

EBOLA HYPNOSE CANNABIS LOI DES SÉRIES YETI USINES À MOUSTIQUES  
CLARINETTE FUSÉE ULTIME LÉGUMES MAISONS GONFLABLES VOLCAN LAKI

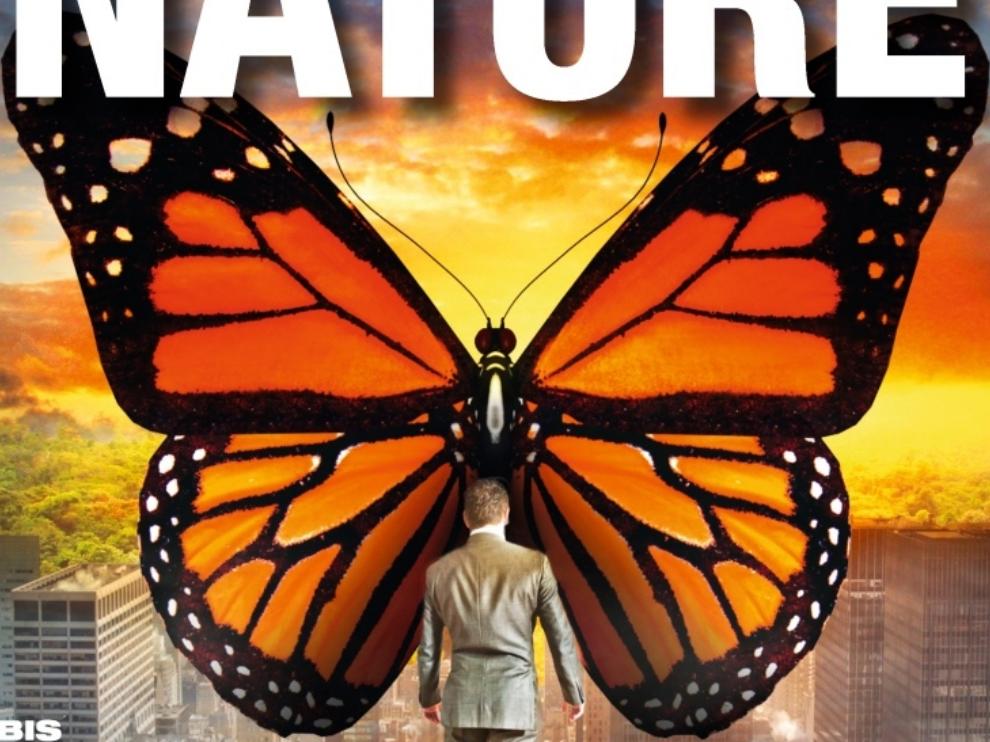
SCIENCE & VIE

# SCIENCE & VIE

OCTOBRE 2014 N° 1165 MONDADORI FRANCE

## FACE AUX AGRESSIONS HUMAINES

# L'INCROYABLE FORCE DE LA **NATURE**



**CANNABIS**  
PEUT-IL VRAIMENT  
SOIGNER ?

**PORTRAIT-ROBOT**

UNE TRACE  
D'ADN SUFFIT

**PREMIÈRES ÉTOILES**

GROSSES COMME  
DES GALAXIES

**ÉTÉS "POURRIS"**  
VONT-ILS DEVENIR LA NORME ?

France métro: 4,20 € - D: 6,90 € - BEL: 4,70 € - ESP: 4,90 € - GR: 4,90 € - DOM serif: 4,90 € - ITA: 4,90 € - LUX: 4,70 € - PORT CONT: 4,90 € - CAN: 6,50 \$ CAN: MAR: 4,80 DH - TOM: 5,750 CFP - TOM A: 1400 CFP - CH: 8,50 CHF - TUN: 7,50 DTU



# en émission



**Location longue durée sur 36 mois. 1<sup>er</sup> loyer 4 999 € et 35 loyers de 349 €.  
Offre valable du 1<sup>er</sup> septembre au 31 décembre 2014.**

<sup>1</sup>Evolvez pour Audi ultra. <sup>2</sup>Exemple pour une Audi A4 TDI ultra 136ch BVM6 Attraction en location longue durée sur 36 mois et pour 45 000 km maximum, hors assurances facultatives. <sup>3</sup>Garantie 2 ans + 1 an de garantie additionnelle incluse. Offre réservée aux particuliers chez tous les Distributeurs présentant ce financement, sous réserve d'acceptation du dossier par Audi Bank division de Volkswagen Bank GmbH – SARL de droit allemand – Capital 318 279 200 € - Succursale France : Bâtiment Ellipse – 15 av de la Demi-Lune 95 700 Roissy en France - RCS Pontoise 451 618 904 - ORIAS : 08 040 267 ([www.orias.fr](http://www.orias.fr)). <sup>4</sup>Forfait Service Entretien obligatoire souscrit auprès d'Opteven Services, SA au capital de 365 878 € - RCS Lyon B 333 375 426 siège social : 35-37, rue Guérin - 69 100 Villeurbanne. **Modèle présenté :** Audi A4 TDI ultra 163 ch BVM6 Ambiente avec les options non incluses : peinture métallisée et 1 an de garantie additionnelle. 1<sup>er</sup> loyer 4 999 € et 35 loyers de 519 €. Volkswagen Group France S.A. - RC Soissons B 602 025 538. Audi recommande Castrol EDGE Professional. Vorsprung durch Technik = L'avance par la technologie.

Audi A4 Berline TDI ultra 136 ch : consommations en cycle urbain/extr-urbain/autoroute (l/100 km) : 4,8 - 3,5 - 4,0. Rejets de CO<sub>2</sub> (g/km) : 104.

# Disponible ns limitées.

Audi A4 ultra. Seulement 104 g CO<sub>2</sub>/km.

Un maximum de performances pour un minimum de consommation et d'émissions de CO<sub>2</sub>, tel est l'objectif de la gamme Audi ultra. Découvrez l'Audi A4 ultra et ses technologies efficientes telles qu'une construction ultralégère combinant acier et aluminium, ou son système de récupération d'énergie au freinage.

Plus d'informations sur [Audi.fr/A4ultra](http://Audi.fr/A4ultra)

Evolve to Audi ultra<sup>1</sup>.



À partir de  
**349 €/mois**  
avec apport<sup>2</sup>.

3 ans de Garantie inclus<sup>3</sup>.  
Forfait Service Entretien inclus<sup>4</sup>.

Audi  
Vorsprung durch Technik





L'HISTOIRE DE NOS FRITES,  
C'EST UNE HISTOIRE FRANÇAISE...

NOS FRITES SONT PRÉPARÉES AVEC DES  
**POMMES DE TERRE 100% FRANÇAISES,**  
CUITES DANS UNE HUILE VÉGÉTALE  
COMPOSÉE DE COLZA ET DE TOURNESOL.  
TOUT ÇA POUR VOUS GARANTIR  
DES FRITES **100% CROUSTILLANTES.**



# REJOIGNEZ LE GANG D'HALLOWEEN

DU 1<sup>ER</sup> OCTOBRE AU 2 NOVEMBRE

RÉSERVATION AVANT LE 01/10/14  
JUSQU'À 30% SUR VOTRE SÉJOUR\* + GRATUIT POUR LES -12 ANS\*\*

 Disneyland PARIS

 N°1 Indigo 0 825 820 820  
0,15 € TTC/min

 disneylandparis.com

 agences de voyages



Y. MONGET/FOTOLIA

## Qui est malade ?

### La nature

*“Nous avons été très impressionnés par la capacité de récupération des coraux après l'épisode extrême de réchauffement lié à El Niño de 1998”, nous a déclaré un scientifique de retour d'expédition. Un autre ne cache pas son étonnement en découvrant que la gigantesque étendue de plastiques flottant dans le Pacifique Nord abrite*

une foisonnante biodiversité microbienne! Un troisième constate, non moins ébahis, que faune et flore s'épanouissent parfaitement en milieu urbain... Ainsi la nature ferait mieux que résister aux multiples agressions que nous lui infligeons. Une bonne nouvelle assurément, que les spécialistes des écosystèmes ne confessent pourtant que du bout

des lèvres par peur de déculpabiliser les pollueurs de tous poils. Bien sûr, cette extraordinaire résilience de la nature ne doit pas offrir des permis de polluer à tout un chacun. Mais elle devra élargir la vision de tous ceux qui travaillent nous seulement à la préservation mais aussi à la dynamique de la biodiversité. (lire p. 54).

### Les hommes

A l'heure où nous mettons la main finale à ce numéro, le nombre de personnes contaminées par le virus Ebola ne cesse d'augmenter dans plusieurs pays de l'Afrique de l'Ouest. A tel point que l'OMS a décrété l'état d'urgence de santé publique de portée mondiale au début du mois d'août. Dans les

zones touchées, ce ne sont que des ébauches de vaccins toujours à l'étude qui sont injectés à la hâte à de rares “privilégiés”, alors qu'une majorité des personnes contaminées succombe à la maladie sans recevoir de soins dignes de ce nom. Particulièrement dangereux, ce virus est pourtant connu depuis une

quarantaine d'années. Qu'est-ce qui a été fait pour préparer les populations à cette nouvelle flambée? Peu, beaucoup trop peu. Ni vaccin ni traitement, ni politiques sanitaires adaptées, quand elles ne sont pas tout bonnement inexistantes... Une situation choquante et désastreuse, sur tous les plans (lire p. 42).

# Sommaire

Octobre 2014 N° 1165

**VEAUX, VACHES, BŒUFS, ZEBUS... TOUT LE BÉTAI DU MONDE A ÉTÉ CARTOGRAPHIÉ**

Depuis une décennie, l'acte de faire un état des lieux du bétail mondial, en tout point de la planète, n'a rien d'autre qu'un sens : établir une base de données pour déterminer les épidémies et prévenir les maladies. C'est ce que fait l'International Livestock Research Institute (ILRI), basé à Nairobi au Kenya. L'organisme, qui a été fondé en 1986, a développé une technique de cartographie qui permet de suivre l'évolution des troupeaux dans le monde entier. Il a également mis au point une application mobile qui permet aux agriculteurs de suivre l'état de leur troupeau en temps réel. L'application fournit des informations sur la santé des animaux, les conditions météorologiques et les prévisions de marché. Elle aide également les agriculteurs à prendre des décisions éclairées pour améliorer la productivité et la durabilité de leurs exploitations.

**30**

Des étagères de bœufs insérées au niveau près

1,4  
3 2 à 3 fois plus de bœufs que de vaches dans le monde.  
50

## Science & Société

### Le virus Ebola réapparaît en Afrique L'épidémie que personne n'a voulu voir venir

Tout au long de ces dernières années, le virus Ebola a été à l'origine de plusieurs épidémies mortelles dans les pays africains. La dernière épidémie a commencé en 2013 et a touché plusieurs pays, dont la Guinée, la Sierra Leone et la Libye. Le virus Ebola est une maladie très contagieuse et mortelle, avec une mortalité proche de 100%. Les personnes infectées peuvent développer des symptômes graves, tels que la fièvre, la diarrhée et la hémorragie. Ces symptômes peuvent être mortels si elles ne sont pas traitées rapidement.

#### Le rappel des faits

Le virus Ebola a été découvert pour la première fois en 1976, lorsque deux épidémies ont eu lieu simultanément dans deux villages en Afrique de l'Ouest. L'épidémie de la Guinée a causé environ 300 morts, tandis que celle de la Sierra Leone a causé environ 200 morts. Depuis lors, de nombreuses autres épidémies ont eu lieu dans d'autres pays africains, dont la République démocratique du Congo, la Guinée et la Sierra Leone. Ces épidémies ont causé des milliers de morts et ont nécessité de nombreux efforts pour les contenir et les empêcher de se propager.

Le virus Ebola a été identifié pour la première fois en 1976, lorsque deux épidémies ont eu lieu simultanément dans deux villages en Afrique de l'Ouest. L'épidémie de la Guinée a causé environ 300 morts, tandis que celle de la Sierra Leone a causé environ 200 morts. Depuis lors, de nombreuses autres épidémies ont eu lieu dans d'autres pays africains, dont la République démocratique du Congo, la Guinée et la Sierra Leone.

#### Le rappel des faits

Le virus Ebola a été identifié pour la première fois en 1976, lorsque deux épidémies ont eu lieu simultanément dans deux villages en Afrique de l'Ouest. L'épidémie de la Guinée a causé environ 300 morts, tandis que celle de la Sierra Leone a causé environ 200 morts. Depuis lors, de nombreuses autres épidémies ont eu lieu dans d'autres pays africains, dont la République démocratique du Congo, la Guinée et la Sierra Leone.



**42**

**54**

## FACE AUX AGRESSIONS HUMAINES

### L'INCROYABLE FORCE DE LA NATURE

Et s'il ne fallait pas "préserver" la nature ? Si tenter de la "sauvegarder" lui portait finalement préjudice ? En un mot : et si la nature n'allait pas aussi mal qu'on le dit ? Non parce que les ravages de la pollution, de l'urbanisation ou du réchauffement climatique devraient être revus à la baisse, mais parce que les écosystèmes posséderaient d'insoupçonnées ressources pour se reconstituer. Des ressources telles que, face aux méfaits de l'homme, ils font mieux que résister : ils se réinventent. Ils se vivifient même ! Dès lors, c'est toute la stratégie écologique qui paraît à revoir. Pour le bien de la nature.

PAR CORALINE LOISEAU, AVEC FIORENZA GRACCI,  
VINCENT NOUVRIGAT ET ALEXANDRA PIHEN  
ILLUSTRACTIONS : YANNICK MONGET

OCTOBRE | 2014 | 54

#### Le B.A. BA de la protection de la nature

Pour mesurer l'impact des activités humaines sur l'environnement, l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN), créée en 1948, a déployé un réseau de quelque 1 200 organisations dans 140 pays, et plus de 10 000 scientifiques et volontaires. Sa dernière "Liste rouge des espèces menacées" recense 22 103 espèces sur les 73 686 étudiées. Mais depuis 2013, elle élabore aussi une liste des écosystèmes menacés. Une prise de conscience que les désastres causés par l'homme ne peuvent être mesurés et traités qu'à un niveau plus global. Dont les écologues prennent tout juste la mesure.

54 | OCTOBRE | 2014



Au commencement...  
... des étoiles monstrueuses

**72**

Des étoiles colossales, toutes comme l'effrayer de l'œil, voilà ce que démontre cette étude. Et pour cause : il faut 100 millions d'années pour que certains astres naissent et évoluent. D'où l'importance de leur taille.



**102**  
L'ADN  
votre visage

**SCIENCE & VIE** 8, rue François-Ory 92543 Montrouge Cedex  
Tél. : 01 46 48 48 48 - Fax : 01 46 48 48 67  
E-mail : svmens@monadofr Recevez Science & Vie chez vous.  
Votre bulletin d'abonnement se trouve p. 83. Vous pouvez aussi vous abonner par téléphone au 01 46 48 48 96, ou par Internet sur www.kiosquemag.com. Un encart abonnement est jeté 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 Agenda Sciences & Vie est jeté sur une partie des abonnés France métropolitaine.

## 12 Forum

## Actus

## 20 Labos

Voici les toutes premières poussières interstellaires ; Les bébés tortues se parlent avant d'éclore...

## 30 Environnement

Tout le bétail du monde a été cartographié ; Les Bahamas sont originaires du... Sahara ; L'Antarctique était pollué au plomb dès 1889...

## 36 Médecine

Une prise de sang suffirait à mieux cibler le cancer ; La douleur ne serait qu'un mauvais souvenir à effacer...

## 40 Technos

Un écran réalise l'exploit de s'adapter à la vue ; L'art d'aller à contre-courant a été maîtrisé...

## Science &amp; société

## 42 Le virus Ebola réapparaît en Afrique

L'épidémie que personne n'a voulu voir venir

## 46 Records de pluie et de froid cet été

Des étés "pourris" risquent-ils de devenir la norme ?

## 48 4 crashes d'avion en moins d'un mois

Faut-il croire en la loi des séries ?

## 49 Succès de Messmer, le fascinateur

L'hypnose de spectacle n'est pas une illusion

## 50 Un médicament à base de THC autorisé en France

Le cannabis soigne déjà dans de nombreux pays

## A la Une

54 Face aux agressions humaines  
L'INCROYABLE FORCE  
DE LA NATURE

Six exemples d'écosystèmes qui ont fait mieux que résister

## 68 Les nouveaux défis de l'écologie

## Science &amp; découvertes

## 72 Astronomie

**Au commencement étaient... des étoiles monstrueuses**

## 75 Génétique

**Yeti: enfin une piste**

## 78 Physiologie

**Cellules graisseuses: elles cachent des fonctions vitales**

## 84 Volcanologie

**Quand l'Islande s'éveillera vraiment**

## 88 Cosmographie

**Voici à quoi ressemble notre monde**

## Science &amp; techniques

## 96 Photovoltaïque

**Pérovskite: la prochaine révolution solaire**

## 99 Clarinette

**A la recherche de l'instrument parfait**

## 102 Portrait-robot

**L'ADN connaît votre visage**

## 110 Space Launch System

**La Nasa construit la fusée ultime**

## Science &amp; futur

## 116 C'est parti pour les légumes cultivés en milieu confinés ; Les ouvriers d'un chantier naval

testent un nouvel exosquelette ; Un concept de plateformes géantes pour lutter contre les feux de forêt ; Des ballons coulés en mer sont expérimentés pour réguler l'énergie verte...

## Culture science

## 124 Bon à savoir

## 126 Questions/Réponses

## 132 A lire / à voir

## 135 Le ciel du mois

## 136 Technofolies

140 Il y a... 100 ans: les gaz chimiques changent l'art de la guerre

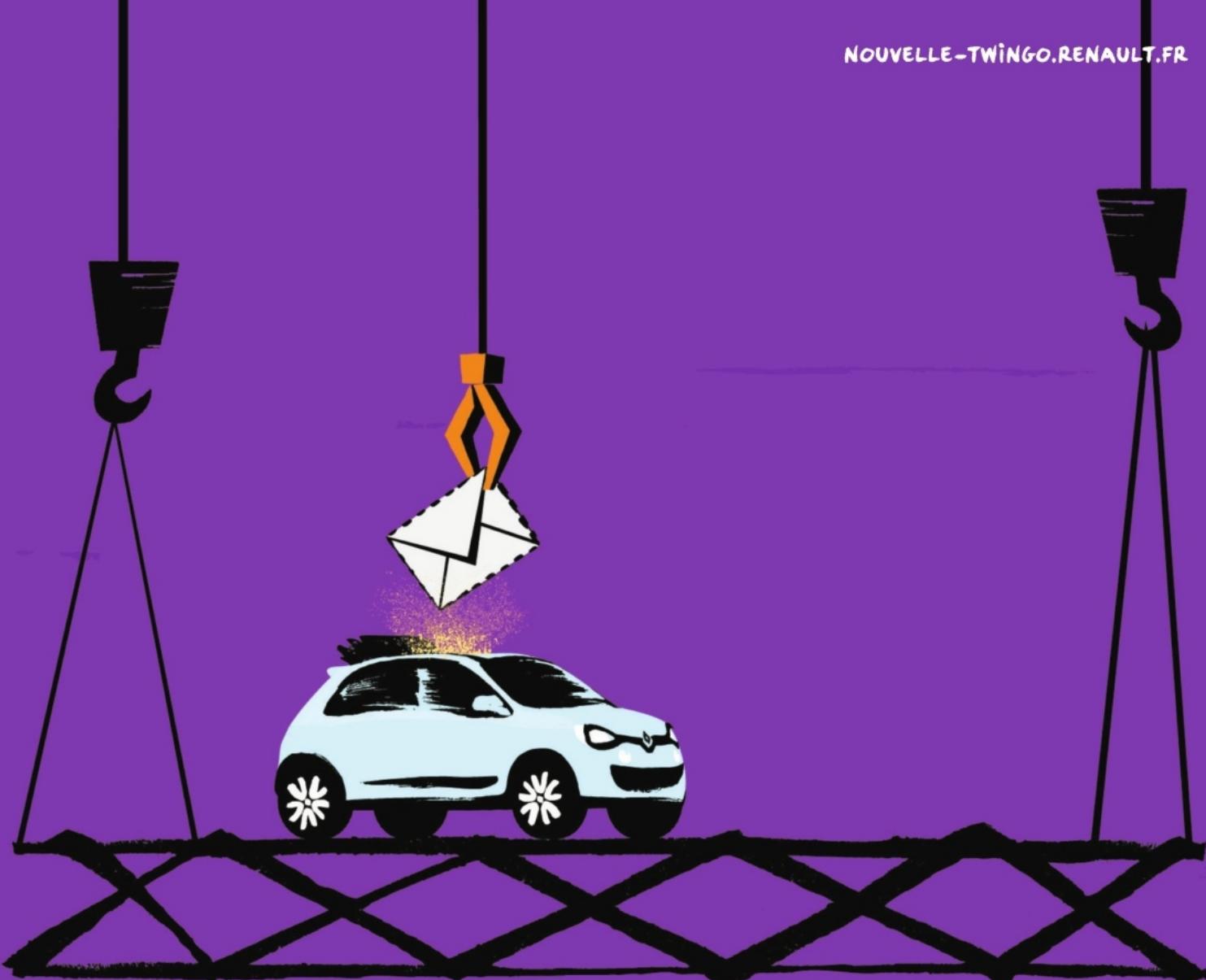


NOUVELLE RENAULT  
**TWINGO**  
AGILE DE CORPS  
ET D'ESPRIT



RECEVEZ VOS MESSAGES N'IMPORTE OÙ AVEC R&GO\*

DÉCOUVREZ R&GO ET TRANSFORMEZ VOTRE SMARTPHONE EN COPILOTE. PROGRAMMEZ VOTRE DESTINATION, CHOISISSEZ VOTRE MODE DE CONDUITE, GÉREZ VOTRE MUSIQUE ET TÉLÉPHONEZ EN TOUTE SIMPLICITÉ.



\*Application téléchargeable gratuitement pour les clients Nouvelle Twingo. Compatible avec la radio Connect R&GO de série sur versions Zen et Intens.

Consommations mixtes min/max (l/100 km) : 4,2/4,5. Émissions CO<sub>2</sub> min/max (g/km) : 95/105. Consommations et émissions homologuées selon réglementation applicable.

# Forum

## Une médecine injuste, vraiment?

A la une du *Science & Vie* paru en juillet, vous employez pour désigner les différences entre les hommes et les femmes vis-à-vis de certains médicaments le terme "injustice". Je doute que les biologistes que vous citez aient employé ce mot. Il s'agit de différences, d'inégalités, mais pas d'injustice! Je vous invite à relire page 126 du même numéro la citation

d'Hippocrate de Cos :  
"Car il y a deux choses, la science et l'opinion; celle-là conduit au savoir; celle-ci à l'ignorance."

Jean-Claude Tetard, Internet

**S&V** L'injustice ne réside pas dans le fait qu'hommes et femmes réagissent différemment à certains médicaments. Elle se cache par contre derrière le fait que les médicaments, dans leur

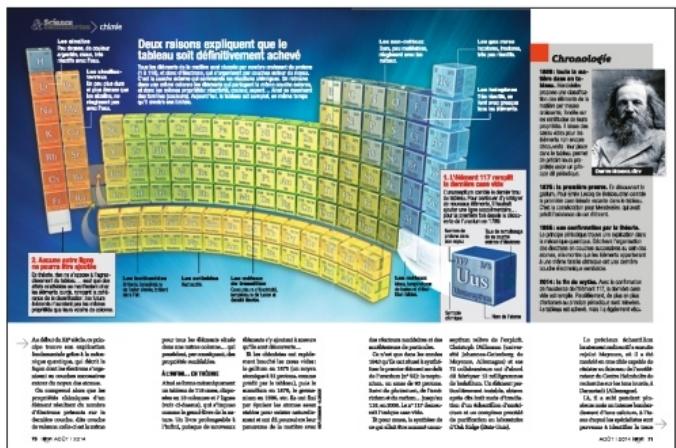


ensemble, ont tendance à mieux soigner les hommes que les femmes, sans le dire. Cette inégalité-là n'a rien d'une fatalité biologique: elle s'explique en

partie par une recherche biaisée, qui s'appuie, pour développer de nouveaux médicaments, sur des expériences menées sur des cellules, animaux et cobayes humains, principalement de sexe masculin. D'où la mise en vente de médicaments plus adaptés à la physiologie et aux pathologies des hommes. C'est ce qui expliquerait, d'après de nombreux scientifiques, pourquoi les femmes rapportent plus souvent des effets secondaires suite à la prise de médicaments. Ce qui représente une inégalité évitable dans la qualité des soins médicaux prodigués aux deux sexes. Autrement dit... une injustice.

Dans votre article sur l'amnésie infantile [n° 1163] décrivant une expérience sur les souris, les pauvres rongeurs ne peuvent se souvenir de rien puisque vous écrivez non pas qu'ils sont électrisés mais électrocutés...

Olivier Vimpere, Internet



## Le problème de la 3<sup>e</sup> colonne

Dans l'article sur l'élément 117 du tableau de Mendeleïev (*S&V* n° 1163), vous expliquez que les éléments se répartissent en 18 colonnes. Pourtant, sur l'infographie, on voit bien que la 3<sup>e</sup> colonne est elle-même composée de 14 colonnes. Pourquoi ne comptent-elles pas ? Sébastien Minassiam, L'Isle-sur-la-Sorgue (84)

**S&V** Oui, nous aurions dû rappeler que le tableau périodique possède 32 colonnes. Le tableau à 18 colonnes est le tableau originel... qui continue d'être décrit comme tel par les chimistes: 18 groupes, plus un, qui englobe les 14 colonnes des actinides et lanthanides.

# Brève histoire du pantalon

Dans votre numéro d'août, une "brève" indique que le plus vieux pantalon serait chinois. Je dois vous signaler que les Hellènes, parvenus aux confins des steppes russes, ont côtoyé des cavaliers mèdes qui portaient ce genre de vêtement, avec une espèce de sangle sous chaque pied afin d'éviter que les jambes du vêtement remontent. Les Hellènes ont nommé ce vêtement "anaxyride" et ont dû être surpris, eux qui avaient l'habitude des jupettes. Cette trouvaille date environ de la même époque que celle des Chinois.

F. Baubart, Internet

## **Sans risque, le nucléaire offshore ?**

Vous écrivez dans la rubrique Futur de votre numéro d'août (S&V n° 1163) que le nucléaire offshore serait peu risqué, et que le refroidissement serait aisément assuré en cas d'accident. Mais qu'en est-il du risque de pollution marine ?

*Julien de la Villarmois, Internet*

**S & V**otre préoccupa-  
tion est légitime.  
Pour ce qui est de la pollu-  
tion radioactive de l'eau de  
mer proprement dite, la di-  
lution et les courants marins  
devraient régler le problème.  
En revanche, les radionu-

cléides peuvent être piégés dans les sédiments, avant de se retrouver concentrés dans la chair de certains poissons. A l'aplomb des réacteurs accidentés de Fukushima, l'opérateur Tepco a pu capturer une morue présentant des taux 7 400 fois supérieurs aux normes ! Plus loin, dans le Pacifique, les thons péchés montrent parfois une contamination trois fois supérieure à la normale – tout en restant consommables. Bref, même s'il ne sera pas neutre, un accident nucléaire en mer aurait finalement très peu d'effet sur les populations.

**On en reparle**



**LES EXCÈS DU SOLEIL MÉNACENT NOS SOCIÉTÉS**

Bienvenue dans le futur, où les énergies solaires sont devenues la principale source d'électricité mondiale. Mais alors que nous célébrons cette victoire écologique, nous devons nous rappeler que l'excès de soleil peut également poser des défis majeurs pour nos sociétés.

Dans ce dossier, nous examinons les défis que l'excès de soleil pose pour nos systèmes électriques et nos économies. Nous discutons des stratégies pour gérer ces défis et nous explorons les implications pour notre environnement et notre société à long terme.

**TOUT SE FAIT AU GRAND PIED**

Les énergies renouvelables continuent d'expansion, mais elles sont parfois moins prédictibles que les énergies traditionnelles. Les fluctuations de l'ensoleillement peuvent entraîner des perturbations dans les systèmes électriques. Il est nécessaire de développer des stratégies pour gérer ces défis et assurer la sécurité du réseau électrique.

**UN ARGUMENT POUR LES CLIMATOSENTHIQUES ?**

Les défis que l'excès de soleil pose pour nos systèmes électriques et nos économies sont un argument convaincant pour les climato-sceptiques. Ils montrent que même les experts en énergie reconnaissent les défis complexes que pose l'transition vers une énergie plus durable.

Il est temps de faire face à ces défis et de trouver des solutions durables. Cela nécessite une collaboration entre les scientifiques, les politiques et les citoyens pour garantir un avenir meilleur pour tous.

# LE JOUR OÙ LA TERRE A FAILLI DISJONCTER

En couverture du numéro 1150 de juillet 2013, S&V exposait les risques encourus par notre civilisation moderne face aux éruptions du Soleil. Dans ses accès de fureur, notre étoile éjecte en effet des milliards de tonnes de matière qui, en frappant le bouclier magnétique terrestre, pourraient générer au sol des courants électriques fatals pour les réseaux énergétiques et les systèmes de communication. De quoi renvoyer durablement les Terriens au XVIII<sup>e</sup> siècle.

Cette menace est décidément à prendre au sérieux: cet été, la Nasa a publié un communiqué annonçant que, après analyse, la Terre était passée sans le savoir tout près de la catastrophe technologique! Comment? Le lundi 23 juillet 2012, deux gigantesques éruptions de plasma ont jailli à 15 minutes d'intervalle en direction de l'orbite terrestre. Ces tornades de plasma déboulant à 3000 km/s affichaient une puissance jamais mesurée jusqu'alors. Le seul équivalent connu serait, d'après les chercheurs, la tempête solaire de septembre 1859.... Qui n'avait guère laissé de trace, seuls quelques postes télégraphiques avaient été endommagés à l'époque. Effrayant quand on songe qu'un modeste orage solaire avait, en 1989, plongé le Québec dans le noir pendant neuf heures.

Heureusement, lors de l'été 2012, notre planète ne se trouvait pas tout à fait dans la ligne de feu: selon l'Agence spatiale américaine, à une petite semaine près, la Terre filant sur son orbite aurait croisé le monstrueux flux solaire!



# PRÉVOYEZ DES WEEK-ENDS IMPRÉVISIBLES.



Nouveau SUV  
ŠKODA Yeti

à partir de

**265 € /mois**

sous condition de reprise<sup>(1)</sup>

**SANS APPORT**

**4 ANS DE GARANTIE<sup>(2)</sup>**

- 3 sièges arrière amovibles

- Caméra de recul<sup>(3)</sup>

- Toit de couleur personnalisable<sup>(4)</sup>

- Toit ouvrant panoramique<sup>(4)</sup>

## ŠKODA, PARTENAIRE DE TOUS CEUX QUI DONNENT VIE AU TOUR DE FRANCE.

Location longue durée sur 48 mois. 48 loyers de 265 €. Offre valable du 01/10/2014 au 31/10/2014.

(1) Exemple pour un Yeti Active 1.2 TSI 105 ch en location longue durée sur 48 mois et pour 40 000 km maximum, hors assurances facultatives. Aide à la remise de 3 000 € TTC et aide à la reprise de 500 € TTC (conditions générales Argus™) déduites du tarif au 26/05/2014. Offre réservée aux particuliers chez tous les Distributeurs présentant ce financement, sous réserve d'acceptation du dossier par Volkswagen Bank GmbH – SARL de droit allemand – Capital 318 279 200 € - Succursale France : Bâtiment Ellipse 15 Avenue de la Demi-Lune 95700 Roissy en France - RCS Pontoise 451 618 904 - ORIAS : 08 040 267 ([www.orias.fr](http://www.orias.fr)). Modèle présenté : **Yeti Outdoor 1.2 TSI 105 ch avec options peinture métallisée, jantes alliage Matterhorn et phares avant bi-Xénon. Aide à la remise de 3 000 € TTC et aide à la reprise de 500 € TTC (conditions générales Argus™) déduites du tarif au 26/05/2014 : 48 loyers de 359 €.** (2) Garantie additionnelle de deux ans obligatoire souscrite auprès d'Opteven Assurances, Société d'assurance et d'assistance au capital de 5 335 715 € - Siège social : 35-37, rue L.Guérin, 69100 Villeurbanne. RCS Lyon n° 379 954 886 réglée par le Code des assurances et soumise au contrôle de l'ACP. (3) Equipment en option. (4) De série ou en option selon les versions. Simply Clever : Simplement Évident. Volkswagen Group France - Division SKODA - 02600 Villers-Cotterêts - RCS Soissons B 602 025 538.

