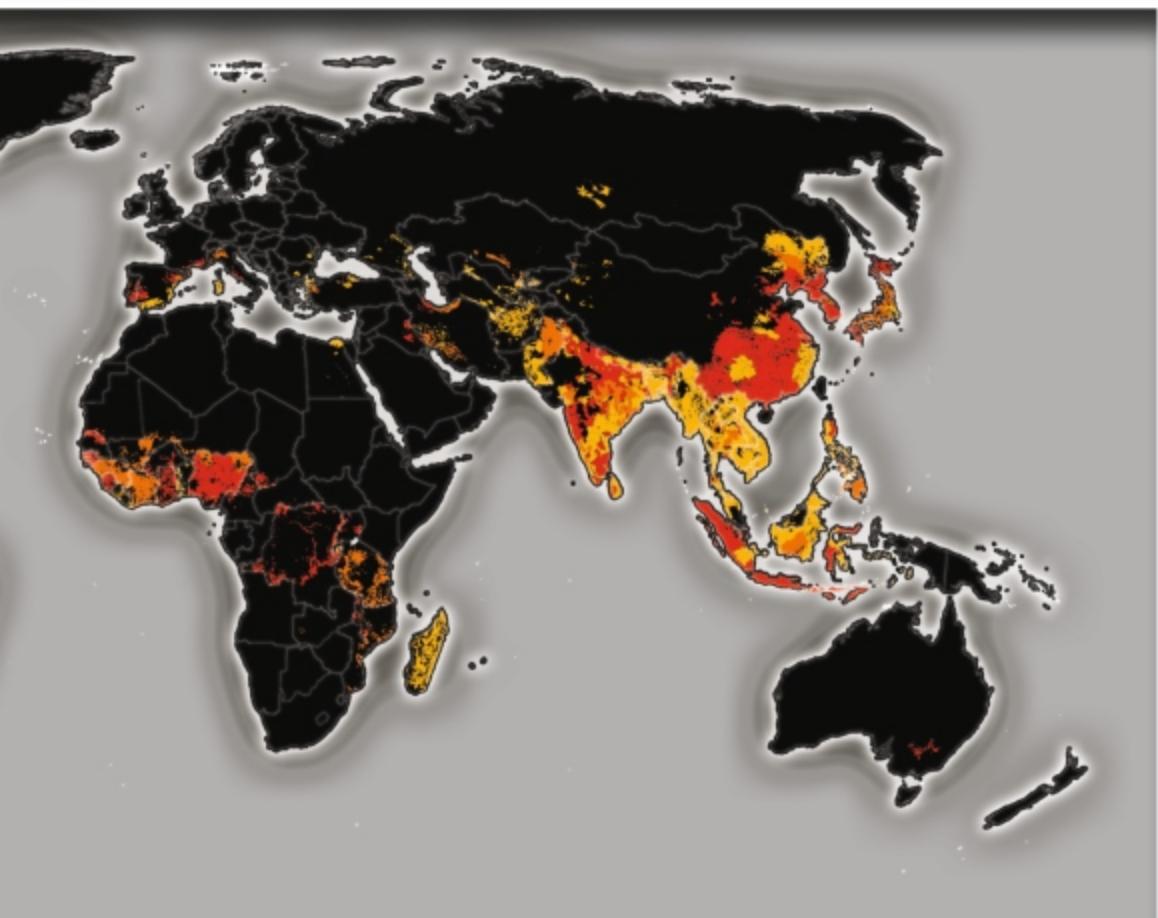
Ces analyses échouent pourtant à éclairer l'ampleur du phénomène.

Que reste-t-il alors ?

Les chercheurs s'activent autour d'une dernière grande hypothèse : l'influence du climat. Autrement dit, le réchauffement climatique des vingt dernières années aurait contrecarré les rendements mondiaux.

En effet, les spécialistes de la physiologie des céréales sont de plus en plus formels : les cultures réagissent aux moindres variations climatiques durant certains stades critiques de leur développement. "Lors de la montée de

## À BOUT DE SOUFFLE



PART DANS L'ALIMENTATION MONDIALE (CALORIES) : 13 %

PRINCIPAUX DÉBOUCHÉS : sous forme de grains, farine (nouilles...), paille de riz pour le bétail

PRINCIPAUX PRODUCTEURS : Chine, Inde, Indonésie, Bangladesh

C'est la céréale la plus consommée des pays en voie de développement. 35 % des surfaces mondiales de rizières n'enregistrent plus de progrès. Tous les acteurs majeurs sont concernés ! Malgré de substantiels progrès affichés par la Chine depuis 1980 (+50 %), ses performances stagnent désormais ; 80 % des superficies cultivées plafonnent en Inde et en Indonésie (où le riz assure 49 % des besoins alimentaires). Dans la région, seuls le Vietnam, le Laos et le Cambodge connaissent encore de fortes progressions. Et la conquête de nouvelles terres semble limitée pour cette culture cantonnée aux zones tropicales.

*la tige, au début du printemps, la plante est particulièrement vulnérable au déficit hydrique ; mais l'eau est également indispensable à la solubilisation des granulés d'engrais dans le sol*", explique Gilles Charmet.

Les sécheresses à répétition ont donc logiquement un impact sur les rendements. Toutefois, poursuit le chercheur, "la plante devient ensuite très sensible aux fortes températures au moment du remplissage du grain – en juin pour le blé ; après une canicule, les grains sont plus petits et moins nombreux".

Une température supérieure à 25 °C dégrade le mécanisme d'accumulation de l'amidon dans le grain et diminue l'efficacité de la photosynthèse en réduisant la taille des pores des feuilles. De fortes températures

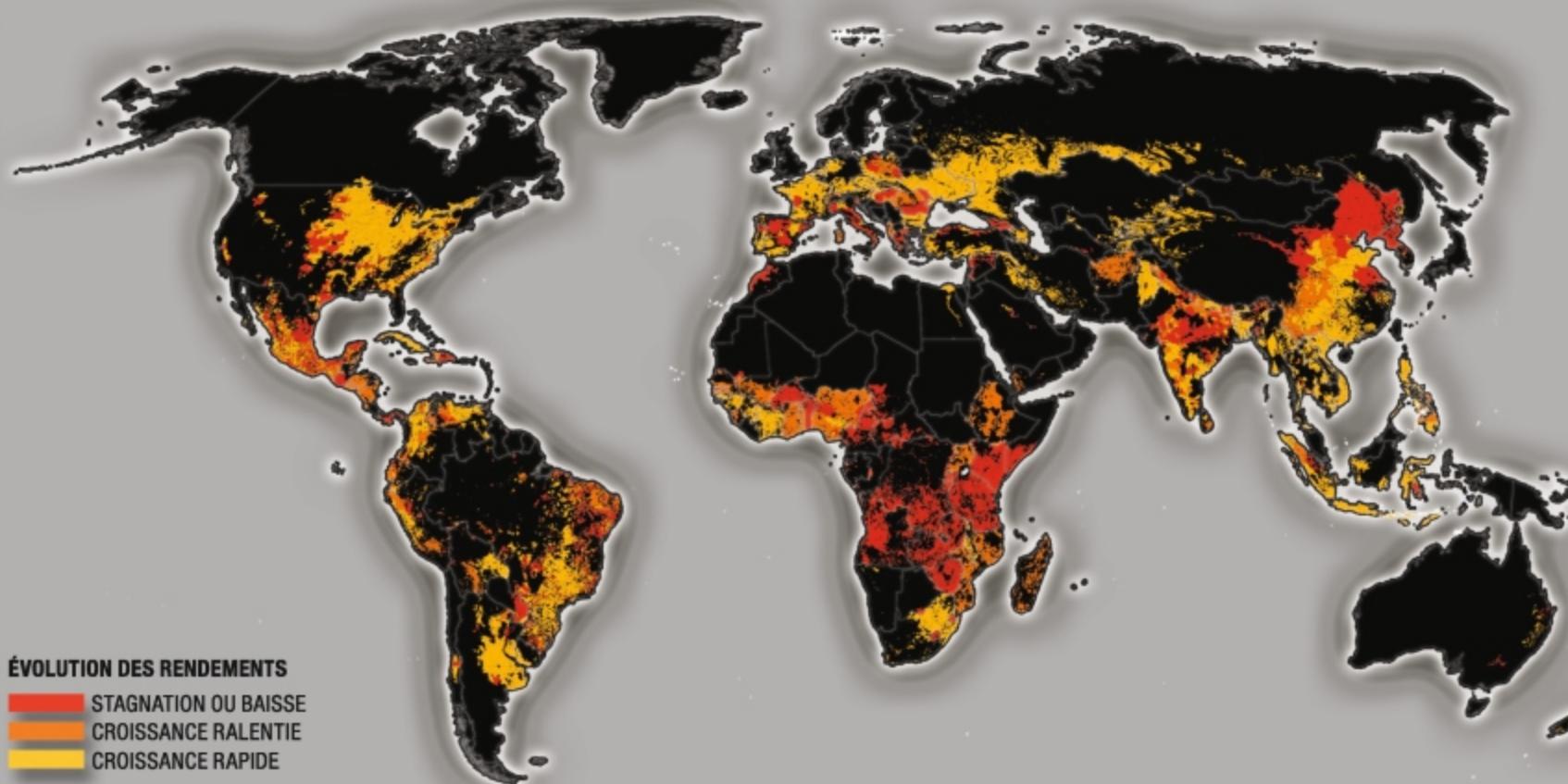
nocturnes sollicitent également la respiration des plantes, une nouvelle fois au détriment de la photosynthèse réalisée dans la journée. Ce dont le riz semble souffrir particulièrement.

Et le maïs ? Même s'il s'épanouit à 25 °C, contre 17 °C pour le blé, "les études statistiques montrent un effet sur ses ren-

gements au fur et à mesure que la température s'élève", souligne Stephen Long, professeur d'agronomie à l'université de l'Illinois. Au-delà de 35 °C, un seuil dépassé aujourd'hui régulièrement en Australie, en Inde et en Russie, les cultures vieillissent prématûrement avant de succomber. →

## Niveau de CO<sub>2</sub> : quel sera son impact ?

La concentration de CO<sub>2</sub> dans l'air devrait augmenter de 38 % d'ici à 2050. Voilà *a priori* une bonne nouvelle pour les plantes, qui ont besoin de ce gaz pour leur photosynthèse. Les études en laboratoire montrent, à ce niveau, une augmentation des rendements de 30 % pour le blé et le riz. Pourtant, corrige Stephen Long (université de l'Illinois), "les analyses en plein champ révèlent des progrès plus limités, de l'ordre de 10 % – zéro pour le maïs. Avec l'augmentation attendue d'au moins 2 °C, ces progrès seront probablement annulés". Par ailleurs, note Arnold Bloom (université de Californie), "un surcroît de CO<sub>2</sub> entrave l'assimilation des engrangés azotés, dégradant les qualités nutritionnelles des cultures". A ce niveau de CO<sub>2</sub>, la teneur en protéines du blé baîssera de 6 %, celles en zinc de 9 % et en fer de 5 %.

**MAÏS****UN DANGEREUX RALENTISSEMENT**

→ Au final, d'après les simulations numériques de David Lobell, climatologue à Stanford, entre 1980 et 2008, le réchauffement aurait entraîné la perte de 5,5 % de la production mondiale de blé et 3,8 % de celle du maïs.

Le climat est bien le principal responsable de la stagnation des rendements.

*“Pour la première fois, en 2014, le Groupe d’experts intergouvernemental sur l’évolution du climat [Giec] est arrivé à un consensus fort sur l’effet du réchauffement sur les rendements : à raison d’une perte de 2 % par décennie sur le blé, et de 1 % pour le maïs”, s’alarme Jean-François Soussana (Inra) l’un des principaux auteurs du rapport du Giec. Autrement dit, fait remarquer François-Xavier Oury, “sans les progrès*

## Records

**Les plus hauts rendements du monde** (de l’ordre de 15 t/ha pour le blé) sont obtenus dans les régions au climat tempéré et constant : **Nouvelle-Zélande, Ecosse et nord-ouest de la France.**

*génétiques sur les semences, les rendements ne stagneraient pas... ils chuteraient ! Et je ne suis pas sûr que nous parviendrons à compenser ces pertes longtemps*”. Alors que l’augmentation à venir dans l’atmosphère de la teneur en CO<sub>2</sub>, dont se nourrissent les plantes, semble incapable de compenser ces pertes de productivité (voir encadré page précédente).

Sans nouvelle adaptation, certaines projections évoquent des baisses brutales de performances de 10 %, peut-être même 25 % d’ici à 2050. *“Avec cette dégradation des conditions climatiques, les rendements maximaux théoriques sont en train de s’écrouler, le plafond nous tombe dessus !”,* alerte Christian Huyghe.

L’heure n’est plus à la recherche d’explications, mais plutôt

de solutions convaincantes. Face au réchauffement à venir, la tentation sera grande de transférer nos cultures vers des latitudes plus fraîches, au Canada, en Sibérie, en Scandinavie. L’ennui, selon Jean-François Soussana, c’est que *“malgré 3 ou 4 °C de plus, la durée d’ensoleillement de ces régions n’augmentera pas et le risque de gel persistera. De plus, à ces latitudes, les sols sont souvent de qualité moindre et la pluviométrie n’est pas toujours à la hauteur”*.

Les agronomes comptent donc plutôt intervenir au sein du génome de ces céréales pour augmenter leur résistance à la sécheresse et à la chaleur.

Mais conjurer la panne des rendements n’est pas qu’une affaire de résistance. Il s’agit en fait de relancer la machine

**PART DANS L'ALIMENTATION MONDIALE (CALORIES) :** 23 %

**PRINCIPAUX DÉBOUCHÉS :** sous forme de grains, flocons, polenta, farine, fourrage pour le bétail

**PRINCIPAUX PRODUCTEURS :**  
Etats-Unis, Chine, Brésil, Mexique

Les rendements du maïs affichent une évolution encore confortable (+ 1,6 % par an). Pourtant, des foyers d'essoufflement, voire de panne apparaissent. Au sein même de la *Corn Belt* américaine, les progrès insolents côtoient des zones de stagnation (Kansas, Dakota du Sud). Espagne, Italie et Grèce sont au point mort. En Amérique centrale, les progrès sont insuffisants et ils s'infléchissent en France (malgré des zones en forte progression). Plus inquiétant : l'effondrement des rendements en Afrique subsaharienne, où le maïs joue un rôle alimentaire crucial. Pour l'instant, les espoirs reposent sur les Etats-Unis, le Canada, l'Argentine et le Brésil. Jusqu'à quand ?

céréalière mondiale, autrement dit, déclencher ni plus ni moins une nouvelle révolution verte. "Face à l'urgence, le G20 agricole a mis en place un consortium international (Wheat Initiative), visant à booster les rendements du blé de 50 % dans les vingt prochaines années", entonne Gilles Charmet.

#### LA FIN DU TOUT BLÉ-RIZ-MAÏS ?

Les efforts des laboratoires se concentrent sur les moyens d'améliorer la photosynthèse du blé, notoirement inefficace – seul 1 % du rayonnement incident est converti. Des enzymes plus puissantes, dont celle provenant d'une algue, sont à l'étude.

Au-delà de ces réflexes productivistes classiques, d'autres solutions s'esquiscent. "Il faudrait briser le dogme d'une

seule culture par an, pour atteindre trois cultures sur deux ans et produire ainsi plus de biomasse, suggère Christian Huyghe. Dans ce mode d'agriculture encore marginal, une culture 'compagne' est semée entre les rangs d'une culture principale, assurant le relais avec la suivante."

Les agronomes entendent aussi remettre en cause le monopole du blé-riz-maïs en faisant massivement appel à des cultures au métabolisme naturellement plus résistant au réchauffement : millet, sorgho, cassave, canne à sucre... La betterave semble avoir un bel avenir devant elle (voir ci-dessus), tandis que le soja est déjà la quatrième culture mondiale. Sans parler des légumineuses (pois, féverole) qui vivifient les rendements du blé.

## Les miracles de la betterave

Une racine, une tige, quelques feuilles... Derrière cette remarquable simplicité s'annonce l'un des plus beaux succès agronomiques à venir : la betterave à sucre.

"En trente ans, ses rendements en France ont été multipliés par deux, et le progrès semble exponentiel", admire Christian Huyghe (Inra). Nouvelles variétés et procédés de semence y sont pour quelque chose, mais surtout le réchauffement climatique : "Les agronomes ont avancé les semis de trois semaines, pour que les betteraves présentent leur plus grande surface de feuille quand le rayonnement est à son maximum", analyse-t-il. Leur cycle de développement s'allonge, les progrès s'accélèrent, et les chercheurs comptent doubler les rendements dès 2020 !

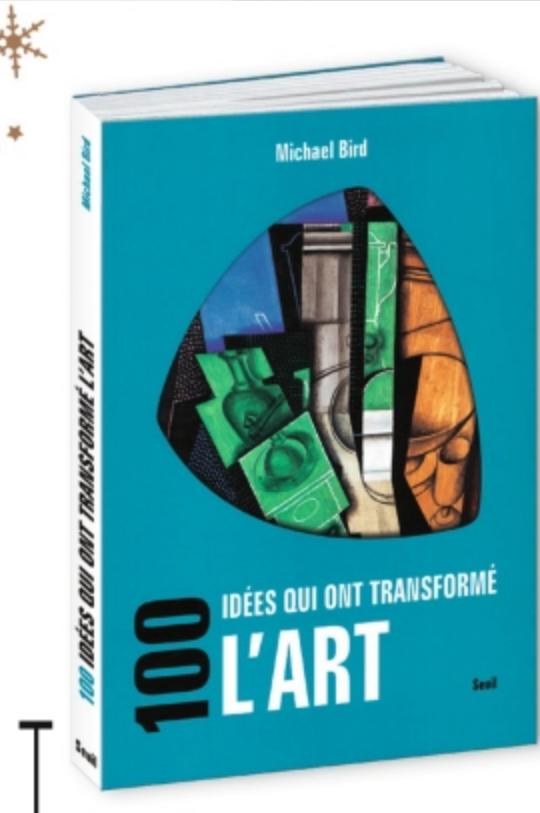


Conjurer la panne des trois cultures majeures appelleraient aussi des adaptations sociétales. Selon Christian Huyghe, "il y a grand besoin de diversifier notre offre alimentaire. De la même manière que le blé sert à fabriquer des pâtes, il faudrait inventer des 'produits transformés' à base de lentilles ou de pois secs, qui ont quasi-disparu de nos parcelles. Lâchons les chevaux de l'innovation !"

Jusqu'à présent, les hommes ont toujours su faire assaut d'inventivité pour nourrir le plus grand nombre ; démentant ainsi les plus sombres prévisions de Thomas Malthus. Aujourd'hui, les scientifiques semblent plus armés que jamais pour débloquer les rendements. La plus grande menace serait la panne... d'idées.

A consulter :  
les études,  
rapports et  
comptes-rendus de colloques consacrés à cette panne.  
**EN SAVOIR PLUS**

science-et-vie.com



## Les inventions dans l'art

Ce beau livre, illustré des plus grands chefs-d'œuvre, décrit de manière originale comment les révolutions dans les matériaux (peinture à l'huile, matière plastique...) et dans les techniques (découverte du papier, soudure...) ont bouleversé les pratiques et les théories artistiques.

**100 idées qui ont transformé l'art - 29 €**

FORMAT 27x21 CM. 216 PAGES. SEUIL ÉDITION.

## Regardez partout vos DVD et la télévision !

Ce lecteur DVD portable avec TNT HD est idéal ! Avec son écran rotatif et sa télécommande, très simple d'utilisation et multi-fonctions, il capte toutes les chaînes TNT, lit vos DVD, vos fichiers multimédias.

### Lecteur DVD TNT HD 9" rotatif

INNOVATION. ÉCRAN ROTATIF À 180° 9" (23 CM) 16:9. ANTENNE TNT. BATTERIE RECHARGEABLE INTÉGRÉE : 2 H D'AUTONOMIE. RÉSOLUTION : 640 (RVB) x 234. ENTRÉE USB. FORMATS COMPATIBLES : DVD / CD / JPEG / MP3 / XVID. LECTEUR DE CARTES SD / MMC. SACOCHÉ. CHARGEUR ALLUME-CIGARES. BATTERIE RECHARGEABLE INTÉGRÉE. CONNECTIQUE ET TÉLÉCOMMANDE FOURNIES. GARANTIE 1 AN (HORS BATTERIE). ÉCO-PARTICIPENCE INCLUSE.



Visuels non contractuels

## SPÉCIAL CADEAUX ÉTOILÉS

**Fan de Star Wars ?**

Cette très belle montre réalisée dans un cuir noir de très belle qualité est un bel objet de collection qui fera plaisir à coup sûr à tous les fans de Star Wars.

**Montre Star Wars® Dark Vador**

LICENCE OFFICIELLE STAR WARS. BOÎtier noir en acier inoxydable. BRACELET EN CUIR NOIR AVEC BORDS ROUGE FONCÉ. MOUVEMENT À QUARTZ JAPONAIS. ÉTANCHE JUSQU'À 50 MÈTRES. LIVRÉE AVEC UN CERTIFICAT D'AUTHENTICITÉ ET UN NUMÉRO DE SÉRIE. BOÎTE CADEAU NOIRE ET ARGENTÉE.

## Pour vos duels intergalactiques...

N'avez-vous pas rêvé de posséder un jour un sabre laser ? Ultra-innovant, ce sabre change de couleur d'éclairage à chaque fois que vous lui donnez une impulsion et vous offre les bruitages comme au cinéma !



## Sabre «laser» avec effets sonores et lumineux - 19,90 €

CHANGE DE COULEUR LORSQUE VOUS LE DÉPLACÉZ OU QUE VOUS LE TAPEZ. FONCTIONNE AVEC 3 PILES AA. (PILES FOURNIES). L : 70 CM.

La Boutique

# SCIENCE & VIE



## Offrez-vous un cadeau design et pratique !

Avec son écran moderne rétro éclairé, ses fonctions calendrier et thermomètre, ce réveil clapper est un bel objet de décoration pour une chambre. Idéal pour tous les amateurs de cinéma !

**Réveil clapper - 29,90 €**

NÉCESSITE 3 PILES LR44 FOURNIES. DIMENSIONS : 11x5x11 CM.

## POUR COMMANDER ET S'INFORMER



[www.laboutiquescienceetvie.com](http://www.laboutiquescienceetvie.com)

**Exclusivité Internet :** Livraison en Points Relais®, PayPal®



Renvoyez le bon de commande avec votre règlement à  
La Boutique SCIENCE & VIE - CS 30271 - 27 092 ÉVREUX CEDEX 9



01 46 48 48 83 (6 jours/7 paiement CB uniquement)

## BON DE COMMANDE

Articles	Réf.	Quantité	Prix	Sous-total
Livre «100 idées qui ont transformé l'art»	385.385	x	29€	= €
Lecteur DVD TNT HD 9" rotatif	380.527	x	129€	= €
Montre Collector «Dark Vador»	385.393	x	159€	= €
Sabre laser lumineux géant	385.401	x	19,90€	= €
Livre «Le corps humain»	353.441	x	76€	= €
Mini réveil «clapper» de cinéma	385.419	x	29,90€	= €
<b>SOUS-TOTAL</b>				€

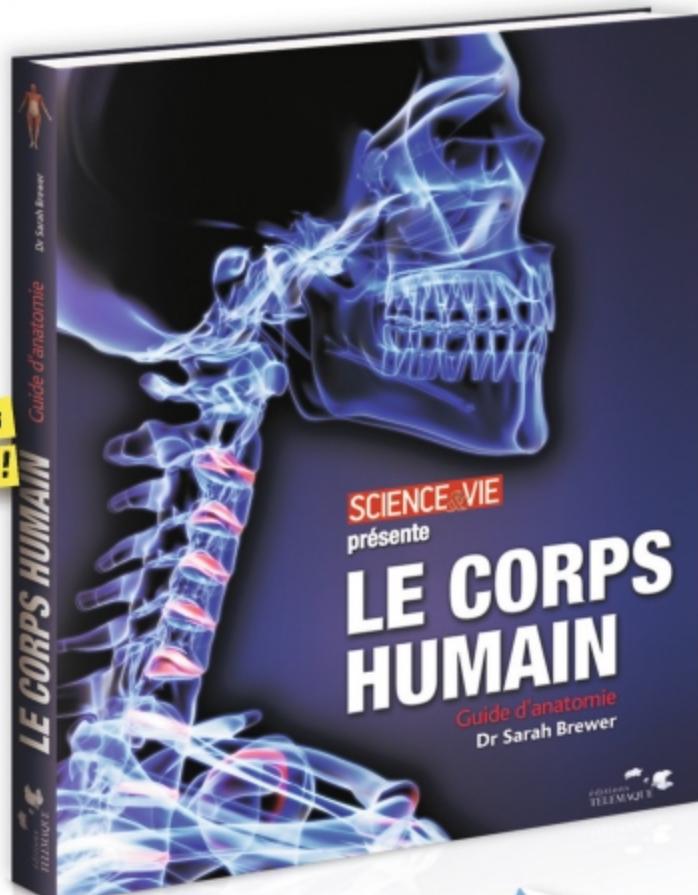
Avec ma commande, je reçois en CADEAU la boîte à questions Twist Science & Vie **OFFERT**

<b>FRAIS D'ENVOI</b> (cocher la case de votre choix)	<input type="checkbox"/> Envoi normal	6,90€
<b>Frais d'envoi offerts</b> <b>dès 39 € de commande!</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Ma commande atteint 39 € Envoi Colissimo	GRATUIT
	<input type="checkbox"/> Livraison rapide Colissimo	7,90€
	<input checked="" type="checkbox"/> Ma commande atteint 75 € Livraison rapide Colissimo	GRATUIT
<b>TOTAL</b>		€

Offres valables en France métropolitaine uniquement dans la limite des stocks disponibles jusqu'au 31/03/2015. Délai de livraison des produits : maximum 2 semaines après l'enregistrement de votre commande sauf si envoi par Colissimo (5 jours max.). Selon l'article L121-21 du code de la consommation, vous disposez d'un délai de 14 jours pour changer d'avis et nous retourner votre colis dans son emballage d'origine complet. Le droit de retour ne peut être exercé pour les enregistrements vidéo déscellés. Les frais d'envoi et de retour sont à votre charge. En application de l'article 27 de la loi du 6 janvier 1978, les informations ci-contre sont indispensables au traitement de votre commande. Elles peuvent donner lieu à l'exercice du droit d'accès et de rectification auprès de Mondadori. Par notre intermédiaire, vous pouvez être amené à recevoir des propositions d'autres organismes. Cochez la case si refus

Chaque mois, La Boutique Science & Vie sélectionne pour vous des livres, idées cadeaux et des objets scientifiques ou insolites.

Prix public: 80€  
**76€**  
RÉDUCTION SPÉCIALE -5%  
LIVRAISON RAPIDE COLISSIMO OFFERTE  
**4 kg + de 400 illustrations format gigantesque!**



**PARTENARIAT**  
**SCIENCE & VIE**

**EN CADEAU** pour toute commande

▼ la boîte à questions Twist Science & Vie avec le code avantage **318485**



À RENVOYER DANS UNE ENVELOPPE AFFRANCHIE AVEC VOTRE RÈGLEMENT À :  
LA BOUTIQUE SCIENCE & VIE - CS 30271 - 27 092 ÉVREUX CEDEX 9

### > Mes coordonnées

CODE AVANTAGE : 318485

M.  Mme  Mlle

Nom \_\_\_\_\_ Prénom \_\_\_\_\_

Adresse \_\_\_\_\_

Complément d'adresse  
(résidence, lieu-dit, bâtiment) \_\_\_\_\_

CP \_\_\_\_\_ Ville \_\_\_\_\_

Tél. \_\_\_\_\_

Grâce à votre N° de téléphone (portable) nous pourrons vous contacter si besoin pour le suivi de votre commande.

E-mail \_\_\_\_\_

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

### > Mode de paiement

Je joins mon chèque bancaire ou postal à l'ordre de SCIENCE & VIE

### Je règle par carte bancaire

Je règle en 1 fois la totalité de ma commande

Je règle en 3 fois sans frais (à partir de 99€ d'achat)

Carte bancaire N° \_\_\_\_\_

Expire fin : \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

Date et signature obligatoires

Cryptogramme \_\_\_\_\_

Les 3 chiffres au dos de votre CB

**PAIEMENT  
3X SANS  
FRAIS**



▲ Une digue de 32 km et une chaîne d'îles artificielles protégeront Jakarta de la montée des eaux, car la ville pourrait se situer 5 m sous le niveau de la mer en 2050.



JAKARTA (INDONÉSIE)

# Un nouvel archipel face à l'océan Indien

Coincés entre les rives de l'océan Indien et l'embouchure du fleuve Ciliwung, trempés par les pluies tropicales... les 30 millions d'habitants qui vivent dans la baie de Jakarta sont parmi les plus menacés de la planète par la montée des eaux. Etablie sur un sol instable et traversée par treize rivières, la ville s'enfonce chaque année de 7,5 cm. Et certaines simulations prévoient qu'en 2050, avec le réchauffement climatique, Jakarta pourrait se retrouver jusqu'à 5 m sous le niveau de la

mer. Une perspective catastrophique à laquelle répond un chantier colossal: une digue géante, longue de 32 km, doit fermer la baie d'ici à 2030. Sa première pile de béton vient d'être coulée. Vu du ciel, l'ouvrage ressemblera au mythique Garuda, l'oiseau qui sert d'emblème à l'Indonésie, et dont les ailes déployées abriteront une immense lagune ainsi qu'une chaîne d'îles artificielles. Un nouvel archipel de 1000 à 4000 ha, bâti sur le principe des polders hollandais, offri-

ra une zone tampon au flux marin, et soulagera la ville actuelle de la pression urbaine et de la circulation. Ce qui passera notamment par l'amélioration des infrastructures de transport et de traitement des eaux. L'objectif final de ce projet, auquel participent le gouvernement des Pays-Bas et un consortium d'entreprises néerlandaises ? Que Jakarta réussisse, à l'avenir, à absorber les débordements des rivières et la montée de l'océan Indien, sans en pâtir.

E.T.-A.



FRANCE

## Le premier **robot open source** à mettre au point **soi-même**

Voici Poppy, le premier robot humanoïde à imprimer (en 3D), assembler et programmer soi-même. Ce robot de 84 cm de hauteur, pesant 3,5 kg, est l'œuvre de l'équipe Flowers, spécialisée en robotique, de l'Institut de recherche en informatique et en automatique de Bordeaux. Un projet entièrement ouvert avec la mise à disposition gratuite de la plate-forme (matériels et logiciels) sur [www.poppy-project.org](http://www.poppy-project.org). Objectif de ce projet financé par le Conseil européen de la recherche : susciter les vocations des étudiants en mécanique et informatique, et leur permettre d'expérimenter avec une machine digne des laboratoires de pointe... Seul hic, le coût des 25 servo-moteurs qui actionnent son squelette : environ 5 000 € ! "Mais une version plus abordable est déjà dans nos têtes", annoncent ses concepteurs.

E.T.-A.



CORÉE DU SUD

## Ce nouveau **géant des mers** déplacera des plates-formes offshore

Imaginez un catamaran géant capable de déplacer à lui seul des plates-formes pétrolières et gazières... Ce titan des mers existe déjà ! Il est sorti des chantiers navals de Daewoo, en Corée du Sud, en octobre dernier, à destination du port de Rotterdam, aux Pays-Bas. Son nom : le *Pieter Schelte*. Ses dimensions records : 382 m de longueur, 117 m de largeur... presque autant que le *Maersk-Triple-E* considéré, avec ses 400 m sur 59, comme le plus grand navire jamais construit. Sur son pont arrière, deux grues géantes affichent des capacités de levage inégalées, jusqu'à 48 000 tonnes ! En tout, sa construction aura coûté plus de 1,3 milliard d'euros. Il devrait être opérationnel avant cet été en mer du Nord.

E.T.-A.

ALLONNE (FRANCE)

## L'éclairage urbain passe aux LED pour consommer moins

Depuis le 1<sup>er</sup> janvier, les villes ont l'obligation de remplacer leurs ampoules à incandescence par des modèles moins énergivores. Un chantier titanésque que l'entreprise française Ledex simplifie pourtant grâce à ses ampoules au culot standard qui s'adaptent aux réverbères déjà en activité: leur lumière est produite par des diodes électroluminescentes (LED) immergées dans un bain d'huile de synthèse, qui amplifie la luminosité jusqu'à 24 000 lumens, tout en refroidissant l'électrique qui alimente les LED. La petite commune d'Allonne (Oise) est la première en France à déployer dans ses rues ces nouvelles ampoules. L.B.



## Idée neuve



**“IL EST POSSIBLE DE DRESSER DES CARTES DE POPULATION EN TEMPS RÉEL GRÂCE AUX TÉLÉPHONES MOBILES”**

*Catherine Linard, géographe, université libre de Bruxelles*

Les données d'appels émis par les téléphones mobiles, croisées avec les statistiques d'équipement en téléphones, suffiraient à dresser des cartes de population nationales.

*“Aussi précises que celles obtenues par recensement, elles seraient en outre dynamiques, révélant les changements heure par heure, jour par jour”,* décrivent la géographe Catherine Linard et le spécialiste des “big data” Pierre Deville, dans un article expliquant leur méthode. Ils ont ainsi suivi les mouvements de la population française, comparant semaines et week-ends, villes et campagnes... à l'aide des données (rendues anonymes) d'un des opérateurs de l'Hexagone. Ce serait suffisant pour tester et ajuster un modèle de recensement. L'enjeu: savoir, en cas de crise sanitaire ou de catastrophe naturelle, en temps quasi réel, comment se répartit la population. Mais ce nouvel outil, en cours d'adaptation dans les pays en voie de développement, a une limite évidente: toutes les régions ne sont pas pourvues d'antennes-relais.