ŠKODA recommande Castrol EDGE Professional. [www.skoda.fr](http://www.skoda.fr)

Consommations mixtes de la gamme Yeti (l/100 km) : 4,6 à 6,6. Émissions de CO<sub>2</sub> (g/km) : 119 à 164.



PARTENAIRE OFFICIEL

## On en reparle

UNE

### CERVEAU ARTIFICIEL

SA FABRICATION A COMMENCÉ !

Vertigeux ! Le projet de réaliser, à partir de silicium et de puces électroniques, un cerveau capable de mimier le nôtre est en train de devenir une réalité. Structures, neurones, connexions... De par le monde, des dizaines de laboratoires relèvent le défi d'une complexité hors-norme – et obtiennent déjà des résultats. A la clé ? Un fantastique outil de science, une avancée médicale... plein de questions !

PHOTO : YVES JACQUET ET STEPHANE JARREAU, PHOTOGRAPHES  
D'AGENCE FRANCE PRESSE, GIRONDE, LA ROCHELE / TOUTE LA SCIENCE ET TOUTES LES TECHNIQUES



L'illustration montre un cube transparent contenant un réseau complexe de fils et de points lumineux, représentant les neurones et les connexions d'un cerveau artificiel.

La technologie, souvent nommée "neuromorphique", vise à créer un système capable de fonctionner comme un véritable cerveau humain. Ces recherches sont menées par de nombreux laboratoires dans le monde entier, avec l'objectif de développer des simulations plus précises et plus rapides. Les résultats obtenus sont déjà impressionnantes, mais il reste encore beaucoup de travail pour atteindre la complète simulation et la intégration dans des applications pratiques.

## UN CERVEAU BIEN TROP ARTIFICIEL

A la une du numéro 1145 de février 2013, S&V présentait l'un des projets les plus ambitieux de la décennie : construire un cerveau artificiel. Or, voilà que ce projet fait des remous chez les neuroscientifiques.

Ce défi, deux initiatives de grande envergure semblaient à même de le relever. D'un côté, le projet américain syNAPSE promettait de développer de nouvelles générations de composants électroniques mimant les neurones. De l'autre, le projet européen Human Brain Project (HBP) se lançait dans la simulation informatique du cerveau la plus complète jamais conçue. Le projet américain s'est traduit cette année en premiers prototypes de puces "neuromorphiques". Des travaux désormais complétés par ceux de la "Brain Initiative" – un programme doté de 100 millions de dollars visant à découvrir le moindre détail des neurones humains.

Mais en Europe... c'est la discorde. Pas loin de 500 chercheurs en neurosciences reprochent au HBP, via une lettre ouverte, de négliger l'observation du fonctionnement des cerveaux de chair, au profit du pur développement technologique. Le risque : produire des outils de simulation superpuissants... Mais incapables de produire un cerveau réaliste, parce qu'insuffisamment nourris des expériences conduites sur des cerveaux d'humains ou de rongeurs.

Certains chercheurs renommés ont même fait le choix d'abandonner le projet. Le cerveau artificiel est, aussi, une aventure... humaine.

## Et si on équipait les avions d'une boîte noire éjectable ?



Lors d'un crash aérien, les "boîtes noires" sont censées rester dans l'avion pour que l'on puisse disposer, si on les retrouve, d'un enregistrement complet, jusqu'à la dernière seconde, des paramètres du vol et des conversations échangées dans le cockpit. Il arrive cependant qu'un avion de transport disparaît sans laisser de trace. Je formule, avec la modestie du profane, une proposition : en plus des deux boîtes noires habituelles (enregistrement des paramètres de vol et conversation des pilotes) installées à l'intérieur de l'avion, ne pourrait-on pas ajouter deux autres boîtes noires disposées sur l'enveloppe extérieure du fuselage de l'avion, vers l'arrière. Un accéléromètre déclencherait leur éjection dès que l'accélération verticale mesurée serait hors normes et indiquerait l'imminence d'un crash. Pourvues d'un parachute automatique, ces boîtes seraient aussi entourées d'une bouée qui se gonflerait au contact de l'eau, à l'instar des matériels utili-

sés par l'US Navy ou la Nasa. Une balise radio équipée d'un GPS fournirait immédiatement la longitude et la latitude de son point de chute.

André le Téno, Pornichet (44)

Bien vu ! A quelques détails près, la solution que vous proposez est d'ailleurs envisagée au sein de l'Organisation de l'aviation civile internationale. C'est notamment le cas depuis la longue et laborieuse recherche des boîtes noires du vol Rio-Paris immergées durant près de deux ans à plus de 3 000 mètres de profondeur... Selon les experts, il s'agirait d'installer un dispositif séparable du fuselage au moment même de l'impact, capable de flotter et donc d'émettre des signaux qui ne seraient pas absorbés par l'eau, directement vers les satellites. A un bémol près cependant : des modifications dans la structure même des avions semblent nécessaires, ce qui risque de retarder fortement l'installation de ces boîtes noires éjectables.

## La boutique SCIENCE & VIE

Plus de  
**400**

- ▶ Livres
- ▶ Objets scientifiques
- ▶ Idées cadeaux

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



Là où règne la démesure,

nous sommes la finesse.

Laissez-vous séduire par le parfait équilibre entre l'élégance et le raffinement du Galaxy Alpha. Seulement 6,7 mm d'épaisseur pour une sensation unique.

Matières rigoureusement sélectionnées, délicatesse des finitions en aluminium, ajustement millimétré des pièces, chanfreins polis : chaque détail a été pensé pour faire du Samsung Galaxy Alpha la nouvelle référence en terme d'élégance.

JUST ALPHA



Samsung GALAXY ALPHA

[www.samsung.com/fr/galaxyalpha](http://www.samsung.com/fr/galaxyalpha)

Just Alpha = Simplement Alpha

DAS tête : 0.400 W/kg. DAS Corps : 0.506 W/kg. Le DAS (débit d'absorption spécifique des téléphones mobiles) quantifie le niveau d'exposition maximal de l'utilisateur aux ondes électromagnétiques, pour une utilisation à l'oreille. La réglementation française impose que le DAS ne dépasse pas 2W/kg. © 2014 - Samsung Electronics France. Ovalie, CS 2003. 1 rue Fructidor, 93484 Saint-Ouen Cedex. RCS Bobigny 334 367 497. Chiff

# Forum

## Armageddon s'annonçait déjà il y a 36 ans

Page 67 de votre numéro d'août (S&V n°1164), votre collaborateur David Humbert parle de l'hypothèse "Armageddon" de Norman Sleep, chercheur à l'université Stanford, selon qui la subduction aurait été initiée par un impact extraterrestre. Il eût été juste de faire remarquer à vos lecteurs que la première hypothèse reliant la subduction aux grands impacts d'astéroïdes a été formulée il y a près de quarante ans par le géologue du MIT, John M. Saul.

Fabrice David, Franconville (95)

**S&V** Merci d'avoir porté à notre connaissance ces travaux anciens qui nous avaient échappé. Vous avez raison, géologue touche-à-tout, John Saul soutient depuis des décennies l'hypothèse d'un lien entre les météorites et la tectonique des plaques. Dans un livre paru cette année, *A Geologist Speculates* (un géologue spécule), il réaffirme son intuition selon laquelle la subduction profonde a démarré dans des zones de la croûte terrestre préalablement fragilisées par le

“ ”



Tectonique des plaques

## L'hypothèse Armageddon

Et si la dérive des continents était née de l'impact d'un monstreux astéroïde, survenu il y a 3,8 millions d'années ? C'est ce que l'astronaute et géologue David Humbert avance dans son livre *Impact*, publié chez Éditions Belin. Il explique que l'astéroïde aurait frôlé la Terre il y a 3,8 millions d'années, et que sa gravité aurait provoqué une accélération de la rotation terrestre de 10 cm par seconde. Les tectoniques auraient alors été perturbées, entraînant la subduction de la plaque sud-américaine sous l'Europe. Des éruptions volcaniques et des séismes se seraient alors déclenchés, et l'astéroïde aurait finalement explosé au-dessus de l'Asie.

grand bombardement tardif. Pour autant, John Saul n'a jamais prouvé rigoureusement ce qu'il pressentait, se limitant à esquisser un lien de cause à effet. Même s'il a en 1978 publié un article de recherche dans la revue scientifique *Nature*, affirmant qu'il était possible

de retrouver des traces de l'événement malgré l'érosion. Il aura fallu attendre quarante ans et des travaux reconstituant avec précision l'énergie libérée par l'impact de l'un de ces bolides pour envisager de relier sérieusement le feu du ciel aux colères de la Terre.

## SCIENCE & VIE

Une publication du groupe

**MONDADORI FRANCE**

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 : svmsv@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

### CHEFS DE SERVICE

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

### CHEF DE RUBRIQUE

Muriel Valin (technologies)

### RÉDACTEURS

Elsa Abdou, 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, Rosalie Pich

### ONT COLLABORÉ À CE NUMÉRO

Anyform design, S. Aquindo, K. Bettayeb,  
L. Blancard, P.-Y. Bocquet, B. Bourgeois,  
L. Bouyssou, S. Brunier, F. Cadu, G. Cirade,  
A. Dagan, A. Debroise, S. Devos,  
O. Donnars, V. Etienne, S. Fay, D. Florentz,  
L. Gougis, F. Gracci, E. Haentjens,  
C. Hancock, D. Humbert, J. Jongwane,  
M. Kergoat, M. Kontente, O. Laplrot,  
E. Leroy-Terquem, C. Loiseau, V. Marmont,  
C. Martin, M. Martin, M.-C. Merat,  
C. Michaut, Y. Monget, E. Monnier,  
A. Pilhen, A. Rebmann, B. Rey, P. Richard,  
M. Saeman, G. Siméon, M. Spée,  
E. Thierry-Aimé

### 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 Guillet (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](mailto:infolodon@publieurope.com) –

44 (0)20 7927 9800);

Allemagne : Publieurope Munich  
([infomunich@publieurope.com](mailto:infomunich@publieurope.com) –

0049 89 2908150);

Suisse : Publieurope Lausanne  
([infolausanne@publieurope.com](mailto:infolausanne@publieurope.com) –

0041 21 323 3110);

Espagne : Publimedia Madrid  
([informadrid@publim-gestion.es](mailto:informadrid@publim-gestion.es) –

0034 91 212 83 00)

### FABRICATION

Gérard-Laurent Greck, Nadine Chatry

### FINANCE MANAGER

Guillaume Zaneski

### DÉPARTEMENT INTERNATIONAL

Mathilde Janier-Bonnichon,

Murielle Luche

### ÉDITEUR 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 octobre 2014

### 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.sciencevie.fr](http://abo.sciencevie.fr)

Pour vous abonner par internet :

[www.kiosquemag.com](http://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](mailto:sev.lecteurs@mondadori.fr)

#### COMMANDÉ D'ANCIENS

#### NUMÉROS, RELIURES

ET VPC

Tel : 01 46 48 48 83

Contact@laboutiquescienceetvie.com





Innovation  
that excites

## NOUVEAU NISSAN X-TRAIL. SOYEZ PRÊT À LE SUIVRE.





## 7 PLACES. PARCE QUE LA VIE DE FAMILLE EST UNE GRANDE AVENTURE.

Vous avez une grande famille ? Alors les week-ends animés, vous connaissez bien. Avec son option sept places et son coffre spacieux et modulable, le nouveau Nissan X-TRAIL a tout prévu pour accueillir cette joyeuse agitation en toute sérénité. Le plus dur maintenant sera de vous mettre d'accord sur votre prochaine destination de week-end.

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

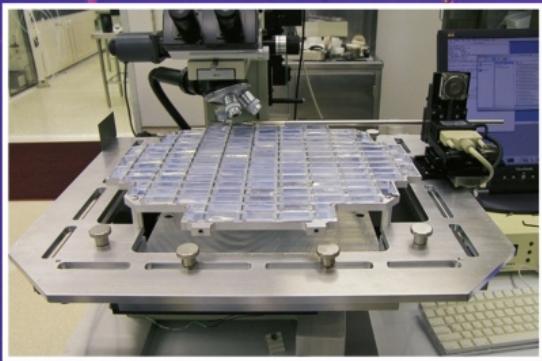
Retrouvez l'actualité de Nissan sur [facebook.com/nissanfrance](https://facebook.com/nissanfrance)

#XTRAILaventure

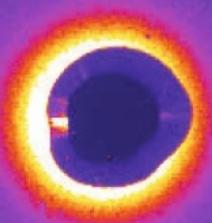
Innover autrement. **Modèle présenté** : nouveau Nissan X-TRAIL Tekna dCi 130 avec option peinture métallisée et option 7 places. NISSAN WEST EUROPE SAS au capital de 5 610 475 €, RCS Versailles B 699 809 174 - Parc d'Affaires du Val Saint-Quentin - 2 rue René Caudron - CS 10213 78961 Voisins-le-Bretonneux Cedex.

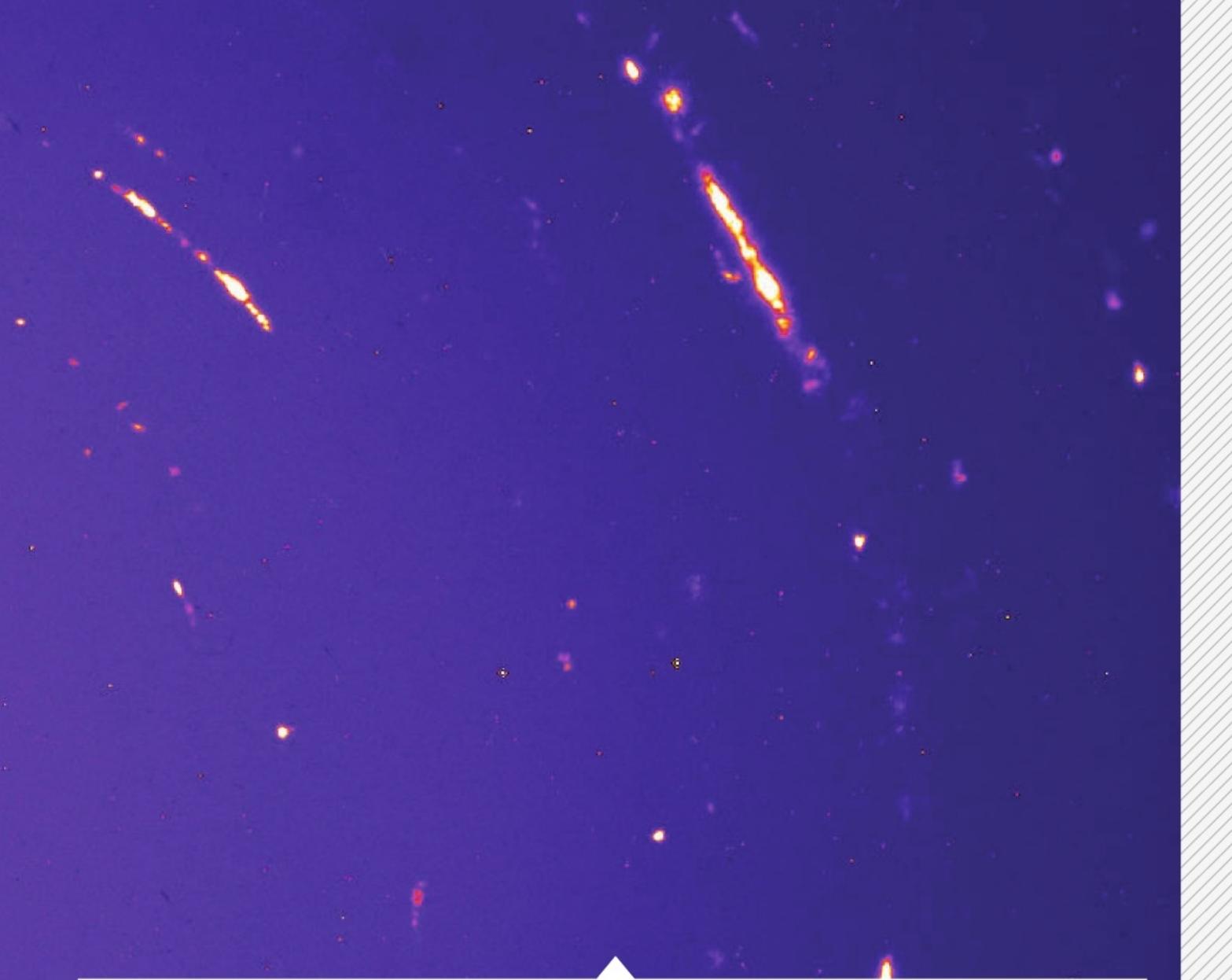
**Consommations gamme cycle mixte (l/100 km) : 4,9 - 5,3. Émissions de CO<sub>2</sub> (g/km) 129 - 139.**

# actus



< L'analyse spectroscopique de la poussière Orion (ci-dessus, au centre), recueillie par les collecteurs de la sonde *Stardust*, a révélé qu'elle provient de l'extérieur du système solaire.





## ASTRONOMIE

# VOICI LES TOUTES PREMIÈRES POUSSIÈRES INTERSTELLAIRES

Les dizaines de chercheurs qui analysent depuis huit ans la collecte de la sonde *Stardust* de la Nasa, rentrée sur Terre en 2006, viennent d'annoncer une découverte historique : ils ont trouvé sept grains de poussière qui n'appartiennent pas au système solaire. Ils répondent aux noms d'Orion, Hyla Brook,

Sorok, I1061N.3, I1061N.3, I1061N.4 et I1061N.5. Sept petits grains de quelques dixièmes de millionième de millionième de gramme qui, ils en sont presque certains, proviennent de l'espace interstellaire, cette immensité presque vide qui sépare les étoiles. *“Les tenir dans la main est incroyable”*, réagit Andrew Westphal, à l'univ-

ersité Berkeley (Californie). Un trésor qui réserve des surprises : la composition des grains est plus variée que prévu. Ils sont aussi très structurés, alors que les astronomes s'attendaient à une matière aussi amorphe que le verre... *“En passant d'observations à distance à l'étude d'individus, on découvre que les choses sont*

*plus complexes”*, note Andrew Westphal. De quoi contraindre les modèles pour mieux comprendre le milieu dans lequel baigne l'Univers... d'autant que *“seuls 77 des 132 cellules collectrices de Stardust ont été analysées*, précise le chercheur. *On espère bien trouver d'autres grains!”* M.F.

PHYSIQUE QUANTIQUE

# L'UBIQUITÉ DES NEUTRONS A ÉTÉ SAISIE SUR LE VIF

*“J'ai souvent vu un chat sans sourire, pensa Alice. Mais un sourire sans chat! C'est la chose la plus curieuse que j'ai jamais vue de ma vie!”*

Une équipe de physiciens vient de vivre la même expérience surréaliste que la célèbre héroïne de Lewis Carroll, à quelques détails près : au lieu d'un chat, les scientifiques ont regardé un neutron, et ils n'ont pas le moins du monde été surpris... puisque le curieux phénomène était très exactement prédict par les lois quantiques de l'infiniment petit. Exploitant le puissant faisceau de neutrons de l'institut Laue-Langevin, à Grenoble, les chercheurs ont pu mesu-

rer la présence d'un neutron à un endroit, et son spin, cette petite orientation magnétique portée par les particules, quatre centimètres plus loin. *“Cela montre une fois de plus que la théorie quantique n'est pas simplement un artefact mathématique, un outil efficace pour faire des calculs,* conclut Alexandre Matzkin, physicien au CNRS, qui a participé à l'étude. *Ça existe. Les particules se comportent réellement comme les équations le prédisent.”* Les neutrons sont bel et bien capables de faire apparaître leur silhouette ici, et leur sourire là... comme l'inquiétant chat du Cheshire.

M.F.



▼ C'est dans l'œuf que les bébés tortues s'envoient un signal leur indiquant quand naître.

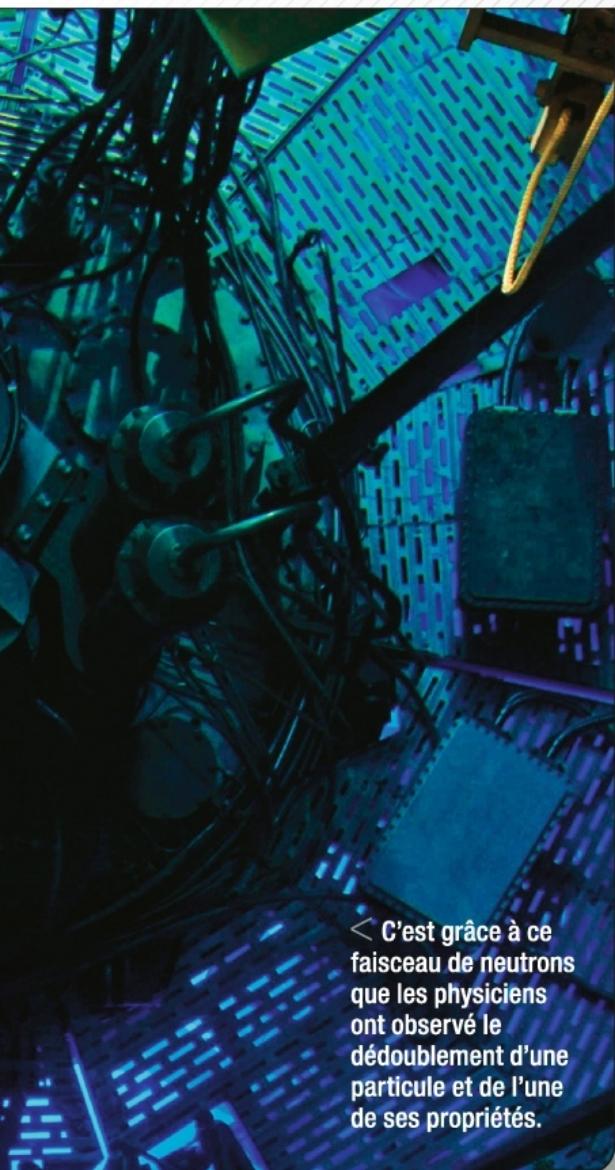


ÉTHOLOGIE

## Les bébés tortues se parlent

Personne ne s'en était jamais aperçu et pourtant, du fond de leur œuf, les petites tortues luths se parlent entre elles. Des biologistes de l'Institut national de recherche d'Amazonie (Brésil), du Centre mexicain de la tortue (Mexico) et

de l'université fédérale du Rio Grande do Norte (Brésil) ont tendu leurs micros sur une plage d'Oaxaca, au Mexique, pour enregistrer, durant toute l'incubation (soit une soixantaine de jours), les sons de douze nids. Résultat : ce n'est que quelques jours avant l'élosion des œufs que les



C'est grâce à ce faisceau de neutrons que les physiciens ont observé le dédoublement d'une particule et de l'une de ses propriétés.

## avant d'éclorer

tortues émettent leurs premiers cris. Selon les chercheurs, les bébés signalaient ainsi qu'ils sont prêts à éclore afin de donner le top départ de leur grande course vers la mer. Dans la masse, chaque tortue a alors plus de chances d'échapper à ses prédateurs.

O.D.

## UN MANCHOT GÉANT VIVAIT AU PÔLE SUD

Des restes fossiles d'un manchot appartenant à la plus grande espèce jamais découverte ont été exhumés sur l'île de Seymour, en Antarctique. Il mesurait 2 m pour 115 kg, et peuplait la péninsule il y a 37 à 40 millions d'années. M.S.

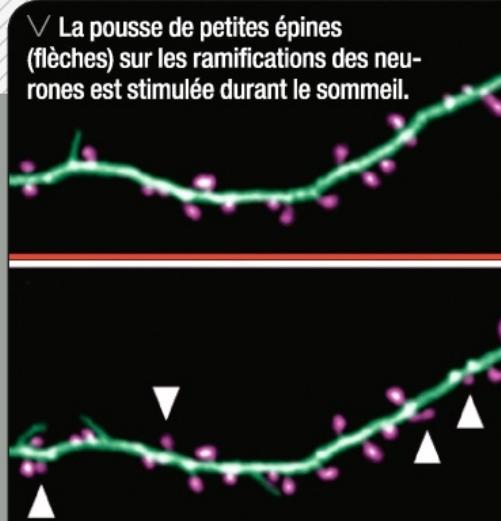
## L'ADAPTATION À L'ALTITUDE S'EXPLIQUE

Une mutation sur le gène EGLN1, présente chez 88 % des Tibétains, remonte à environ 8 000 ans. Elle évite que le sang ne s'épaississe trop en réponse au manque d'oxygène. V.G.

## LA GÉNÉTIQUE CONTRÔLE LA MIGRATION

Les oiseaux issus de croisements empruntent des voies de migration pile à mi-chemin entre celles de leur père et de leur mère. La migration est donc fortement contrôlée par la génétique... mais se révèle fatale quand ils survolent des régions hostiles. V.G.

La pousse de petites épines (flèches) sur les ramifications des neurones est stimulée durant le sommeil.



## NEUROBIOLOGIE

## Dormir favorise les connexions neuronales

En manipulant génétiquement des souris pour que leurs neurones expriment une protéine fluorescente, une équipe conduite par Guang Yang, de la faculté de médecine de New York, a pu observer les remodelages se produisant dans leur cerveau. Les chercheurs ont appris aux rongeurs à garder l'équilibre dans une roue en mouvement, avant de les séparer en deux groupes. Le premier pouvait dormir sept heures, tandis que le second était tenu éveillé durant la même période. Résultat : les souris privées de sommeil ont formé moitié moins de nouvelles connexions que leurs congénères dans le cortex moteur, la région du cerveau responsable des mouvements volontaires. Pour former de nouvelles connexions, les neurones émettent en effet des ramifications, les dendrites, sur lesquelles poussent des épines, qui sont autant de nouveaux points de branchement. Or, deux tâches distinctes – courir en avant ou en arrière – déclenchent la formation d'épines sur des dendrites différentes d'un même neurone. Signe que chaque apprentissage induit des remodelages spécifiques dans le cerveau. M.-C.M.



▲ Le métabolisme "intermédiaire" des anciens sauriens pourrait expliquer leur grande taille.

#### PALÉONTOLOGIE

## LES DINOSAURES AVAIENT FINALEMENT LE SANG... TIÈDE

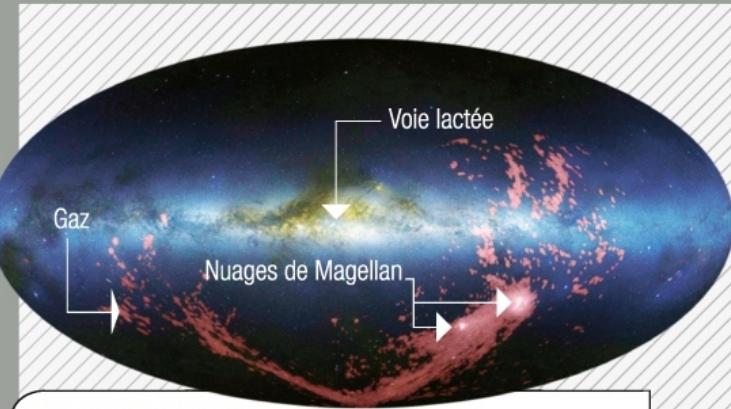
La question restait en suspens depuis leur découverte il y a deux siècles : les dinosaures avaient-ils le sang froid comme les reptiles (ectothermes), ou chaud, tels les mammifères ou les oiseaux (endothermes) ? La première hypothèse avait primé pendant près de cent cinquante ans, mais la seconde connaissait une montée en force depuis cinquante ans... Pour trancher, John Grady (université du Nouveau-Mexique, Etats-Unis) a compilé des données sur la vitesse du métabolisme, le taux de croissance et la taille finale de 381 espèces animales, disparues ou non (dinosaures, pois-

sons, oiseaux, crocodiles, mammifères, etc.). Et, surprise, le métabolisme des anciens sauriens était en fait "moyen" : plus rapide que celui des froids ectothermes, mais moins que celui des vifs et bouillants endothermes... Ils étaient donc "mésothermes", propose John Grady. Une physiologie leur permettant de ne pas être ralentis par le froid, et de ne pas dépenser autant d'énergie que nous pour maintenir une température corporelle haute et constante. Ce métabolisme particulier, efficace et ne nécessitant pas une alimentation trop riche, pourrait expliquer leur gigantisme. E.R.

#### GÉNÉTIQUE

## Certains amis sont aussi proches que des cousins

"Qui se ressemble s'assemble" : l'adage n'a jamais été aussi vrai. Des biologistes américains ont comparé deux à deux le génome de près de 2 000 individus (amis sans aucun lien de parenté ou parfaits étrangers) et se sont aperçus que deux personnes appartenant au même cercle social avaient en commun une part plus importante de leur patrimoine génétique que deux inconnus. Au point d'être génétiquement aussi proches que... des cousins au quatrième degré ! E.H.



#### ASTROPHYSIQUE

## La Voie lactée siphonne le gaz de ses voisines

Les mesures étaient pourtant formelles : la quantité de gaz disponible dans notre galaxie ne devait permettre de forger de nouvelles étoiles que durant un ou deux milliards d'années tout au plus. C'était sans compter les flots de matière envoyés par nos voisins, les deux nuages de Magellan. Epluchant les images du télescope Hubble, Andrew Fox, du Space Telescope Science Institute de Baltimore (Etats-Unis), et son équipe viennent de découvrir qu'un grand courant de gaz ionisé s'étire sur 500 000 années-lumière, reliant les nuages à la Voie lactée. L'équivalent de trois milliards de fois la masse du Soleil d'hydrogène et d'hélium sont ainsi en train de s'écouler vers notre galaxie. Un gigantesque réservoir de carburant qui devrait prolonger sa vie. M.F.

Way of Life!

# Encore une bonne journée...

Et c'est comme ça tous les jours.



Jusqu'au **31 octobre**  
profitez de

**5 ANS**  
D'ENTRETIEN  
+ GARANTIE  
+ ASSISTANCE

Jusqu'à **2700 €** d'avantages offerts<sup>(1)</sup>

Offre non cumulable avec d'autres remises en cours.

**SUZUKI**  
**S-CROSS**

Plus qu'une voiture, un état d'esprit.

**Modèle présenté : Suzuki S-Cross 1.6 VVT Pack : 22 290 € + peinture métallisée 530 €.** Consommations mixtes CEE gamme Suzuki S-Cross (l/100km) : 4,4 – 5,7. Emissions CO<sub>2</sub> (g/km) : 114 – 130. (1) Offre 5 ans entretien, garantie et assistance : Contrat « Premium Club » 5 ans comprenant l'entretien, selon les préconisations Suzuki (hors pneumatiques), l'extension de garantie (au terme de la garantie constructeur) et l'Assistance 24/24, kilométrage illimité. Voir modalités de souscription, conditions générales et exclusions disponibles sur simple demande en concession. Offre valable pour les véhicules S-Cross essence et S-Cross Diesel, d'une valeur totale de contrat tarif public respectivement de 2 217 € TTC et 2 706 € TTC. Les prestations panne mécanique et Assistance sont gérées par la société Opteven Assurances : Société d'assistance au capital de 5 335 715 euros - Siège social : 35-37 Rue Louis Guérin 69100 VILLEURBANNE - RCS Lyon n°379 954 886. Les prestations d'entretien sont gérées par Opteven Services : SA au capital de 365 878 euros - Siège social : 35-37 Rue Louis Guérin 69100 VILLEURBANNE RCS Lyon 333 375 426. Les prestations Pannes Mécaniques et l'Assistance Opteven Assurances peuvent être souscrites indépendamment, à des conditions disponibles auprès d'Opteven Assurances ; de même les prestations Entretien peuvent être souscrites indépendamment, à des conditions disponibles auprès d'Opteven Services. Offre non cumulable avec d'autres remises en cours. Offre promotionnelle valable pour toutes commandes d'un S-Cross neuf jusqu'au 31/10/2014, chez les concessionnaires participants, dans la limite des stocks disponibles. Offres réservées aux particuliers, en France métropolitaine, non cumulable avec d'autres remises en cours. Tarif au 01/07/2014. \*Way of Life! Un style de vie ! [www.suzuki.fr](http://www.suzuki.fr)

## PHYSIQUE

## DANS UNE NUÉE, LES OISEAUX SONT GUIDÉS PAR LA LUMIÈRE

On pensait que les oiseaux volant en nuée de plusieurs centaines de milliers d'individus se dirigeaient uniquement en fonction des mouvements de leurs plus proches voisins. Mais d'après Daniel Pearce, de l'université de Warwick (Angleterre), cela ne suffit pas à expliquer l'organisation de ces grands rassemblements. Ces nuées, malgré leurs formes diverses, ont toujours la même densité moyenne, a remarqué

le physicien. Cela permet aux oiseaux d'être protégés des prédateurs (qui discernent mal leurs proies noyées dans la masse), tout en conservant une visibilité constante, sous différents angles, pour mieux repérer l'arrivée d'un danger. Les étourneaux maintiendraient cette densité grâce à un système visuel qui leur assure une vue en deux dimensions de l'état global de la nuée, sous la forme d'une alternance de zones

claires (le ciel) et sombres (leurs congénères). Une hypothèse qui semble confirmée par un simple outil de simulation informatique élaboré par le chercheur : "Dans notre modèle, les oiseaux devaient à la fois suivre leur plus proche voisin et se diriger vers les zones les plus clairsemées", explique-t-il. Résultat : l'expérience a permis d'obtenir des nuées virtuelles comparables à celles que l'on observe dans la nature. E.L-T.