E.T.-A.

INRIA - DAEWOO



CHINE

## Vers des réfrigérateurs chargeurs de tablettes

Le géant chinois Haier vient de signer un partenariat avec la start-up californienne Energous Corporation afin d'intégrer sa technologie Wattup à ses produits électroménagers (réfrigérateurs, machines à laver, cuisinières...). Wattup ? Un dispositif sans fil qui utilise les ondes électromagnétiques pour recharger à distance n'importe quel smartphone ou tablette situé dans un rayon de 5 m. Il suffit pour cela de doter l'appareil électroménager d'un transmetteur, et le mobile d'un récepteur, qui s'intègre, selon le fabricant, à l'intérieur de sa batterie. Premières commercialisations prévues d'ici à fin 2015.

E.T-A.

Oss (PAYS-BAS)

## Premier test pour les routes luminescentes

Pour améliorer la sécurité des routes la nuit, les chaussées elles-mêmes peuvent devenir lumineuses ! Cette idée du designer néerlandais Daan Roosegaarde est testée depuis octobre dernier sur 500 m de voie rapide aux Pays-Bas. De chaque côté de la chaussée, trois lignes composées d'un matériau phosphorescent se "rechargent" à la lumière du jour pour briller la nuit pendant huit à dix heures. Des symboles luminescents au sol (flocons de neige...) s'affichent aussi pour informer les automobilistes de l'état de la route. Un test qui pourrait être très vite dupliqué à l'étranger. L.B.

Rendez-vous en...

**2017**

PAPOUASIE-NOUVELLE-GUINÉE

### L'OUVERTURE DE LA PREMIÈRE MINE OFFSHORE

La compagnie canadienne Nautilus Minerals annonce l'ouverture prochaine d'une mine au fond de la mer de Bismarck, à plus de 1 600 m de profondeur. Au large de la Papouasie-Nouvelle-Guinée, le plancher océanique est en effet recouvert de cuivre, d'or et d'argent issus des cheminées hydrothermales voisines. Les océans regorgent de ces formations polymétalliques. Mais pourquoi diable ouvrir une mine dans les abysses ? Parce que ces dépôts sous-marins affichent des teneurs en métaux environ dix fois supérieures à celles des gisements terrestres encore inexploités. Et puis les mineurs bénéficient des progrès techniques réalisés ces dernières décennies pour les puits de pétrole offshore. Nautilus Minerals vient d'achever la fabrication d'un monstrueux robot d'extraction de 310 tonnes, qui découpera en tranches le fond marin. La barge de traitement des minéraux est, elle, encore en construction. Ces mines sous-marines sont amenées à se multiplier avec l'épuisement des ressources : la France a obtenu des permis d'exploration au milieu de l'Atlantique, ainsi qu'autour de Wallis-et-Futuna. Chine, Russie, Japon s'activent également autour de cette nouvelle frontière.

V.N.

LONDRES

## Un parc va réunir les deux rives de la Tamise

Il fait penser à deux arbres gigantesques plantés dans la Tamise, qui étendraient leur feuillage de part et d'autre du fleuve. Le Garden Bridge (pont-jardin), des cabinets d'architectes Heatherwick Studio et Arup, pourrait relier les deux rives de Londres d'ici trois ans. Ses 366 m de longueur sont conçus pour accueillir des centaines d'arbres, d'arbustes et de fleurs, offrant un habitat favorable aux oiseaux et aux chauves-souris. L'ensemble rappelle un peu la High Line, le parc linéaire surélevé de New York. "La différence étant que le Garden Bridge facilitera les déplacements entre les deux rives en reliant les différents transports en commun, ce qui le rend unique", clame Bee Emmott, directrice exécutive de l'organisme chargé de collecter les fonds. Si les 220 millions d'euros nécessaires sont réunis, les travaux devraient débuter en 2015. L.B.

ARUP - ROOSEGAARD/AXIS



CHENGDU (CHINE) ET LONDRES

## Des parcs d'attractions sur le modèle des gratte-ciel

Construire des parcs de loisirs verticaux, c'est-à-dire sous la forme de gratte-ciel, telle est l'ambition de l'entreprise britannique VTP Global. Ceux-ci se rapprocheront ainsi du cœur des villes tandis que la hauteur des tours permettra d'y intégrer des attractions spectaculaires (montagnes russes au sommet, chute libre...). Comme sur catalogue, sept designs de tours, de 60 à 300 mètres de hauteur, sont proposés. A la différence d'autres gratte-ciel dans le monde, qui ont déjà accueilli après coup des attractions extrêmes, ces nouvelles tours sont spécialement conçues pour faire face aux forces générées par le vent et les manèges. D'ici à 2017, deux de ces tours devraient s'élever dans le monde : la première en Chine, à Chengdu, la seconde à Londres.

L.B.

# Culture Science

116

## Bon à savoir

Santé, vie quotidienne, environnement... Dix enseignements pratiques en direct des publications scientifiques et autres rapports et études.

118

## Questions / Réponses

Quelle quantité d'informations peut stocker le cerveau ? Les neutrinos peuvent-ils traverser un trou noir ?...

124

## A lire / à voir

"Les Trésors de la Terre" : une exposition historique au Muséum d'histoire naturelle ; Les archives sonores de la Nasa sur Internet ; Dans le ciel ce mois-ci : Sirius B de retour.

128

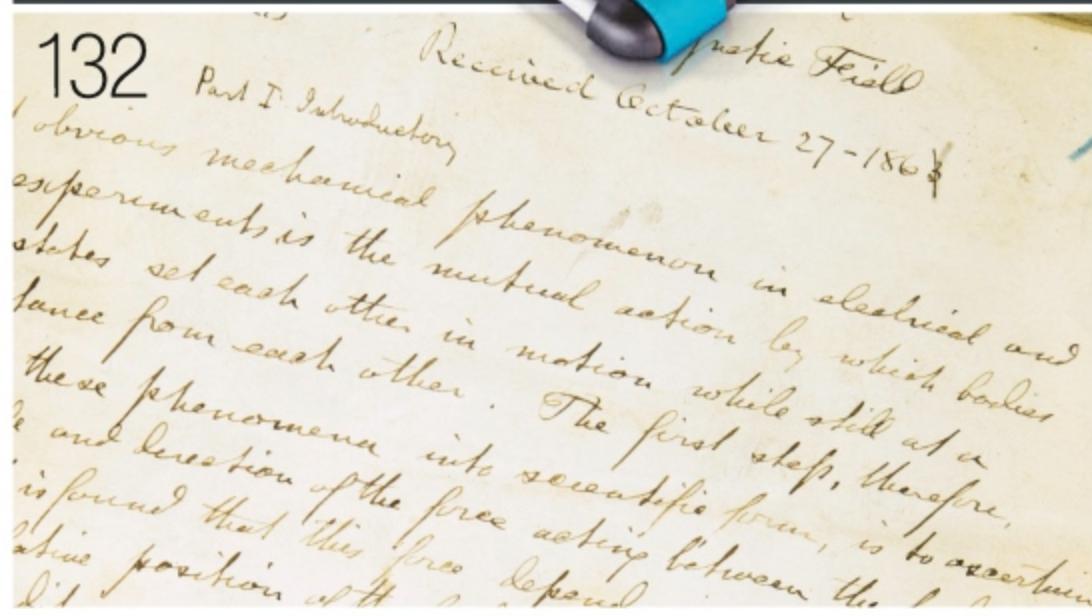
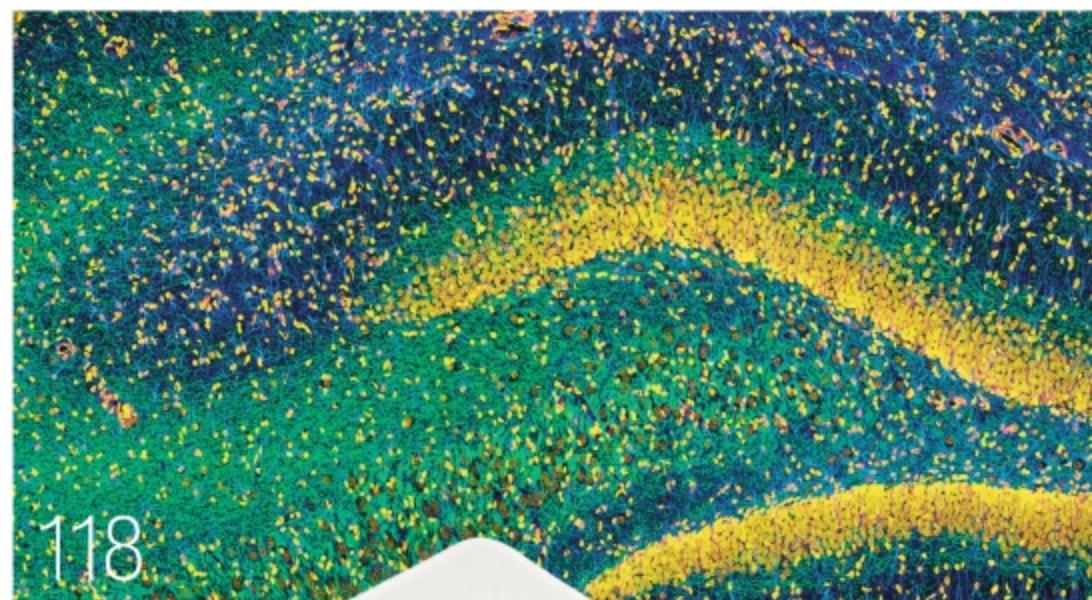
## Technofolies

Le premier mini-scanner 3D pour appareil mobile ; Une veste de jogging qui réchauffe le dos ; Une vraie mayo sans jaune d'oeuf...

132

## Il y a... 150 ans

1<sup>er</sup> janvier 1865 : en unifiant électricité, magnétisme et lumière, James C. Maxwell ouvre la voie aux technologies du xx<sup>e</sup> siècle, du transfert de signaux aux radars.



### **LA FAÇON DONT ON MARCHE INFLE SUR NOTRE HUMEUR**

Quarante-sept étudiants ont imité la démarche de personnages joyeux ou tristes, avant de passer un test de mémorisation : les premiers retenaient mieux les mots ayant un sens positif que les termes négatifs. Un effet encore inexpliqué, mais qui doit faire du bien au moral !

"JBTEP", oct. 2014



### **L'ALLERGIE À LA PÉNICILLINE EST SOUVENT IMAGINAIRE**

La plupart des allergies à la pénicilline déclarées par les patients se révèlent inexistantes. Des traitements alternatifs moins adaptés sont alors inutilement proposés. Mieux vaut donc se faire tester chez un allergologue. "ACAAI meeting", nov. 2014

### **COURIR NE FAIT PAS MAL AUX GENOUX... AU CONTRAIRE !**

Une étude américaine, menée sur 2439 personnes de 65 ans en moyenne, a montré que la course à pied ne fragilise pas les genoux, quel que soit l'âge auquel elle est pratiquée. A long terme, elle pourrait même protéger de l'arthrose. "ACR meeting", nov. 2014

## **CE N'EST PAS AU PLUS GRAND DE PORTER LE PLUS GROS SAC**

En randonnée, les grands costauds portent souvent les sacs les plus lourds... Une injustice, dénonce un physicien américain, qui s'est employé à modéliser le poids que peut soutenir une personne en fonction de sa stature. Il a tenu compte du fait que plus une personne est grande et musclée, plus le poids de son propre corps augmente. Résultat : même chez des promeneurs minces et musclés, à partir d'une certaine taille, et donc d'un certain poids, la capacité à porter un sac lourd diminue ! Ainsi, à forme physique égale, un petit randonneur de 50 kg équipé d'un sac de 22 kg ne se fatiguera pas plus vite qu'un grand costaud de 110 kg avec un sac de 15 kg. "TPT", nov. 2014

## **TRAVAILLER DANS UNE BANQUE N'AIDE PAS À RESTER HONNÈTE**

Ce sont des chercheurs suisses qui l'affirment : être employé de banque peut faire flétrir la morale. Pour le prouver, 128 traders, gestionnaires de portefeuilles, etc., ont été invités à parler soit de leur travail, soit de leur vie privée. On leur a ensuite demandé de jouer de l'argent à pile ou face, tout seuls, dans un contexte où ils savaient que personne ne surveillait s'ils trichaient. Conclusion de l'étude : seuls les banquiers qui avaient préalablement discuté de leur travail mentaient, en déclarant avoir gagné plus d'une fois sur deux. Attention, donc, l'immersion dans certains univers professionnels peut faire oublier les valeurs auxquelles on tient dans la vie privée... à moins de rester vigilant. "Nature", nov. 2014



DOCSTOCK/BSIP - GARO/PHANIE - GETTY IMAGES - VOISIN/PHANIE



## ON PREND DE MEILLEURES DÉCISIONS LE VENTRE VIDE

D'après une étude hollandaise sur 50 étudiants, la faim aide à prendre de "sages" décisions : elle diminue la prise de risques, et encourage à résister à la tentation de privilégier les récompenses immédiates plutôt que les bénéfices à long terme. "Plos One", oct. 2014

## LA MUSIQUE COUNTRY PROFITE... AUX GOLFEURS

Des chercheurs américains ont montré, sur 22 joueurs de golf professionnels, que ces derniers étaient plus concentrés et atteignaient plus rapidement les trous lorsqu'ils jouaient en écoutant de la musique calme : jazz, classique ou country. "JAE", nov. 2014

## LA 3D POURRAIT NUIRE À LA VUE DES ENFANTS

Regarder des images en 3D risque d'être néfaste pour les yeux encore en développement, d'après l'Agence sanitaire française (Anses). Cette dernière recommande donc d'éviter toute exposition aux technologies 3D avant l'âge de 6 ans, et de la limiter avant 13 ans. "Anses", nov. 2014

## L'ENTRAÎNEMENT CÉRÉBRAL EST RAREMENT EFFICACE

Les logiciels d'entraînement cognitif n'améliorent la mémoire des personnes âgées que s'ils sont utilisés dans le cadre de séances de groupe encadrées, d'une durée d'au moins trente minutes, affirment des chercheurs australiens, qui ont analysé les résultats de 51 études. Et encore, les bénéfices restent modestes, et leur durabilité ainsi que leurs conséquences sur la qualité de vie n'ont pas été démontrées. Pour retarder le déclin cognitif, mieux vaut donc entretenir ses relations sociales et faire de l'exercice plutôt que jouer seul sur son ordinateur. "Plos Med", nov. 2014

## FUMER AMPLIFIE CERTAINES DOULEURS

Deux études, l'une américaine, l'autre australienne, mettent en avant une nouvelle raison de ne pas fumer : la douleur. La première montre en effet qu'à cause des modifications de l'activité cérébrale induites par le tabac, les fumeurs sont plus sujets aux douleurs dans le dos, et à la persistance de ces douleurs dans le temps. La seconde révèle que les fumeuses ont un risque plus élevé de souffrir de fortes douleurs menstruelles. Pis, pendant les douze ans qu'a duré cette étude, les femmes qui avaient commencé à fumer dès l'âge de 13 ans présentaient un risque 60 % plus élevé de souffrir de douleurs menstruelles chroniques, c'est-à-dire ressenties neuf mois par an. Les mécanismes restent à élucider, mais pourraient impliquer les effets vasoconstricteurs (qui rétrécissent les vaisseaux sanguins) de la cigarette ou une perturbation hormonale. "Human Brain Mapping", oct. 2014 et "Tobacco Control", nov. 2014



# Quelle quantité d'informations peut stocker le cerveau ?

Question de Alberic Reboul, Toulouse (31)

En fait, il est impossible d'estimer la capacité de notre mémoire en "bit". Car cette unité de mesure est utilisée pour quantifier l'information traitée par un ordinateur; or, notre mémoire ne fonctionne pas comme une machine.

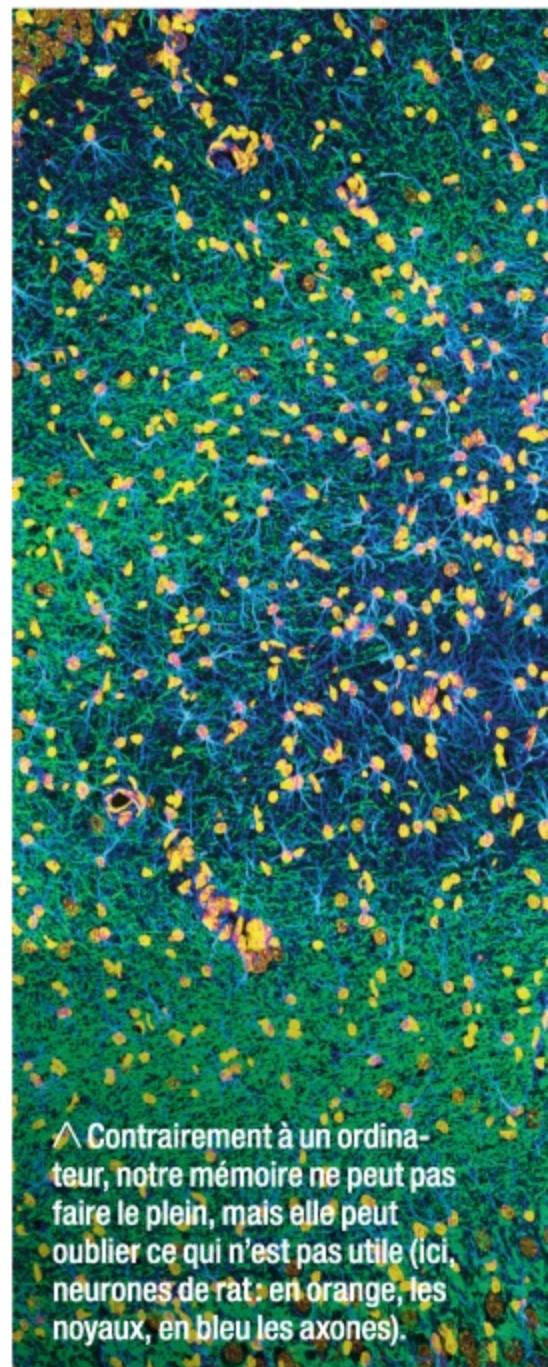
Le bit revient à distinguer la valeur 1 de la valeur 0, correspondant à la présence ou à l'absence d'une charge électrique, dans les circuits d'une puce informatique, qui sont ainsi soit "fermés" soit "ouverts". Ainsi, deux neurones reliés par une synapse forment un circuit, ouvert ou

fermé. Une synapse encode un bit d'information. Or, le cerveau humain abrite 100 milliards de neurones, chacun connecté en moyenne à 10 000 autres, soit un million de milliards de bits, ou 125 000 gigaoctet (Go). Ce qui est 125 fois plus que la capacité moyenne des ordinateurs portables actuels (1000 Go).

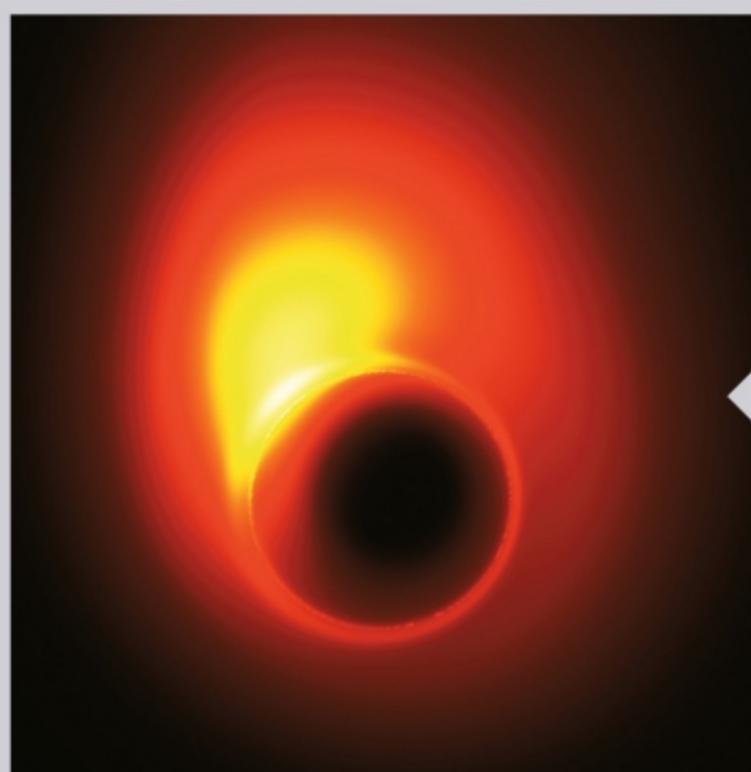
Mais voilà : cette équivalence est erronée. Car d'une part, "*un neurone ne fonctionne pas en tout ou rien. Il code donc pour plus d'un bit*", précise Emmanuel Mellet, neuroscientifique à l'université de Bordeaux.

D'autre part, "*du fait de la 'plasticité neuronale', notre cerveau peut créer de nouvelles synapses lors de l'apprentissage ou en perdre, quand nous n'utilisons plus une information.*" Et si la machine retient tout, "*notre mémoire peut oublier les informations inutiles, ou peu importantes pour notre bon fonctionnement*".

*"La seule chose que l'on puisse dire, conclut le chercheur, est que notre mémoire n'est jamais pleine, puisqu'on peut apprendre toute notre vie. Mais contrairement à un ordinateur, elle peut oublier."* K.B.



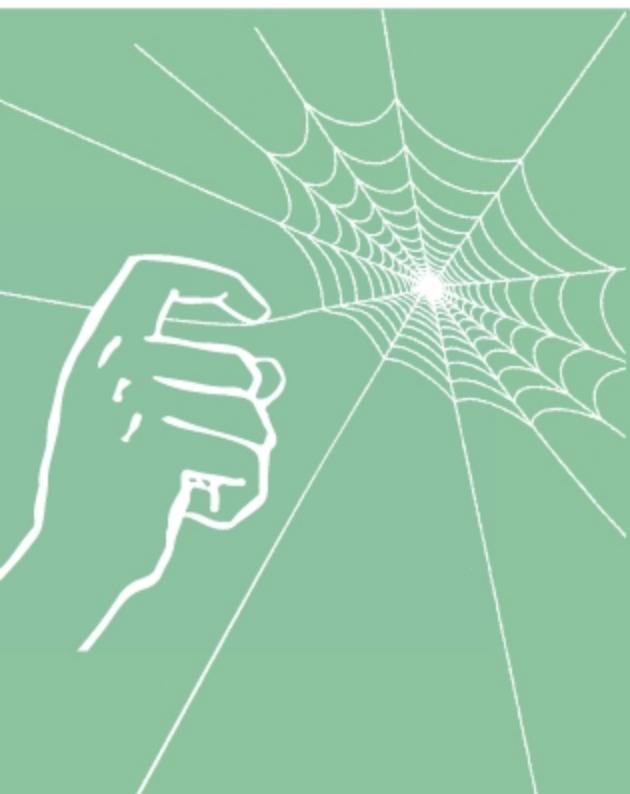
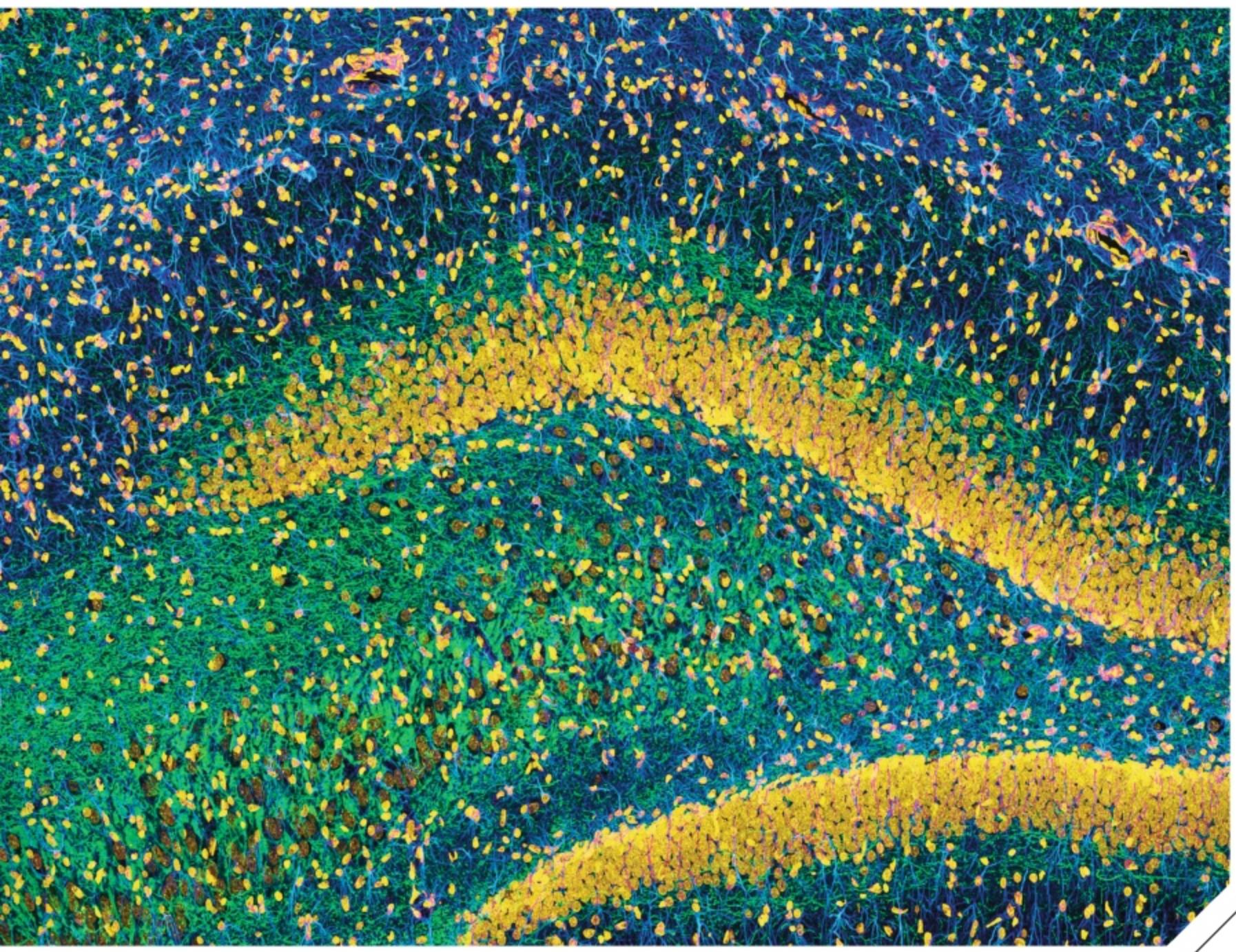
▲ Contrairement à un ordinateur, notre mémoire ne peut pas faire le plein, mais elle peut oublier ce qui n'est pas utile (ici, neurones de rat, en orange, les noyaux, en bleu les axones).



## Les neutrinos peuvent-ils traverser un trou noir ?

Question de T. Chirokoff, Villebon-sur-Yvette (91)

Non. Même si leur masse est 500 000 fois inférieure à celle de l'électron, les neutrinos sont soumis à la force de gravitation, tout comme les particules de lumière, dont la masse est nulle. Un neutrino qui tombe à l'intérieur d'un trou noir est donc perdu. Pour autant, les neutrinos interagissent très peu avec la matière. Ils s'extirpent donc mieux qu'aucune autre particule des zones les plus denses de l'Univers, tels les abords d'un trou noir. Du reste, comme le précise Alain Riazuelo, à l'Institut d'astrophysique de Paris, "*la densité des neutrinos dans l'Univers est très faible, de même que leur énergie*". Le flux continu de neutrinos absorbés par les trous noirs ne contribue donc pas à l'augmentation de leur masse, y compris sur des temps cosmologiques. M.G.



## Comment l'araignée parvient-elle à tendre sa toile dans le vide ?

Question de Gabrielle Paccoud-Lemaz, Yenne (73)

Sa technique la plus simple consiste à accroche ses fils sur un premier support, de descendre de celui-ci et de monter sur un deuxième point d'ancre pour les coller. En repassant dessus plusieurs fois et en tirant d'autres fils, elle arrive à les tendre. Elle utilise aussi le vent. "L'araignée se poste sur un tronc, une branche ou une feuille et émet un fil, qui se déplace alors au gré du vent avant de s'accrocher à quelque chose, détaille Christine Rollard, aranéologue du Muséum national d'histoire naturelle. Ainsi, les fils peuvent être longs de plusieurs mètres !" Par ailleurs, les araignées sauteuses et les araignées-loups sont capables d'effectuer des bonds de 50 à 100 mm, soit de 10 à 20 fois leur taille. Pour elles, pas besoin d'imaginer de grandes stratégies pour construire leurs toiles : c'est le saut lui-même qui permet la tension des fils.

F.C.

# Pourquoi les nuages restent en altitude au lieu de tomber comme la pluie ?

Question de Valentin L'Hour, Canly (60)

Si les nuages ne s'approchent pas du niveau de la mer, c'est parce que les minuscules gouttelettes qui les constituent se forment par condensation de la vapeur d'eau quand l'air humide se refroidit. Or, ce refroidissement de l'air se produit lorsqu'une masse d'air s'élève dans l'atmosphère et subit une décompression (voir infographie). "Un refroidissement suffisant pour provoquer une condensation

nécessite que la masse d'air monte à quelques centaines de mètres", précise François Jobard, prévisionniste à Météo-France.

## LE CAS DU BROUILLARD

Pourquoi alors le nuage reste-t-il en altitude, sans que les gouttelettes formées retombent directement au sol ? "Les gouttelettes chutent bel et bien vers le sol", répond le spécialiste. Mais, très légères, elles sont aussi 'remontées' par les

mouvements d'air ascendants à l'intérieur du nuage. Ainsi est-il, en quelque sorte, maintenu en l'air."

Il existe pourtant une exception : le brouillard... que l'on rencontre bel et bien au ras du sol ! En effet, "le brouillard est aussi un nuage : par définition, un 'nuage' est un ensemble de gouttelettes d'eau ou de cristaux de glace en suspension dans l'air ; or le brouillard correspond bien à cela. C'est un cas parti-

culier de stratus [genre de nuage bas dont la base est à une altitude inférieure à quelques centaines de mètres] dont la base touche le sol". Mais le brouillard se forme différemment, quand le taux d'humidité de l'air à la surface du sol est suffisamment élevé pour permettre la condensation de la vapeur d'eau, en cas de chute de température (par nuit claire, par exemple), ou après un apport supplémentaire en humidité.

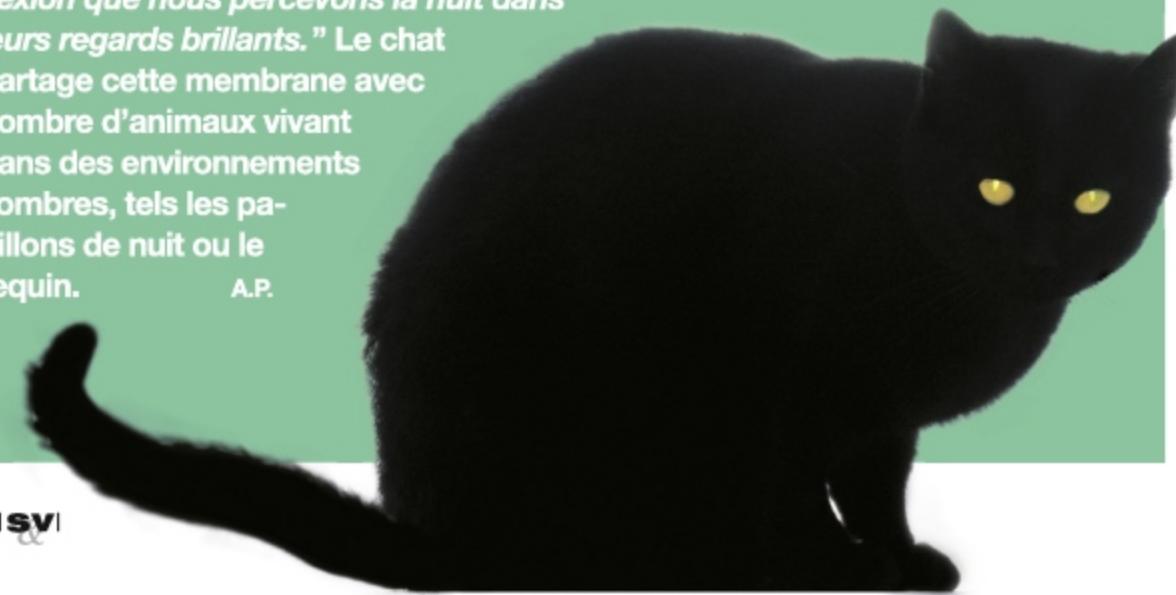
K.B.

# Qu'est-ce qui fait que les yeux des chats brillent dans le noir ?

Question de Nastassia Mari (Belgique)

Les yeux miroitants des chats la nuit sont une conséquence de leurs performances visuelles crépusculaires. Outre la dilatation de la pupille permettant l'entrée d'un maximum de lumière, leurs yeux possèdent une quantité importante de bâtonnets, cellules de la rétine sensibles à la lumière. Mais leur vision nocturne repose essentiellement sur la présence d'une membrane réflectrice située à l'arrière de la rétine, le tapis choroïdien (*tapetum lucidum*). "Tel un miroir, il renvoie le plus infime rayon lumineux non absorbé par les bâtonnets vers la rétine et augmente sa sensibilité à la lumière", explique Stéphane Tanzarella, professeur à l'université de Grenoble. C'est cette réflexion que nous percevons la nuit dans leurs regards brillants." Le chat partage cette membrane avec nombre d'animaux vivant dans des environnements sombres, tels les papillons de nuit ou le requin.