▲ Les oiseaux ne suivent pas seulement leurs voisins, ils veillent à conserver une visibilité constante.

## NEUROBIOLOGIE

## La paternité modifie le cerveau

Avoir des enfants influe aussi sur le cerveau des hommes, d'après une étude d'imagerie menée à l'université Bar-Ilan (Israël) par Eyal Abraham, sur 89 hommes et femmes parents pour la première fois. Chez les mères, c'est surtout le cerveau émotionnel qui est stimulé. Chez les pères, d'autres zones cérébrales (associées à l'empathie) sont activées lorsqu'ils s'occupent de leur enfant. Et chez les pères qui assument le rôle principal à la place de la mère, ces deux types de circuits sont actifs en même temps. V.E.

## PHYSIOLOGIE ANIMALE

### Ce poisson "sent" les vers respirer

*Plotosus japonicus* a une ruse pour repérer les vers marins qui se cachent au fond de cavités creusées dans le sable : il détecte la très légère acidification de l'eau provoquée par le CO<sub>2</sub> qu'ils expirent. C'est par hasard que l'Américain John Caprio a découvert la sensibilité de ce poisson à de très petites variations de pH. Il a ensuite vérifié son intuition grâce à des expériences en aquarium. V.E.



✓ Les capteurs d'acidité pourraient se trouver dans les barbillons (les "moustaches") du poisson.



MAN OF TODAY\*

GERARD BUTLER POUR BOSS BOTTLED



**BOSS**  
HUGO BOSS

#MANOFTODAY

\*L'Homme d'Aujourd'hui



▲ Des résines ont révélé que la technique existait il y a... 6500 ans.

## ARCHÉOLOGIE

## L'EMBAUMEMENT EXISTAIT BIEN AVANT LES PHARAONS

Avec leurs onguents et leurs sels, les anciens Egyptiens étaient passés maîtres dans l'art de l'embaumement et de la conservation des corps. Une pratique qu'on pensait être apparue au cours de l'Ancien Empire, entre -2700 et -2200 ans avant notre ère, période où ont été érigées les premières pyramides. Mais des égyptologues australiens et britanniques viennent de découvrir que cet art était déjà maîtrisé... mille cinq cents ans plus tôt! A cette époque, les Egyptiens recouvraient déjà leurs morts de bandelettes, mais

on pensait qu'ils se contentaient de les laisser sécher dans le désert afin que la momification se produise naturellement. Or, dans les nécropoles de Mostagedda datant de 4500 ans av. J.-C., les chercheurs ont découvert sur les plus anciennes de ces momies des bandelettes portant des traces de résine de pin, de pétrole, de gomme végétale et de graisse animale. Une préparation complexe d'embaumement quasiment identique à celle encore utilisée pour la momification des pharaons deux à trois millénaires plus tard. O.D.

RON OLDFIELD AND JANA JONES

**On tenait  
à vous dire!**



## Nommer un astre est enfin possible

Ça y est! Après des mois de conciliabules, l'Union astronomique internationale (UAI), la vénérable institution chargée de valider les catégories et les noms des astres, a tranché: pour la première fois, il va être possible pour tout un chacun de participer à la nomination des objets célestes. Et pas n'importe lesquels: des exoplanètes et les étoiles autour desquelles elles gravitent. Trois cent cinq nouveaux mondes ont ainsi été sélectionnés, parmi lesquels la célèbre 51 Pegasi b, première exoplanète découverte, et nombre d'étoiles visibles à l'œil nu. Les associations d'astronomes amateurs ont jusqu'à fin décembre pour proposer des noms (en évitant les personnalités vivantes, les marques, etc.). Puis, à partir de mars 2015, le public sera invité à voter via un site internet. Monsieur Tout-le-monde ne pourra donc pas proposer, mais seulement disposer... On pourrait se dire que l'UAI n'a fait que la moitié du chemin. Mais à la fois, les clubs d'astronomes étant répartis de manière à peu près homogène sur le globe, ce processus garantit une sorte d'équité planétaire. Et ceux qui veulent vraiment défendre leur idée peuvent encore prendre leur carte dans une association. N'ayons donc aucune réserve: la nouvelle est bonne... et la manœuvre habile, car l'une des missions de l'UAI est bien sûr la promotion des activités des clubs d'astronomie. M.F.

CE QUE VOUS ATTENDIEZ :



CE QUE VOUS N'ATTENDIEZ PAS :

PHOTO © PHILIPPE LOUZON/ABACA

**LA TABLE DU MATIN MERCURE.**

Savourez le Must au petit déjeuner et découvrez les plus belles spécialités de nos régions.

RÉSERVEZ AU MEILLEUR PRIX SUR **MERCURE.COM**



**REDÉCOUVREZ  
MERCURE**

**Mercure**  
HOTELS

**LE CLUB ACCOR**  
HOTELS

REJOIGNEZ NOTRE PROGRAMME DE FIDÉLITÉ  
MONDIAL SUR [ACCORHOTELS.COM](http://ACCORHOTELS.COM)

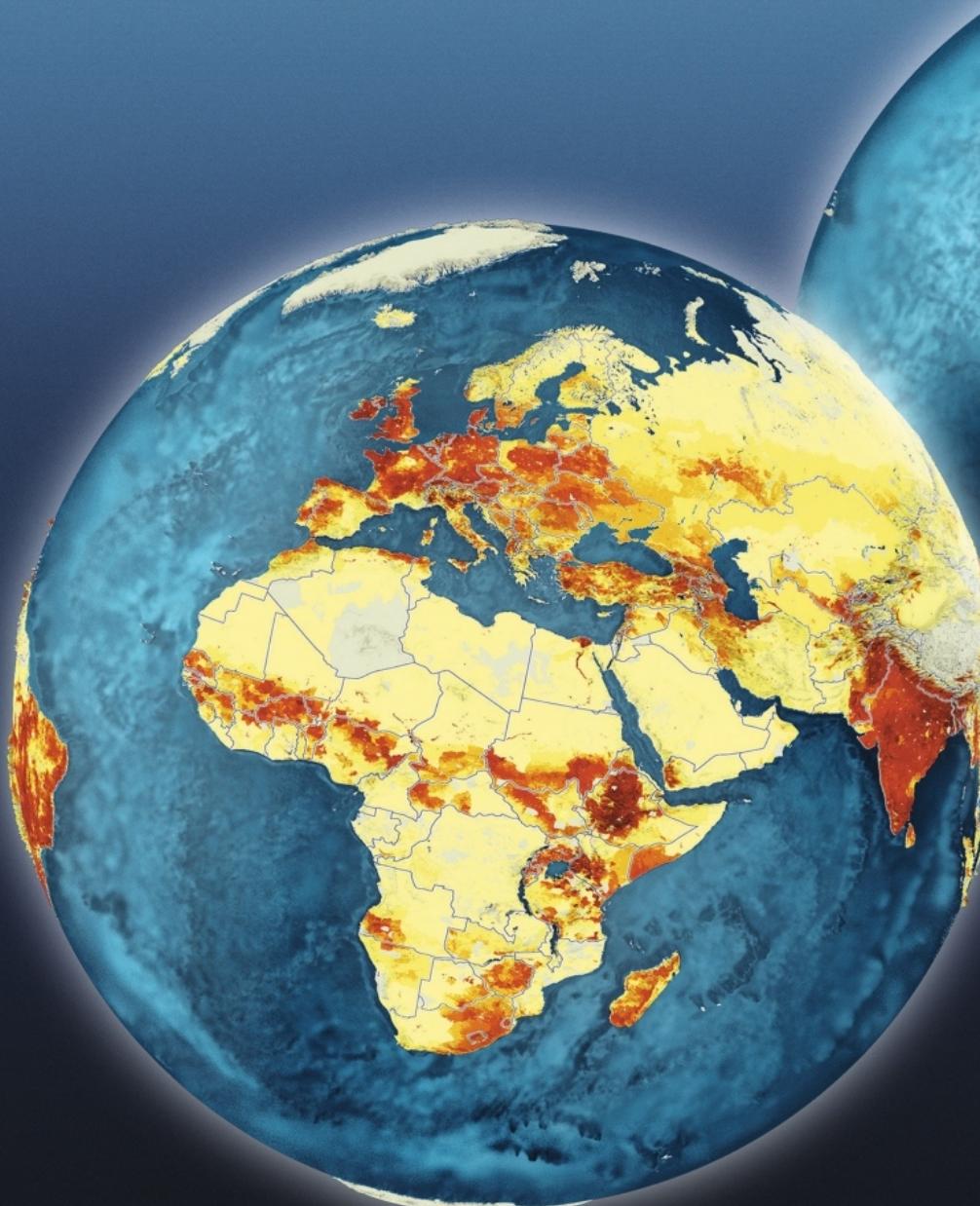
PLUS DE 750 HÔTELS  
DANS LE MONDE.

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

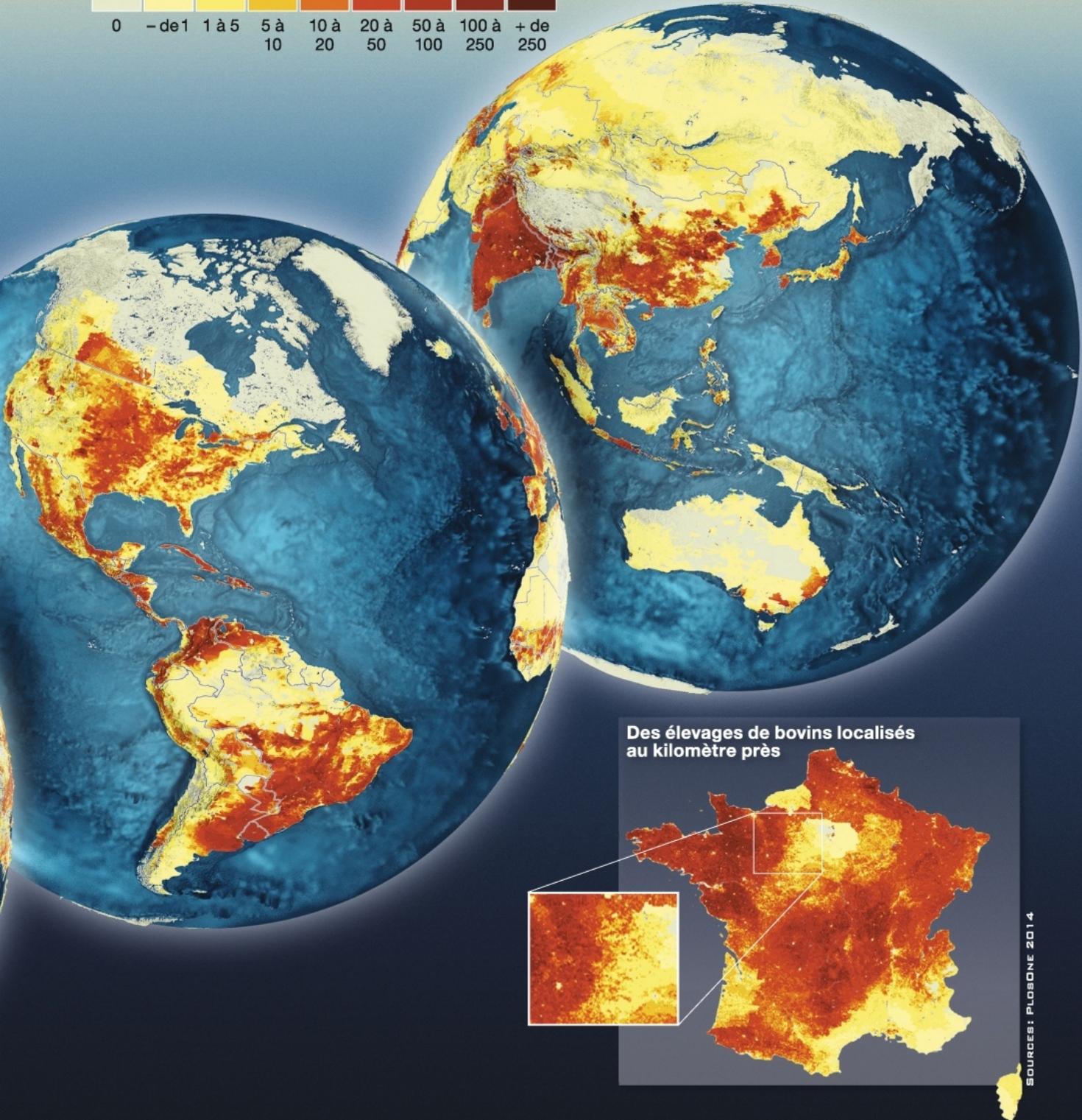
# VÉAUX, VACHES, BŒUFS, ZÉBUS... TOUT LE BÉTAI DU MONDE A ÉTÉ CARTOGRAPHIÉ

Savoir, avec une résolution d'un kilomètre carré, quelle est la densité de bovins, en tout point du globe : voilà ce que permet la carte réalisée par une équipe de chercheurs, à partir d'inventaires nationaux et de modèles statistiques. Un travail qui a aussi été effectué pour les cochons, les poules, les canards... (à découvrir sur [livestock.geo-wiki.org](http://livestock.geo-wiki.org)) : des cartes d'une précision inégalée aux multiples usages.

*"Ces données sont fondamentales en épidémiologie pour localiser les zones de risque concernant les maladies qui touchent les animaux d'élevage, comme la tuberculose bovine ou la fièvre aphteuse, ainsi que celles qui se transmettent des animaux aux hommes, comme les grippes aviaires"*, détaille le coordonnateur de l'étude Marius Gilbert, de l'université libre de Bruxelles. Cela permet, par exemple, d'orienter la stratégie de surveillance et de contrôle dans les pays visés, en particulier lorsque les ressources vétérinaires sont limitées. Le second usage de ces cartes a trait à l'impact de l'élevage sur l'environnement. *"Si l'on peut se contenter de données nationales pour les émissions de gaz à effet de serre, il en va différemment pour la pollution des sols, qui est par nature localisée, et sera d'autant plus élevée que la densité d'animaux le sera*, précise Marius Gilbert. *Ces données pourront aussi s'avérer précieuses pour évaluer le risque d'apparition de résistances aux antibiotiques liées à leur utilisation dans les élevages, notamment en Chine et en Inde."* B.B.



**Concentration de bovins (vaches, bœufs, taureaux, veaux, zébus) au kilomètre carré**



**1,4** milliard de bovins ont été recensés dans le monde.

**3** Il y a 3 fois plus de poules dans le monde que d'hommes.

**50** % : c'est l'augmentation attendue de la production globale de viande d'ici à 2050.

## GÉOGRAPHIE

# LES BAHAMAS SONT ORIGINAIRES DU... SAHARA

Sans le sable du Sahara, à 8 000 km de là, les Bahamas n'auraient jamais vu le jour. C'est l'hypothèse défendue par Peter Swart, de l'université de Miami, pour expliquer l'énigme que représente la formation de ces îles au large de la Floride. Les Bahamas sont la partie émergée d'un vaste plateau sous-marin qui s'est constitué pendant cent millions d'années à partir de l'accumulation de sédiments calcaires issus de la précipitation du calcium dissous dans l'eau. Pour obtenir de telles quantités de calcaire, il aurait fallu que les eaux soient riches en nutriments : ils sont en effet nécessaires au développement des cyanobactéries, qui, en

pompant le CO<sub>2</sub> de l'eau, la rendent moins acide et favorisent la précipitation de carbonate de calcium. Or, les eaux de cette région sont pauvres en nutriments. Pour comprendre d'où est venu cet apport nutritif, les chercheurs ont analysé plus de 250 échantillons prélevés à différents endroits de l'archipel. Ils y ont trouvé des concentrations élevées de fer et de manganèse, caractéristiques de la poussière atmosphérique. *“Au vu de la direction des vents, tout porte à croire que les eaux des Bahamas ont été fertilisées par la poussière provenant des dunes du Sahara, explique Peter Swart. Et l'archipel n'est sans doute pas un cas isolé.”*

E.H.



## GÉOLOGIE

## Des cristaux affinent la prédiction des éruptions

Rejoindre la surface de la Terre lors d'une éruption volcanique ou refroidir et se solidifier à des kilomètres de profondeur : le destin du magma, cette roche en fusion qui traverse la croûte terrestre, est incertain. Qu'est-ce qui le détermine ? Le flux et le volume de magma injecté dans la chambre magmatique (“poche” souterraine où est stockée la roche liquide), répond Luca Caricchi (université de Genève). Or, ces deux paramètres peuvent être mesurés en étudiant le nombre et l'âge des zircons, des minéraux cristallisant dans le magma lorsqu'il refroidit. De quoi mieux prédire, notamment, les éruptions volcaniques.

B.B.



▲ Les zircons présents dans la roche refroidie renseignent sur les réservoirs de magma.



## ÉCOLOGIE

### Six espèces sortent de la liste des "nuisibles"

La belette, la fouine, la martre, la corneille noire, le geai des chênes et la pie bavarde ne sont plus considérés comme nuisibles dans certains départements français. Ainsi en a décidé le Conseil d'Etat le 30 juillet dernier, après un recours déposé par des associations écologiques. Conséquence : l'interdiction de chasser ces six animaux est immédiate dans les zones concernées – de un à sept départements selon l'espèce. "C'est un signal supplémentaire prouvant que le système est à revoir", commente Christophe Aubel, directeur de l'association Humanité et biodiversité. "La notion même de nuisible n'a pas de sens en biologie", poursuit-il. La nouvelle réglementation n'a toutefois pas donné raison au renard, au corbeau freux, au putois et à l'étourneau sansonnet, qui restent indésirables dans l'Hexagone.

M.S.

En France, la martre ne peut plus être chassée dans 4 départements.

# 616 TWh

C'est ce qu'ont consommé les 14 milliards d'ordinateurs, décodeurs, box internet et autres consoles de jeux dans le monde en 2013. Les deux tiers de cette électricité ayant servi lorsque ces appareils étaient à l'état de veille pour rester connectés, selon l'Agence internationale de l'énergie. Un chiffre qui dépasse la consommation totale d'électricité par an de l'Allemagne ! Et qui équivaut à la production électrique de 200 centrales au charbon, et à l'émission d'environ 600 millions de tonnes de CO<sub>2</sub>.

D.H.





▲ L'analyse de carottes de glace a permis de dater avec précision le début de la contamination.

## GÉOCHIMIE

## L'ANTARCTIQUE ÉTAIT POLLUÉ AU PLOMB DÈS 1889

Vingt-deux ans avant sa conquête par le Norvégien Roald Amundsen en 1911, le pôle Sud était déjà contaminé par le plomb. En analysant des carottes de glace avec une précision inégalée, Joe McConnell et son équipe du Desert Research Institute (Etats-Unis) ont pu dater le début de cette pollution. C'est en 1889 que la teneur en plomb triple, que ce soit sur la côte ou à l'intérieur du vaste continent blanc. Mieux, les chercheurs sont parvenus à déterminer la source, unique, de cette contamination : le gisement d'argent et de plomb de Broken Hill,

dans le sud de l'Australie, exploité à partir de la fin du XIX<sup>e</sup> siècle. Le plomb a donc été transporté par les vents sur des milliers de kilomètres avant de retomber sur le pôle Sud. Au cours du XX<sup>e</sup> siècle, les sources de pollution se sont diversifiées. Au total, 660 tonnes de ce métal toxique ont été déposées en Antarctique en cent trente ans. Mais grâce aux réglementations visant à réduire les émissions industrielles de plomb dans l'atmosphère – notamment l'interdiction de l'essence plombée –, la pollution en Antarctique décline depuis les années 1990. S.F.

### LES PHOQUES VONT CHASSER PRÈS DES ÉOLIENNES

En mer du Nord, les parcs éoliens et les pipelines agissent comme des récifs artificiels où poissons et crustacés pullulent. Ce qui attire leurs prédateurs, les phoques, révèle le suivi par balises GPS de ces derniers. M.S.

### FUKUSHIMA A AFFECTÉ LES MACAQUES

Les singes vivant à 70 km de la centrale nucléaire de Fukushima présentent des taux de globules rouges et blancs très inférieurs à ceux résidant à 400 km de là. Les suites, selon des chercheurs japonais, de l'accident de 2011. M.S.

### MANGER DES SARDINES... POLLUE MOINS

Pour réduire son empreinte carbone, mieux vaut préférer les sardines aux homards et aux crevettes. Il faut en moyenne 2 923 litres de carburant pour pêcher une tonne de ces crustacés, contre 71 litres par tonne de sardines. M.S.

## ÉCOLOGIE

## Sous calmant, la perche se met à vivre plus longtemps

Les jeunes perches exposées à l'oxazépam, un anxiolytique dont on retrouve des quantités infimes dans les rivières, voient leur durée de vie allongée ! Cet effet inattendu a été découvert par des biologistes de l'université d'Umeå (Suède), qui ont constaté qu'en présence du médicament, ces poissons étaient plus actifs dans leur recherche de nourriture. Pas forcément une bonne nouvelle, car en bouleversant l'équilibre de l'écosystème, les conséquences de cette survie améliorée pourraient être plus problématiques que si la molécule avait été délétère. E.H.

▼ Contre toute attente, la pollution des rivières par un anxiolytique profite aux perches.





Bien plus  
qu'une mutuelle  
**ma  
référence  
solidaire**

#### **Choisissez l'offre MGEN qui va avec votre vie**

Maladie, hospitalisation, optique, dentaire, arrêt de travail, invalidité : votre vie et vos besoins peuvent évoluer. Pourquoi, dès lors, votre protection santé et prévoyance n'évoluerait-elle pas en fonction de votre préférence ? Pour accompagner chaque moment de votre carrière et de votre vie, MGEN propose des offres adaptées qui couvrent efficacement vos frais de santé et de prévoyance en même temps. Vous aussi, comme plus de 3 millions de personnes, faites de la référence solidaire MGEN votre préférence.

Mutuelle Santé | Prévoyance | Autonomie | Retraite

**mgen.fr**

## CANCÉROLOGIE

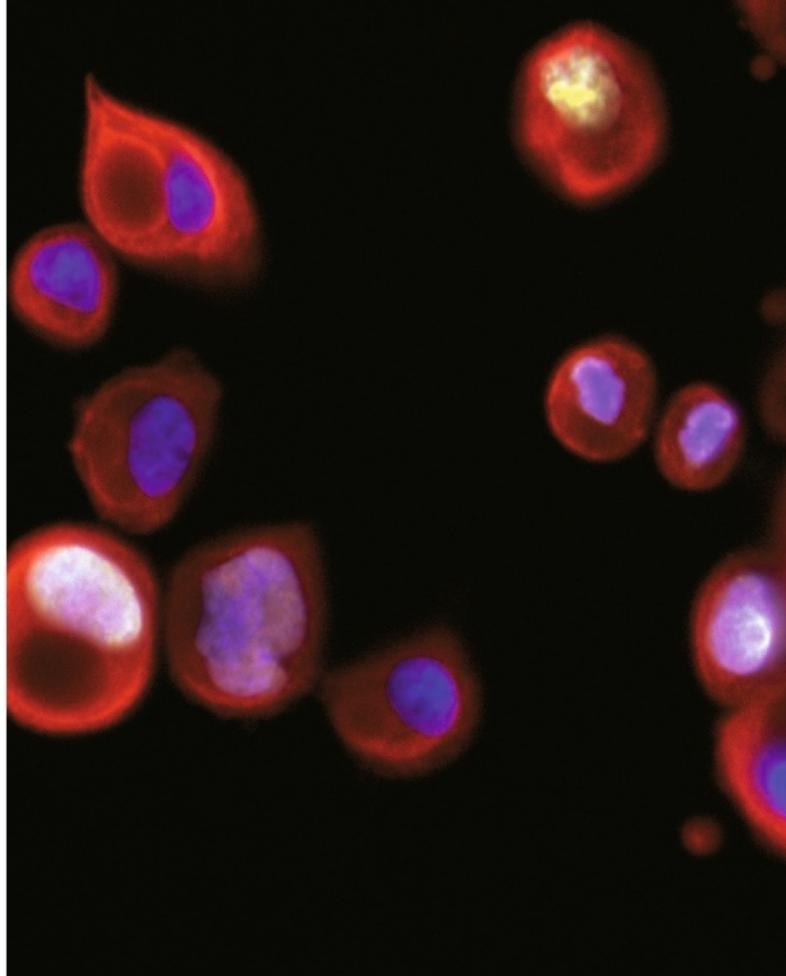
# UNE PRISE DE SANG SUFFIRAIT À MIEUX CIBLER LE CANCER

Trouver le traitement anticancéreux le plus adapté à chaque patient grâce à une simple prise de sang : c'est la promesse d'une étude menée par des chercheurs de l'université Harvard (Etats-Unis). Chaque malade présente en effet des tumeurs au profil génétique bien particulier, qui réagissent plus ou moins bien à certaines thérapies. Une piste de recherche consiste donc actuellement à personnaliser les traitements, en les testant préalablement sur des échantillons de cellules cancéreuses prélevées sur les malades. Mais les cellules obtenues par biopsie survivent mal hors de leur environnement. Les chercheurs ont donc tenté

de récupérer les rares cellules cancéreuses qui se détachent des tumeurs et circulent dans le sang, celles-ci étant suspectées de mieux survivre *in vitro*. Et les résultats sont encourageants : les scientifiques sont parvenus à cultiver des cellules tumorales issues de patientes atteintes d'un cancer du sein. Ils ont ainsi pu déceler les gènes impliqués dans l'évolution de la maladie et tester l'efficacité de différents traitements sur ces cultures. Reste maintenant à améliorer cette technique et à confirmer que ces tests prédisent de manière fiable l'efficacité des traitements une fois appliqués aux malades.

A.D.

> Les cellules cancéreuses (ici, du sein) prélevées dans le sang survivent mieux *in vitro* que celles obtenues par biopsie.



# 73 %

C'est la proportion de personnes chez qui des chercheurs américains ont décelé un virus intestinal jusqu'ici inconnu, le crAssphage. L'analyse des selles de 466 sujets d'Asie, d'Europe et d'Amérique du Nord a révélé qu'il s'agit du virus le plus commun découvert à ce jour chez l'humain. S'il semble inoffensif, il infecte des bactéries intestinales impliquées dans le développement de l'obésité et du diabète. Un axe de recherche précieux pour comprendre les différences de sensibilité à ces maladies.

F.C.

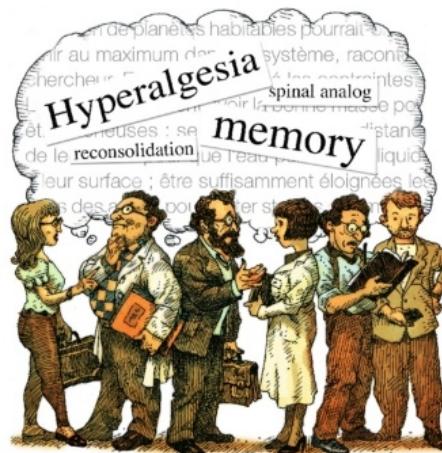
## BIOLOGIE CELLULAIRE

## Les dents cachent une source inattendue de cellules souches

S'il était connu que la pulpe dentaire (la partie la plus interne de la dent) renferme une petite quantité de cellules souches, leur origine vient tout juste d'être décelée par des chercheurs suédois : elles proviennent des nerfs de la dent. Des cellules nerveuses migrent en effet régulièrement vers la pulpe, pour retourner à l'état de cellules indifférenciées. Une vraie surprise pour les scientifiques. Comprendre le mécanisme de ce processus pourrait ouvrir la voie à un nouveau mode de fabrication de ces cellules souches, très utiles pour soigner de nombreuses maladies.

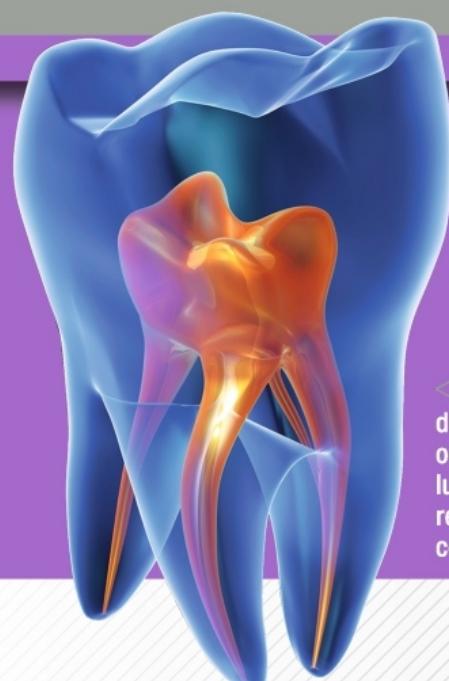
L.G.

# Ça reste à prouver

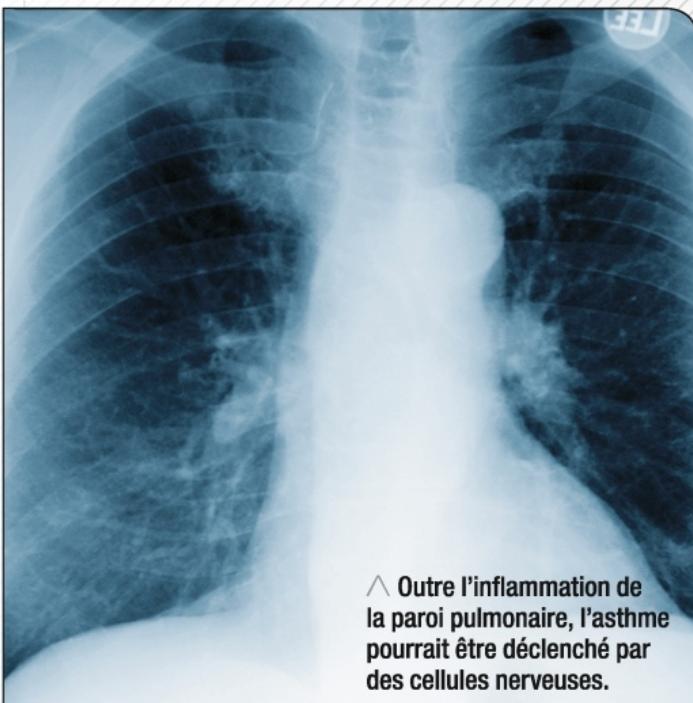


## La douleur ne serait qu'un mauvais souvenir à effacer

Et s'il suffisait d'effacer le souvenir de la douleur pour la supprimer? C'est l'idée originale que poursuit Yves De Koninck, à l'université Laval de Québec, afin de traiter les douleurs chroniques (arthrose, membres fantômes...). En effet, douleur et mémoire ont des mécanismes d'action similaires au niveau du système nerveux. Et à l'image d'un souvenir persistant, il arrive que le cerveau enregistre la douleur et ne puisse plus l'effacer. Or, des travaux récents ont montré qu'il est plus facile d'effacer les souvenirs, par des traitements chimiques, quand le cerveau est en train de se les remémorer: les synapses sont plus malléables au moment où elles conduisent la mémoire entre les neurones. Si la douleur est une forme de souvenir, pourrait-elle être traitée de cette façon? Faut-il la réveiller pour mieux la supprimer? Des expériences sur des souris atteintes de douleurs inflammatoires suggèrent que oui: la stimulation des zones douloureuses, accompagnée de l'administration d'une molécule inhibant la consolidation des souvenirs, diminue la douleur ressentie par la suite. "C'est une piste de traitement curatif, alors que les médicaments actuels ne soulagent que temporairement", affirme De Koninck. Reste à prouver que la méthode est efficace sur le long terme... et surtout chez l'humain. A.P.



< Dans la pulpe de la dent (en orange), des cellules nerveuses redeviennent cellules souches.



▲ Outre l'inflammation de la paroi pulmonaire, l'asthme pourrait être déclenché par des cellules nerveuses.