A.P.



# Au volant,

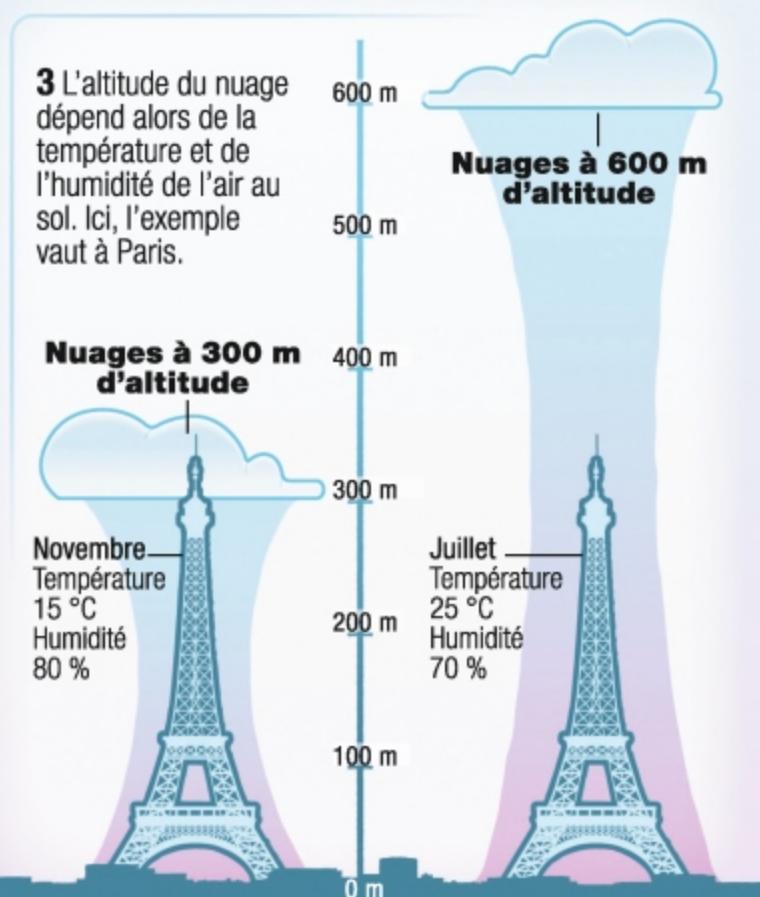
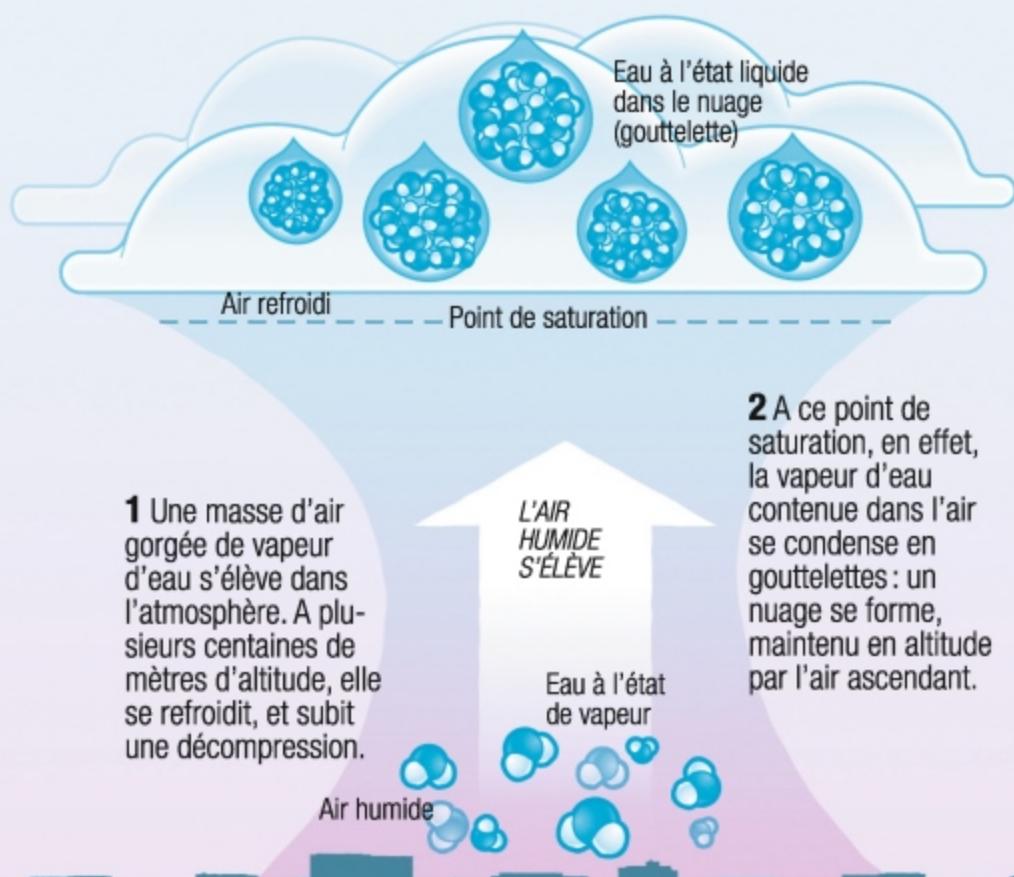
Question de Sonia Domahidi-

Les haut-le-cœur faisant blêmir au fil des virages, lors d'un trajet en voiture, sont le plus souvent réservés aux passagers. Comme si tenir le volant sauait de ce mal. Pourtant... ce n'est pas toujours le cas.

"Même si cela est relativement rare, certains conducteurs peuvent aussi souffrir de ce trouble", précise Charles Oman, directeur du Laboratoire du véhicule humain, au Massachusetts Institute of Technology (MIT, Etats-Unis).

Appelé aussi cinétose, le mal de cœur en voiture

## Parce que l'air doit monter à quelques centaines de mètres avant que la vapeur d'eau se transforme en gouttelettes



# peut-on avoir le mal des transports ?

Dan, Orléans (45)

– ou mal des transports puisqu'il concerne aussi le train et l'avion – induit un malaise et des nausées responsables de vomissements. Il découlerait d'une discordance entre deux types d'informations qui renseignent notre cerveau sur nos changements de direction et nos accélérations linéaires. Les informations visuelles, d'une part; et celles issues de capteurs de mouvement dans notre oreille interne ("otolithes") et dans nos muscles et nos viscères ("récepteurs cinesthésiques"), d'autre part.

Ces derniers capteurs sont capables de percevoir les mouvements réels que nos yeux peuvent ne pas voir. Voilà pourquoi nous éprouvons ce phénomène de cinétose de préférence à certains moments : lorsqu'on lit en voiture, qu'on admire le paysage par une fenêtre passager, ou lorsqu'il fait nuit noire.

### ENFANTS ET FEMMES Y SONT PLUS SENSIBLES

Certaines parties du système nerveux s'activent alors de manière incohérente. Sont notamment perturbés les neurones,

situés entre le cerveau et la moelle épinière, qui contrôlent le fonctionnement des viscères (intestins, estomac...).

D'où la survenue des symptômes typiques du mal des transports.

Les conducteurs, eux, sont moins sensibles à ce mal, parce qu'en se focalisant sur la route, ils perçoivent mieux le mouvement réel de leur corps et anticipent mieux les changements de direction, limitant la disparité entre les informations provenant des yeux et celle perçues par leurs capteurs de mouvements.

Afin de limiter la survenue de la cinétose chez les

passagers, les médecins conseillent de s'asseoir si possible à l'avant, de bouger la tête le moins possible, de regarder l'horizon par le pare-brise, de ne pas se focaliser sur le paysage qui défile, de ne pas lire. Et, avant et pendant le voyage, d'éviter les repas lourds et les parfums désagréables.

Ce sont surtout les enfants de 3 à 12 ans et les femmes qui sont le plus sensibles à ce mal de cœur – sans que l'on sache vraiment pourquoi. Des migraines, un dysfonctionnement de l'oreille interne ou la grossesse peuvent également induire une susceptibilité accrue. K.B.

# Comment les gamètes mâles peuvent-ils résister à la congélation ?

Question de Dounia Sichov, Paris 20<sup>e</sup>

Cela n'a en fait rien d'exceptionnel. Du reste, plusieurs autres types cellulaires peuvent être congelés : des globules rouges, des cellules souches... et même des embryons !

## ILS PERDENT EN MOBILITÉ

Une nouvelle technique, appelée vitrification, permet même de congeler les ovocytes (des ovules immatures). Cependant, "les spermatozoïdes sont faciles à congeler, et

*comptent parmi les premières cellules à l'avoir été, dans les années 1950*", raconte Jean-François Guérin, chef du service de médecine de la reproduction à l'hôpital Femme-Mère-Enfant de Lyon.

Cela tient au fait que les gamètes mâles contiennent peu de cytoplasme (le liquide dans lequel baigne la machinerie biologique de la cellule). L'un des principaux dangers liés à la congélation est la formation

de cristaux de glace, qui peuvent endommager la cellule. Les spermatozoïdes sont baignés dans du glycérrol, une molécule qui se lie aux molécules d'eau et les empêche de former de la glace. Ils peuvent ainsi être conservés des dizaines d'années, dans de l'azote liquide à -196 °C.

Mais cette congélation peut altérer la mobilité

des spermatozoïdes, en dégradant leur flagelle. Ce pourquoi "le pouvoir fécondant du sperme congelé est un peu moins bon que celui du sperme frais", reconnaît Jean-François Guérin. E.A.



# Une violente émotion peut-elle déclencher un arrêt cardiaque ?

Question de Serge Lhéry, Combs-la-Ville (77)

En l'absence de toute pathologie, non.

Même si les émotions ont un impact physiologique indéniable sur notre appareil cardiovasculaire, engendrant en particulier l'augmentation de la fréquence cardiaque et de la tension artérielle, un emballement brutal ne peut en fait être fatal que pour certaines catégories de population à risque.

"Chez les sujets jeunes, la mort subite suite à une violente émotion ne

concerne que les personnes souffrant d'anomalies électriques du rythme cardiaque, souvent d'origine génétique, précise le docteur Vincent Probst, responsable du Centre de prise en charge de la mort subite du sujet jeune à Nantes, *en dépit d'un fonctionnement normal de la mécanique du cœur, des défauts structuraux des cellules du muscle cardiaque entraînent une arythmie des battements qui peut être mortelle.*"

Autre population à risque, les personnes plus âgées sujettes aux risques cardiovasculaires (hypertension, diabète, cholestérol) et pour lesquelles "une contraction soudaine des artères peut provoquer le décollement des plaques d'athérome présentes sur les parois des artères et ainsi obstruer la circulation sanguine pour conduire à l'infarctus". Pour les autres, impossible de "mourir de peur". A.P.

GAGNEZ UN  
ABONNEMENT  
D'UN AN À

SCIENCE & VIE

Cette rubrique est la vôtre,  
écrivez-nous !

Nous ne pourrons répondre à toutes et à tous, mais les auteurs des questions que la rédaction sélectionnera se verront offrir un abonnement d'un an à Science & Vie (pour eux-mêmes ou une personne de leur choix).

Envoyez vos questions, en indiquant clairement votre adresse postale, à : [sev.gr@mondadori.fr](mailto:sev.gr@mondadori.fr) ou bien par courrier à :

SCIENCE & VIE  
QUESTIONS/RÉPONSES  
8, rue François-Ory  
92543 MONTROUGE CEDEX

# Pour Noël offrez ou offrez-vous un abonnement à Science & Vie



42€  
seulement  
au lieu  
de 70,20€

12 numéros  
+ 4 hors-séries



Vos versions numériques sont incluses dans votre abonnement. Pour les consultez : [www.kiosquemag.com](http://www.kiosquemag.com)

## BULLETIN D'ABONNEMENT

À compléter et à retourner accompagné de votre règlement dans une enveloppe affranchie à:  
SCIENCE & VIE - SERVICE ABONNEMENTS - CS 50273 - 27092 EVREUX CEDEX 9



Oui, je m'abonne à Science & Vie pour  
**1 an [12 n°] + 4 Hors-séries**

pour 42€ au lieu de 70,20€

soit plus de 40% de réduction

+

**Les versions numériques incluses**

788 706

### ► Voici mes coordonnées :

Nom : \_\_\_\_\_ Prénom : \_\_\_\_\_

Adresse : \_\_\_\_\_

Complément d'adresse (résidence, lieu dit, bâtiment...) : \_\_\_\_\_

Code Postal : \_\_\_\_\_ Ville : \_\_\_\_\_

Tél : \_\_\_\_\_ Grâce à votre n° de téléphone (portable) nous pourrons vous contacter si besoin pour le suivi de votre abonnement

E-mail : \_\_\_\_\_

Je souhaite recevoir des newsletters du magazine et des offres promotionnelles des partenaires de Science & Vie (groupe Mondadori)

### ► Mode de paiement :

Chèque bancaire ou postal à l'ordre de Science & Vie

CB \_\_\_\_\_

Date et signature obligatoires

Expiré à fin \_\_\_\_\_ Code Crypto \_\_\_\_\_

Les 3 chiffres au dos de votre CB

\*\*Prix public et Prix de vente en kiosque. Offre valable pour un 1er abonnement livré en France métropolitaine jusqu'au 30/01/2015 et dans la limite des stocks disponibles. Je peux acquérir séparément chacun des numéros mensuels de Science & Vie au prix de 4,20 € et chacun des hors-séries au prix de 4,95 €. Vous ne disposez pas du droit de rétractation pour l'abonnement au magazine. Conformément à la loi informatique et libertés du 6 janvier 1978, vous disposez d'un droit d'accès aux données vous concernant. Il vous suffit de nous écrire en indiquant vos coordonnées.

Science & Vie — TSA 10005 8 rue François Ory 92543 Montrouge cedex RCS B 572 134 773 - Capital : 1 717 360 €

Galerie de minéralogie et de géologie,  
Muséum d'histoire naturelle de Paris

# “Les Trésors de la Terre” s'exposent dans un lieu mythique

Il y a le plaisir de pénétrer à nouveau, après dix ans de fermeture, dans un lieu historique, la galerie de minéralogie et de géologie.

De jeter un œil vers la gauche, dans sa grande nef, qui a conservé sa verrière du XIX<sup>e</sup> siècle et son mobilier, un vertige de tiroirs – des milliers – où dorment des trésors minéraux...

De s'émerveiller ensuite d'une sélection de “pierres de rêve” de la collection Caillois, réputées pour leurs fascinants dessins où fantômes et paysages se dessinent au cœur des agates et des quartz...

Puis de se diriger enfin vers la droite, pour plonger dans l'ambiance tamisée où attendent 600 pièces majeures de l'immense collection de la galerie.

## UN QUARTZ DE 3 TONNES!

Le choix a été difficile, tant les merveilles sont nombreuses dans les réserves : des minéraux géants, tel un monstre de quartz de 3 tonnes, aux pierres les plus fines – diamant



▲ Ce caillou anodin, baptisé “Orgueil”, compte parmi les plus étudiés au monde : c'est une météorite de 109 g qui possède la même composition chimique que... le Soleil.

jaune brut à 48 faces, beryl à la symétrie parfaite ou encore cristaux d'or –, sans oublier les pièces historiques qui faisaient déjà la fierté des Médicis, ou brillaient dans les collections de Louis XIV...

Pour les mettre en valeur, une scénographie simple. Les géants trônent en majesté au centre de l'espace d'exposition, et autour d'eux s'agencent huit alcôves thématiques. Dispositifs multimédias et vitrines font entrer dans l'intimité des minéraux et racontent, l'air de rien, qui ils sont, d'où vient l'incroyable diversité

de leurs couleurs et de leurs formes naturelles.

Le lien qui unit les hommes aux pierres se dévoile aussi dans les “chambres noires” dédiées aux pierres précieuses, brutes ou taillées. Et à la science ! Car nombre de ces minéraux sont toujours au cœur de la recherche, sans parler des météorites. Peut-être ces cailloux, le plus souvent modestes, sont-ils parmi les plus émouvants de l'exposition : noirs et anodins au milieu de tant de richesses, ils nous racontent pourtant l'origine de la vie et de notre système solaire.

E.R.