## PNEUMOLOGIE

## L'ASTHME EST AUSSI UNE MALADIE NERVEUSE

Alors que l'asthme est d'abord considéré comme une inflammation chronique de la paroi des poumons, des chercheurs de l'Institut médical Howard Hughes (Salt Lake City, Etats-Unis) suggèrent aujourd'hui que cette maladie aurait aussi une forte composante nerveuse. Pour preuve : en l'absence de tout phénomène inflammatoire, l'activation de certaines cellules nerveuses déclenche, chez des souris, une hyperactivité des voies respiratoires. Le système nerveux peut donc être l'unique responsable de la réaction astmatique. Ce qui pourrait expliquer

le succès inégal des traitements actuels, concentrés sur l'inflammation. Cette découverte ouvre un nouvel angle d'attaque thérapeutique, ciblant cette fois les nerfs. Les chercheurs ont déjà une piste : « *Se débarrasser des cellules TRPV1, issues du nerf vague [un faisceau de nerfs qui serpentent du cerveau aux poumons], pourrait diminuer l'obstruction des bronches*, explique Dimitri Trankner, à l'Institut Howard Hughes. Mais détruire ces neurones impliquerait des effets secondaires qui doivent être étudiés avant la mise en place d'un traitement. » A.P.

### LE BISPHÉNOL A REND INTOLÉRANT

Etre exposé à cette molécule avant la naissance augmenterait le risque de développer une intolérance alimentaire. Ainsi, chez des rats exposés, l'ingestion d'une protéine de blanc d'œuf entraîne une réaction inflammatoire 50 fois plus forte. F.C.

### UN REMÈDE RALENTIRAIT L'ALZHEIMER

Déjà prescrit contre l'arthrite, un traitement pourrait stopper la progression de certains symptômes de la maladie d'Alzheimer. Testé sur une dizaine de patients durant six mois, il doit voir ses effets confirmés. F.C.

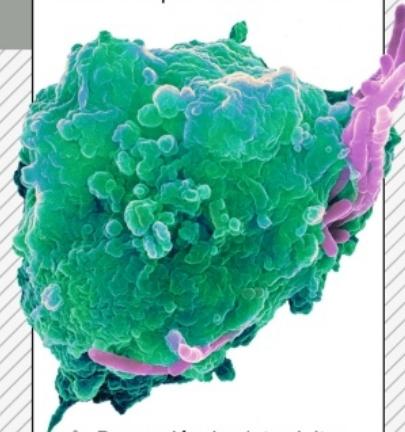
### RAISONNER SOIGNE LA DÉPRESSION

Trente heures d'exercices cognitifs sur ordinateur pendant quatre semaines agirait comme un antidépresseur sur les personnes âgées insensibles aux traitements. Une alternative thérapeutique à la surmédication de cette population. A.P.

## VIROLOGIE

## Une cellule a enfin pu être délivrée du VIH

La chose semblait impossible, et pourtant : une équipe sino-américaine a réussi, via une expérience *in vitro*, à débarrasser des cellules immunitaires humaines de toute trace du VIH-1, le virus responsable de la quasi-totalité des cas de sida dans les pays occidentaux. C'est en intégrant son génome dans celui de nos cellules que le virus se cache pendant des années et qu'il peut resurgir à l'arrêt des traitements. L'équipe a donc introduit, dans des cellules infectées, des molécules capables de reconnaître spécifiquement le génome viral et de l'exciser, sans perturber l'ADN de l'hôte. Reste à trouver comment délivrer ces molécules à toutes les cellules infectées des patients... A.D.



▲ Des molécules introduites dans des cellules (macrophages, en vert) reconnaissent et éliminent le VIH-1.

S'QUIÈVE  
DANS  
LE CERVEAU

# C3RV34U

L'EXPO NEUROLUDIQUE  
M Porte de la Villette / cite-sciences.fr

À PARTIR DU  
16  
SEPTEMBRE  
2014

cité  
des sciences &  
de l'industrie

On en parle #Cerveau



Le Parisien

L'EXPRESS

SCIENCE & VIE

Cerveau & Psycho

FUTURA SCIENCES

Syfy

SC

Une affiche sortie du titre de

BROCA &  
WERNICKE

L'agence partenaire de  
CERVEAU, l'expo neuroludique

MÉCANIQUE DES FLUIDES

# L'ART D'ALLER À CONTRE-COURANT A ÉTÉ MAÎTRISÉ

C'est une découverte qui défie notre intuition. En provoquant la formation de vagues à l'aide d'un piston vibrant, une équipe de l'université nationale australienne est parvenue à déplacer un flotteur dans le sens opposé à celui des vagues : l'objet flottant remonte ainsi vers la source des vagues, semblant aller à contre-courant. *"Ce phénomène n'avait à notre connaissance jamais été observé expérimentalement, ni même discuté étant donné la complexité des équations"*, précise l'un des chercheurs, Nicolas François. Lors de la formation des vagues, d'intenses tourbillons apparaissent en

surface à proximité du piston. Comme une pompe, ils inversent à distance le sens du courant de surface. En jouant sur la forme du piston, sur l'amplitude et sur la fréquence des vagues, il devient même possible de déplacer l'objet flottant dans n'importe quelle direction. Pour les chercheurs, cette découverte est susceptible d'aider à mieux comprendre la formation des courants marins près des rivages, à prédire le mouvement des balises, et même à ralentir ou contenir la propagation d'un polluant en mer. Des tests à plus grande échelle devraient débuter prochainement. O.L.



En modulant la hauteur et la fréquence des vagues, les chercheurs maîtrisent le sens du courant de surface, et donc la trajectoire du flotteur.

OPTIQUE

## Un écran réalise l'exploit de s'adapter aux problèmes de vue

Et si nos écrans corrigeaient automatiquement nos problèmes de vue ? Les porteurs de lunettes pourraient dès lors s'en passer devant leur ordinateur ou leur smartphone. Des chercheurs du MIT et de l'université de Californie ont réussi cet exploit. Leur prototype, surmonté d'un filtre transparent composé de minuscules trous, intègre un algorithme qui fait varier l'intensité lumineuse de chaque pixel de l'écran. L'image est ainsi "déformée" de telle sorte que l'utilisateur (qui a d'abord saisi ses paramètres visuels) la voie nette... même sans lunettes. L.B.





# 4400 milliards

C'est le nombre d'images par seconde que saisit la caméra la plus rapide du monde. Crée au Japon, STAMP parvient à capturer les étapes de certaines réactions chimiques. J.J.

## DES MÉGOTS POUR STOCKER DE L'ÉNERGIE

Chaussés à très haute température, les filtres de cigarettes usagés se transforment en un matériau très performant, capable de stocker plus d'électricité que le graphène ou les nanotubes de carbone. L.Bo.

## DE LA CELLULOSE AUSSI SOLIDE QUE L'ACIER

Une équipe suédoise a élaboré un matériau d'une rigidité extrême, à base de fibrilles de cellulose issues de bois frais. Séchés, ces filaments sont aussi solides que l'acier ou l'aluminium ! Ce matériau pourrait servir à l'industrie textile. M.S.

## UN CHARGEUR À BASE D'ULTRASONS

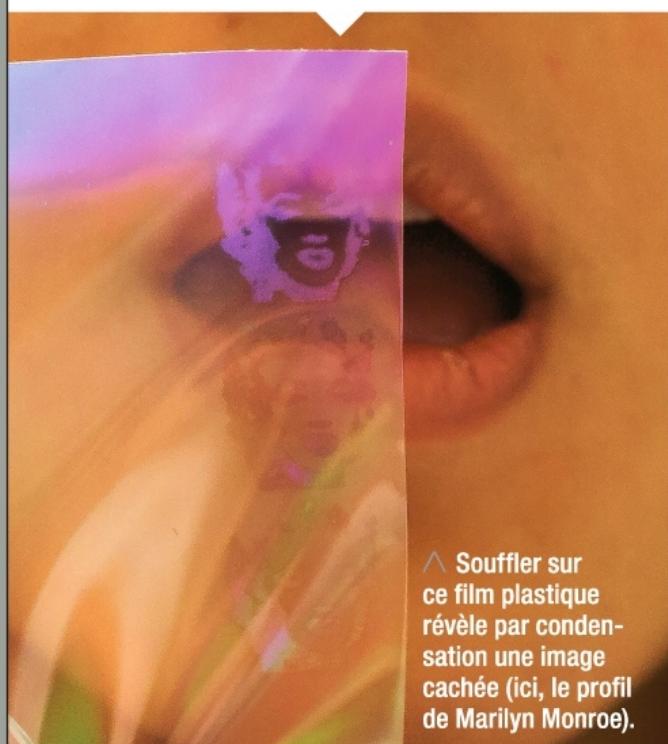
La firme américaine uBeam a conçu un système capable de recharger un smartphone à distance. Un émetteur, branché sur secteur, convertit l'électricité en ultrasons et un récepteur, collé sur le téléphone, réalise l'opération inverse. J.J.

## MATÉRIAU

## Un plastique va simplifier la lutte contre la contrefaçon

Il suffit de souffler sur ce film plastique flexible pour faire apparaître une image cachée. Mis au point par une équipe de l'université du Michigan (Etats-Unis) et de l'Institut supérieur coréen des sciences et technologies, ce nouveau matériau très résistant pourrait, utilisé dans la fabrication d'emballages ou d'étiquettes de produits, devenir un outil de lutte contre la contrefaçon. Le principe ? Des nanopiliers (des structures 500 fois plus minces qu'un cheveu) implantés à la surface du plastique dissimulent l'image. Quand on souffle dessus, ces nanopiliers captent l'humidité ; le film devient alors transparent et l'image cachée en dessous apparaît. Contrairement aux moyens classiques de lutte contre la contrefaçon (fluorescence, hologrammes, radio-identification...), ce procédé ne nécessite ni équipement spécifique ni connaissances scientifiques particulières. *"L'image est aussi plus difficile à copier qu'un hologramme traditionnel,* souligne l'un des chercheurs, Nicholas Kotov. *Surtout, la robustesse du matériau autorise l'intégration du dispositif sur divers objets."* Des objets en papier ou en métal, par exemple, sur lesquels l'équipe a prouvé que les nanopiliers pouvaient adhérer.

L.Bo.



▲ Souffler sur ce film plastique révèle par condensation une image cachée (ici, le profil de Marilyn Monroe).



Côte d'Ivoire en état d'alerte face à la menace de l'épidémie d'Ebola

PAR LUC NOTHIAS ET MARC CHERKI

**ÉPIDÉMIE** Le tocsin mondial appelle à la mobilisation face à la crise sanitaire majeure due au virus Ebola en Afrique de l'Ouest. C'est ce qu'a annoncé l'Organisation mondiale de la santé (OMS) de

pour lutter contre les...  
Caracas attribue ses problèmes économiques à la contrebande de ses produits subventionnés

Ebola: le ton des...  
...nasse au grav...  
...de fièvre

## Le virus Ebola réapparaît en Afrique

# L'épidémie que personne n'a voulu voir venir

Voici donc l'Afrique confrontée à la plus grave épidémie d'Ebola jamais enregistrée. Le virus de la fièvre hémorragique, mortel dans plus de la moitié des cas et pour lequel il n'existe

aucun traitement ni vaccin, a fait en six mois plus de 1552 morts sur les 3 069 cas recensés (à l'heure où nous écrivons ces lignes) en Guinée, au Liberia, en Sierra Leone, au Nigeria et au Sénégal, contre 431 lors de la première et plus importante flambée (1976).

Pour tenter de contenir l'épidémie, le 12 août, l'Organisation mondiale de la santé (OMS) a approuvé, à titre exceptionnel, l'utilisation à grande échelle de traitements et vaccins dont l'efficacité et les effets secondaires n'ont pas encore été évalués chez l'humain.

Inédite, cette décision – choquante éthiquement pour certains –, a soulevé nombre de questions. La découverte du virus remontant à plus de trente-cinq ans, comment a-t-on pu en arriver là ? *S&V* a pris du recul afin d'apporter des éléments de réponse à cette question dérangeante pour l'industrie pharmaceutique.

## Le rappel des faits

**Le 22 mars 2014**, le ministère de la Santé guinéen informe l'OMS d'une épidémie d'Ebola dans le sud de son pays.

**Le 8 août**, l'épidémie frôle le cap des 1 000 morts ; l'OMS décrète une "urgence de santé publique de portée mondiale".

**Le 12 août**, l'OMS valide l'utilisation de traitements et vaccins expérimentaux.

**Les 19 et 21 août**, les guérisons de deux malades américains sont supposément dues à un traitement expérimental. Mais l'OMS prévoit déjà que plus de 20 000 personnes seront touchées.

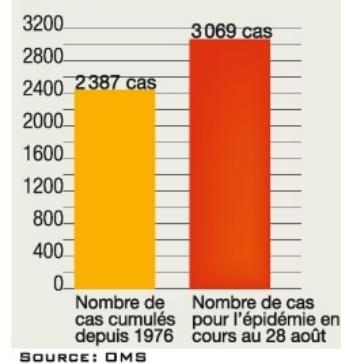
### ► POURQUOI CETTE ÉPIDÉMIE D'EBOLA EST-ELLE SI MASSIVE ?

Si l'épidémie tue autant, c'est à cause de deux facteurs conjugués. D'abord, la virulence de la souche virale impliquée. Une analyse réalisée dès le mois de mars par l'équipe de Sylvain Baize, spécialiste d'Ebola au laboratoire P4 de Lyon, a révélé qu'il s'agit d'une nouvelle souche très proche génétiquement (à 97 %) de la souche "Zaïre" (pays où elle est apparue la première fois en 1976). Or, "celle-ci est la plus virulente connue : son taux de mortalité varie entre 60 et 90 % selon les épidémies, contre 40 à 70 % pour la souche 'Soudan', ou 25 à 50 % pour 'Bundibugyo'.

Même si, ayant un peu muté, la nouvelle souche est moins mortelle (environ 54 %) que la 'vraie' souche Zaïre", précise Sylvain Baize.

D'autre part, c'est la première fois qu'Ebola frappe

**Dès fin août, l'épidémie actuelle totalisait plus de cas que toutes les précédentes réunies**



l'Afrique de l'Ouest. Les populations étaient donc peu au courant des mesures d'hygiène à observer face à ce virus qui se transmet par contact avec des animaux sauvages contaminés (chauves-souris, singes...) et les fluides biologiques des malades (sueur, sang, vomissements) ; les structures sanitaires étaient également trop peu nombreuses.

Enfin, le respect des rites funéraires locaux consistant à faire laver le corps du défunt – souillé en cas



#### DES POPULATIONS PRISES AU DÉPOURVU

Les populations d'Afrique de l'Ouest (ici, au Liberia) n'étaient pas suffisamment sensibilisées aux conditions d'hygiène à respecter, ni aux dangers de certaines pratiques funéraires.

#### TROP PEU DE STRUCTURES SANITAIRES

L'exemple du Liberia est édifiant : il ne possède qu'un seul petit laboratoire de diagnostic. D'où une difficulté à identifier les personnes infectées, et donc à les isoler du reste de la population.

#### DES MILLIERS DE VICTIMES

Le virus, qui se transmet par le sang, la sueur et les vomissements des malades, s'est propagé avec une fulgurance jamais vue. En deux mois, plus de 800 cas ont été recensés au Liberia.

d'Ebola par des fluides très infectieux – par ses proches a contribué à propager le virus. Résultat : au lieu de rester confiné à quelques villages ou villes, comme lors des épidémies précédentes, il s'est propagé de façon incontrôlée.

Sylvain Baize et ses collègues ont pu remonter la chaîne de transmission via une enquête méticuleuse. «Tout est parti du village de Méliandou, au sud-est de la Guinée, détaille le chercheur. Là, le 'patient zéro',

un garçon de 2 ans contaminé en décembre 2013 (probablement par un animal sauvage non identifié) et mort depuis, aurait infecté plusieurs proches. Lesquels auraient transmis le virus dans d'autres contrées reculées.» Puis, de village en

village et de ville en ville – sans que personne ne se doute alors de la gravité de la situation –, le virus a atteint fin mars la capitale Conakry, qui compte plus d'un million d'habitants, puis le Liberia et la Sierra Leone

voisins en juin, le Nigeria fin juillet et le Sénégal fin août.

#### ► POURQUOI AUCUN TRAITEMENT OU VACCIN N'A-T-IL ÉTÉ TESTÉ PLUS TÔT SUR L'HOMME ?

Cette question met d'autant plus mal à l'aise les chercheurs qu'à ce jour au moins trois "candidats" traitements et cinq vaccins ont montré des résultats prometteurs chez les singes, très proches génétiquement

de l'homme... Parmi eux : le traitement "ZMapp", injecté début août à deux humanitaires américains contaminés – et sur pied depuis –, et offert au Liberia avant même que l'OMS ne se prononce sur l'utilisation d'un tel traitement. Mis au point par la société américaine Mapp Biopharmaceutical, ce cocktail de trois anticorps anti-Ebola (visant à détruire →

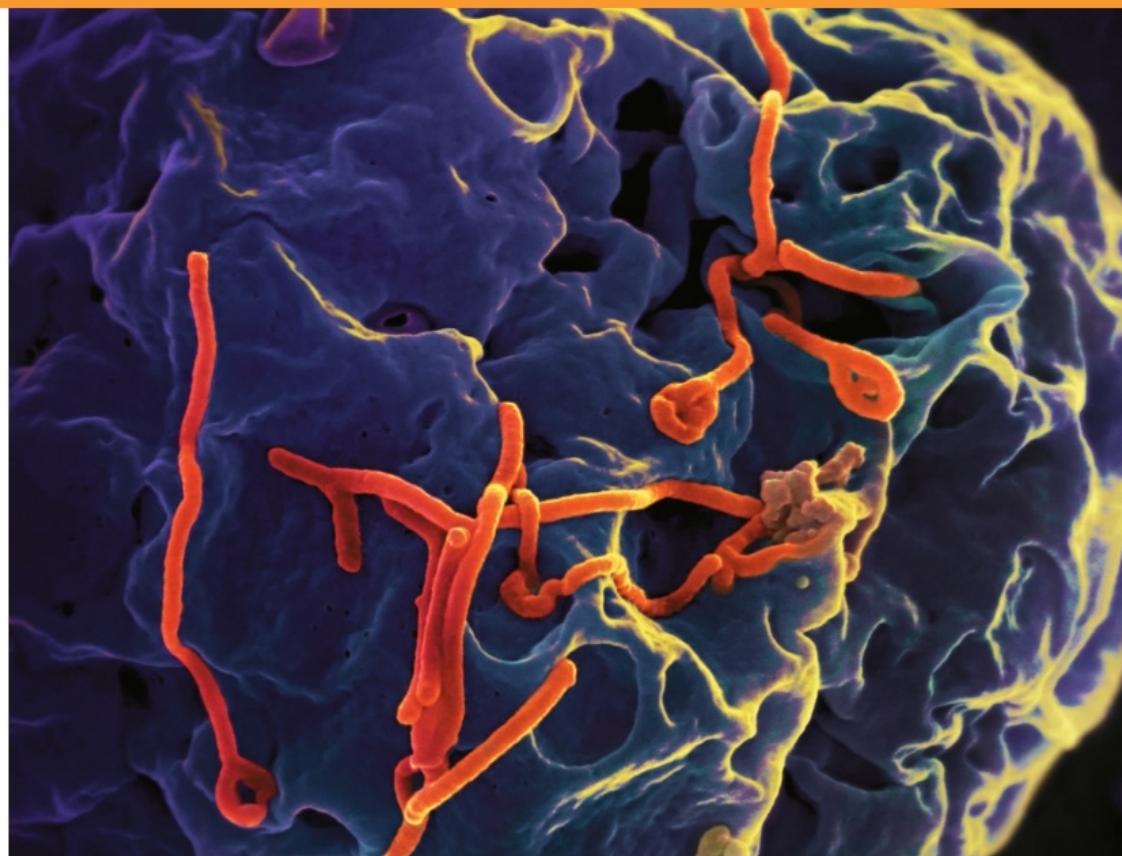
## &gt; 35 ANS DE RECHERCHES... ET PAS DE TESTS SUR L'HOMME

Le virus (en rouge, la souche de l'épidémie actuelle) a été découvert dès 1976. Mais la recherche de vaccins et traitements a été freinée par les faibles perspectives de retombées financières pour les industriels, et par l'impossibilité d'identifier une population à risque pour les tester.

→ le virus par fixation à sa surface) a été testé avec succès sur des macaques en 2012.

Même situation pour le vaccin rAd5-GP, médiatisé lui aussi début août quand un scientifique de l'OMS a notifié sa commercialisation en 2015 – annonce démentie par le géant pharmaceutique GlaxoSmithKline (GSK). Développé en partenariat avec l'Institut national américain des maladies infectieuses, il renferme un virus inoffensif pour l'humain, l'adénovirus de chimpanzé, modifié génétiquement pour présenter à sa surface une protéine d'Ebola (la "glycoprotéine") "vaccinante". Il a aussi fait ses preuves chez le macaque, et ce, dès l'an 2000 !

Un autre vaccin prometteur, le VSV-EBOV, issu



d'un laboratoire public canadien, a été offert à l'Afrique suite à l'autorisation de l'OMS. Mais comme le ZMapp et le rAd5-GP, ce produit n'a jamais été testé jusqu'au bout chez l'humain...

*"L'une des raisons est le manque de financements alloués à la recherche anti-Ebola, à cause des faibles*

*retombées financières potentielles"*, déplore Sylvain Baize. En plus d'être un microbe de pays pauvres, ce virus n'a touché, entre 1976 et 2012, "que" 2 387 personnes, quand le VIH en infecte plus de 6 000 par an rien qu'en France.

*"Le piétinement de la recherche anti-Ebola est aussi lié à l'aspect particu-*

*lièrement imprévisible de ses épidémies et au faible nombre de cas enregistrés avant la flambée actuelle"*, poursuit le chercheur. Or, pour évaluer un traitement, il faut l'administrer à plusieurs milliers de patients.

Quant aux vaccins, il faut les injecter à des personnes dont on sait qu'elles présentent de forts risques d'être contaminées par la suite par le virus ciblé.

Sauf que, "contrairement à d'autres maladies encore sans vaccin, dont le sida, les populations à risque d'Ebola ne sont pas clairement identifiées, les épidémies survenues jusque-là s'étant toutes déclarées de façon imprévisible et un peu partout en Afrique", souligne Sylvain Baize.

Seule solution : tester les produits anti-Ebola lors d'une épidémie de grande ampleur. Comme celle-ci.

## Une épidémie en France est "peu probable"

Si ce virus peut être importé par des voyageurs venant d'Afrique, "il est moins contagieux que celui de la grippe, car non transmissible par voie aérienne", souligne le microbiologiste marseillais Bruno Canard. Certes, il se communique par le sang, la sueur ou les selles, mais le risque de transmission dans les pays de l'Union européenne est "très faible si des mesures de prévention sont mises en œuvre", estime le Centre européen de contrôle des maladies (ECDC). De plus, une personne porteuse d'Ebola n'est contagieuse qu'une fois les symptômes (fièvre, douleurs musculaires...) déclarés, et non lors de l'incubation ; or, il y a de fortes chances que le malade soit alors déjà pris en charge, grâce au système d'alerte impliquant tous les médecins en France, et ceux aux frontières (ce qui permet aux vols Air France de continuer à desservir les zones touchées). Enfin, le risque que l'Hexagone devienne un foyer d'épidémie est faible car le réservoir d'Ebola (chauves-souris frugivores, singes...) n'existe pas en France.



## ► L'ENVOI DE TRAITEMENTS EXPÉRIMENTAUX PEUT-IL SUFFIRE À STOPPER L'ÉPIDÉMIE ?

Si l'approbation des traitements et des vaccins expérimentaux par l'OMS a suscité un grand espoir en Afrique, ces produits ne pourront pas, hélas, endiguer à eux seuls la flambée actuelle. *“Cette piste est intéressante mais limitée”*, confirme Jean-François Delfraissy, directeur de l'institut de microbiologie et maladies infectieuses à Paris.

Et pour cause: même si ces thérapies s'avéraient efficaces et sûres à grande échelle, et que tous les laboratoires concernés acceptaient de suivre l'avis de l'OMS (à ce jour, la firme GSK, par exemple, ne s'est pas prononcée...), les stocks ne sont pas suffisants pour traiter tous les patients infectés (3 069 cas au 28 août) ou à risque (plusieurs millions). Par

exemple, les Etats-Unis n'ont pu envoyer que 10 à 12 doses du sérum ZMapp! Dérisoire... Quant au Canada, il n'a pu faire don que de 800 à 1 000 doses de son vaccin. Une goutte d'eau comparée à l'étendue de l'épidémie... Et impossible d'en produire plus: il faut plusieurs mois pour fabriquer quelques centaines de doses de ZMapp.

Les échantillons offerts devraient donc ne concer-ner que quelques personnes... sélectionnées par les autorités sanitaires locales, sans que l'on sache s'il y aura des contrôles à ce niveau. Ainsi, le 16 août, le Liberia annonçait avoir traité trois soignants avec du ZMapp, affichant ainsi une “préférence” pour le personnel médical plutôt que pour ses patients.

Ensuite, soigner les malades et vacciner ne suf-fisent pas à endiguer cette épidémie. *“Il faut aussi casser la chaîne de transmission entre humains pour éviter de nouveaux cas*



**SYLVAIN BAIZE**

Spécialiste  
d'Ebola au  
laboratoire  
P4 de Lyon

*Il faut casser  
la chaîne de  
transmission entre  
humains pour  
éviter de  
nouveaux cas*

pour éviter de nouveaux cas”, insiste Sylvain Baize.

La solution ici est plus sanitaire que médicale: *“Le moyen le plus efficace pour arrêter l'épidémie est d'identifier les cas d'Ebola pour les isoler et les prendre en charge, tout en retracant pour chacun leurs contacts. Il faut aussi éduquer les populations quant à leurs pratiques funéraires à risque et s'assurer que les personnels soignants contrôlent strictement les infections dans les hôpitaux*, précise sur son site internet le Centre américain de contrôle et de prévention des maladies (CDC). *C'est ainsi que toutes les précédentes épidémies d'Ebola ont été arrêtées.”*

En attendant un éventuel traitement ou vaccin. Qui n'arrivera pas avant une dizaine d'années, si toutes les démarches habituelles d'évaluation et de mise sur le marché d'un traitement sont respectées.

Kheira Bettayeb

## Aller plus loin

- La page de l'OMS sur le virus : <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs103/fr/>
- Le dossier de l'Institut de veille sanitaire : <http://www.invs.sante.fr/Dossiers-thematiques/Maladies-infectieuses/>
- L'émission *C dans l'air* du 13 août 2014, consacrée à Ebola, diffusée sur France 5 : <http://www.france5.fr/emissions/c-dans-l-air/videos>

Météo joue avec nos nerfs

juillet, on a battu le record de pluie qui datait de 1959, et en août, nuages et soleil instable est aussi déboussolé : il a épargné non pas le sud mais le nord.



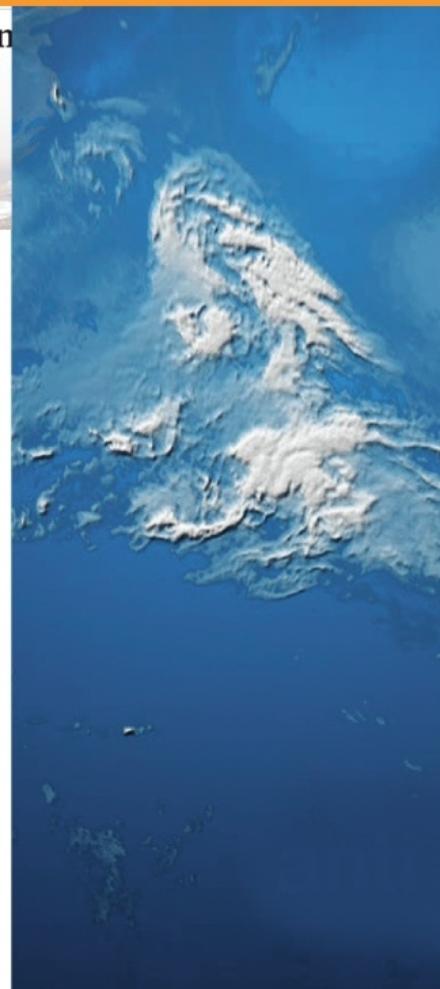
Séries française.

## Mais où est passé l'été ?

**LA CÔTE D'AZUR**, baignée par la mer Méditerranée, va-t-elle rester encore longtemps la seule à être épargnée par le ciel gris et la pluie ? Quand cessera l'injustice que subissent les habitants du reste du pays de sortir leur parapluie qu'ils s'étaient mis à l'automne ?

Un été vrain

météo. Juillet a battu tous les records de pluviométrie, et août est mal parti. Pas drôle pour les vacanciers.



Records de pluie et de froid dans l'Hexagone en juillet et août

# Des étés “pourris” risquent-ils de devenir la norme ?

Un été remarquable. Remarquablement maussade ! Voilà ce que chacun a pu constater en France. Frais, nuageux et pluvieux : à de rares exceptions (Bretagne, Vendée...), on n'avait pas connu dans l'Hexagone d'aussi mauvaises conditions météorologiques durant l'été depuis des décennies. Dans de nombreuses villes, en particulier de l'est de la France, les pluies de juillet ont fait tomber les anciens records. Ainsi, à Strasbourg (202 mm) ou à Clermont-Ferrand (149 mm), ce fut du jamais vu depuis le début des mesures, en 1923.

Parallèlement, l'ensoleillement a été au plus bas. Lyon a été gratifié de 189 h de soleil (contre 283 h normalement en juillet), déboullonnant son record de 1932.

En août, c'est le thermomètre qui affichait des valeurs automnales avec des maximales jusqu'à 7 °C en dessous des normales saisonnières. A Paris, il faut remonter à 1963 pour obser-

ver des températures plus basses : 16,7 °C en moyenne entre les 11 et 20 août 2014.

Pourquoi un tel été “pourri” ? Est-ce le début d'une tendance lourde, qui verrait pareille exception se reproduire, voire devenir la norme ?

Pour répondre, encore faut-il comprendre ce qui s'est passé. *“Nous avons connu deux situations atmosphériques distinctes en juillet et en août*, explique François Gouraud, prévisionniste à Météo France. *“Juillet a battu des records de pluie, mais les températures étaient proches de la normale. Et août a été un des plus froids depuis 30 ans, avec des pluies abondantes mais pas records.”*

### UNE EUROPE SANS BOUCLIER

Les responsables ? Des phénomènes météorologiques pas exceptionnels en soi, mais qui ont perduré.

En juillet, des poches d'air froid en altitude ont glissé depuis l'Europe du Nord jusqu'aux Alpes, créant des

instabilités dans l'atmosphère, et donc des orages.

*“Plus on était proche des Alpes, plus le temps était pluvieux*, note le météorologue. *La Suisse, l'Italie et l'Allemagne ont aussi enregistré des records de pluie en juillet.”*

En août, c'est le blocage de dépressions sur la Scandinavie qui a provoqué l'arrivée d'air frais polaire maritime en continu pendant quinze jours. *“L'anticyclone des Açores, qui fait habituellement barrage en cette saison, était retiré sur l'Atlantique au lieu de venir sur l'Europe de l'Ouest*, explique François Gouraud. *“Les dépressions ont donc pu passer et toucher la France.”*

Mais décrire n'est pas expliquer et la vraie question

## Le rappel des faits

**Les mois de juillet et août 2014** ont battu en France des records de pluviométrie, de fraîcheur et de faible ensoleillement. Avec des précipitations deux fois supérieures à la normale, le mois de juillet aura été le plus pluvieux depuis 1959. En août, les températures n'avaient pas atteint aussi tôt dans le mois de tels minima depuis cinquante ans.

## CE QUI S'EST PASSÉ CET ÉTÉ

Resté au-dessus de l'Atlantique, l'anticyclone des Açores n'a pas protégé la France des dépressions. Lesquelles ont donc apporté pluie en juillet et air froid en août.



## CE QUE LE RÉCHAUFFEMENT POURRAIT CHANGER

Côté températures, des vagues de chaleur sont attendues. Côté pluie, le sud de la France devrait connaître des sécheresses à répétition, tandis que pour le Nord, les projections restent contradictoires.

est: pourquoi le fameux anticyclone des Açores, ce bouclier atmosphérique garant d'ététs chauds et secs, n'était pas là où on l'attendait cette année?

*"On n'est tout simplement pas capable de l'expliquer!* reconnaît le spécialiste. *On sait décrire l'évolution de l'atmosphère en fonction de la position de cet anticyclone, mais on ne peut pas dire pourquoi il est resté si longtemps là où il était cet été. Pour certains, le retrait de l'anticyclone est lié à la position du jet-stream [un courant d'altitude très rapide qui sépare des masses d'air frais des masses d'air plus doux], mais cela ne fait que déplacer le problème: on ne sait pas non plus pour-*

*quoi le jet-stream était positionné là cet été...*"

Les chercheurs font face à l'insaisissable variabilité naturelle du climat, faite de multiples cycles imbriqués et de connexions à grande échelle entre compartiments de l'atmosphère. Et c'est sans compter les tendances liées au réchauffement climatique. Si elles sont déjà

nettes au niveau des températures (les climatologues prévoient une multiplication des vagues de chaleur l'été), il est plus difficile de se prononcer sur les pluies.