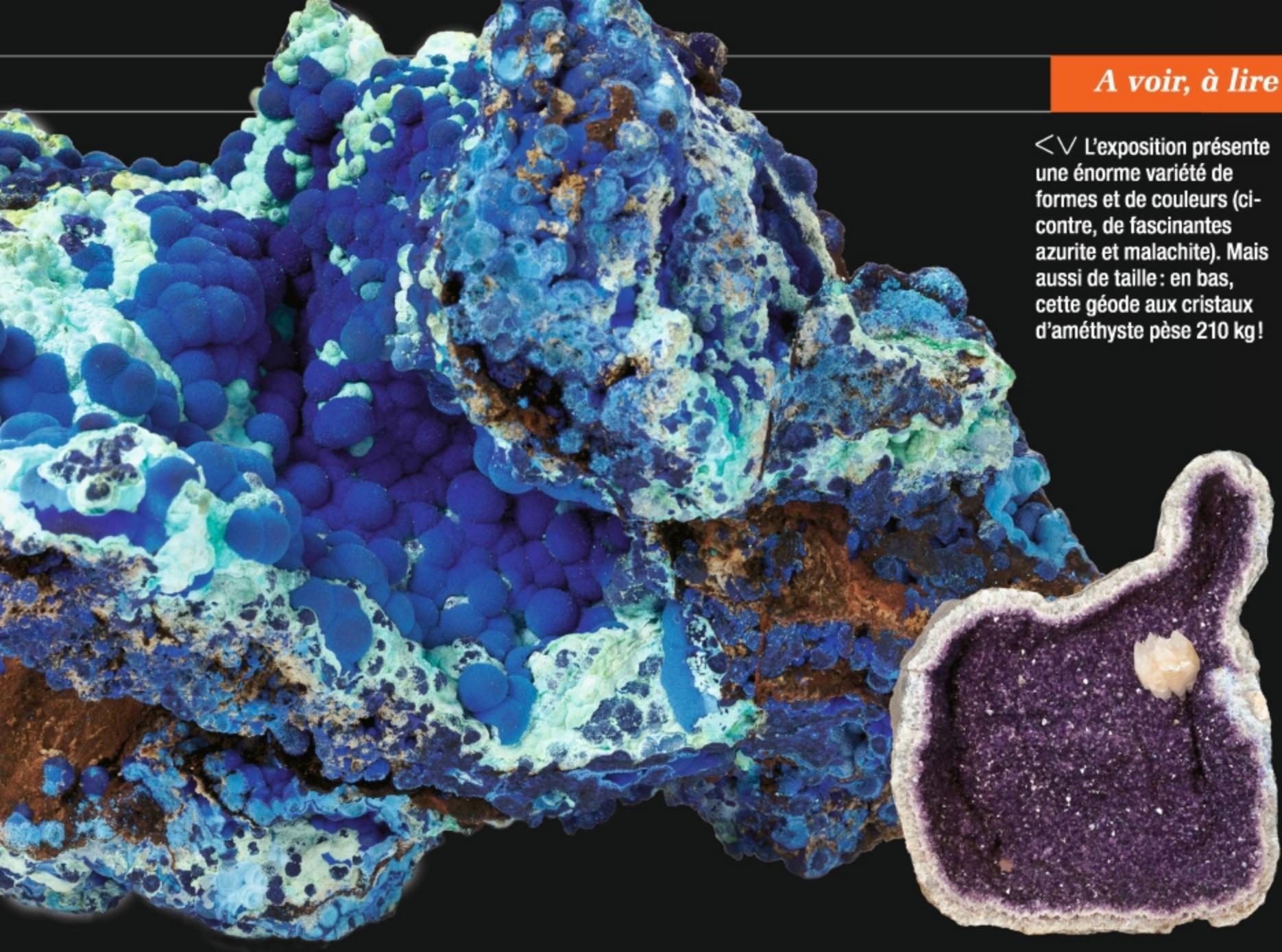


## Faits & chiffres

- Le lieu :**  
**1626** Création du Drogvier du Jardin du Roy
- 1793** Fondation du Muséum d'histoire naturelle
- 1839** Ouverture de la galerie de minéralogie et de géologie
- 2004-2014** Fermeture de la galerie

## Les collections :

- 130 000 lots** correspondant à plus de **300 000** échantillons ;
- 1 500** météorites ;
- 80** cristaux géants.



<▽ L'exposition présente une énorme variété de formes et de couleurs (ci-contre, de fascinantes azurite et malachite). Mais aussi de taille: en bas, cette géode aux cristaux d'améthyste pèse 210 kg!



- Galerie de minéralogie et de géologie, 36 rue Geoffroy Saint-Hilaire, 75005 Paris
- Ouverture depuis le 19 décembre 2014, tous les jours, sauf le mardi, de 10 h à 17 h; jusqu'à 18 h d'avril à septembre
- <http://www.museum-mineral.fr/home.php#http://www.galeriedemineralogieetgeologie.fr/fr>
- Le catalogue de l'exposition: *Trésors de la Terre*, éditions Artlys, 160 pages, 25 €

B.FAYE/MNHN

“

THOMAS GRENON

Directeur général du Muséum national d'histoire naturelle

*La collection la plus impressionnante du monde*

Pour des raisons de sécurité, la galerie de minéralogie et de géologie est restée fermée depuis dix ans, et les travaux de restauration s'échelonneront encore sur une dizaine d'années...

Mais cette exposition, pour laquelle l'ancienne salle des cristaux géants a été rénovée, est le premier pas vers la réouverture de la galerie! Un lieu qui est sans doute le premier musée de France, conçu et construit comme tel entre 1833 et 1839, et qui a conservé son authenticité – notamment dans sa grande nef, encore inaccessible, mais qui sera rendue visible pour l'occasion. On ne peut toutefois pas rester

sans montrer ses collections! Les bijoux de la couronne, des minéraux géants, des gemmes... Toutes ces pièces sont parmi les plus impressionnantes au monde, d'où le titre choisi pour cet événement. Place aussi à celles qui viennent "d'ailleurs", les météorites, dont nous possédons certaines des plus intéressantes connues. On parle souvent de la biodiversité, mais la géodiversité est tout aussi riche: elle a toujours eu une place à part tant par la beauté et l'histoire de ses spécimens, que par leur rôle essentiel à la vie sur Terre – qu'ils ont accompagnée dès l'origine.

LIVRE

► **Le gène du sport**  
► De David Epstein  
► Talent sport,  
374 pages, 19,90 €



Un éditeur inconnu, un titre mal choisi et un auteur journaliste sportif, en aucun cas versé dans la science. Ce livre n'avait rien pour attirer notre attention. Et pourtant... C'est une des plus belles enquêtes scientifiques sur les possibilités du corps humain. Plus vite, plus haut, plus fort... Oui, mais à quelles conditions ? Tous les paramètres sont passés en revue : nature des fibres musculaires, morphotypes, capacités oculaires, effets de l'altitude, quantité d'entraînements, et même la capacité d'abnégation. Mais aussi des questions plus épineuses : différences homme-femme ou sur-représentation des coureurs noirs. Passionnant, malgré des maladresses de traduction. V.N.

LIVRE

► **Mort ou vif**  
► De Jack Thinay (textes) et Jacques Vekemans (photos)  
► La Martinière/MNHN, 185 pages, 45 €

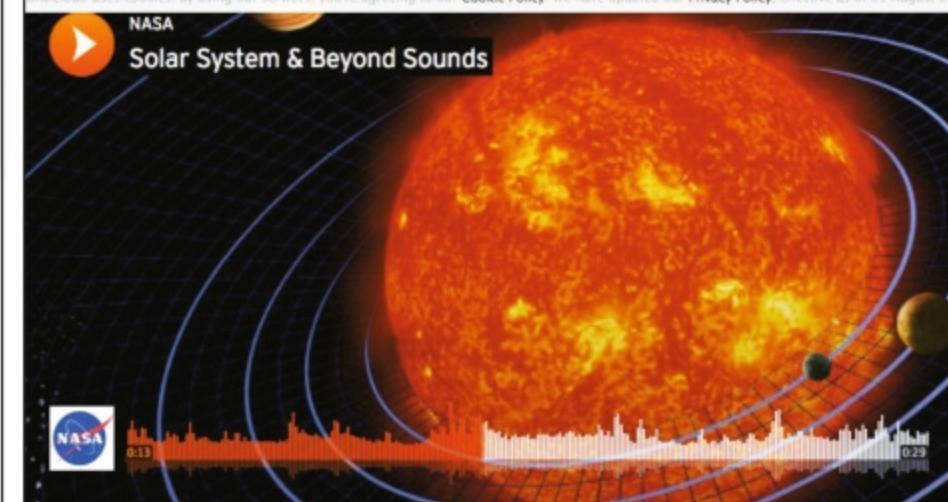


Il faut le "déshabiller", ajuster le moindre pli... Dans les mains du taxidermiste, l'animal est dépoillé avec un soin infini pour, une fois sa peau posée sur une forme en polyuréthane, être rendu à une vie éternelle dans les musées de science et les galeries d'art. L'artisanat approximatif des origines, au XVI<sup>e</sup> s., a cédé la place à une science tout en délicatesse, dont les prouesses perpétuent l'œuvre de conservation naturaliste. Et suscitent immanquablement le trouble, l'illusion de vie étant souvent saisissante. Un trouble dont l'intensité transparaît au fil des superbes photos de *Mort ou vif*, et que le propos tenu par un maître, œuvrant au Muséum national d'histoire naturelle – éclaire intelligemment. F.L.

SITE INTERNET

Explore Search

NASA Solar System & Beyond Sounds



Sign in or Sign up Up!

Playlist info

Posted on Oct 16, 2014 by



NASA

46,128

63

Follow

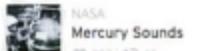
More from this user



Rocket Engine Sounds

627

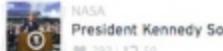
111



Mercury Sounds

303

46



President Kennedy Sounds

292

50

https://soundcloud.com/nasa

## La Nasa ouvre ses plus belles archives sonores du cosmos

En voilà une excellente idée ! La Nasa a sorti de ses cartons une sélection d'enregistrements sonores historiques pour les mettre à la disposition des internautes sur le site Soundcloud.

Ils sont déjà des dizaines à pouvoir être téléchargés ou écoutés en ligne, et l'Agence spatiale américaine promet d'en ajouter régulièrement.

Se côtoient pêle-mêle des monuments historiques, telle la voix brouillée de Neil Armstrong prononçant : "Un petit pas pour l'homme..." Ou celle incroyablement calme de Jack Swigert, l'un des membres d'*Apollo 13*, constatant : "Houston, nous avons eu un problème."

A portée de clic, quelques icônes, comme le "bip bip" du *Sputnik*, le premier satellite jamais lancé, ont toutes les chances de devenir des "hits" de sonneries pour téléphones mobiles. Et il y a l'embarras du choix : les comptes à rebours ;

les voix victorieuses des confirmations de décollage ; des discours enflammés du président Kennedy... Une vraie *playlist* de l'espace, un condensé sonore des années fastes de la conquête spatiale.

### L'ÉTRANGE CRI DE SATURNE

L'écoute révèle aussi de singulières pépites. Des sons produits par les machines, qui évoquent par petites touches les évolutions technologiques du secteur. Les enceintes acoustiques du salon vont vibrer au souffle du lanceur *Saturn V*, qui envoya les membres d'*Apollo 11* sur la Lune, ou du rugissement furieux de *Delta IV*. Une simulation permet même d'entendre ronronner la fusée géante *SLS*, qui devrait décoller en 2017.

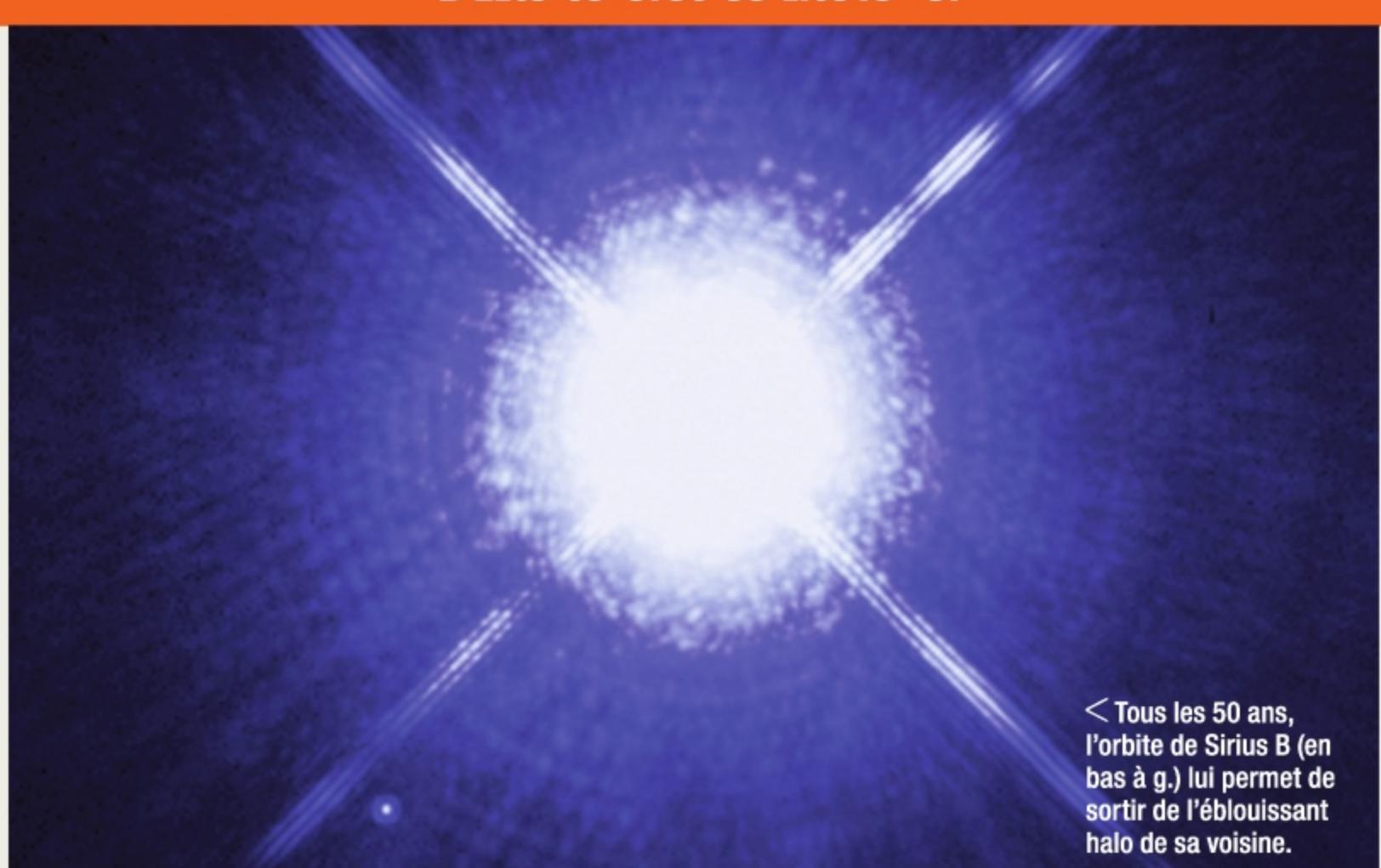
Enfin, le plus poétique : la voix des astres eux-mêmes. Les ingénieurs de la Nasa se sont amusés à convertir

en sons ondes radio et signaux électromagnétiques. Une conversion à laquelle l'Agence spatiale européenne s'est aussi livrée, offrant le "chant" de la comète 67P/Churyumov-Gerasimenko enregistré par *Rosetta*.

Ainsi, la géante Saturne se met à chanter, comme si elle dissimulait dans ses nuages d'étranges cris animaux. La comète Tempel 1 interpelle la sonde *Stardust*, qui la survole, par un claquement irrégulier. Un craquement digne de la foudre retentit sur Jupiter, et le vide interstellaire siffle... Même les lointaines étoiles, photographiées par *Kepler*, ont une voix : KIC7671081B bourdonne sourdement, tandis que KIC12268220C sonne clair, comme un cuivre.

Un ballet sonore qui donne l'impression que l'espace fourmille de mouvements, de choc, d'interactions... Oui, à l'oreille, l'espace est bien vivant. L.B.

## Dans le ciel ce mois-ci



< Tous les 50 ans,  
l'orbite de Sirius B (en  
bas à g.) lui permet de  
sortir de l'éblouissant  
halo de sa voisine.

# La naine blanche Sirius B de retour dès le nouvel an

Elle se cache... C'est une étoile particulièrement difficile à voir, trop proche de l'astre le plus brillant du ciel...

Sirius B, appelée aussi "le compagnon de Sirius", est noyée dans la radiance de ce dernier, qui brille dans le ciel d'hiver, plein sud, entre 22 h et 2 h du matin. Sirius et Sirius B se trouvent à 8,6 années-lumière de la Terre.