*"Même s'il y a eu de nombreux étés pluvieux ces dix dernières années, nous manquons de recul pour parler d'une modification du régime des pluies en France"*,

précise François Gouraud. Si les simulations numériques prévoient des sécheresses plus fréquentes dans le sud de la France, leurs résultats sont contradictoires pour le Nord. Impossible donc de dire que l'été que nous avons connu ne se reproduira pas à l'avenir. Et ce, malgré le réchauffement climatique. **Boris Bellanger**

## Un été froid ne présage en rien de l'automne...

Tout avait pourtant si bien commencé. Les six premiers mois de 2014 avaient en effet été exceptionnellement chauds, se classant au second rang des premiers semestres les plus cléments depuis 1900. De quoi se préparer à un été ensoleillé... qui, une fois venu, a douché tous ces espoirs. *"On n'observe pas de lien direct entre le temps d'une saison et celui de la suivante, sinon, ce serait plus facile pour faire nos prévisions"*, rappelle François Gouraud, de Météo France. Pour preuve, les étés 2007 et 2011 avaient été, comme cette année, particulièrement maussades. Or, le premier a été suivi d'un automne très frais, tandis que le second a débouché sur un automne exceptionnellement chaud, contribuant à faire de 2011 l'année la plus chaude enregistrée en France depuis 1900. Pour la fin de l'année 2014, tous les cas de figure sont donc envisageables. Le meilleur comme le pire.



4 crashes d'avions en moins d'un mois

## Faut-il croire en la loi des séries ?

Quatre crashes aériens en vingt-cinq jours, dont trois en huit jours. Il n'en fallait pas plus pour voir ressurgir la fameuse "loi des séries" et autres sentiments qu'"un malheur n'arrive jamais seul". Autrement dit, que les

### Le rappel des faits

**Le 17 juillet,** un Boeing 777 de la Malaysia Airlines est abattu par un missile en Ukraine (298 morts).

**Le 23 juillet,** un ATR 72 de TransAsia Airways se crashe à Taïwan lors d'un atterrissage d'urgence (48 morts).

**Le 24 juillet,** un MD 83 de Swiftair affrété par Air Algérie s'écrase au Mali, probablement à cause de la météo (116 morts).

**Le 10 août,** un Antonov 140 s'abîme en Iran (38 morts). L'enquête est toujours en cours.

accidents auraient tendance à survenir par salves.

Mais est-il si surprenant que des catastrophes s'enchaînent sur une courte période ? Premier constat, cette série noire n'est pas la première : 2005 avait connu cinq crashes en vingt-deux jours. De plus, vu les causes évoquées (météo, missile...), la diversité des appareils concernés (marques, compagnies et âges différents) et la large répartition géographique des accidents, rien ne permet, à ce stade, d'établir un lien entre eux. Enfin, ces successions ne sont pas si improbables, comme le prouvent les calculs effectués pour *Science & Vie* par Thierry de la Rue, mathématicien au CNRS et coauteur de *La Loi des séries : hasard ou fatalité ?*

En se basant sur le nombre de vols qui ont lieu chaque année, sur celui des accidents survenus depuis 2005, et en supposant que ceux-ci sont indépendants, la probabilité que, sur un an, quatre crashes surviennent en vingt-

### LA STATISTIQUE

Vu le trafic aérien et la proportion d'accidents, les calculs montrent qu'une succession de quatre crashes en vingt-cinq jours se produit "en moyenne" tous les deux ans.



cinq jours s'élève à 48 %. Soit... près d'une chance sur deux ! Il n'est donc pas normal qu'une telle séquence survienne une fois tous les deux ans. Toujours selon ses calculs, la probabilité que trois accidents aient lieu en huit jours est d'environ une fois tous les trois ans.

Les mathématiques sont formelles : les accidents en série sont loin d'être improbables. Ils n'ont donc rien de mystérieux. Alors, pourquoi chercher une explication dans une supposée loi des séries ? Parce que le calcul est complexe et qu'il défie l'intuition. Il fait appel à des valeurs à la fois très petites (le risque d'accident est d'environ un pour deux millions de vols) et très grandes (plus de 30 millions de vols par an), chose que le cerveau a du mal à appréhender. "Notre intuition se

base sur notre vécu et sur des moyennes. Pour des événements rares, notre expérience est insuffisante pour faire une estimation fiable", note Thierry de la Rue.

Résultat : face au sentiment – erroné – que de telles séries défient les statistiques, la croyance en une loi des séries répond à un besoin de trouver une explication à un phénomène qui n'en a apparemment pas, comme l'explique Nicolas Rousset, psychologue social à l'université de Nantes. "L'homme a un besoin impérieux de trouver un sens à ce qui arrive pour se protéger de l'angoisse que tout cela ne soit lié qu'au hasard. La loi des séries est une construction mentale qui nous sert à canaliser la peur liée à des événements traumatisants : il est plus rassurant de croire qu'il y a une règle – même



#### LA PSYCHOLOGIE

Le cerveau a du mal à être objectif face à des événements si rares. Et l'homme tente de se rassurer en cherchant une règle défiant les statistiques... Mais elle n'existe pas.

*mystérieuse – plutôt qu'une suite de malchances."*

Cette croyance se nourrit également de mécanismes psychologiques comme la "corrélation illusoire", soit la tentation d'établir un lien entre deux événements pourtant indépendants. Une tendance à l'origine de la célèbre malédiction de Toutankhamon, basée sur une corrélation supposée entre des décès d'archéologues et de certains de leurs proches.

*"Cette tentation est naturelle, explique Thierry de la Rue. La capacité de l'homme à établir rapidement des liens de causalité (je mange une plante, je suis malade) est une aptitude qui a aidé à sa survie et s'est transmise au cours de l'évolution."*

Pierre-Yves Bocquet

leur canadien, qui multiplie les shows pour la France, conçoit aussi son art comme un sacerdoce. Aie confiansssss

millions ? Pendant deux heures et demie, sous un globe transparent traversé par des éclairs, le performanceur s'agitte trans de houle, mais le public se fie à l'apparence : il faut avoir l'air de trois pêces et des souliers serrés. Messmer arbore trois bagues en argent serrées avec des yeux, rapet de couleurs avec ses yeux, -tchis officiel. Car attention : pour la puissance

de cet homme personnellement, qui appelle ses études de sophrologie son cabinet à Montréal. L'enfernement et le déperiment. A cette époque, l'hypnose à grande échelle n'a pas de place dans les spectacles. Les patients viennent le voir

se retrouvent ainsi à l'état emmagnan, se prennent pour Tom Cruise dans *Top Gun*, et montrent leurs phobies.

Sur scène,

hypnotise, téléportés à l'époque de Cro-Magnon pour chasser le manmoos, se prennent pour

Aujourd'hui un spectacle durant lequel

l'artiste québécois plonge bel et bien ses volontaires dans un état

"de conscience modifiée", mais après avoir repéré les plus réceptifs.

## Succès de Messmer, le fascinateur

# L'hypnose de spectacle n'est pas une illusion

*"Dormez!"* Aussitôt le spectateur monté sur scène s'effondre dans les bras de l'hypnotiseur Messmer. De quoi rendre incrédule tout esprit cartésien.

Or, la science est formelle : un individu peut être hypnotisé. Durant un spectacle ou... avant une opération chirurgicale. En effet, les médecins n'hésitent plus à recourir à l'hypnose, plongeant le patient dans un état entre veille et sommeil, dit de "conscience modifiée".

Toutes les zones de l'éveil sont alors activées dans le cerveau, sauf une, à l'arrière du cortex, le précuneus, éteinte comme lorsqu'on dort. Or, le précuneus permet d'être conscient de son propre corps et de son

environnement : du coup, on se trouve comme plongé dans un rêve que façonnent les mots de l'hypnotiseur. Jusqu'à un certain point cependant, car une personne hypnotisée ne fera jamais quoi que ce soit qu'elle réprouve profondément.

#### UN PROTOCOLE RIGOUREUX

Aucune supercherie donc : c'est cette corde cérébrale que Messmer fait vibrer chez les participants à ses spectacles. Reste que la rapidité avec laquelle il hypnotise est effectivement fascinante... mais explicable. Son secret ? Un protocole suggestif aussi rigoureux qu'efficace.

Il sélectionne d'abord, grâce à un test aux allures de jeu, les sujets les plus récep-

tifs parmi une foule avide de découvrir l'hypnose. Et compte ensuite sur l'effet de groupe. Les études en psychologie comportementale montrent qu'une personne tend à faire comme celles qui la précédent, même si elle sait qu'elles ont tort.

Enfin, Messmer joue de son autorité, une arme psychologique très puissante révélée par l'expérience de Milgram : la plupart des individus obéissent à un ordre dit avec fermeté par une personne représentant une autorité... à plus forte raison quand des centaines de personnes les regardent. Ainsi, plus Messmer est connu, plus il a d'autorité... plus il hypnotise facilement.

Morgane Kergoat

## Le rappel des faits

**Le 11 juillet, l'émission Stars sous hypnose a rassemblé 5 millions de téléspectateurs sur TF1.**

**Le 31 octobre, Messmer débute une nouvelle tournée à Paris et dans toute la France.**



▲ L'artiste québécois plonge bel et bien ses volontaires dans un état "de conscience modifiée", mais après avoir repéré les plus réceptifs.

# médicament au cannabis

Le ministère de la Santé a donné hier son feu vert au premier médicament à base de cannabis, le Sativex.

Le Sativex, premier médicament de cannabis autorisé en France

La prescription de ce spray buccal destiné aux malades atteints de sclérose en plaques sera

au marché du Sativex

à partir de ce

Un feu vert très attendu au cannabis thérapeutique



Un médicament à base de THC autorisé en France

## Le cannabis soigne déjà dans de nombreux pays

Le 9 janvier dernier, le ministère de la Santé officialement l'autorisation de mise sur le marché du Sativex, premier traitement à base de cannabis légalisé en France. Si ce spray, qui doit être mis en vente en 2015, ne doit être prescrit qu'aux malades atteints de sclérose en plaques, d'autres médicaments contenant des cannabinoïdes sont fréquemment utilisés pour d'autres pathologies et sous plusieurs autres formes dans de nom-

breux pays européens. C'est aussi le cas au Canada, pionnier en la matière en 2000, et aux Etats-Unis, où 23 Etats ont déjà adopté la marijuana à usage médical (le dernier étant New York en janvier). C'est que cette plante suscite un fort intérêt scientifique: plus de 8 000 études ont été publiées entre 2000 et 2007. La 3<sup>e</sup> conférence internationale sur les cannabinoïdes en médecine se tiendra à Strasbourg le 22 octobre prochain.

Florian Cadu

### En France, un seul usage thérapeutique...



#### Traiter les douleurs de la sclérose en plaques

Le Sativex, un spray qui soulage les raideurs musculaires liées à la sclérose en plaques, est le seul médicament à base de THC autorisé en France. Seuls les spécialistes peuvent le prescrire.



#### Uniquement délivré en pharmacie

Destiné aux adultes résistants aux traitements conventionnels, il sera seulement vendu en pharmacie. Son ordonnance pourra être renouvelée par un médecin généraliste.

### ... est autorisé après 60 ans d'interdiction

1953

L'usage du cannabis thérapeutique est interdit

1999

L'Agence française de sécurité sanitaire délivre des autorisations temporaires d'utilisation (ATU)

2001

Première ATU délivrée: 74 l'ont été à ce jour

2013

L'ANSM peut délivrer des autorisations de mise sur le marché (AMM) pour des produits à base de THC

2014

Première AMM délivrée pour le Sativex

**7 000**

C'est le nombre maximum de patients qui devraient accéder au traitement cannabique en France avec la commercialisation du Sativex.

**17 pays européens ont légalisé l'usage thérapeutique du cannabis**

#### Pays où la vente est autorisée

- PAS ENCORE DE MISE EN VENTE
- SOUS SA FORME SYNTHÉTIQUE
- SOUS SA FORME BRUTE
- BRUTE ET SYNTHÉTIQUE

#### Pays sans législation spécifique

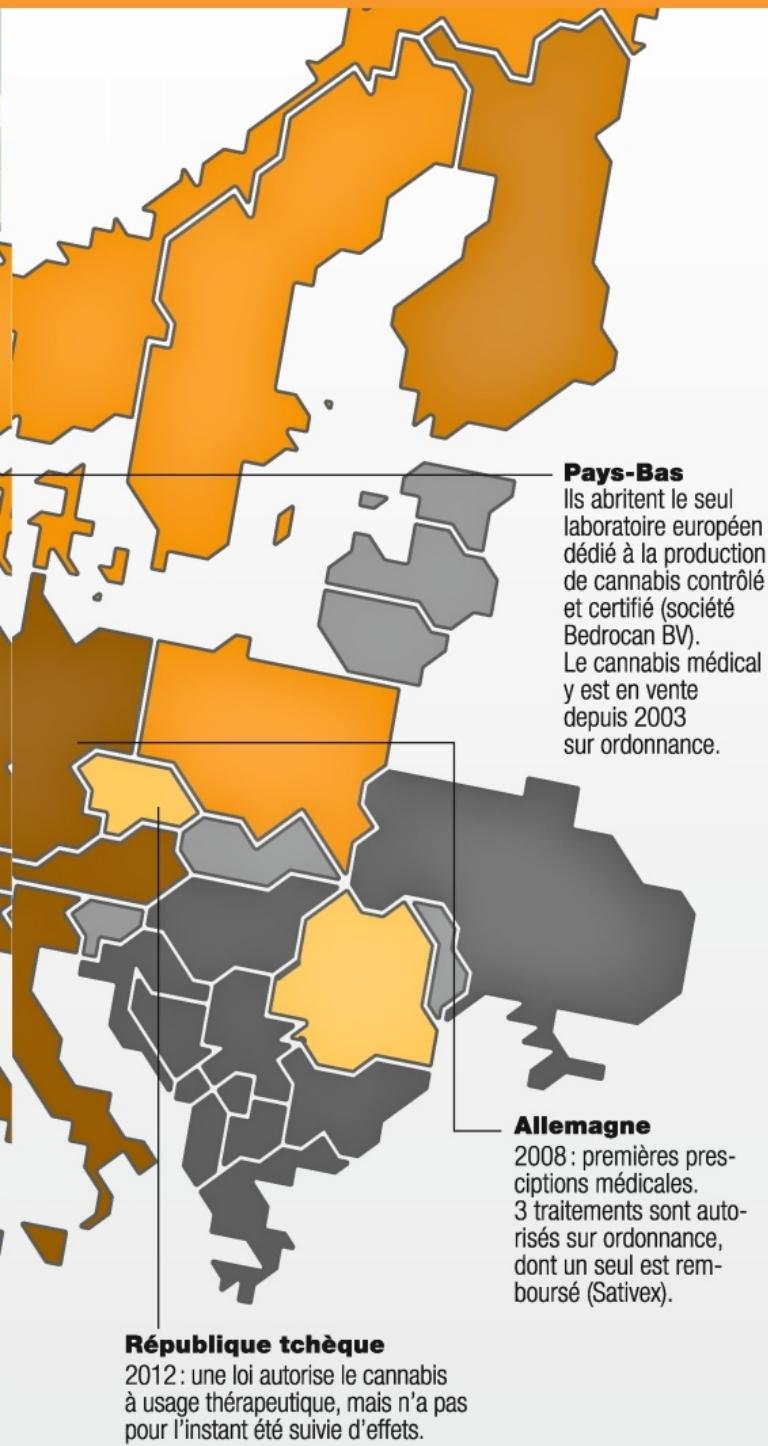
- USAGE DU CANNABIS TOLÉRÉ OU DÉCRIMINALISÉ
- USAGE ET COMMERCIALISATION DU CANNABIS ILLÉGAUX

#### Royaume-Uni

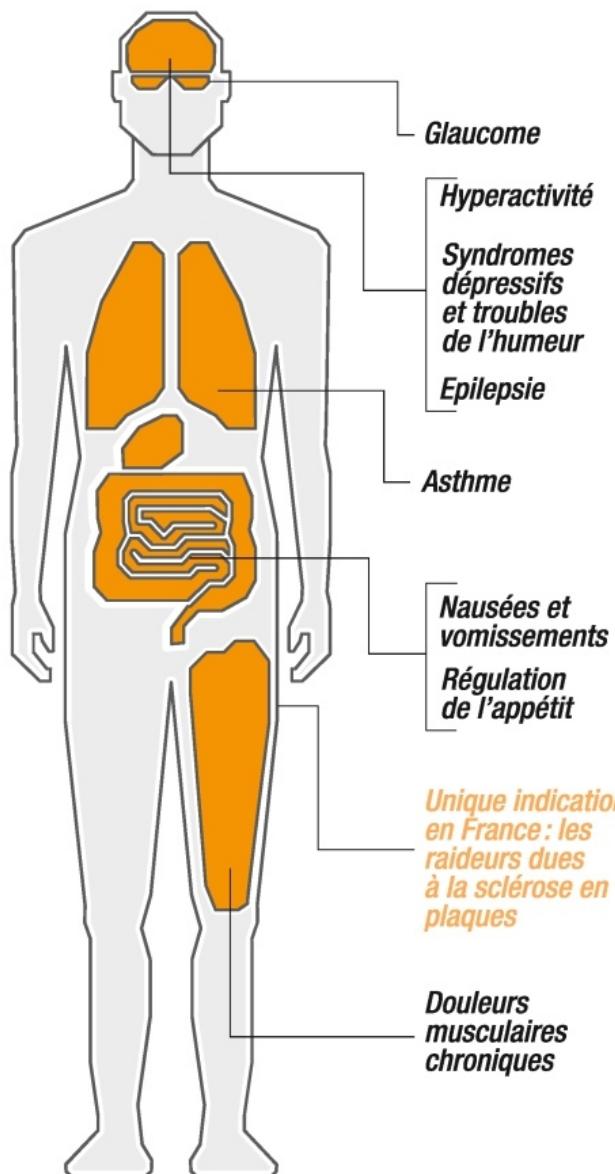
Il autorise le Sativex, fabriqué par un laboratoire britannique, mais pas son remboursement.

#### Espagne

2001 : le parlement catalan est le premier à légaliser le cannabis thérapeutique. Consommation et culture sont légales. 2 médicaments sont en vente.

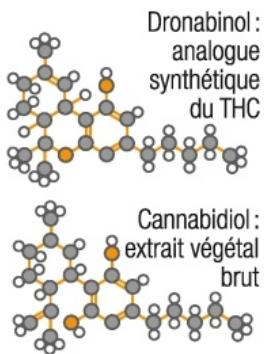
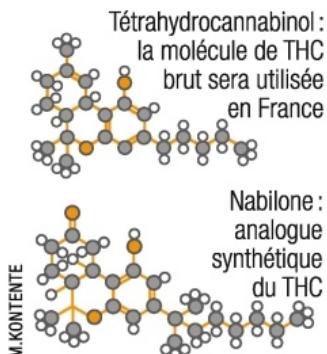


## Des vertus suspectées pour soulager plusieurs maladies

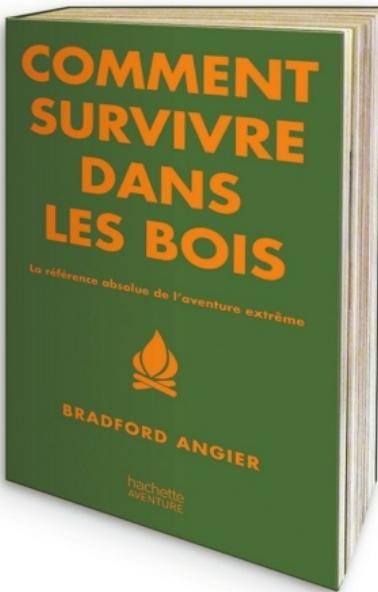


## 4 molécules au potentiel thérapeutique...

## ... disponibles sous différentes formes



Vaporisateur	Gélule	Spray	Pommade
<b>Voie respiratoire</b>	Comprimé	<b>Voie buccale</b>	<b>Voie cutanée</b>
Effets au bout de : 2 à 8 mn	Effets au bout de : 30 mn	Effets au bout de : 15 mn	Effets : pas encore documentés
Durée des effets : 2 à 3 h	Durée des effets : 6 à 8 h	Durée des effets : 6 à 8 h	



### La référence en survie

Passionné(e) d'aventures en milieux extrêmes, ce manuel est fait pour vous. Il vous permet de trouver la nourriture, de s'orienter dans les forêts profondes, de se protéger du froid, d'allumer un feu, d'envoyer des signaux de secours, de se soigner...

**Comment survivre dans les bois - 19,90 €**

AUTEUR : B. ANGIER. DIM. 14 x 24 CM. 320 PAGES. HACHETTE AVENTURE.

### SPÉCIAL ANTI PV !

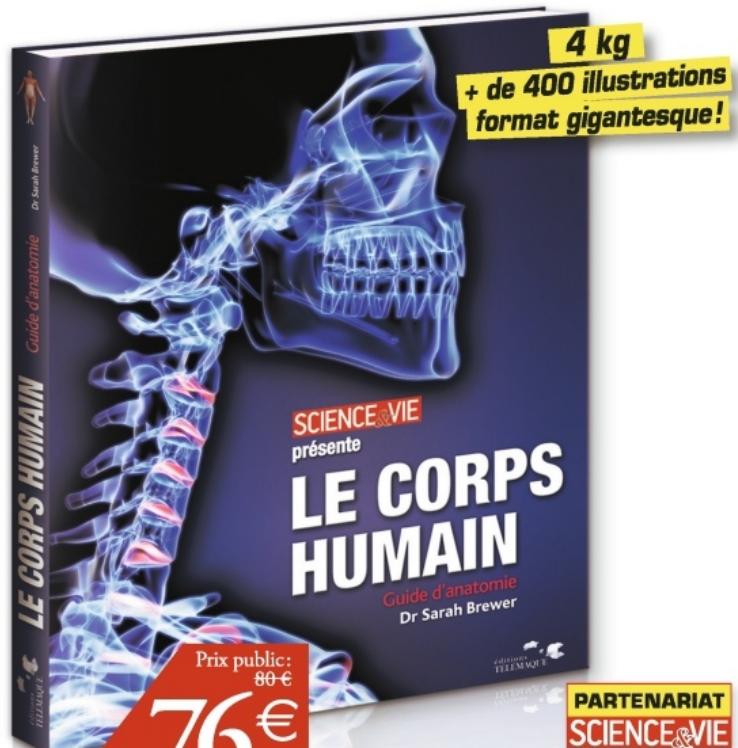
Puissance et autonomie !



Cet outil d'aide à la conduite vous alerte par des annonces vocales à l'approche d'une «zone dangereuse ou à risques» si vous dépassiez la vitesse limite autorisée. Il affiche aussi sur son écran votre vitesse réelle et la vitesse maximale autorisée.

**Outil d'aide à la conduite Inforad v6 - 49,90 €**

MODULE GPS : SIRF STAR III 20 CANAUX. ADAPTATEUR ALLUME-CIGARE USB. CÂBLE USB/MINI USB. TEMPS DE RÉACTUALISATION : 1 SECONDE. ALARME VOCALE ET VISUELLE. PASTILLE DE FIXATION. AUTONOMIE DE LA BATTERIE 7 H. DIM. 9,9 x 6,6 x 2,4 CM. POIDS : 94 G. MISE À JOUR GRATUITE. NORME NF. GARANTIE 2 ANS. ECO-PARTICIPIATION INCLUSE.



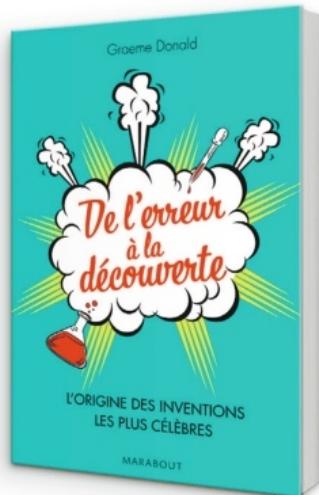
PARTENARIAT  
SCIENCE&VIE

### Le corps humain comme vous ne l'avez jamais vu!

Une référence absolue en anatomie. Un magnifique ouvrage pour tous, étudiants, praticiens ou simples passionnés de biologie humaine.

**Le corps humain, guide d'anatomie**

DIM. 35,3 x 43 CM - 176 PAGES. COUVERTURE CARTONNÉE SOUS JAQUETTE. ÉD. TÉLÉMAQUE/SCIENCE&VIE



### Hasard et erreur : les clés du succès ?

Explorant leur rôle fondamental dans les avancées scientifiques, médicales et commerciales, cet ouvrage révèle les origines fascinantes de célèbres inventions. Post-it®, téléphone ou Botox®, un florilège à découvrir de toute urgence !

**De l'erreur à la découverte : l'origine des inventions les plus célèbres - 12,90 €**

AUTEUR : G. DONALD. DIM. 13,5 x 20,5 CM. 256 PAGES. MARABOUT.

## Pour pédaler dans les côtes sans effort

Léger, robuste et élégant, le vélo électrique E-Bike STRADA est un bijou d'innovation. Pédalez avec ou sans moteur, selon l'effort désiré. Le moteur situé sur roue arrière assure une grande stabilité même sur route mouillée. Pratique à transporter, compact une fois plié, STRADA vous suit partout (train, coffre de voiture...).

### Vélo électrique pliable E-Bike STRADA

Fourche télescopique. Dérailleur SHIMANO 6 vitesses. Commandes au guidon : contrôleur LED de l'assistance au pédalage + klaxon + allumage de l'éclairage. Béquille latérale, éclairage avant et arrière à LED, selle confort, garde-boue avant et arrière, porte-bagage (amovible).

#### Paient CB uniquement

(Modalités du paiement par chèque au 01 46 48 48 83)



Commande au guidon,  
Contrôleur LED



Propulsion,  
6 vitesses Shimano



#### POUR COMMANDER ET S'INFORMER



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

Exclusivité Internet : Livraison en Points Relais®



Renvoyez le bon de commande avec votre règlement à  
La Boutique SCIENCE & VIE - CS 30 271 - 27 092 ÉVREUX CEDEX 9



01 46 48 48 83 (6jours/7 paiement CB)

## BON DE COMMANDE

Articles	Réf.	Quantité	Prix	Sous-total
Livre «Comment survivre dans les bois»	383.661	x	19,90€	= €
Livre «Le corps humain»	353.441	x	76€	= €
Outil d'aide à la conduite Inforad v6	382.028	x	49,90€	= €
Livre «De l'erreur à la découverte»	383.653	x	12,90€	= €
Vélo électrique pliable E-Bike STRADA	381.004	x	1199€	= €
<b>SOUS-TOTAL</b>				€

**FRAIS D'ENVOI**  
(cocher la case de votre choix)

**Frais d'envoi offerts**  
**dès 39€ de commande !**

<input type="checkbox"/> Envoi normal	6,90€
<input checked="" type="checkbox"/> Ma commande atteint 39€ Envoi Coliséo	GRATUIT
<input type="checkbox"/> Livraison rapide Colissimo	7,90€
<input checked="" type="checkbox"/> Ma commande atteint 75€ Livraison rapide Colissimo	GRATUIT

**TOTAL** €

Offres valables en France métropolitaine uniquement dans la limite des stocks disponibles jusqu'au 31/12/2014. Délai de livraison des produits : maximum 2 semaines après l'enregistrement de votre commande sauf si envoi par Colissimo (15 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 décliqués. 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-dessous 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

**EN CADEAU** avec votre commande de 49€

**La boîte à questions Science & Vie**  
avec le code avantage 314567



À RENVOYER DANS UNE ENVELOPPE AFFRANCHIE AVEC VOTRE RÈGLEMENT À :  
LA BOUTIQUE SCIENCE & VIE - CS 30 271 - 27 092 ÉVREUX CEDEX 9

#### > Mes coordonnées

CODE AVANTAGE : 314567

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 \_\_\_\_\_

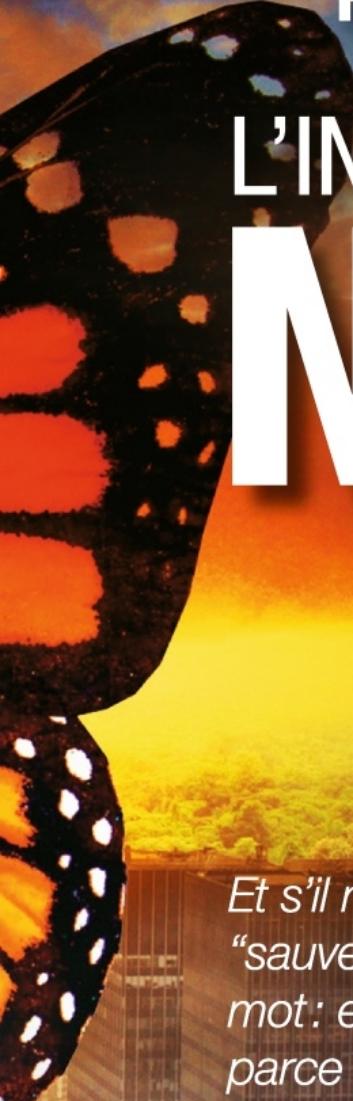
Les 3 chiffres au dos de votre CB \_\_\_\_\_

PAIEMENT  
3X SANS  
FRAIS



### **Le B.A. BA de La protection de la nature**

Pour mesurer l'impact des activités humaines sur l'environnement, l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN), créée en 1948, a déployé un réseau de quelque 1 200 organisations dans 140 pays, et plus de 10 000 scientifiques et volontaires. Sa dernière "Liste rouge des espèces menacées" recense 22 103 espèces sur les 73 686 étudiées. Mais depuis 2013, elle élabore aussi une liste des écosystèmes menacés. Une prise de conscience que les déséquilibres causés par l'homme ne peuvent être mesurés et traités qu'à un niveau plus global. Dont les écologues prennent tout juste la mesure.



FACE AUX AGGRESSIONS HUMAINES

# L'INCROYABLE FORCE DE LA NATURE

À LA  
UNE

*Et s'il ne fallait pas "préserver" la nature ? Si tenter de la "sauvegarder" lui portait finalement préjudice ? En un mot : et si la nature n'allait pas aussi mal qu'on le dit ? Non parce que les ravages de la pollution, de l'urbanisation ou du réchauffement climatique devraient être revus à la baisse, mais parce que les écosystèmes posséderaient d'insoupçonnées ressources pour se reconstituer. Des ressources telles que, face aux méfaits de l'homme, ils font mieux que résister : ils se réinventent. Ils se vivifient même ! Dès lors, c'est toute la stratégie écologique qui paraît à revoir. Pour le bien de la nature.*

PAR CORALINE LOISEAU, AVEC FIORENZA GRACCI,  
VINCENT NOYRIGAT ET ALEXANDRA PIHEN  
ILLUSTRATIONS : YANNICK MONGET



## LES 6 FLÉAUX IMPOSÉS PAR L'HOMME À LA NATURE

Depuis la révolution industrielle, les écosystèmes sont soumis à des pressions d'une nature et d'une ampleur inédites dans l'histoire. Lentes, fréquentes, répétées et conjuguées, ces perturbations d'origine humaine dégradent leur équilibre.



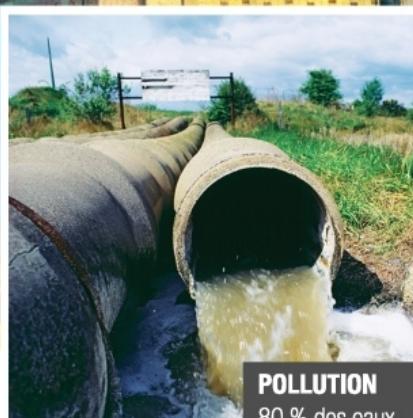
### DÉCHETS

3,5 millions de tonnes de déchets solides sont produits chaque jour dans le monde.



### RÉCHAUFFEMENT

La température moyenne du globe a augmenté de 0,9 °C depuis 1900.



### POLLUTION

80 % des eaux usées sont rejetées sans traitement dans les pays en développement.



L'étude a été publiée il y a 6 mois dans la revue *Science*.

Elle est basée sur une analyse mathématique de séries temporelles de plus de cent ans portant sur 35 613 espèces de plantes et d'animaux.

Elle révèle que, dans la plupart des régions du monde, le nombre d'espèces s'est maintenu ou a augmenté sur les dernières décennies !