L'éblouissante étoile est 25 fois plus brillante que le Soleil. Quant à Sirius B, elle est 10000 fois moins lumineuse! Pas étonnant, dès lors, que cette discrète compagne de Sirius n'ait été découverte qu'en 1862... Mais surtout, Sirius B est la toute première naine blanche – c'est-à-dire le vestige d'une étoile morte refroidissant lentement – à avoir été découverte. Extraordinairement dense, dénuée de réactions

thermonucléaires, elle possède la même masse que le Soleil, mais comprimée dans le volume de la Terre... Si l'observer est très difficile, heureusement, sa révolution de cinquante ans autour de Sirius est elliptique et l'en écarte régulièrement, la rendant suffisamment visible pour être captée par un instrument d'amateur. Comme c'est le cas actuellement. Depuis quelques années en effet, Sirius B s'éloigne progressivement de Sirius, et on peut donc l'observer, sous un bon ciel, dénué de turbulences atmosphériques, dans un télescope de 300 mm de diamètre. L'écart entre les deux étoiles va progressivement augmenter jusqu'en 2025, la naine blanche devenant chaque hiver de plus en plus facile à distinguer... S.B.

► Quand ?  
Du 1<sup>er</sup> au 31 janvier,  
entre 22 h et 2 h du matin.

► Comment ?  
Un télescope de 300 mm,  
grossissant 600 à 800 fois.

► Où ?  
Dans la constellation  
du Grand Chien.



Pour voir la carte :  
[science-et-vie.com](http://science-et-vie.com)

# Le premier mini-scanner 3D pour appareil mobile

Cette fine barrette baptisée Structure est fabriquée par la société américaine Occipital. Fixée sur un iPad grâce à un système d'attaches qui l'aligne sur la caméra, elle le transforme en un véritable scanner 3D mobile. Idéal pour modéliser une pièce en relief avant de la réaménager ou pour scanner un objet que l'on souhaite reproduire virtuellement avant de l'imprimer en 3D.

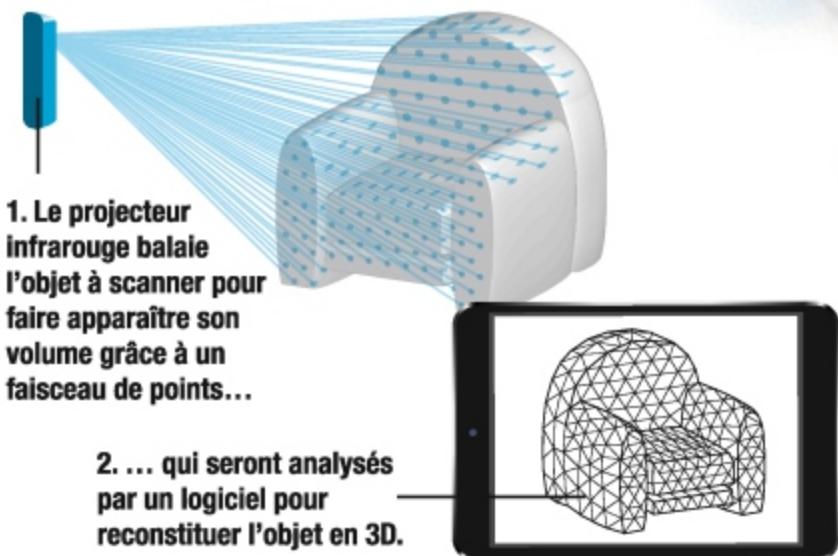
Le principe de ce dispositif? Capturer un volume à l'aide d'un laser en l'éclairant d'un motif constitué de points. La déformation de ce motif

par le volume est alors analysée par un capteur infrarouge qui en déduit la forme 3D et l'enregistre dans un fichier. "Celui-ci peut alors être lu et manipulé par des logiciels du marché ou par des logiciels développés spécifiquement pour Structure, qui permettent, par exemple, de prendre les mesures d'une pièce", précise Adam Rodnitzky, le directeur du marketing. La sensibilité du capteur en profondeur va de 40 cm à 3,5 m avec une précision de 1 %. Il produit de 30 à 60 images par seconde avec une résolution de 640 x 480. La batterie de

Structure a une autonomie de trois à quatre heures lorsque le scanner est actif, et de plus de mille heures en veille.

S.F.

Prix: env. 300 €  
Rens.: <http://structure.io/#>



## Une veste de jogging qui réchauffe le dos

Pas toujours évident de se motiver pour courir en hiver en dessous de 0 °C. La marque française Kalenji a donc développé la veste Electro Warm, qui présente l'avantage d'être chauffante tout en restant légère. Son système électro-chauffant intégré se restreint en effet aux zones du dos où l'on transpire le plus (bas et côtés), tandis que sa batterie, logée dans sa poche intérieure, a la taille d'un smartphone. Un bouton on/off permet de l'activer en début de course et de la désactiver, puis de se réchauffer de nouveau au moment des étirements. La batterie peut assurer 8 cycles de quinze minutes de chauffe. L.B.

Prix: env. 100 €  
Rens.: [www.kalenji-running.com](http://www.kalenji-running.com)





## Ce lave-vaisselle lave même dans les coins

Aussi performant soit-il, un lave-vaisselle classique à lavage rotatif atteint difficilement la vaisselle située dans les coins de la machine. C'est pourquoi Samsung a entièrement repensé son nouveau modèle, baptisé Water Wall. Au lieu d'un bras tournant dans le fond de la cuve, un déflecteur coulissant d'arrière en avant, projette l'eau à la verticale à travers six buses. Ce procédé unique, doublé d'un bras rotatif

au-dessus du panier supérieur, permet de couvrir toute la zone de lavage, et la haute pression de l'eau (230 mbar, contre 180 habituellement) nettoie plus efficacement. Le fabricant a même prévu une fonction "booster" pour une pression à 260 mbar sur la moitié de la cuve que l'on souhaite privilégier. Idéal pour les plats et casseroles très sales.

L.B.

Prix: env. 1 200 €.

Rens.: [www.samsung.com](http://www.samsung.com)

## LE COIN DES PROTOTYPES

### Le ventilateur portable qui fait parapluie

Fini les parapluies tout mouillés : Air Umbrella est un prototype qui protège des averses... grâce à de l'air ! Développé par des designers chinois, il est composé d'un simple manche dans lequel se trouvent un moteur, une batterie au lithium et un ventilateur capable de propulser de l'air tout autour de lui pour dévier les gouttes de pluie vers l'extérieur. Un "bouclier" qui permet bel et bien de rester au sec en dessous. Le petit modèle mesurera 30 cm pour 500 g et sa batterie, rechargeable, fonctionnera quinze minutes. Les plus gros, de 50 à 80 cm pour 800 à 850 g, tiendront près de trente minutes. Reste à savoir si les voisins apprécieront les éclaboussures !

M.S.

Rens.: <https://www.kickstarter.com/projects/1243275397/air-umbrella>



▲ Ce manche abrite un ventilateur qui détourne les gouttes de pluie.



< Au lieu d'un bras tournant en fond de cuve, ce modèle intègre un déflecteur coulissant qui projette l'eau à la verticale.

# L'enceinte Bluetooth en forme de table

Pour faire disparaître les grandes enceintes audio de votre salon, la société française AV Concept a eu une idée originale : les transformer en meubles et supprimer tous leurs fils. Son modèle NOM, en forme de petite table (30 x 30 x 80 cm), intègre donc des haut-parleurs (60 W) dans ses deux pieds avant, un caisson de basse dans son plateau et une connexion Bluetooth pour communiquer directement avec un smartphone ou, grâce à un boîtier intermédiaire, avec la télévision. Pratique et surtout discret pour écouter la musique de sa playlist ou regarder un film avec un son hi-fi! L.B.

Prix : env. 300 €.  
Rens. : [www.avconceptproducts.com](http://www.avconceptproducts.com)



# La coque d'iPhone qui intègre une caméra thermique

Si les caméras thermiques existent depuis une cinquantaine d'années, leurs applications ont pour l'instant surtout été militaires ou industrielles, rarement destinées au commun des mortels. Mais cela pourrait bien changer grâce à un nouveau dispositif pour iPhone développé par la compagnie américaine Flir : le FLIR ONE. Ne vous fiez pas à son apparence banale, cette coque de téléphone est équipée d'une petite caméra thermique

qui permet de "voir dans le noir". En effet, celle-ci n'est pas sensible au même rayonnement que notre œil : elle détecte les sources de chaleur, humaines ou matérielles, grâce aux rayons infrarouges qui s'en dégagent. Une deuxième caméra, classique cette fois, capte en même temps l'image présente devant le téléphone. Le tout passe ensuite par une application qui restitue une représentation en couleurs des images sur l'écran du smartphone.



< Les œufs ont été remplacés par des pois jaunes du Canada aux propriétés émulsifiantes.

# Une vraie mayo sans jaune d'œuf

Avis aux végétariens et à tous ceux qui ne veulent pas manger d'œufs. Hampton Creek Foods, une start-up américaine, vient de lancer Just Mayo, une mayonnaise dans laquelle les œufs ont été remplacés par des pois jaunes du Canada, au fort pouvoir émulsifiant. Objectif : remplacer les produits issus de l'élevage animal par des végétaux afin de diminuer la demande d'œufs pondus en batteries, tout en

maintenant les propriétés gustatives et nutritives de la mayonnaise. Au final, Just Mayo ne contient pas de cholestérol ni de produits laitiers, de lactose, de gluten ou de soja, tout en conservant, selon le fabricant, un bon goût de mayonnaise. M.S.

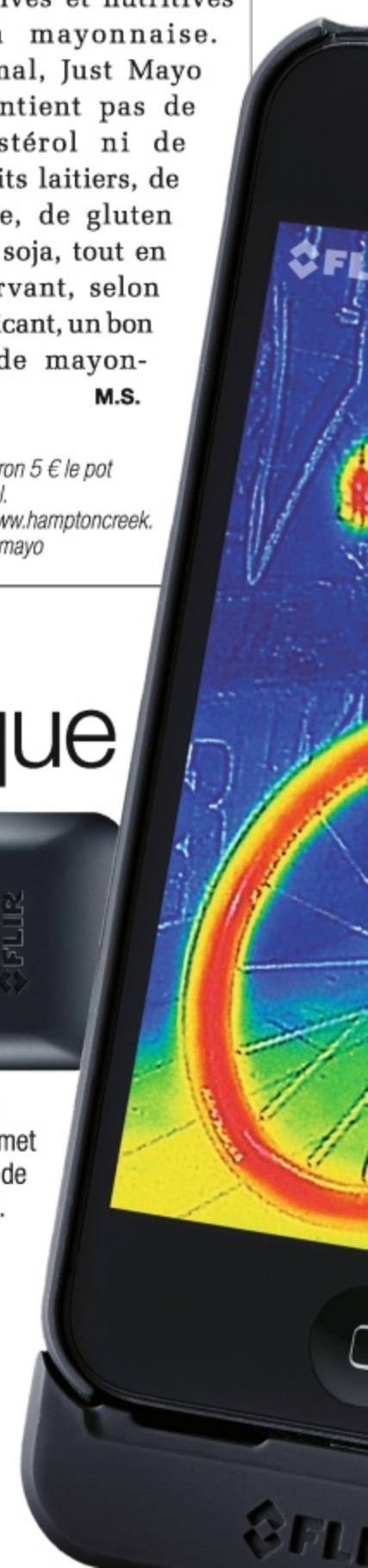
Prix : environ 5 € le pot de 473 ml.  
Rens. : [www.hamptoncreek.com/just-mayo](http://www.hamptoncreek.com/just-mayo)



▲> Cette coque dotée d'une caméra classique et d'une autre thermique permet de filmer dans le noir : la superposition de leurs "images" est restituée sur l'écran.

Dernier atout : cette coque possède sa propre batterie et ne réduit pas l'autonomie du téléphone. S.D.

Prix : env. 330 €.  
Rens. : <http://flir.com/flirone/>



# Cette oreillette s'allume toute seule

Conçu par l'américain Motorola, le Moto Hint est une oreillette Bluetooth très discrète qui pèse seulement 6 grammes. Compatible avec tous les types de smartphones et tablettes Bluetooth, elle permet d'effectuer des appels mains-libres

jusqu'à 46 m de distance. Elle s'allume automatiquement dans votre oreille grâce à un capteur intégré, et s'éteint de même dès que vous l'enlevez.

Sa forme très ergonomique offre un maximum de confort et cela même pendant plusieurs heures d'utilisation. Le boîtier de charge sans fil (vendu avec) permet de la recharger pendant vos déplacements. Pour ceux qui possèdent un smartphone Moto X de Motorola, cette oreillette permet également de contrôler

l'appareil à distance par commandes vocales.

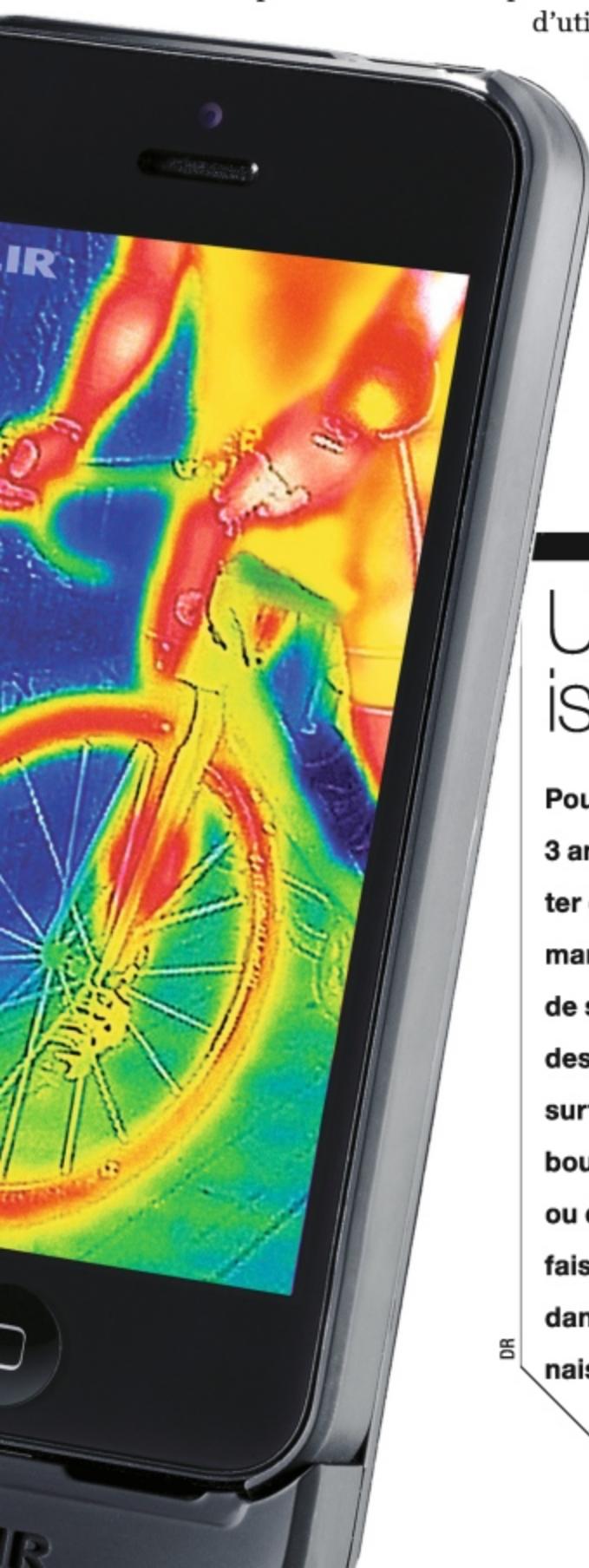
Quand vous posez une question, par exemple sur un itinéraire ou une distance à parcourir, vous obtenez directement les réponses dans votre oreille. Vous pouvez également passer des appels et envoyer des messages sans toucher ni regarder votre téléphone.

L.B.

Prix : env. 120 € (aux Etats-Unis, seulement pour l'instant). Rens. : [www.motorola.com/us/](http://www.motorola.com/us/)



▲ Très ergonomique, l'oreillette ne pèse que 6 grammes.



## Une combinaison gonflable isotherme pour les petits

**Pour protéger les jeunes enfants (entre 1 an et 3 ans) du froid en montagne sans avoir à leur ajouter des épaisseurs de vêtements dans la journée, la marque française Wed'ze a conçu la combinaison de ski Aircombi. Son revêtement extérieur renferme des petits canaux gonflables sur presque toute sa surface, que les parents peuvent gonfler (à la bouche) grâce à une valve accessible sur l'épaule... ou dégonfler rapidement s'il fait moins froid. L'air faisant office d'isolant, cette combinaison protège, dans sa version gonflée, aussi bien qu'une combinaison classique.**

L.B.

Prix : env. 70 €. Rens. : [www.wedze.fr](http://www.wedze.fr)



1<sup>er</sup> janvier 1865

# Maxwell unifie électricité, magnétisme et lumière

La fine pluie qui tombe sur Londres oblige James Clerk Maxwell à ranger dans sa sacoche l'épais article qu'il vient de publier dans les *Philosophical Transactions* de la Royal Society. Cet article, il en est fier. Car il sait que la théorie électromagnétique qu'il y expose est "une percée majeure", comme il l'a confié dans une longue lettre à un cousin.

L'avenir lui donnera raison : reformulée une quinzaine d'années plus tard sous la forme de quatre courtes équations (les fameuses équations de Maxwell), son œuvre sera le socle de toutes les technologies électriques et magnétiques du XX<sup>e</sup> siècle,

du transfert de signaux aux radars. Einstein lui-même en fera le point de départ de sa théorie de la relativité.

Mieux, sa démarche visant à montrer que l'électricité, le magnétisme et la lumière sont des facettes d'un même phénomène initiera une vaste quête d'unification des forces fondamentales, qui continue aujourd'hui d'accaparer les physiciens. Belle postérité pour des développements mathématiques plutôt arides...

## DES "LIGNES DE FORCE"

C'est en 1854, alors que Maxwell était fraîchement diplômé de l'université de Cambridge, qu'ont germé ses premières idées. Les

phénomènes électriques et magnétiques avaient alors de quoi dérouter.

Oersted, à Copenhague, avait observé en 1820 qu'un courant électrique dans un fil exerçait autour de lui une force qui déviait l'aiguille d'une boussole. Une décennie plus tard, Faraday, à Londres, avait inversement montré que le seul déplacement d'un aimant pouvait générer un courant électrique. Des liens forts unissaient donc les deux phénomènes. Mais lesquels ?

Deux visions s'opposaient. Sur le continent, Ampère ou Gauss avaient établi des équations qui faisaient interagir charges électriques et magnétiques par des forces

instantanées à distance. A Londres, Faraday imaginait au contraire des lignes physiques de tension électrique ou magnétique, dans un medium emplissant tout l'espace. Des lignes qui se dessinaient dès que l'on disposait de la limaille de fer autour d'un aimant.

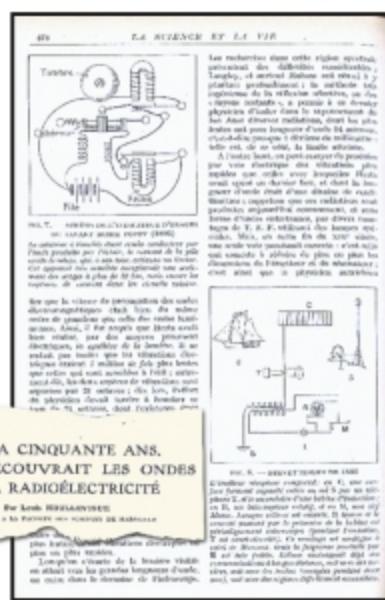
Maxwell fut d'emblée séduit par la vision de Faraday. D'autant que la théorie ondulatoire de la lumière supposait que celle-ci se propage aussi dans un hypothétique medium, "l'éther". Pouvait-on traduire mathématiquement ces lignes de force ? Il lui fallait pour cela manipuler des concepts assez nouveaux : les vecteurs, grandeurs dotées d'une direction

## SCIENCE&VIE en parlait déjà...

PAR FIORENZA GRACCI

### 1938 COMMENT HERTZ INVENTA LA RADIO-ELECTRICITÉ

En 1888, "le physicien allemand Hertz détecta et mesura les ondes électromagnétiques se propageant à travers l'espace, ondes dont l'existence avait bien été prédictée par le physicien et mathématicien anglais Maxwell, mais que personne n'avait encore pu observer". Les débuts de la "radioélectricité". S&V n° 258



IL Y A CINQUANTE ANS.  
HERTZ DÉCOUVRAIT LES ONDES  
DE LA RADIOÉLECTRICITÉ

### 1948 HOMMAGE À MARCONI, LE PÈRE DE LA RADIODIFFUSION

Les ondes de Maxwell et de Hertz inspirent les ingénieurs : "C'est en 1895 que Marconi réalisa la première communication par télégraphie sans fil [...]. Depuis cette époque, les deux systèmes de télécommunication n'ont cessé de se développer [...] : téléphonie ou télégraphie poste à poste, radiodiffusion des sons ou des images, bientôt peut-être télévision poste à poste..." S&V n° 366



Recchi

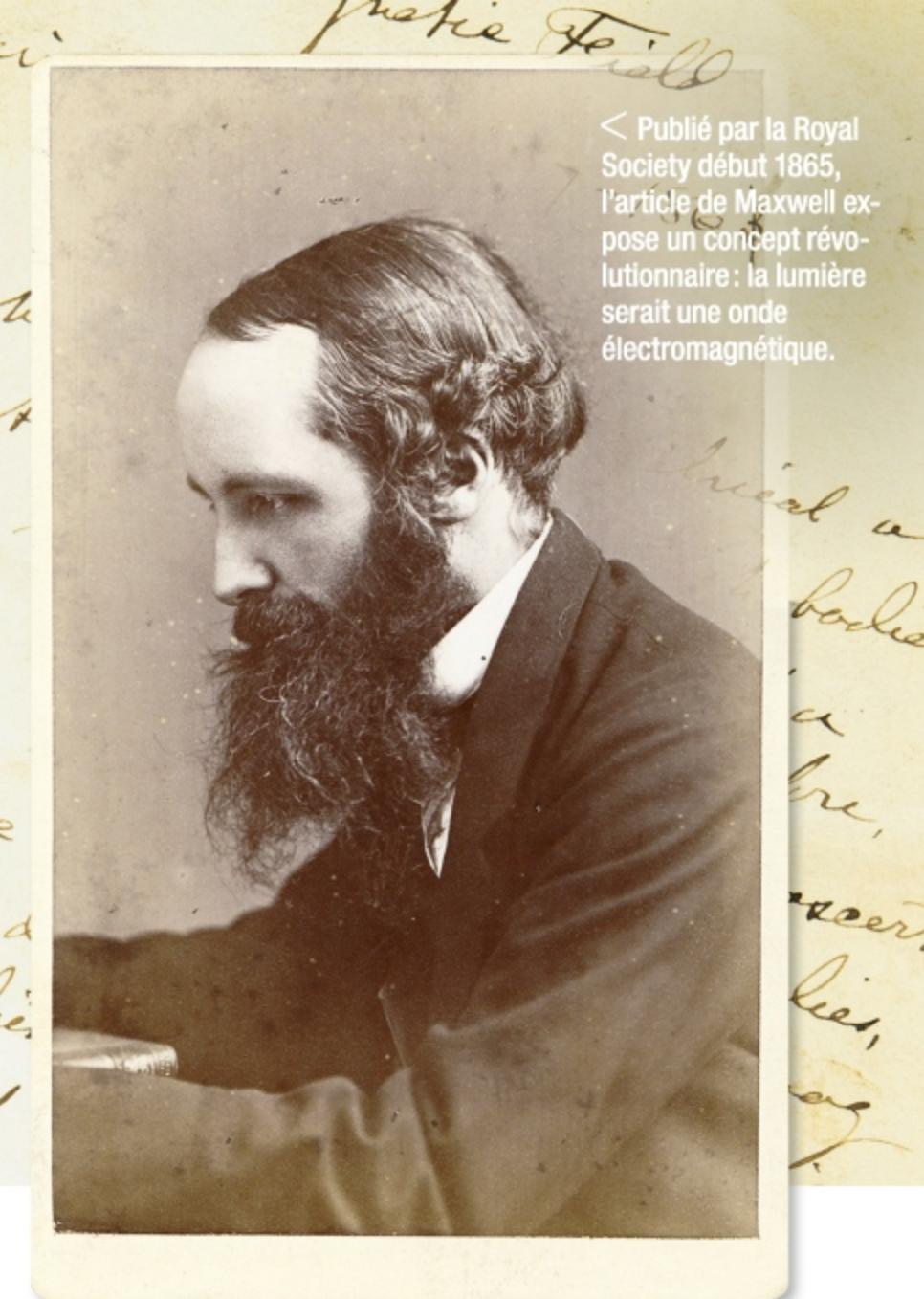
partie de la ville

Part I. Introductory  
most obvious mechanical pha-  
nomena in states is the mutu-  
al repulsion between two bodies  
in states set each other in  
distance from each other.  
ing, these phenomena into  
tude and direction of the force  
it is found that this force a  
relative position of the bodies  
condition, it seems at first  
suming the existence  
each o.

et d'un sens. Inspiré par les travaux de Thomson (futur Lord Kelvin), il imagina ces lignes comme des fluides incompressibles s'écoulant dans des tubes imaginaires. Plus le débit était élevé en un point, plus la force

électrique ou magnétique y était grande. Et les fluides s'écoulaient des hautes pressions vers les basses.

Cette analogie permit à Maxwell de retrouver certaines formules connues de l'électrostatique et du



< Publié par la Royal Society début 1865, l'article de Maxwell expose un concept révolutionnaire : la lumière serait une onde électromagnétique.

magnétisme. Mais en décrivant le "débit" électrique ou magnétique par un vecteur, Maxwell introduisait surtout en physique un

nouveau concept : celui de champ, qui décrit comment certaines quantités varient en fonction de leur position dans l'espace.



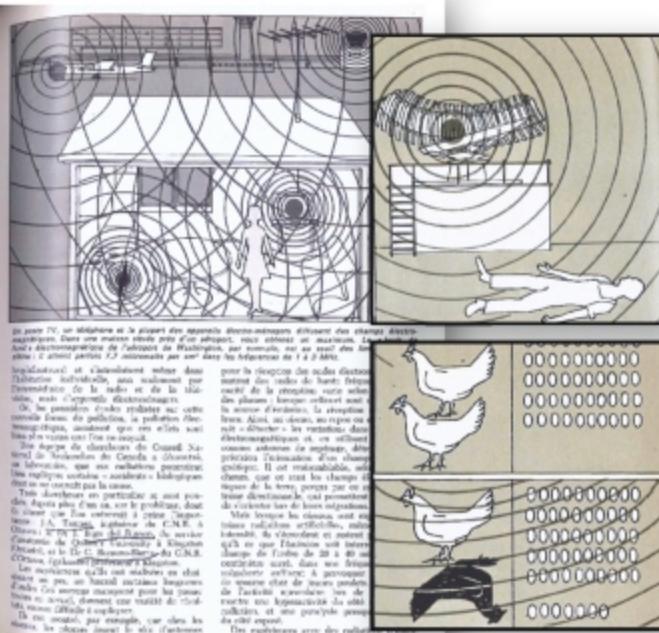
#### ELECTROMAGNETISM

### NOUS SOMMES TOUS DES ÉMETTEURS-RÉCEPTEURS ELECTROMAGNÉTIQUES

Ce n'est pas parce que les ondes électromagnétiques dans lesquelles nous baignons sont négligeables : elles peuvent, par exemple, accélérer ou ralentir une cicatrisation... et un radar peut tuer sur le champ !

Une partie toute importante de radars, longueurs d'ondes, du paramètre micro-ondes et autres appareils de télécommunications émettent des ondes dans lesquelles nous baignons. La température dépend de leur densité, c'est pourquoi que les ondes peuvent entraîner des réactions. Existe-t-il des plumes, des coquilles, des os, des tissus, des muscles et des nerfs récepteurs pour recevoir les ondes, voire de via mobile et imprimer des réactions d'assimilation ?

On sait que les ondes peuvent servir au spectre de bâtonnage pour quelques longueurs d'ondes, mais pas pour toutes. Les ondes peuvent servir de moyen de communication (émission, réception, amplification, ou même transmission d'informations, accès à la base de données, etc.).



### 1973 LES ONDES MENACENT NOTRE SANTÉ !

Les ondes "sont émises en quantité croissante par les systèmes de navigation (radar), de communication (téléphone, radio, télévision), dans l'industrie [...], et s'introduisent même dans l'habitation individuelle (par l'intermédiaire d'appareils électroménagers). Or, les premières études réalisées sur cette pollution électromagnétique montrent [des effets biologiques] bien plus vastes que l'on croyait". Les doses autorisées en ville, 10 micro-watts/cm<sup>2</sup>, "semblent d'ailleurs établies de façon arbitraire". S&V n° 677

→ Restait un gros morceau : l'interaction entre les champs électrique et magnétique. Armé des outils du calcul vectoriel, Maxwell parvint en 1856 à exprimer mathématiquement comment un courant électrique peut produire un champ magnétique ou, inversement, être généré par un flux magnétique variable.

Quels phénomènes physiques réels se cachaient derrière ses "fluides" métaphoriques ? Maxwell conçut un modèle mécanique d'éther dans lequel des vortex perpendiculaires à la direction des lignes de force magnétique entraînaient des particules électriques. L'origine des forces entre charges électriques y était liée à l'élasticité de l'éther.

#### UNE DÉCOUVERTE MAJEURE

Idée féconde, car toute matière élastique peut aussi transmettre des ondes. Or, il devenait clair dans son modèle que toute variation du champ électrique



CAVENDISH LABORATORY

▲ Ce n'est qu'après sa mort que les physiciens (ici, dans son laboratoire Cavendish, à Cambridge) réaliseront la valeur de son œuvre.

entraînait un changement dans le champ magnétique, qui lui-même modifiait le champ électrique, et ainsi de suite. Une onde électromagnétique allait donc fatallement se propager.

Et Maxwell pensait tout particulièrement à la lumière. Sa vitesse dans l'air, récemment mesurée par Fizeau à 314 850 km/s, était trop proche de celle fournie par son propre modèle (310 740 km/s) pour que ce fût une coïncidence. Sans

l'avoir cherché, le physicien tenait peut-être l'une des découvertes les plus éclatantes de son siècle : voir la lumière comme une onde électromagnétique.

Pour parfaire sa théorie, Maxwell la reformula en utilisant les seuls principes de la dynamique, qui, à partir de l'énergie, gouvernent le mouvement de la matière. Ils lui permirent d'établir les relations mathématiques entre quantités fondamentales (intensité des champs,

densité de flux, densité de courant). De quoi prévoir le comportement de tout système électromagnétique.

Un tour de force qu'il présente, en décembre 1864, à la Royal Society, et que son article, publié le mois suivant, livre à la postérité. Il sera suivi d'un monumental traité d'électromagnétisme d'un millier de pages, paru en 1873.

A sa mort, six ans plus tard, son génie n'est pas encore reconnu à sa juste valeur : la plupart de ses confrères ne savent d'abord que penser ni que faire de ses équations. Et Maxwell ne verra pas, en 1888, l'Allemand Hertz confirmer brillamment sa théorie en observant les ondes électromagnétiques prédictes.

En revanche, tous les étudiants qui auront à se pencher sur ses quatre équations le comprendront vite : plus que jamais, la physique ne peut plus se pratiquer sans un sérieux bagage mathématique. Emmanuel Monnier

## SCIENCE & VIE en parlait encore

### 2001 DES ARMES HIGH-TECH

"Propres, efficaces, invisibles, silencieuses... Les ondes électromagnétiques intéressent les militaires au plus haut point. [...] Imaginez un combattant bardé d'électronique, engoncé dans une combinaison totalement hermétique aux agents chimiques et bactériologiques. [...] A son bras, un fusil-laser ou un pistolet à micro-ondes relié par satellite à son commandement. Cet effrayant fantassin "high-tech" [...] pourrait faire son apparition sur les champs de bataille au cours des vingt prochaines années..." S&V n° 1009

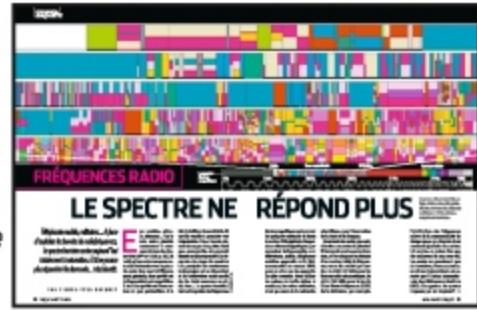


@

### 2012 VERS LA SATURATION

"Une autre ressource naturelle s'achemine vers la pénurie [...] au risque de conduire à la paralysie des nombreuses technologies qui en dépendent et de bouleverser notre mode de vie [...] : c'est... le spectre hertzien !", ce ruban de fréquences électromagnétiques "indispensables aux télévisions, radios, téléphones mobiles, appareils wi-fi, télécommandes ou encore GPS, pour ne citer que les appareils les plus courants. Sans oublier les radars du trafic aérien et maritime, les radars militaires, ainsi que ceux de la recherche scientifique, pour l'observation de la Terre et de l'espace". S&V n° 1139

@



@

à lire en intégralité dans **Les grandes archives** [www.science-et-vie.com](http://www.science-et-vie.com)



# musée des confluences raconter l'Homme

ouverture  
à Lyon  
[www.efi.fr](http://www.efi.fr)



L'EXPRESS

LE HUFF POST

la Recherche

france culture

© photo : Quentin Lafont, musée des Confluences. Conception graphique : Integral Ruedi Baer

LÓR  
ESPRESSO | PURES ORIGINES | KENYA

Maison du Café France SNC - RCS Paris 383 885 746



EMMENEZ VOS SENS EN VOYAGE

Capsules compatibles avec les machines à café Nespresso®\*.

\*Marque appartenant à un tiers n'ayant aucun lien avec D.E MASTER BLENDERS 1753.