Surpris ? N'est-ce pas en contradiction avec les incessantes alertes scientifiques et médiatiques sur les disparitions d'espèces ?

Si cette étude prend à revers un sentiment général, c'est d'abord parce qu'elle traduit un profond changement dans le rapport qu'entretient la science avec la nature, initié depuis une petite décennie par une communauté de plus en plus large de spécialistes des écosystèmes.

Sachant, comme le souligne Maria Dornelas, écologue à l'université de Saint-Andrews, en Ecosse, et principale auteure de l'étude, que *"ces résultats ne contredisent pas la menace d'une extinction de masse, qui reste attestée par beaucoup d'indices. Notre objet était d'étudier comment la composition des espèces répertoriées en tout point de la Terre avait changé au cours du dernier siècle. Et nous sommes les premiers à détecter un changement consistant : dans le même temps que nous voyons des espèces disparaître, d'autres deviennent invasives, ou changent d'habitat en réaction au réchauffement climatique"*.

Il n'y a donc pas de contradiction entre la baisse globale de la biodiversité et sa hausse locale : il y a bien de moins en moins d'espèces dans le monde, mais le brassage a été tel que celles qui restent se retrouvent

en beaucoup plus d'endroits. Cette étude met ainsi en valeur une caractéristique essentielle et minorée des écosystèmes : *"Nous ne devons pas parler seulement de la perte de la biodiversité, tance Maria Dornelas, nous devons aussi parler de son changement."*

### UN RENVERSEMENT DE PERSPECTIVE

De fait, l'écologie, science des interactions entre les êtres vivants et leur milieu, a longtemps été portée par le seul élan de conservation – la principale organisation mondiale de protection de la nature ne s'appelle-t-elle pas "Union internationale pour la conservation de la nature" ? Au point que le seul destin



#### URBANISATION

Chaque année en Europe, 1 000 km<sup>2</sup> de surfaces naturelles disparaissent.



#### ESPÈCES INVASIVES

12 122 espèces venues d'ailleurs par bateau ou avion sont répertoriées en Europe.

#### SUREXPLORATION

29 % des stocks de poissons sont surexploités.

À LA UNE

sévère remise en question des stratégies de conservation mises en œuvre aujourd'hui.

C'est le cas, par exemple, pour les espèces invasives.

Ces animaux ou plantes le plus souvent transportés par l'homme (par avions, bateaux...), qui colonisent de nouveaux territoires, ont longtemps été mal vus. Il y a trois ans, lorsque *S&V* leur consacrait sa une, la question centrale était: comment s'en protéger?

Et notait à l'époque qu'un petit groupe d'éminents chercheurs venait de lancer un premier pavé dans la mare, sous la forme d'une tribune au titre provocateur: "Ne jugez pas une espèce à son origine!"

Aujourd'hui, les mentalités, sur la base d'études toujours plus fines, évoluent tellement vite que la question centrale sur les espèces invasives semble plutôt être devenue: faut-il absolument s'en protéger?

"Parfois, en s'installant dans de nouveaux endroits, une espèce considérée comme invasive aide à sa propre conservation", souligne Jacques Tassin, biologiste au Centre de coopération internationale en recherche agrono-

mique pour le développement (Cirad), et auteur d'un livre, *La grande invasion*, qui lutte contre les préjugés sur ces intrus. *Ainsi, l'iguane commun, qui est menacé dans son territoire d'origine, en Guyane, est au contraire invasif aux Antilles, où il s'en sort très bien, alors qu'il y a été introduit.*"

#### DES ÉCOSYSTÈMES DYNAMIQUES

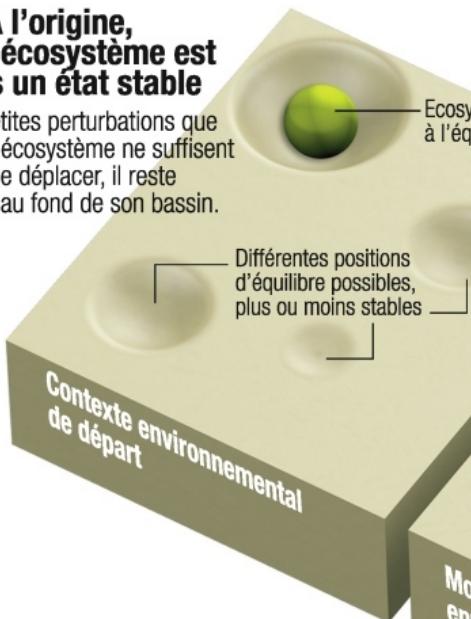
Plus étonnant: il arrive que les espèces invasives sauvent la mise des espèces indigènes. C'est ainsi que trois espèces d'oiseaux des îles Rodrigues ont tiré une ressource alimentaire inespérée de nouvelles essences d'arbres, plantées par l'homme dans les années 1980 pour lutter contre l'érosion des sols, "et ce sans même l'intervention d'un programme de conservation", souligne Jacques Tassin.

Un exemple qui illustre à quel point la nature, grande opportuniste, n'est pas aussi conservatrice qu'on le pense.

Et si la véritable force des écosystèmes se cachait, non dans leur capacité à résister au changement, mais dans leur capacité à se réinventer? Et si la clé de leur longévité résidait dans la fluctuation, et non dans le *statu quo*? →

## 1 A l'origine, l'écosystème est dans un état stable

Les petites perturbations que subit l'écosystème ne suffisent pas à le déplacer, il reste stable au fond de son bassin.



Contexte environnemental de départ

## 2 S'il est confronté à une agression...

L'évolution des conditions environnementales, souvent causée par l'homme, modifie les formes des bassins (ils se creusent ou se comblent).



LES POSITIONS D'ÉQUILIBRE SONT MODIFIÉES PAR LES CHANGEMENTS ENVIRONNEMENTAUX

Modifications environnementales

L'ÉCOSYSTÈME EST DÉSTABILISÉ...

... IL VA ÉVOLUER VERS UNE NOUVELLE POSITION D'ÉQUILIBRE

Choc environnemental

## LES ÉCOSYSTÈMES PERTURBÉS ADOPTENT UN NOUVEL ÉQUILIBRE

Pour se représenter la capacité de la nature à changer d'état, les nouveaux écologues voient les écosystèmes comme de petites billes qui roulent de bassin en bassin (chaque bassin symbolisant un état dans lequel l'écosystème se trouve). Les perturbations humaines ont pour effet de remodeler en permanence ce paysage virtuel.

→ C'est cette nouvelle perspective écologique qui est aujourd'hui en train de s'imposer parmi les spécialistes.

Une perspective qui trouve son point d'origine dans les travaux fondateurs de Buzz Holling sur la "résilience" des écosystèmes.

Cette notion était jusqu'alors considérée comme la capacité d'un écosystème à résister à une perturbation pour revenir à l'équilibre de départ. L'écologue américain la définit plutôt comme sa capacité à maintenir ses fonctions essentielles malgré les chocs, quitte à changer de forme.

*"Buzz Holling est arrivé en 1973 avec cette proposition inédite qu'un même écosystème peut exister sous différentes formes, qu'il peut rester intégrer tout en adoptant des états différents"*, explique Lance Gunderson, qui fut un des collaborateurs du père de la résilience des écosystèmes.

Pour se figurer ces états stables alternatifs, le mieux est d'imaginer une bille au fond d'un bassin qui symbolise l'état dans lequel il se trouve. Pour passer dans le bassin d'à côté, qui symbolise un autre état, le système doit franchir le col entre les deux bassins. Ce qui arrive lorsque la perturbation est suffisamment forte, ou lorsque ce paysage a été remodelé par les perturbations humaines (voir schéma).

### UNE NOUVELLE ÉCOLOGIE 2.0

*"L'exemple type est la pollution au phosphore d'un écosystème comme un lac, avec une eau claire, beaucoup de poissons et très peu d'algues"*, explique François Bousquet, chercheur au Cirad. *Une fois que les sédiments ne peuvent plus absorber le phosphore, les eaux se chargent de cet élément chimique, ce qui profite aux algues et nuit aux poissons."* La bille tombe

alors dans un nouveau bassin : *"Le lac devient un écosystème à eaux turbides, avec plein d'algues et peu de poissons. Cet état, encore plus stable que le précédent, sera difficile à faire rebasculer."*

Le problème, bien sûr, est que si la nature est indifférente aux changements, ce n'est pas le cas des hommes. Un lac à eaux turbides plein d'algues attirera évidemment moins les vacanciers...

Comment consolider les écosystèmes dans leur état désirable ? Comment anticiper les perturbations que nous lui imposons ? Est-il possible d'en faire basculer certains dans un état plus souhaitable ? Cette nouvelle perception dynamique des écosystèmes – devenus des "systèmes complexes adaptatifs" – promet une révolution des politiques écologiques.

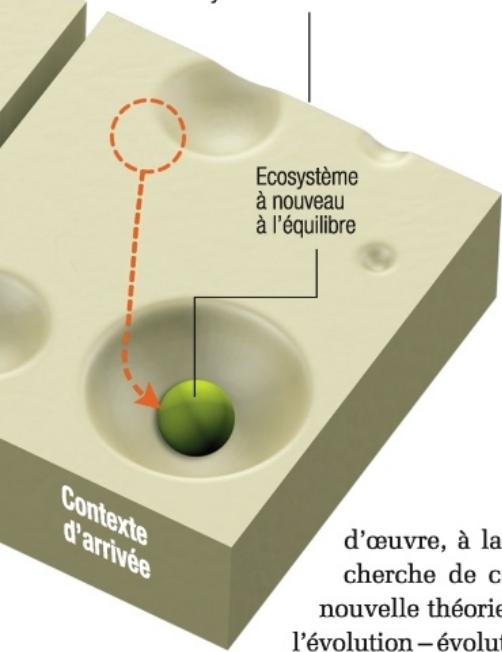
Dans les laboratoires, les spécialistes de cette écologie 2.0 sont à pied

### 3 ...il est déstabilisé...

Même léger, un nouveau choc environnemental suffit alors à chasser la bille de son trou : l'écosystème change d'état.

### 4 ... et bascule vers un nouvel état stable

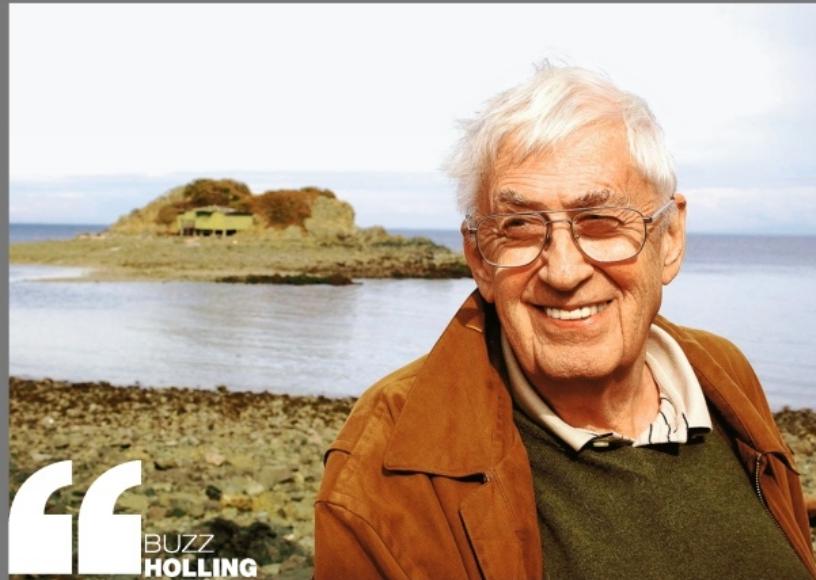
Après avoir roulé, la bille s'arrête dans un nouveau bassin : c'est désormais le nouvel état de l'écosystème.



d'œuvre, à la recherche de cette nouvelle théorie de l'évolution – évolution des écosystèmes, et non plus des espèces (voir p. 68). Une conférence sur le sujet rassemblant plus de 900 scientifiques s'est tenue à Montpellier en mai dernier.

Mais la meilleure façon de saisir ce renversement paradigmatique est d'aller sur le terrain et d'observer les incroyables mutations de la nature face aux perturbations humaines (voir pages suivantes).

Mal maîtrisées, ces dynamiques réservent bien des surprises. Le cas des roselières l'illustre mieux que tout autre. "Ces étendues d'eau dominées par le roseau sont le théâtre de nombreuses activités humaines, chasse, pêche, pâturage, exploitation du roseau, mais aussi le repère de →



“ BUZZ HOLLING

J'ai utilisé le mot résilience pour représenter cet autre type d'équilibre

Ecologue, père du concept de résilience écologique\*

En 1973, j'ai été invité à écrire un article pour l'*Annual Review of Ecology and Systematics*. A cette époque, l'écologie était focalisée sur l'équilibre unique et la stabilité globale. [...] Par contraste, l'existence des états multi-stables ouvrirait une direction entièrement différente. Une forte variabilité, et non une faible variabilité, devenait un attribut nécessaire pour maintenir l'existence des écosystèmes [...].

J'ai utilisé le mot résilience pour représenter cet autre type de stabilité. L'attention devait se porter non pas sur la constance mais sur la variabilité. Pas sur des données faciles à collecter et à analyser, mais sur ces données peu familières et difficiles à traiter statistiquement. Cela nécessitait un œil différent pour observer, et une théorie différente pour percevoir les conséquences. [...]

Mettre en lumière les implications théoriques et pratiques a nécessité de trouver dans la littérature de rares données de terrain qui démontraient des sauts de populations

d'un état à un autre, et aussi de décrire les non-linéarités dans les processus qui causaient ou inhibaient ce phénomène.

Cela a été un gros travail, et je me souviens de jours où je pensais que tout ça n'était que foutaises, et de jours où je croyais que c'était bien réel. J'ai fini le papier pendant un "bon" jour, où tout me paraissait très clair. [...] La preuve du processus causal était parfaite, bien que les preuves de terrain concernant le basculement de population n'étaient que suggestives. Néanmoins, les conséquences pour la théorie et la gestion étaient énormes. Cela impliquait que l'incertitude était inévitable et que les écosystèmes, à l'échelle de temps de l'évolution, étaient des entités en transition vers des états différents. Cela a pris trente ans à d'autres pour confirmer ces conclusions.

\*Propos extraits de Foundations of ecological Resilience (L.H. Gunderson, C. Allen, and C.S. Holling ed. Novembre 2009)

À LA UNE

→ nichage privilégié de certains oiseaux rares ou menacés, comme le butor, détaille Raphael Mathevet, du Centre d'écologie fonctionnelle et évolutive (CNRS). Si on décide de protéger ces oiseaux, une mesure radicale et instinctive serait d'interdire toute activité humaine dans le milieu. Le problème, c'est que la roselière est un écosystème dynamique qui a tendance à évoluer vers un autre état ! En l'absence d'exploitation, elle se développe, la matière organique s'accumule. L'écosystème peut alors devenir une tourbière, et ne plus convenir aux oiseaux que l'on voulait précisément préserver..."

#### L'AVÈNEMENT DES SOCIO-ÉCOSYSTÈMES

Autrement dit, c'est l'activité humaine qui maintient les roselières dans l'état de roselière. Plutôt qu'un écosystème, elles sont ce que ces nouveaux écologues appellent un "socio-écosystème". De quoi réfléchir à ce qui est naturel et ce qui ne l'est pas...

"Avec l'empreinte humaine croissante sur la planète, nous trouverons de nombreux 'nouveaux écosystèmes' remarquablement résilients qui ont appris à vivre sous les perturbations, prédit Shonil Bhagwat, du laboratoire d'écologie à long terme de l'université d'Oxford, en Angleterre. Ils présenteront un assemblage d'espèces que nous n'avions jamais vu auparavant, et ils continueront d'interroger notre perception de ce qui est naturel."

Loin d'en faire un droit à détruire, les spécialistes de cette écologie dynamique y voit la promesse d'une nouvelle alliance. "L'homme et la nature ne sont pas séparés, ils ont une trajectoire commune, ils subissent ensemble les chocs, note François Bousquet, chercheur au Cirad. La vision Homme versus Nature est aujourd'hui très minoritaire dans le milieu scientifique."

Et cette alliance repose sur un nouveau *credo*: la clé de la préservation de la nature réside moins dans notre capacité à la conserver que dans son incroyable capacité à se réinventer. La preuve en six exemples.



La température de la toundra augmente de 0,5 °C par décennie depuis les années 1970, un record dans le monde.

Les microbes, lors de ces hivers plus doux, produisent davantage de nutriments, qui restent piégés sous terre.

## Face au réchauffement climatique...

# La toundra arctique se transforme en paysage verdoyant

C'est la région du globe où le réchauffement climatique est le plus violent : depuis les années 1970, l'Alaska arctique a vu sa température augmenter de 0,5 °C par décennie, soit cinq fois plus que la moyenne mondiale.

Un tel choc thermique aurait de quoi saccager la toundra arctique, transformant cette vaste étendue de lichens et d'herbacées basses en un grand chaos boueux.

Or, les scientifiques assistent à tout autre chose. "Les images satellites montrent que l'ensemble

de l'Arctique est en train de verdir, signale Josh Schimel, spécialiste de la toundra à l'université de Californie. Sur le terrain, nous voyons apparaître des plantes ligneuses [arbustes et buissons]."

Que se passe-t-il ? En réalité, la toundra est en train de se réinventer en un écosystème spécifique, un type de végétation appelé fruticée.

Les ressorts de cette transformation ont été découverts en 2005, par Josh Schimel et des experts du Laboratoire de recherche et d'ingénierie des régions froides (Etats-Unis).



L'orignal ou d'autres espèces animales ou végétales pourraient prospérer dans ce nouveau paysage.

**Buissons et arbustes**  
se développent sur ce nouveau terreau, favorisant encore plus l'isolation du sous-sol.

Tout se joue en hiver. La douceur inhabituelle (sous l'effet du réchauffement) permet aux microbes des couches superficielles du sol de conserver une activité plus longtemps pendant la saison, produisant des nutriments qui restent piégés sous terre.

Dès lors, une spirale s'enclenche dans le réseau écologique.

L'été suivant, ces nutriments favorisent la pousse d'arbustes, lesquels profitent de températures estivales elles aussi plus clémentes.

Puis, un autre hiver commence... Les branches des buissons naissants piègent les flocons de neige qui déferlent dans le blizzard, si bien que l'épaisseur du manteau neigeux gagne jusqu'à 50 % sous les

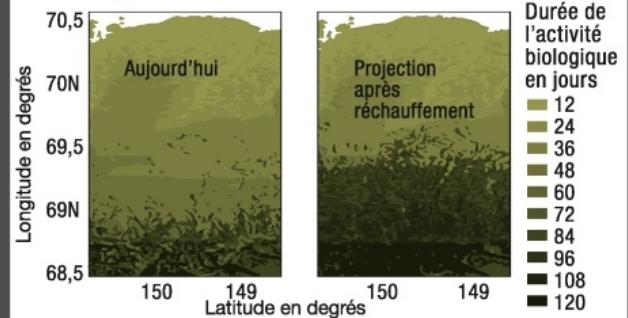
arbustes par rapport au reste de la toundra.

Préservé par cette couche isolante, le sol affiche une température supérieure à la normale. D'autant que les feuilles mortes de ces nouveaux arbustes tombées à l'automne participent à cette isolation.

Du coup, l'activité microbienne hivernale se fait encore plus intense; cette fruticée sera de nouveau stimulée l'été suivant, assurant une isolation du sol encore meilleure l'hiver d'après. Et ainsi de suite.

Grâce aux échanges permanents entre les microbes du sol et les arbustes, ce nouvel équilibre semble particulièrement stable. "L'ampleur et la vitesse de cette mutation sont encore mal connues", estime Josh Schimel. Mais si les

## La hausse de la température dope l'activité microbienne



températures continuent sur cette lancée – ce qui semble bien être le cas –, il est possible que ce paysage prenne définitivement le pas sur la toundra.

"Ces espaces en cours de formation vont héberger dans les années ou décennies à venir de nouvelles associations d'animaux et de plantes, poursuit le chercheur américain. Comme dans tout changement, il y aura des gagnants et des perdants : à mon avis, le caribou

ne trouvera plus son compte en Arctique, car cet animal a besoin des espaces ouverts de la toundra pour migrer et se nourrir de lichens à la mauvaise saison; or, la fruticée dense rend toute traversée difficile, et ce milieu est pauvre en lichens. Les gagnants seront peut-être les espèces habituées à évoluer en forêt boréale, comme l'orignal."

Sous l'assaut du réchauffement climatique, un écosystème connu de tous est en train de se réinventer.C.L.

**La surpêche** a provoqué l'effondrement brutal de la population de morues au début des années 1990.

**Le phytoplancton** en a profité pour se multiplier, fournissant une nourriture décisive pour les jeunes morues.

**Leurs proies**, poissons fourrages et invertébrés, ont prospéré, épousant le zooplancton dont ils se nourrissent.

## Face à la surexploitation...

# La morue reprend ses droits dans l'Atlantique Nord

Un océan vide de poissons ? La perspective fait frémir... En 1991, au large de la Nouvelle-Ecosse (Canada), les scientifiques constataient l'effondrement de la population de morues, exterminée par plusieurs décennies de pêche industrielle débridée.

Cette année-là, les chalutiers avaient encore remonté 105 000 t de ces poissons, ne laissant que de rares survivants, désormais incapables d'assumer leur rôle de prédateurs dominant l'écosystème.

Dans un milieu aussi vaste et stable que cette partie de l'Atlantique, les chercheurs ne s'attendaient pas à un gros bouleversement – la vie s'écoulerait juste sans morues.

D'où leur surprise en constatant que cet écosystème a trouvé le moyen de se réinventer... presque à l'identique.

*“Nous avons d'abord assisté à un complet renversement de situation, décrit Kenneth Frank, du Bedford Institute of Oceanography (Canada). Les prédateurs sont devenus des proies, et les proies des prédateurs.”*

Dès 1992, la chaîne alimentaire est bouleversée. Jusqu'alors pourchassés par les morues, les petits poissons fourrages (hareng, lançon...), mais aussi des invertébrés (crevette nordique, crabe des neiges), s'emparent du statut de chasseur. Et dévorent les alevins de morue qui ont encore l'audace d'éclore !

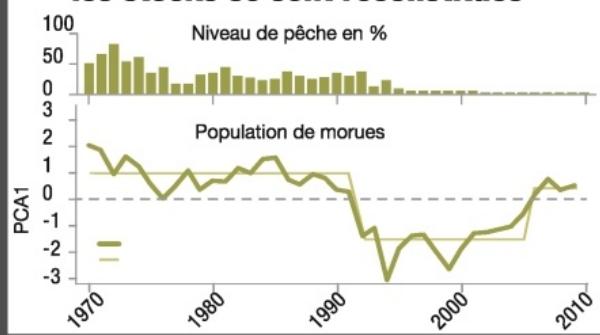
La morue semble alors condamnée, en dépit d'un moratoire sur la pêche en 1993. Dans le même temps, la biomasse des invertébrés double, celle des poissons fourrages est multipliée par neuf... Un tout nouvel écosystème émerge.

Mais au fil des années, cet équilibre se révèle précaire :

les harengs en surnombre épousent les stocks de zooplankton (animal); s'ensuit une famine, qui décime une partie des effectifs de harengs ; en parallèle, profitant du déficit de zooplankton, le phytoplancton (végétal) se multiplie par six.

Autant d'événements qui favorisent... le retour de la morue. Car ses alevins se nourrissent de phytoplancton, tandis que les harengs, moins nombreux, sont moins menaçants.

### Après leur effondrement en 1991, les stocks se sont reconstitués





Leur taux de survie s'en trouve multiplié par 70.

Ainsi, depuis 2005, les populations de morues se reconstituent, reprenant leur rôle de prédateur.

*"On observe de grands bancs au large de Saint-Pierre-et-Miquelon, visiblement en bonne santé et retrouvant une migration normale"*, s'enthousiasme Kenneth Frank.

Et voilà la chaîne alimentaire de nouveau fonctionnelle ! *"L'écosystème est à peu près revenu à son état antérieur, même si le haddock semble y jouer un rôle plus important"*, précise le chercheur.

Reste à savoir si cette stupéfiante réversibilité s'applique à d'autres écosystèmes malmenés : en mer Noire, en mer du Japon ou au large de la Namibie, la morue se fait encore attendre.

F.G.

## Face à la pollution chimique...

# La vie renaît dans une portion du canal de la Deûle

Voilà bien un écosystème que l'on croyait condamné à la stérilité. Dans le Nord-Pas-de-Calais, le canal de la Deûle ne donnait plus signe de vie depuis plus d'un siècle. Ses sédiments sont en effet gorgés de produits chimiques et de métaux lourds depuis le XIX<sup>e</sup> s.

Et pourtant... Une portion d'environ un kilomètre de longueur offre depuis une dizaine d'années une biomasse et une diversité exceptionnelles ! *"Sandres, brochets, carpes, brèmes, gardons, perches... tous*

*ces poissons d'eau douce repeuplent les eaux polluées*", s'étonne Florent Lamiot, écologue à la Région Nord-Pas-de-Calais.

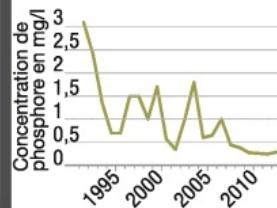
Comment cette partie du canal a-t-elle pu se transformer en un véritable aquarium géant ? *"Grâce à l'apport d'eau pompée dans les nappes de Lille, puis au rôle décisif d'une espèce invasive, les moules zébrées, qui filtrent les particules en suspension, stockant plomb et cobalt dans leurs coquilles"*, répond l'écologue.

Autre point clé de ce nouvel écosystème : l'installation, depuis environ six ans, d'éponges d'eau douce, plutôt familières des pays scandinaves. Qui non seulement filtrent l'eau, mais dont le mode de vie

(en symbiose avec des micro-algues vertes qui leur fournissent de l'oxygène) participe aussi à l'oxygénéation de la zone et donc au développement des plantes aquatiques, escargots, coquillages et alevins.

Ce nouvel écosystème sera-t-il stable ? *"C'est la grande question, admet Florent Lamiot. Il faudrait qu'il soit assez robuste pour perdurer sans apport d'eau et dans le cas où les métaux lourds emprisonnés dans les sédiments remonteraient à la surface."* L'observation récente d'éponges d'eau douce dans le canal de Roubaix est toutefois un point positif : *"Cela laisse entrevoir un début de colonie possible à partir de cette petite réserve naturelle"*. A.P.

### La pollution au phosphore est en baisse



À LA UNE



## Face à l'urbanisation...

# La faune et la flore changent de nature

Pur produit de l'homme pour l'homme, la ville est un environnement majoritairement bétonné, sec, piétiné, pollué. Un milieu où il est difficile d'imaginer que certaines espèces puissent se développer sereinement.

Et pourtant ! Depuis quelques années, les scientifiques constatent l'incroyable capacité de certaines espèces à s'approprier peu à peu ce nouvel univers de vie – en particulier les espèces opportunistes aux dynamiques rapides de colonisation.

Par exemple, les corneilles. Absentes des villes jusqu'au début des années 1990, voici qu'elles les envahissent en masse, au

point de poser aujourd'hui problème : à Paris, elles dégradent les poubelles et malmènent les promeneurs. Eux aussi attirés par la nourriture facile, de nombreux autres oiseaux s'adaptent à la ville : moineaux, étourneaux, pies, grives litornes, colombes à collier...

Les mammifères ne font pas exception, des blaireaux aux rats musqués en passant par les écureuils et même les renards roux.

Laura Fortel, à l'Institut national de la recherche agronomique, a quant à elle montré cet été que les milieux périurbain et urbain de Lyon regroupaient dorénavant près du tiers de la diversité des abeilles françaises.

Côté flore, c'est tout aussi impressionnant. Les experts de l'écologie urbaine recensent d'ores et déjà plus de 1000 espèces de plantes sauvages à Paris (consoude, roquette, orchidée, pisenlit, ortie...).

Inévitablement, avec le temps, une nouvelle vie s'invente autour du béton.

L'ornithologue Bernard Cadiou laisse aux goélands quelques décennies pour former une espèce urbaine à part entière : *"Alors que les colonies naturelles perdent la moitié de leurs effectifs tous les dix ans depuis 1990, la population de goélands continue de croître dans les villes, de plus en plus loin des côtes. A Paris, ils évoluent dans un archipel urbain où*

*chaque pâté de maisons représente un îlot de vie. En ville, tout est mieux : poubelles, déchets ménagers ou encore vers de terre au hasard d'un rond-point, d'un jardin public... On leur a mis le gîte et le couvert."*

Les communautés animales et végétales s'installent donc durablement en ville. Mieux, elles y déploient de nouvelles stratégies d'organisation. Romain Julliard, biologiste de la conservation au Muséum national d'histoire naturelle (MNHN), souligne que *"la plasticité des espèces animales leur permet de profiter des ressources présentes".*

Une plasticité qui amène la flore et la faune à modifier leurs modes de vie. Par



**Un nouvel écosystème** s'invente, qui, à terme, mènera à des populations urbaines de plus en plus spécifiques.

exemple, plus besoin de construire un nid! Une machinerie d'ascenseur, un conduit d'aération ou tout simplement un toit fournit des habitats idéaux pour nombre d'animaux. "Le colvert, qui niche habituellement sur le sol en campagne, investit les hauteurs en ville", décrit le chercheur.

Un accès facilité à la nourriture, associé à une diversité moindre des espèces, restreint les interactions agressives entre espèces et limite les prédateurs. Résultat de cette pacification, des populations qui augmentent rapidement, à la longévité accrue: "En ville, les merles vivent jusqu'à deux ans de plus que leurs homologues campagnards".

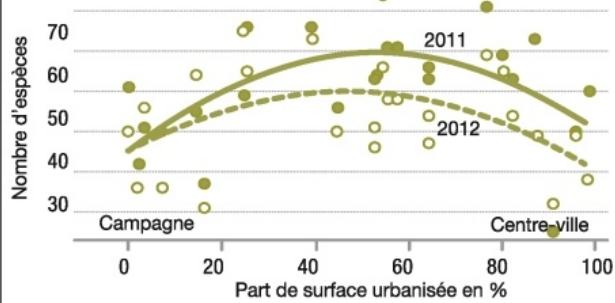
Autre phénomène notable: les animaux se sédentarisent, réduisant leurs comportements

migratoires. Le microclimat urbain, bénéficiant de quelques degrés de plus qu'en campagne, facilite en effet les hivernages.

Le "cocooning urbain" se généralise également. La saison de reproduction est prolongée, et les liens familiaux renforcés: "La période de reproduction des merles urbains commence une à quatre semaines plus tôt que celle des merles de la campagne, et le dernier-né quitte le nid un mois plus tard l'été".

Philippe Clergeau, écologue au MNHN, confirme: "La faune suit les modifications urbaines. Nous avons même vu des grillons se nourrir de tabac et de filtres de cigarettes dans le métro parisien!". Tandis que le faucon crécerelle ne chasse plus de la même façon et se nourrit de moineaux et

### Cas typique : la biodiversité des abeilles explose en zones semi-urbaines



de gros insectes en lieu et place des musaraignes et campagnols.

Nathalie Machon, écologue au MNHN, a étudié la même dynamique pour le monde végétal, qui, contre toute attente, se réinvente plus qu'il ne s'adapte: "Toute activité anthropique a une contrepartie sur l'organisation des plantes. Elles adoptent des comportements spécifiques à leur environnement urbain". En ville, la pâquerette sera plus résistante au piétinement et le pissenlit aura tendance

à disséminer ses graines à proximité afin de leur permettre de bénéficier de la terre, rare, à disposition.

"Une barrière culturelle est en train de se créer entre les espèces", estime Romain Julliard. Qui précise: "Il faudra observer les évolutions sur des dizaines ou des centaines d'années, mais les conditions sont réunies pour engendrer des populations urbaines génétiquement différentes".

En clair, une nature des villes, inédite jusqu'ici, est en train de naître.

A.P.

À LA UNE



## Face à l'invasion d'espèces...

# Les forêts hawaïennes trouvent un nouvel essor

*A priori*, tous les ingrédients du drame écologique sont réunis à Hawaï: voici une île isolée au milieu du Pacifique, couverte d'une flore totalement spécifique et préservée... jusqu'à ce que l'homme apporte dans le sillage de ses bateaux, et désormais de ses avions, plus d'un millier d'espèces végétales invasives.

Ici plus qu'ailleurs, ces spécimens d'origine étrangère étaient susceptibles de faire disparaître sur leur passage toute végétation indigène, déstabilisant les équilibres locaux et les menant vers un effondrement catastrophique.

C'était sans compter les formidables capacités de réorganisation des écosystèmes!

Les chercheurs du Smithsonian Tropical Research Institute (installé au Panama) ont en effet comparé les forêts natives des basses terres, gorgées de typiques arbustes à fleurs (*Metrosideros polymorpha*), avec les forêts dominées à environ 90 % par des espèces introduites (comme *Albizia falcata*, venue de Bornéo et Java en 1917).

Ils ont ainsi constaté que ces nouvelles communautés végétales assurent toutes les fonctions biogéochimiques (stockage du carbone, cycle des nutriments...) que l'on est en droit d'attendre d'une forêt.

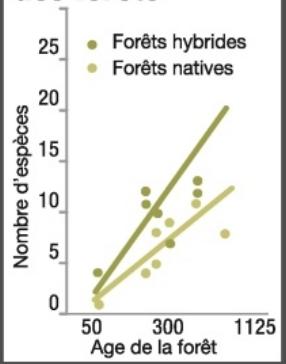
Mieux: cette alliance composite entre espèces invasives et natives se révèle

plus efficace que les forêts typiquement hawaïennes en termes de production de biomasse, de stockage du carbone et de cycle du phosphore et de l'azote.

*"Dans certaines îles, des espèces invasives apportent des fonctionnalités qui manquaient aux communautés locales de plantes ou d'animaux,* souligne le botaniste Stefan Schnitzer, l'un des auteurs de cette étude. *En outre, dans beaucoup d'îles, ces envahisseurs permettent aussi d'augmenter le nombre d'espèces disponibles – en dépit de la disparition d'espèces natives."*

Depuis mille sept cents ans et l'arrivée de l'homme à Hawaï, au moins 1090 espèces de plantes d'origine étrangère se sont

### Les intrus dopent la biodiversité des forêts



installées, quand seulement 71 cas d'extinction de flore native ont été repérés. Résultat: les forêts présentent une biodiversité deux fois plus riche et sont significativement plus productives... même si certaines espèces endémiques d'oiseaux et d'insectes n'y trouvent plus forcément leur place.

Cas d'école, l'archipel d'Hawaï démontre que l'arrivée d'espèces invasives peut aussi donner un nouvel essor aux écosystèmes.

C.L.

De gigantesques plaques de débris plastiques flottent depuis des décennies sur les différents océans du globe.

Un monde vivant, complexe et inédit, est en train d'émerger de ces nouvelles interactions entre micro-organismes.

Bactéries, algues et autres microbes marins ont peu à peu colonisé ce nouveau territoire vierge.

## Face aux déchets...

# Un écosystème marin émerge du plastique

*“Seuls nous, les hommes, sommes capables de produire des déchets que la nature ne peut pas digérer.”* Ainsi s'exprimait Charles Moore, navigateur océanographe, lorsqu'il découvrit en 1997 une gigantesque étendue de débris plastiques flottant dans le Pacifique Nord. Une infime partie de ce qu'on appelle aujourd'hui le 7<sup>e</sup> continent. Ce continent *a priori* stérile regroupe, à raison de 200 000 morceaux de plastique par kilomètre carré, les déchets concentrés dans 5 tourbillons géants des océans Pacifique, Atlantique et Indien.

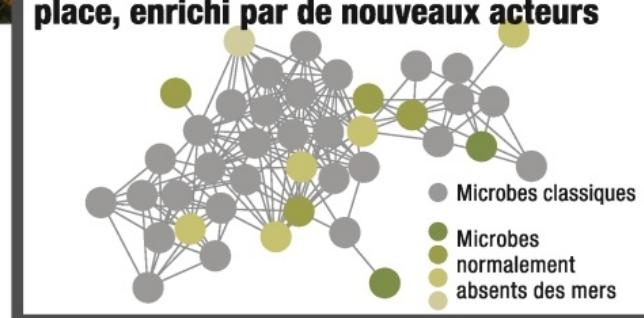
Stérile, vraiment ? En 2013, les analyses, à l'Institut océanographique de Woods Hole (Etats-Unis),

de ces débris de plastique ont révélé... une vie foisonnante à leur surface ! Chacun de ces fragments perdus dans l'océan est en effet colonisé par d'innombrables organismes vivants : bactéries, algues brunes unicellulaires...

Ainsi est née la “plastisphère”, stupéfiant écosystème autonome né quasiment contre-nature au cœur des océans. La nature déjoue décidément toutes les prévisions.

Tracy Mincer, biochimiste à Woods Hole, précise que *“la diversité bactérienne retrouvée sur le plastique induit un véritable cycle de vie : toute une communauté de plantes unicellulaires, de microbes prédateurs et de bactéries vivent en symbiose*

**Un réseau d'interactions inédit se met en place, enrichi par de nouveaux acteurs**



entre eux et avec leurs homologues non organiques”.

D'ailleurs, la nouvelle communauté, dont la longévité surpassé celle de la plupart des débris naturels, a des propriétés qui lui sont propres : on y trouve des bactéries absentes de l'eau de mer ! En effet, la surface du plastique est hydrophobe, ce qui engendre la formation d'un biofilm à l'origine de bactéries aux propriétés particulières. Avec sa croissance microbienne rapide, la “plastisphère” serait même capable de modifier l'équilibre des couches superficielles de l'océan.

Plus encore, Erik Zettler, auteur principal de l'étude, a souligné l'existence de bactéries susceptibles de dégrader les hydrocarbures... et donc le plastique : *“Des observations au microscope électronique montrent des cellules microbiennes incorporées dans des trous à la surface du plastique.”*

Quoiqu'il en soit, la “plastisphère”, problème écologique majeur, en apporte une nouvelle fois la démonstration : non seulement la nature est capable de se réinventer, mais elle est même en mesure de s'inventer. A.P.

À LA UNE

# LES NOUVEAUX DÉFIS DE L'ÉCOLOGIE

*Doués de résilience, évolutifs et non statiques : tels sont en réalité les écosystèmes. De quoi poser les bases d'une nouvelle écologie où, pour préserver la nature, il ne s'agit plus de la conserver à tout prix.*

Amour de la nature, goût de l'aventure, patience sans bornes, minutie d'entomologiste : telles sont les qualités de tout bon écologue. Mais elles ne suffisent plus. Désormais, il faut y ajouter une expertise des réseaux complexes, une connaissance de la dynamique du chaos et une bonne maîtrise de la résolution des équations non linéaires...

Autant dire que l'écologue du XXI<sup>e</sup> siècle est lui-même entré dans une nouvelle ère.

Et pour cause : les mesures directes de l'état de santé des écosystèmes, aussi perfectionnées soient-elles, ne parviennent pas à expliquer leur stupefiante dynamique face aux agressions humaines.

Les exemples des pages précédentes illustrent l'ampleur du défi : comment anticiper les bouleversements induits par le réchauffement, la surpêche, la pollution, l'introduction de nouvelles espèces ou l'urbanisation ? Comment saisir la capacité des écosystèmes à absorber les chocs, à se réinventer ou à s'effondrer brutalement ?

La réponse se trouve dans les laboratoires, où les écologues commencent à mobiliser mathématiciens, physiciens et informaticiens... bien au-delà de l'élémentaire "qui mange qui ?".

Depuis une décennie environ, une nouvelle discipline est en train d'éclore, avec des concepts inédits et

de nouveaux outils, mais aussi de violentes remises en question.

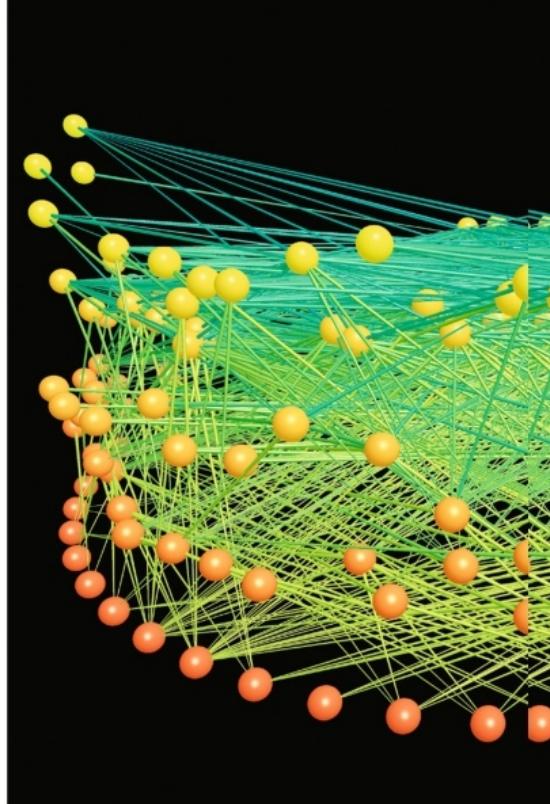
Car pour l'heure, force est de constater que les réponses de cette "nouvelle écologie" restent balbutiantes et parfois contradictoires. Au sein de ces entrelacs d'espèces qui interagissent entre elles plus ou moins intensément, "*les causes et conséquences sont difficiles à relier ; des corrélations éphémères apparaissent et certaines ne sont que des mirages*", reconnaît George Sugihara, biologiste théoricien à l'Institut d'océanographie Scripps (Etats-Unis).

## REPENSER L'IDÉE DE BIODIVERSITÉ

Même le sacro-saint concept de biodiversité est interrogé. Est-il le paramètre clé qu'il conviendrait de préserver à tout prix face aux pressions externes croissantes, comme l'incitent à le penser les discours habituels ?

Le raisonnement semble imprévisible : la diversité augmente la probabilité de disposer d'espèces capables de rebondir face aux perturbations et minimise le risque de voir disparaître totalement certains groupes fonctionnels critiques.

Par exemple, "*dans les forêts de varech, la loutre de mer est le seul prédateur de l'oursin*", décrit Lance Gunderson, biologiste à l'université Emory (Etats-Unis). Sa disparition se traduit par une prolifération des oursins, qui finissent par manger toutes



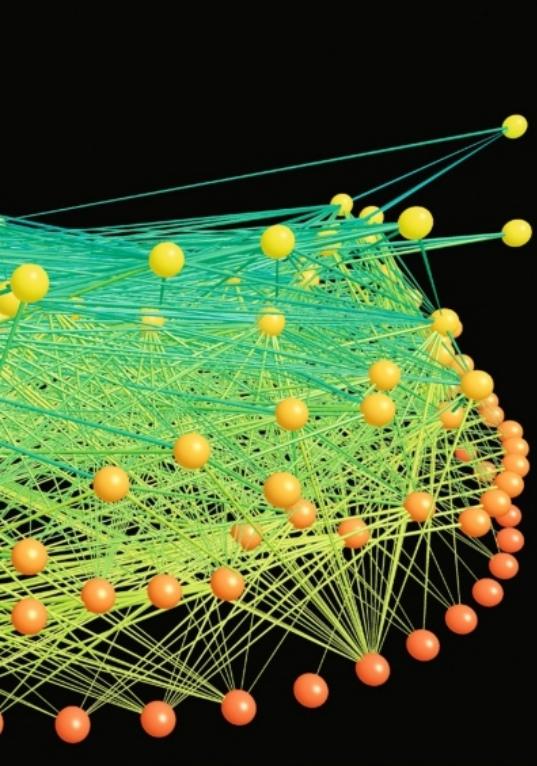
*les algues, ce qui conduit à l'effondrement de la forêt de varech".*

Sauf que les expériences mettant à l'épreuve la biodiversité livrent des résultats incertains. *"Des expériences de perturbation menées sur des prairies riches en espèces révèlent qu'elles sont moins résistantes aux sécheresses que celles présentant une faible diversité"*, relève Mathew Williams, chercheur en écologie du changement climatique à l'université d'Edimbourg (Ecosse).

Les spécialistes des réseaux se déchirent encore sur le sujet. *"Nous manquons de preuves claires des effets de la biodiversité sur la stabilité des écosystèmes"*, précise Rudolf Rohr, chercheur en écologie mathématique à l'université de Fribourg (Suisse). *"Une communauté très diverse ne pourra être préservée que si elle est organisée de manière optimale."*

La plupart des scientifiques s'accordent sur ce point : la clé de la dynamique des écosystèmes réside dans la structure des interactions tissées entre les espèces, et non dans l'identité des espèces elles-mêmes.

*"L'étude d'écosystèmes fossiles d'espèces disparues montre qu'ils présentent des structures très similaires à celles des écosystèmes modernes"*, note Aaron Clauset, physicien



### Comment tracer le réseau ?

Un écosystème comporte une foule d'interactions d'intensité et de nature variées : relations alimentaires, mutualistes... Sur le terrain, le tracé de ce réseau (un point par espèce ; une ligne par interaction) se heurte à la difficulté de collecter ces informations, souvent invisibles.

spécialiste des réseaux biologiques à l'université du Colorado (Etats-Unis).

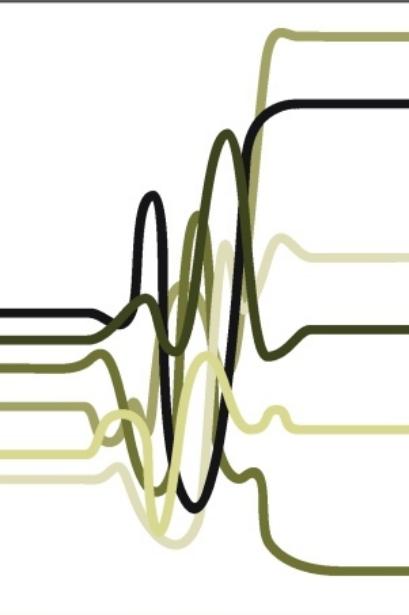
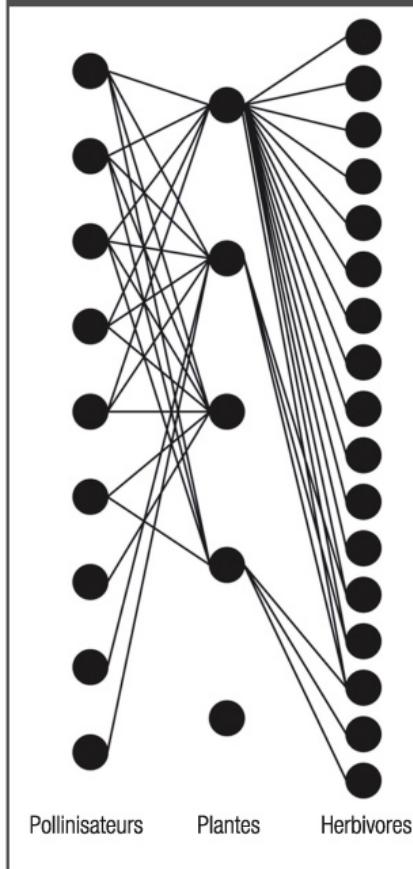
Plutôt que l'art de la préservation des pandas et autres espèces iconiques, l'écologie est la science de l'évolution de ces réseaux. *“On passe d'une vision centrée sur chaque espèce à l'observation d'une communauté d'espèces interconnectées*, souligne Rudolf Rohr. *Cette approche est la plus adaptée pour analyser les écosystèmes quand l'intuition et le bon sens ne suffisent plus.”*

Le problème, c'est que les lois de ces réseaux sont difficiles à maîtriser – les généticiens et les informaticiens peuvent en témoigner.

Pour l'instant, seules quelques grandes règles ont pu être dégagées. Ainsi, les réseaux d'interactions herbivores-plantes se structurent spontanément en écosystèmes compartimentés (plusieurs groupes d'espèces très liées entre elles), tandis que les relations mutualistes entre polliniseurs et plantes font apparaître des structures emboîtées (des espèces →

### Comment comprendre sa structure ?

D'après les observations, les relations entre plantes et polliniseurs forment des réseaux emboîtés, quand celles entre plantes et herbivores sont plutôt compartimentées. Mais il est difficile de comprendre les conséquences de ces architectures sur la dynamique de l'écosystème.

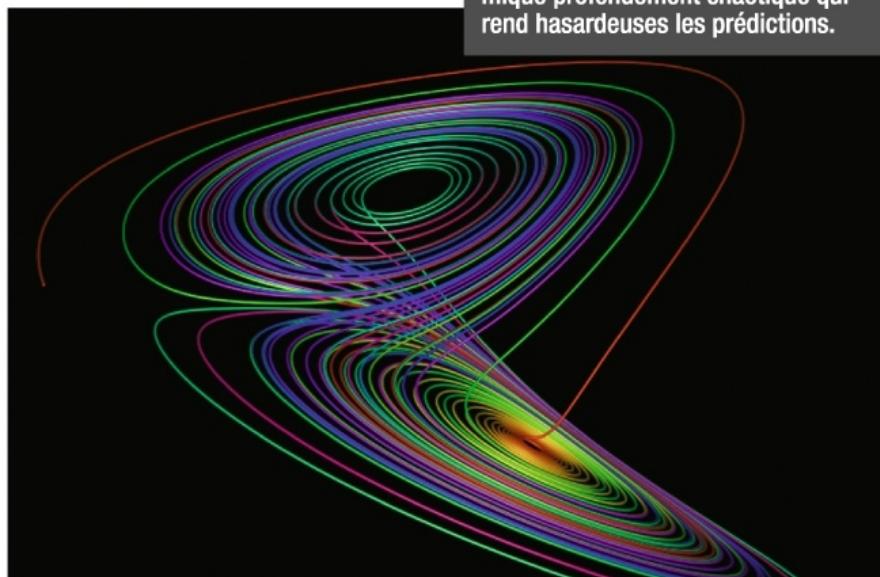


### Comment suivre sa dynamique ?

La population de chaque espèce de l'écosystème peut varier considérablement sur un temps court, en particulier à cause de l'impact des autres espèces. Les équations décrivant ce comportement non linéaire sont très délicates à résoudre.

### Comment prédire ses changements d'état ?

Un écosystème peut “tourner” longtemps autour d'un état stable avant de brusquement sauter vers un autre état (“l'hélice” ci-dessous illustre cette transition). Une dynamique profondément chaotique qui rend hasardeuses les prédictions.



→ spécialistes se lient à un seul groupe d'espèces généralistes omnipotentes).

Mais l'incertitude plane encore sur les conséquences de ces architectures caractéristiques.

*"L'organisation compartimentée semble favorable à la résilience d'un écosystème : lorsqu'une espèce est touchée dans l'un des compartiments, lui seul est réellement impacté"*, avance Nicolas Loeuille, de l'équipe Ecologie et évolution des réseaux d'interactions (Paris 6). Oui mais, avertit Aaron Clauset, *"piégées dans ces compartiments, les instabilités persistent plus longtemps. Et ces groupes d'espèces, faiblement liés entre eux, peuvent facilement être séparés les uns des autres"*.

Même flou pour l'architecture emboîtée : des études théoriques lui trouvent toutes les qualités de flexibilité, quand d'autres alertent sur sa grande fragilité. Pis, ces réseaux surchargés et très hiérarchiques présenteraient un risque élevé d'effondrement général en cas de perte d'une espèce clé...

*"Nous peinons encore à comprendre l'influence de la structure d'un écosystème sur sa résilience"*, reconnaît Mathew Williams.

#### UNE TROP GRANDE PART DE HASARD

Les écosystèmes comportent un nombre incalculable de liens de nature très différentes, et les modélisations numériques peinent à suivre. *"Aussi détaillées soient-elles, nos simulations sont fatalement limitées par notre imagination et les données récoltées sur le terrain"*, souligne Aaron Clauset.

Bernhard Schmid, de l'Institut de biologie évolutionniste et d'études environnementales (université de Zurich, Suisse) estime aussi qu'une grande partie de la vérité nous échappe : *"Les modèles actuels ont tendance à sous-estimer la résilience des écosystèmes, pour la simple raison qu'ils ne prennent pas en compte la capacité d'évolution des espèces"*.

Sans compter qu'un autre paramètre semble devoir être pris en compte : le vieillissement. *"Quand un état se consolide, le système devient de plus*

## LES PREMIERS PAS DIFFICILES DE L'INGÉNIERIE DES ÉCOSYSTÈMES

Si les scientifiques tentent de comprendre la dynamique des écosystèmes, c'est d'abord dans l'espoir de pouvoir les stabiliser, accélérer leur rétablissement ou adoucir leurs plus violentes transitions. Cette "ingénierie des écosystèmes" n'est pas encore en vigueur. Mais de premiers résultats théoriques avancent quelques pistes, parfois dérangeantes. *"D'après nos simulations, déplacer ou réduire la population d'une seule espèce peut minimiser les risques d'effondrement d'un écosystème entier"*, lance Adilson Motter, physicien à l'université Northwestern (Etats-Unis). Sacrifier une espèce au profit de toutes les autres ? Parues en 2011, ces conclusions ont suscité un certain malaise... Et puis, intervenir sur des réseaux complexes est délicat et peut mener à des effets désastreusement inattendus. *"Certains chercheurs pensent qu'il vaut mieux laisser la nature se 'réparer' seule"*, note Michel Loreau, directeur du Centre de théorie et modélisation de la biodiversité. *"Difficile de trancher... En même temps, il faudrait un siècle ou plus aux écosystèmes pour se remettre eux-mêmes d'aplomb, quand dix ans suffiront peut-être si l'on met la main à la pâte."*

*en plus dépendant d'une structure donnée et de ses processus associés*, avance Raphaël Mathevet, du Centre d'écologie fonctionnelle et évolutive (CNRS). *L'écosystème accumule de la matière et de l'énergie, avec souvent moins de diversité à cause de la domination de certaines espèces : le réseau devient de plus en plus 'rigide'.*

Cas d'école : plus il pousse d'arbres au fil des décennies, plus le milieu devient vulnérable au feu. Le temps qui passe emporterait inexorablement tout écosystème vers un point de bascule...

Or, certains changements sont irréversibles. Cela pourrait être la plaie des récifs coralliens et leur large éventail d'espèces colorées : déjà fragilisés par la surpêche, la pollution et le tourisme, ils pourraient être condamnés par l'augmentation irrémédiable des températures, au profit d'un nouvel écosystème dominé par les algues, qui serait, lui, très difficile à renverser.

Comment prendre en compte l'effet de ces perturbations humaines, à la fois rapides, profondes, fréquentes et combinées ? *"Il y a une telle part d'aléatoire qu'il est difficile de prédire le résultat de la bascule"*, explique Rudolf Rohr.

*"Dans certains cas classiques, comme après l'incendie d'une forêt, nous connaissons la succession des états transitoires, mais les écosystèmes n'ont pas toujours d'états stables alternatifs"*, complète Marten Scheffer, du programme d'analyse de la résilience et des transitions critiques (université de Wageningue, Pays-Bas), qui s'attache à déchiffrer les signes avant-coureurs de ces brusques plongées dans l'inconnu.

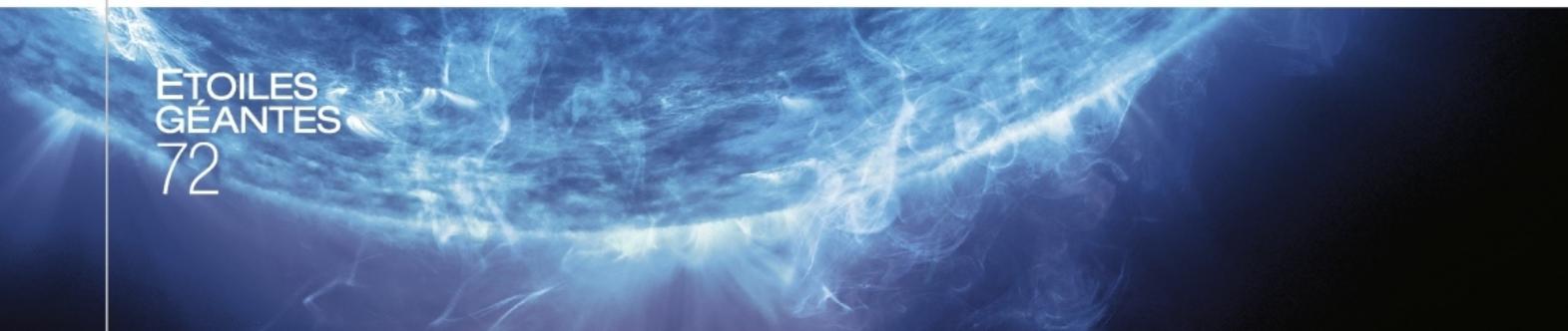
Face à tant d'incertitudes, les outils de traitement ciblés issus de la théorie des réseaux tardent à se mettre en place et les opérations de sauvetage des écosystèmes restent difficiles à organiser (voir encadré). D'abord observateurs des transformations de la nature, les "nouveaux écologues" doivent s'en faire les théoriciens, avant d'espérer en devenir les ingénieurs.

A lire : les principales études évoquées dans ce dossier ; *Résilience & Environnement*, de François Bousquet et Raphaël Mathevet (éd. Buchet/Chastel, avril 2014) ; *La Grande Invasion*, de Jacques Tassin (éd. Odile Jacob, février 2014).

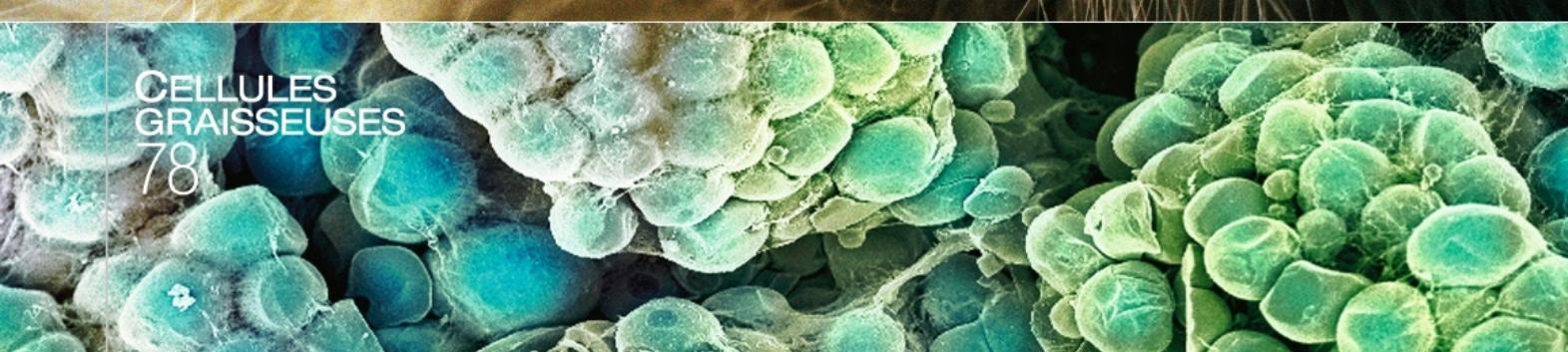


# & Science découvertes

ETOILES  
GÉANTES  
72



YETI 75



CELLULES  
GRAISSEUSES  
78



VOLCAN  
ISLANDAIS  
84



88 CARTE  
DU MONDE



Etoile primordiale,  
dite de "population III"

← 100 unités astronomiques →  
(100 fois la distance Terre-Soleil)

Soleil Jupiter Saturne Uranus Neptune Céinture de Kuiper

#### ▲ AUSSI GROSSES QUE LE SYSTÈME SOLAIRE!

Nées il y a 13 milliards d'années, les premières habitantes de l'Univers – astres dits de "population III" – pesaient jusqu'à 1 million de masses solaires (par comparaison, les plus grosses étoiles observées en font quelques dizaines). Elles pouvaient s'étendre d'un bout à l'autre de la ceinture de Kuiper.

D.FLORENTZ

Au commencement étaient...

# ... des étoiles monstrueuses

Des astres colossaux, lourds comme 1 million de Soleil : voilà à quoi devaient ressembler les toutes premières étoiles. Dont il ne reste qu'à retrouver la trace...

Par **Mathilde Fontez**

**P**lusieurs dizaines de milliers de Soleil, voire 100 000 fois la masse de notre étoile", calcule Naoki Yoshida, à l'université de Tokyo. "Plusieurs centaines de milliers", avance Marta Volonteri, à l'Institut d'astrophysique de Paris.

Qui dit mieux ? "Jusqu'à un million de masses solaires !", renchérit Athena Stacy, à l'université du Texas. Elles devaient être vraiment énormes, mesurant jusqu'à 100 fois la distance entre la Terre et le Soleil !"

Il y a plus de 13 milliards d'années, alors que l'Univers émergeait du big bang et que se dessinaient les premières galaxies, brillaient des étoiles incroyablement massives.

Perdus dans le noir, ces mastodontes rassemblaient en leur cœur toute la matière des galaxies naissantes pour briller durant quelques centaines de millions d'années. Des colosses éphémères, aux limites de la physique. Des monstres que personne n'avait jusqu'ici envisagés... et que personne n'a encore jamais observés.

Pour imaginer à quoi ressemblaient les premières habitantes de l'Univers, les astronomes ne disposent, depuis les années 1980, que d'une seule donnée : la composition du milieu dans lequel elles se sont formées. Pas de poussière ni de molécule complexe, mais une soupe primordiale faite des atomes les plus légers

qui soient. A savoir : beaucoup d'hydrogène, un peu d'hélium et un peu de lithium, tous produits par le big bang.

A partir de là, les scientifiques ont bâti une sorte de modèle standard selon lequel les premiers astres (les "étoiles de population III") étaient relativement gros – quelques centaines de masses solaires.

*"Ces astres primordiaux étaient vus comme un laboratoire simplifié, comparé aux processus complexes de formation des étoiles dans l'Univers actuel"*, précise Volker Bromm, spécialiste du sujet à l'université du Texas.



## Contexte

Les premières étoiles sont nées juste après le big bang de l'effondrement de nuages d'hydrogène et d'hélium. Elles ont produit les atomes complexes qui peuplent aujourd'hui notre monde, dans lequel s'est formée une seconde génération d'étoiles. Hors de portée des télescopes, elles sont essentielles pour comprendre l'évolution, jusqu'à nos jours, de l'Univers.

→ Mais en 2012, les choses se compliquent. En utilisant de nouveaux modèles, les astronomes réalisent que les embryons d'étoiles se mettent à tourner sur eux-mêmes, entraînant avec eux les gaz de leur cocon jusqu'à ce que se forme un disque plat. Un disque qui devient vite si massif qu'irrésistiblement, il se déstabilise et se fragmente, donnant naissance à plusieurs embryons d'étoiles.

sauf qu'elles ne peuvent pas avoir été les seules premières habitantes de l'Univers !

Car les astronomes découvrent aussi les traces de trous noirs, ces étoiles mortes incroyablement massives, qui devaient peupler l'Univers moins d'un milliard d'années après sa naissance. Des trous noirs qui ne peuvent être nés de l'agonie de petites étoiles... mais bien de la mort d'astres colossaux.

découvert qu'en tenant compte de la capacité des étoiles à aspirer la matière alentour, elles pouvaient atteindre 1 000, puis 10 000, puis 100 000 et enfin... jusqu'à 1 million de fois la masse du Soleil !

### BIENTÔT DES IMAGES

Ces étoiles pouvaient ainsi concentrer toute la matière de l'embryon de galaxie dans lequel elles naissaient. Or, plus un astre est massif, plus sa vie est brève. Elles ne vivaient donc que quelques centaines de millions d'années, peut-être même moins, avant de se déstabiliser et de s'effondrer en un trou noir.

Le phénomène serait assez rare. Mais il fait déjà fantasmer les astronomes. Car selon leurs calculs, ces monstres seraient assez lumineux pour être visibles avec le *James Webb Space Telescope*, ce puissant télescope spatial qui devrait remplacer *Hubble* à partir de 2018.

Ce serait alors la première observation directe des premiers moments de l'Univers, cet âge sombre que les astrophysiciens ne peuvent qu'imaginer dans leurs simulations, et qui pose donc nombre de questions. “Comment cet Univers primordial est devenu le monde complexe que nous observons aujourd’hui ? Comment ce milieu opaque est-il brusquement devenu transparent ?”, liste Volker Bromm.

Rendez-vous dans quatre ans pour découvrir les plus monstrueux objets jamais prédits par l'astrophysique.

A voir : les somptueuses volutes de gaz engendrées par les premières étoiles dans les images tirées des simulations.

EN  
SAVOIR  
PLUS

## Les plus petites des premières étoiles pourraient avoir survécu

**Les étoiles primordiales pourraient être là, tout près de nous, sans que l'on n'en sache rien !** Car si certaines sont peu massives, cela signifie aussi qu'elles vivent plus longtemps que prévu. Ainsi, une étoile comme le Soleil a une durée de vie de quelque 10 milliards d'années... soit presque l'âge de l'Univers. “*Une étoile née quelques centaines de millions d'années après le big bang et dont la masse serait de l'ordre de 0,8 fois celle du Soleil pourrait être encore là aujourd'hui*”, précise Marta Volonteri. Mais encore faudrait-il l'identifier. Or, les étoiles ne cessent d'absorber la matière qui les entoure. Les étoiles primordiales pourraient donc passer pour des étoiles normales parce qu'elles ont grignoté les atomes complexes dans lesquels elles baignent...

“*Au lieu d'une unique étoile de quelques centaines de fois la masse du Soleil, il se forme plusieurs petites protoétoiles qui, la plupart du temps, finissent par être éjectées brutalement*”, précise Volker Bromm.

Ainsi les modèles se mettent-ils à fabriquer des groupes de petits astres, de quelques dizaines de masses solaires, dont certains pourraient être encore vivants aujourd'hui (voir encadré). “*Les simulations les plus récentes produisent même des étoiles de la taille du Soleil*”, s'enthousiasme Athena Stacy.

Plein de petites étoiles donc, au lieu de quelques grosses...

“*Une quarantaine de quasars [des galaxies extrêmement brillantes] ont été détectés dans l'Univers lointain – c'est-à-dire l'Univers ancien, puisqu'en astronomie, qui regarde au loin remonte le temps*, raconte Naoki Yoshida. Nous pensons que leur lumière est produite par la matière tombant dans des trous noirs aussi gros qu'un milliard de masses solaires.”

Et Marta Volonteri de résumer le problème : “*Si toutes les premières étoiles étaient très petites, de tels types de trous noirs ne pourraient pas exister.*”

Les astronomes ont donc repris leurs simulations et

# Yeti Enfin une piste

Mythe ou réalité ? Pour la première fois, un généticien a analysé des dizaines de poils censés appartenir au yeti. Verdict : pas de primate géant, mais une vache, un tapir, un hérisson... Et un ours d'une espèce disparue !

Par **Emilie Rauscher**

## Repère

Le Britannique B. H. Hodgson est le premier Européen à rapporter l'existence du yeti en 1832, au Népal. Grande et effrayante, la créature ne se cantonne pas à l'Himalaya : ailleurs en Asie, elle prend le nom de *migyur* ou *d'orang pendek*, *d'almasty* en Russie, de *bigfoot* ou *sasquatch* en Amérique du Nord... Si elle tient généralement plus du primate géant, elle semble aussi parfois s'inspirer de l'ours ou du bovin.

**D**epuis plus de soixante-dix ans, énigme parmi les énigmes, "il" échappe à toute reconnaissance officielle. Et pourtant ! Les témoignages s'accumulent par centaines, les indices de son existence affolent le Web...

En un mot : le yeti serait réel. Hergé avait raison. Il existerait bien des sortes de primates géants qui se cachereraient dans les montagnes. C'est à se demander ce que fait la science.

La science ? Elle snobe cette incroyable révélation, affirment les zélateurs de la créature ; elle se méfie des canulars, rétorquent pour leur part les scientifiques...

Ces derniers s'adonnent il est vrai assez peu à la cryptozoologie, cette "science" des animaux fabuleux (voir jargon). Une réticence pas seulement intellectuelle : on les voit rarement (jamais) dépenser leurs précieux crédits en études

sur le dahu et autres yetis, ou quel que soit le nom que d'aucuns donnent à l'abominable homme des neiges : *bigfoot*, *sasquatch*, *migyur*, etc. Le ridicule ne tue pas, sauf peut-être une carrière scientifique...

Bryan Sykes, spécialiste de la génétique humaine à la prestigieuse université d'Oxford (Royaume-Uni), vient pourtant de déroger à la règle. Il faut dire que sa carrière est faite, sa renommée mondiale, et son professionnalisme reconnu – il fut notamment le premier à extraire de l'ADN ancien d'os.

C'est donc sans crainte qu'il s'est lancé en 2011 dans une inhabituelle aventure scientifique. Qui a abouti à la publication, en juillet dernier, de son "Analyse génétique d'échantillons de poils attribués au yeti, au bigfoot et à d'autres primates anormaux". Le tout avec une démarche menée sans parti pris et soutenue par un protocole expérimental solide. →

# PAS D'ADN DE PRIMATE GÉANT, MAIS...

Poils trouvés en...	... d'abord attribués au...	... mais identifiés après analyse génétique comme appartenant à l'espèce:
Inde	Yeti	Ours polaire ( <i>Ursus maritimus</i> )
Bhoutan	Migyhur	Ours polaire ( <i>U. maritimus</i> )
Népal	Yeti	Saro de Sumatra ( <i>Capricornis sumatraensis</i> )
Russie	Almasty	Ours brun ( <i>Ursus arctos</i> ) (2 fois)
Russie	Almasty	Cheval ( <i>Equus caballus</i> ) (3 fois)
Russie	Almasty	Vache ( <i>Bos taurus</i> )
Russie	Almasty	Ours noir ( <i>Ursus americanus</i> )
Russie	Almasty	Raton laveur ( <i>Procyon lotor</i> )
Sumatra	Orang pendek	Tapir d'Asie ( <i>Tapirus indicus</i> )
Arizona (E.-U.)	Bigfoot	Raton laveur ( <i>P. lotor</i> )
Arizona (E.-U.)	Bigfoot	Mouton ( <i>Ovis aries</i> )
Californie (E.-U.)	Bigfoot	Ours noir ( <i>U. americanus</i> ) (2 fois)
Minnesota (E.-U.)	Bigfoot	Porc-épic d'Amérique ( <i>Erethizon dorsatum</i> )
Minnesota (E.-U.)	Bigfoot	Ours noir ( <i>U. americanus</i> )
Oregon (E.-U.)	Bigfoot	Ours noir ( <i>U. americanus</i> )
Oregon (E.-U.)	Bigfoot	Canidé ( <i>Canis lupus/latrans/domesticus</i> )
Texas (E.-U.)	Bigfoot	Cheval ( <i>E. caballus</i> )
Texas (E.-U.)	Bigfoot	Homme ( <i>Homo sapiens</i> )
Washington (E.-U.)	Bigfoot	Ours noir ( <i>U. americanus</i> )
Washington (E.-U.)	Bigfoot	Canidé ( <i>C. lupus/latrans/domesticus</i> ) (3 fois)
Washington (E.-U.)	Bigfoot	Vache ( <i>B. taurus</i> ) (3 fois)
Washington (E.-U.)	Bigfoot	Cerf ( <i>Odocoileus virginianus/hemionus</i> )



→ “On ne compte plus les théories expliquant ce que [les yetis] pourraient être, pointe d'abord le généticien dans son étude. Des populations survivantes d'hominidés tels *Homo neanderthalensis* ou *Denisova*, des espèces de grands singes disparus comme *Gigantopithecus* ou même d'improbables hybrides entre *Homo sapiens* et d'autres mammifères...” Tant d'incertitudes demandaient éclaircissement.

Pour en avoir le cœur net, le professeur britannique s'associe au musée de zoologie de Lausanne, une digne institution qui abrite, outre de belles collections, les archives de feu le zoologue belge Bernard Heuvelmans – inspirateur d'Hergé pour son album *Tintin au Tibet* et fondateur présumé de la cryptozoologie.

## Jargon

La **crypto-zoologie** est la pseudo-science qui étudie les “cryptides”, ces animaux mythiques demeurant introuvables, comme le yeti, mais aussi le monstre du Loch Ness, la bête du Gévaudan, le chupacabra ou encore le wendigo.

Et le 14 mai 2012, il fait un appel au don d'échantillons pileux auprès des nombreux musées et collectionneurs privés qui possèdent des touffes estampillées “yeti” ou “bigfoot” à travers le monde.

Parmi toutes les propositions d'échantillons, 57 sont retenus, sélectionnés d'après leur description, leur provenance et leur histoire. Certains révéleraient-ils l'existence d'une espèce animale, mi-homme mi-singe, capable de donner corps au mythe ?

### 37 ÉCHANTILLONS PILEUX

Commence alors la partie proprement scientifique de l'étude. Analyses micro et macroscopiques et examens par fluorescence infrarouge permettent, dans un premier temps, d'écartier tout ce qui

n'est pas poil dans les touffes – des végétaux et de la fibre de verre se voient ici recalés.

Les 37 échantillons restants sont soumis à l'analyse génétique. Ils sont nettoyés et incubés, puis leur ADN est extrait selon un protocole mis au point par Bryan Sykes.

Cible du généticien : l'ADN mitochondrial (à l'intérieur des mitochondries, des organites de la cellule), et non nucléaire (dans le noyau).

Présent en plus grande quantité, transmis par la lignée maternelle, cet ADN porte des séquences courtes bien conservées, pouvant être comparées avec les milliers de séquences déjà enregistrées dans des bases de données spécialisées – ici GenBank, tenue par le NIH, l'institut de la santé américaine.



< Bryan Sykes (à dr.) et Michel Satori, directeur du musée de zoologie de Lausanne, ont travaillé à partir de poils attribués au yeti et équivalents.

*“En dépit des grandes variations d’âge et d’état des poils, qui allaient de frais à âgés de plus de 50 ans, la majorité a permis l’identification des espèces avec 100 % de similitudes entre les séquences”,* note, satisfait, Bryan Sykes.

## Ces animaux mythiques qui sont devenus bien réels...

Certes, la cryptozoologie est souvent assez fantasque dans ses domaines de recherche et ses méthodes... Mais parfois, au fil des découvertes, certains de ses objets d'étude changent de camp et passent dans le giron de la science. Ainsi, si le yeti ne connaît pas (encore) de description scientifique, plusieurs espèces longtemps considérées comme légendaires ont fini par être reconnues comme bien réelles: c'est notamment le cas du dragon de Komodo, de l'okapi, du gorille des montagnes ou même, tout récemment, du kraken (voir *S&V* n° 1148, p. 92). Et nombreux sont les travaux menés sérieusement, comme ceux de Bryan Sykes, qui permettent d'en savoir plus sur le mode de vie et la répartition d'espèces déjà connues, mais dont les traces étaient attribuées à un "cryptide".

ICON FILMS

Sur les 37 échantillons, 30 trahissent leur appartenance à des animaux divers et banals (voir tableau), tandis que 7 ne livrent pas d'ADN exploitable.

Les résultats ont été largement commentés. Déjà parce qu'il est amusant de constater que l'abominable homme des neiges a été confondu avec une vache, un tapir ou un raton-laveur. Pas de trace, donc, du primate inconnu attendu par des cohortes de passionnés...

### SURPRISE: UN OURS DISPARU IL Y A 40 000 ANS

Mais il y a tout de même une vraie surprise. *“Deux échantillons montrent une homologie à 100 % avec l'ADN d'un fossile de plus de 40 000 ans d'Ursus maritimus [ours polaire]”*, souligne le généticien.

Le premier, d'un brun doré, a été fourni par le Français Christophe Hagenmuller, guide de haute montagne réputé. Il provient d'un animal tué au Ladakh (Inde) il y a plus de quarante ans par un chasseur expérimenté qui a décrit la bête – dont la dépouille momifiée est conservée cachée.

Le second, d'un brun roux, a été découvert par un chasseur

du roi du Bhoutan dans une forêt de bambous connue pour être un nid du *migyur*, nom local du yeti.

Il reste donc bien des espèces inconnues dans l'Himalaya, sauf que ce ne sont pas celles que l'on croit! De là à envisager que la légendaire créature tiendrait plus de l'ours que du singe géant...

S'agit-il d'un hybride entre un ours polaire et un ours local? Ou d'un membre d'une sous-espèce locale descendant de l'ours polaire? Cette hypothèse d'un plantigrade mystérieux rappelle en tout cas celle évoquée en 2000 par le célèbre alpiniste italien Reinhold Messner, toujours dans l'Himalaya.

Pour trancher, Bryan Sykes compte lancer sous peu une expédition vers les sommets enneigés. Histoire de tenter de percer les secrets de cette mystérieuse bête.

Quant aux milliers d'échantillons étiquetés “yeti” qui sommeillent dans des collections gardées secrètes ailleurs sur la planète, le généticien ne prétend pas préjuger de leur nature. Tout au plus conclut-il son étude en suggérant aux *“défenseurs de la cryptozoologie d’être plus rigoureux dans les éléments qu’ils produisent pour étayer l’existence de primates anormaux”*.

Lui-même a bien l'intention de suivre la piste qu'il a découverte avec toutes les armes que lui fournira la science.

A lire : l'étude de Bryan Sykes ; son livre, à paraître en janvier 2015 :

*The Yeti Enigma: A DNA Detective Story*; l'ouvrage de Reinhold Messner : *Yeti. Du mythe à la réalité.*

science-et-vie.com



▼ NAISSANCE  
D'UN ORGANE!  
Sous la peau, autour des  
ganglions... les adipo-  
cytes, en quantité rai-  
sonnable, agissent  
comme un organe vital.

*Elles cachent des fonctions vitales...*

# Vive les cellules graisseuses !

En étudiant la graisse pour mieux lutter contre elle, les scientifiques ont découvert qu'elle tient un rôle vital dans notre corps. Aussi vital que le foie ou les poumons !

Par **Elsa Abdoun**

**A**u mieux, on l'ignore. Au pire, on l'abhorre, et on tente de l'éliminer.

Dans la liste des constituants du corps auxquels l'individu tient le plus, la graisse arrive probablement bonne dernière, après les poils ou les glandes sudoripares... Il est

loin, le temps où l'on priait des déesses aux formes généreuses. Oubliée, l'époque où l'embon-point était un signe extérieur de richesse.

Dans les sociétés occidentales modernes, sédentaires et suralimentées, le tissu adipeux n'est associé qu'au surpoids et à ses effets négatifs.

Même les scientifiques l'ont longtemps méprisé: "La graisse, c'était juste cette masse qui devait être mise de côté par les chirurgiens pour accéder aux organes importants", raconte Evan Rosen, directeur d'un laboratoire dédié à l'étude du métabolisme et des cellules adipeuses, à l'université Harvard (Etats-Unis).

## Repère

La graisse représente entre 15 et 20 % du poids d'un adulte. Une personne très mince porte au minimum 3 kg de tissu adipeux, un obèse sévère jusqu'à 45 kg. Soit, en moyenne, plusieurs dizaines de milliards de cellules graisseuses (blanches, beiges et brunes), et au moins autant de cellules diverses (cellules souches, immunitaires...).

CORBIS

Mais l'épidémie mondiale d'obésité, et des maux qui lui sont associés (diabète, maladies coronariennes...), a forcé l'intérêt des chercheurs. Afin de lutter contre ces pathologies, ils ont fini par accepter de pointer leurs microscopes sur cette masse indigne... Et ils n'ont pas eu à le regretter!

Depuis une dizaine d'années, ils vont en effet de surprise en surprise. Pour découvrir aujourd'hui que, derrière l'aspect visqueux et homogène, se cachent en fait... de multiples organes vitaux!

Les différents dépôts qui parsèment notre corps – qu'ils se trouvent autour des cuisses, du cou ou des ganglions – n'ont pas à rougir devant le cœur, les reins et les poumons. Eux aussi sont impliqués dans des fonctions biologiques essentielles à la survie de l'organisme: ils contrôlent le bon fonctionnement cardio-vasculaire, régulent la température, activent les défenses immunitaires, équilibrivent le métabolisme... et même notre comportement →

alimentaire! "En très peu de temps, on est passé de l'idée que la graisse n'avait aucune importance à celle d'un rôle très étendu", s'étonne Evan Rosen. Et encore... "Il reste beaucoup à découvrir", promet Carol Elias, spécialiste de physiologie à l'université du Michigan, aux Etats-Unis.

#### JUSQUE DANS LE CERVEAU

Attention, pas de malentendus: ce n'est pas parce que la graisse est utile qu'il deviendrait bon d'en avoir beaucoup! La graisse n'assure toutes ses fonctions vitales que lorsqu'elle va bien, c'est-à-dire quand elle est présente en quantité raisonnable.

Hormis chez une surprenante minorité d'obèses (voir l'encaadré ci-dessous), lorsque la graisse est hypertrophiée, elle se dérègle. Les cellules graisseuses – les adipocytes – se multiplient trop vite et ne sont plus correctement oxygénées.

De plus, il semble que ce soit principalement le tissu adipeux situé juste sous notre peau qui assure des fonctions physiologiques utiles à

l'organisme. Celui qui entoure nos viscères, qui apparaît lorsqu'on grossit trop, serait en revanche plutôt néfaste.

Mais quand elle est saine, la graisse située sous notre peau, qualifiée de "blanche", fait beaucoup mieux qu'arrondir nos angles et amortir nos chutes. "Le tissu adipeux produit en fait des centaines de molécules bioactives différentes, agissant comme des hormones: elles sont sécrétées dans le sang et influencent les autres organes à distance", explique Johan van de Voorde, spécialiste de physiologie à l'université de Gent (Belgique).

Deux hormones, la leptine et l'adiponectine, focalisent tout particulièrement l'attention, car elles sont impliquées dans de très nombreuses fonctions.

A commencer par la régulation de notre métabolisme. L'adiponectine, dont la sécrétion augmente en période de jeûne, ralentit la consommation de sucres par les muscles et en favorise le stockage, en renforçant la sensibilité à l'insuline du foie.

#### Le "paradoxe de l'obésité saine" s'éclaire

Entre un quart et un tiers des obèses ne présentent aucun des troubles métaboliques habituellement liés à l'obésité. Hypertension artérielle, diabète... le risque de développer ces maladies serait aussi faible chez eux que chez des personnes minces. Plus étonnant encore: la perte de poids pourrait leur être néfaste! Une étude a montré qu'elle diminuait leur sensibilité à l'insuline, augmentant ainsi leur risque de développer du diabète. Les chercheurs parlent de "paradoxe de l'obésité métaboliquement saine". Chez les individus concernés, il semble que le tissu adipeux, bien qu'hypertrophié, réussisse à rester sain. Un phénomène un peu moins paradoxal depuis que l'on sait que le gras n'est pas, par essence, malsain.

## Ce que notre organisme doit à la graisse

La graisse est présente dans notre corps sous forme de dépôts graisseux localisés en différents endroits: sous la peau, près du cou, autour des ganglions... où elle assure des fonctions vitales très diversifiées.

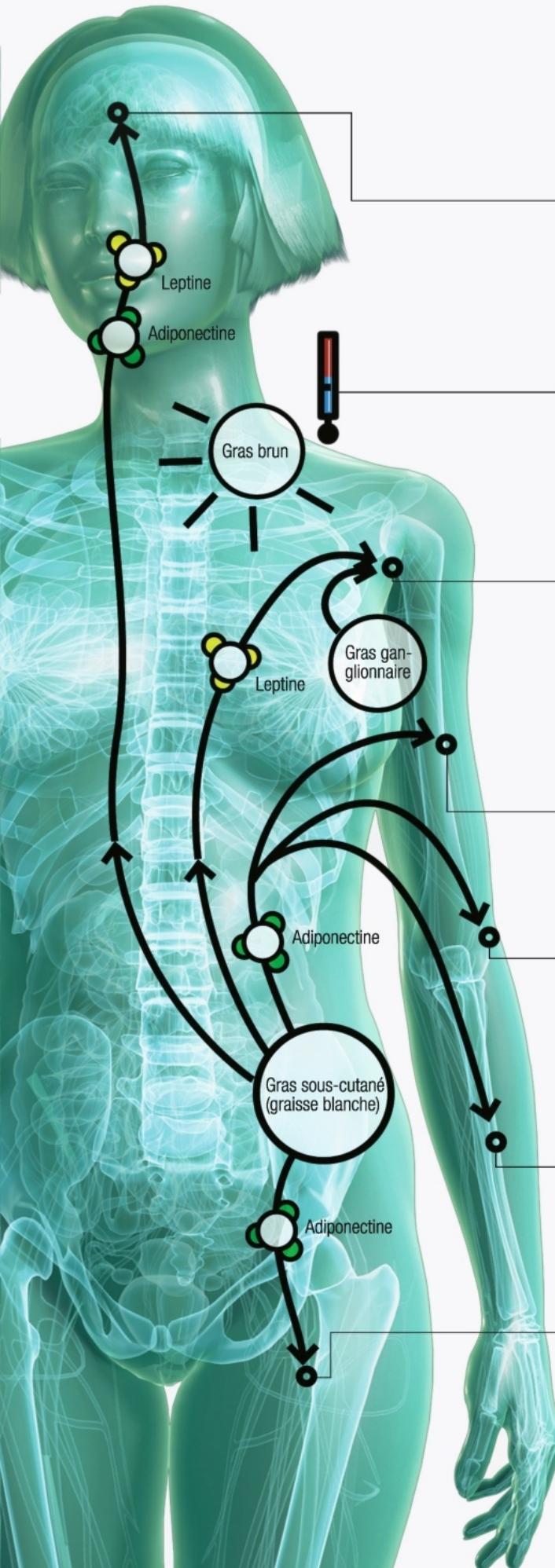
La leptine, à l'inverse, limite la prise de poids: plus la masse de graisse est importante, plus cette hormone est sécrétée et augmente la consommation d'énergie par les muscles, en même temps que le déstockage des graisses contenues dans les adipocytes.

Plus surprenant encore, ces molécules agissent jusque sur le cerveau, directement sur les neurones de l'hypothalamus. La leptine augmente ainsi la sensation de satiété, tandis que l'adiponectine réveille la faim.

La graisse régule également une fonction pour laquelle on la pensait uniquement nocive: la fonction cardio-vasculaire. Ainsi, l'adiponectine aide les artères et les veines à s'élargir en cas d'importants flux sanguins (donc diminue la pression artérielle), tandis qu'elle prévient l'apparition de caillots dans les

BETH DONALD DEACONESS MEDICAL CENTER - M. SAEMANN





#### **Elle module l'appétit**

Les hormones produites par la graisse se lient aux neurones de l'hypothalamus pour exciter l'appétit (rôle de l'adiponectine) ou augmenter la sensation de satiété (leptine).

#### **Elle régule la température**

Certaines cellules grasses, dites brunes, réagissent au froid en brûlant des lipides afin de produire de la chaleur.

#### **Elle active nos défenses immunitaires**

La graisse qui entoure les ganglions lymphatiques est capable d'activer les cellules immunitaires en développement à l'intérieur des ganglions.

#### **Elle contrôle la pression artérielle**

En cas d'importants flux sanguins, l'adiponectine aide les vaisseaux à se dilater.

#### **Elle prévient la formation des caillots dans les artères**

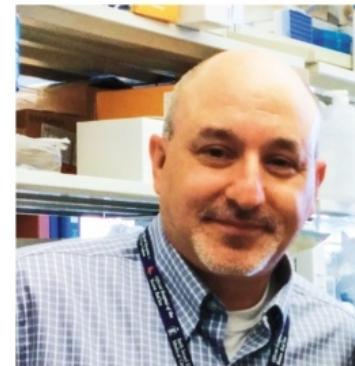
L'adiponectine prévient les caillots sanguins, notamment en facilitant la réparation des parois des vaisseaux endommagés.

#### **Elle contribue au développement du réseau sanguin**

Dans les muscles, l'adiponectine favorise la formation de nouveaux vaisseaux sanguins.

#### **Elle adapte la consommation de sucre des muscles**

Leptine et adiponectine ralentissent ou accélèrent le métabolisme des muscles, en fonction des réserves d'énergie disponibles.



EVAN ROSEN

“

Spécialiste du métabolisme et des cellules adipeuses, à Harvard

*En très peu de temps, la graisse s'est révélée très importante*

artères. Elle favorise même la formation de nouveaux vaisseaux sanguins dans les tissus et organes insuffisamment irrigués. Une étude de 2007 a d'ailleurs montré que des souris mutantes, nées sans graisse, souffraient de graves problèmes vasculaires, notamment d'une pression artérielle très élevée.

Autre rôle totalement insoupçonné de notre bonne vieille graisse : le développement des défenses immunitaires. Plusieurs études ont révélé que la leptine active la réponse inflammatoire et la différenciation de certaines cellules immunitaires, les lymphocytes.

Des expériences sur des souris déficientes en leptine ont de plus montré que cette action jouait un rôle fondamental dans la réaction aux infections bactériennes. *“Il semble* →

→ logique que la graisse assure un tel rôle, car ce tissu se trouve en grande partie sous la peau et autour du système digestif, soit au niveau des principales portes d'entrée des pathogènes", explique Philipp Scherer, directeur du centre de recherche Touchstone sur le diabète, à la faculté de médecine UT Southwestern (Texas).

Mais le plus impressionnant est la capacité de la graisse

la présence d'un deuxième type de graisse, que les scientifiques ne pensaient présent que chez les espèces hibernantes et chez les nourrissons : la graisse brune; sa couleur foncée caractéristique étant due à une grande concentration de mitochondries, ces microscopiques "machines" qui, à l'intérieur des adipocytes bruns, servent à produire de la chaleur en brûlant des lipides.

nauté scientifique, que déjà elle se voit éclipsée par les adipocytes beiges. Présentes dans tous les dépôts graisseux ces cellules découvertes en 2010, produisent non seulement de la chaleur, mais possèdent une faculté inédite : celle de ressentir la température grâce, probablement, à des thermorécepteurs présents à leur surface.

### RÉPARER PLUTÔT QU'ÉLIMINER

Elles peuvent ainsi adapter leur activité, indépendamment de toute commande du système nerveux. Plusieurs autres dépôts de graisse pourraient, à la manière des adipocytes beiges et bruns, se spécialiser dans des fonctions particulières. C'est le cas de celui qui entoure les ganglions lymphatiques, lieux de production des cellules immunitaires. Cette graisse-là contient, en plus des adipocytes, une grande quantité de cellules immunitaires, qualifiées de dendritiques, qui migrent vers les ganglions et participent à l'activation d'autres cellules immunitaires, appelées les lymphocytes T.

*"On revient de l'idée de simplement éliminer le gras, pour finalement le réparer", affirme Evan Rosen (voir l'encadré). Philipp Scherer confirme : "Ce qui compte, c'est la qualité, pas la quantité."*

De quoi réconcilier notre espèce avec sa rondeur naturelle ? Le gras, au profil de coupable idéal, se révèle avant tout être une victime, celle de notre suralimentation. Un organe vital bafoué... et enfin réhabilité.

## Des greffes de gras pour maigrir et soigner le diabète !

Des études sur des rongeurs ont montré que la greffe de tissu adipeux sain améliorait le profil métabolique des individus obèses. D'ailleurs, "chez l'humain, des médicaments prescrits jusque récemment contre le diabète de type 2 avaient pour effet d'étendre la graisse sous-cutanée", raconte Philipp Scherer. Certains chercheurs envisagent également de greffer de la graisse brune ; les personnes ayant le plus de graisse brune étant en moyenne plus minces et moins sujettes aux troubles métaboliques et au diabète. Des médicaments pourraient également stimuler sa formation. Mais la meilleure solution reste toujours de maigrir : cela permet de rétablir un gras en bonne santé, tout en éliminant celui qui est néfaste.

à réguler activement notre température corporelle, en s'adaptant à la chaleur extérieure et à l'heure de la journée. Une fonction qu'aucun autre organe n'est capable d'assurer, et qui se révèle bien plus complexe et efficace que la simple fonction d'isolation thermique passive qu'on voulait bien, jusqu'alors, lui accorder...

Cette prise de conscience s'est amorcée en 2009, quand des radiologues ont remarqué que, sur les scanners de leurs patients, des taches de quelques millimètres se calaient fréquemment autour du cou... Leur étude a révélé

Les chercheurs ont alors réalisé que, selon la température extérieure ressentie par les thermorécepteurs présents sur notre peau, cette graisse brune activait plus ou moins sa fonction de production de chaleur.

Une étude menée sur des souris, publiée en 2013, suggère même que la graisse brune s'adapte à notre horloge biologique en diminuant ses mécanismes de production de chaleur la nuit, pour économiser de l'énergie quand le corps se trouve généralement au chaud.

Mais à peine cette graisse brune commence-t-elle à exciter la curiosité de la commu-

A lire : les principales études citées dans l'article.

EN  
SAVOIR  
PLUS

science-et-vie.com

# La rentrée avec Science & Vie !

**55 €**  
seulement  
au lieu  
de 90,20 €

**1 an d'abonnement**  
+ **4 hors-séries**  
+ **le set pour**  
**ordinateur portable**



**ABONNEZ-VOUS ET RECEVEZ  
LE SET ORDINATEUR PORTABLE**



sa trousse de transport indispensable  
pour tous vos déplacements



Le câble  
RJ45

Le hub USB

**-39%**  
DE RÉDUCTION



## 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

C1164

**Oui, je m'abonne  
à Science & Vie pour 1 an**

(12 numéros + 4 hors-séries)  
+ le set pour ordinateur portable pour seulement 55€  
au lieu de 90,20 € soit plus de 39% de réduction



788 372

**> 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

\_\_\_\_\_

Date et signature obligatoires

Expire à fin \_\_\_\_\_ Code Crypto \_\_\_\_\_

Les 3 chiffres au dos de votre CB

\*Prix public et prix de vente en kiosque. Offre valable pour un 1<sup>er</sup> abonnement livré en France métropolitaine jusqu'au 30/09/2014, et dans la limite des stocks disponibles. Je peux acquérir chacun des numéros mensuels de Science & Vie au prix de 4,20 €, chacun des hors-séries au prix de 4,95 €. Le set ordinateur vous sera adressé dans un délai de 4 à 6 semaines après réception de votre commande. Vous ne disposez pas du droit de rétractation pour l'abonnement au magazine. Vous disposez du droit de rétractation pour le set ordinateur portable. Conformément à la loi «informatique et libertés» du 6 janvier 1978, cette opération donne lieu à la collecte de données personnelles pour les besoins de l'opération ainsi qu'à des fins de marketing direct. Ces informations sont nécessaires pour le traitement de votre commande. Vous disposez d'un droit d'accès et de rectification des informations vous concernant ainsi que votre droit d'opposition, en écrivant à l'adresse ci-après. Vous êtes susceptible de recevoir des propositions commerciales de notre société pour des produits et services analogues à ceux objet de l'opération. Si vous ne le souhaitez pas, veuillez cocher la case ci-contre. Science & Vie – Service Abonnements - 8 rue François Ory 92543 MONTROUGE CEDEX - Mondadori Magazines France SAS RCS 422 791 262 NANTERRE.

## Volcan Laki

# Quand l'Islande s'éveillera vraiment

La vraie menace, c'est lui : après sa monstrueuse éruption de 1783, le Laki pourrait à tout moment se réveiller. Et charrier ses flots de gaz toxiques vers toute l'Europe.

Par **Vincent Nouyrigat**

**L**e 18 août, l'agence météorologique islandaise alertait sur le risque imminent d'éruption du volcan Bardarbunga. Semant aussitôt un début de panique : chacun se souvient du panache de cendres libéré par l'Eyjafjallajökull

qui, en avril 2010, cloua au sol 8 millions de voyageurs.

Ce chaos aérien émeut à peine les volcanologues : ils savent que l'Islande et sa géologie hyperactive sont capables du pire. Largement pire, en tout cas, que l'annulation de dizaines de milliers de vols...

*“Pour modeste qu'elle fut, l'éruption de 2010 nous a rappelé à quel point notre société était vulnérable au risque volcanique”, confie Anja Schmidt, de l'Institut du climat et des sciences de l'atmosphère à l'université de Leeds (Angleterre).*

Une prise de conscience surtout manifeste en Grande-Bretagne, située en première ligne des rejets volcaniques venus d'Islande. Si bien que, depuis 2010, les autorités britanniques font plancher sur

le sujet un large groupe d'experts. Objectif : identifier la menace volcanique qui pèse réellement sur le pays, et par là, sur tout le continent européen.

Or, les premiers résultats de ces modélisations toujours en cours font frémir. En substance, l'Europe doit se préparer à affronter l'équivalent de l'éruption du Laki, qui s'était déclenchée dans le massif du Grímsvötn (sud de l'Islande) le 8 juin 1783 et avait duré... huit mois.

Bien sûr, l'Etna, le Stromboli ou le Santorin pourraient poser des problèmes explosifs aux pays méditerranéens. Mais chaque nouvelle publication sur le Laki révèle un peu plus l'ampleur du risque volcanique islandais pour le Vieux Continent. S'il se reproduisait, ce phénomène provoquerait sans

### Contexte

Après l'Eyjafjallajökull en 2010 et le Grímsvötn en 2011, le Bardarbunga commence à entrer en éruption au moment où nous écrivons ces lignes. Située à la rencontre entre les plaques tectoniques nord-américaine et eurasienne, l'Islande connaît plus d'une vingtaine d'éruptions par siècle. Ses trente systèmes volcaniques sont prompts à s'emballer à tout moment.



S.ENTRESSANGLE/LOOKATSCIENCES - V.COURTILLOT/F.FLUTEAU/A.L.CHENET

▲ Dans le sud de l'Islande, les 130 cratères du Laki forment un système volcanique de type effusif long de 27 km.



doute une centaine de milliers de morts à l'échelle de l'Europe, ravagerait nos cultures agricoles et aurait des conséquences insoupçonnées sur nos infrastructures critiques.

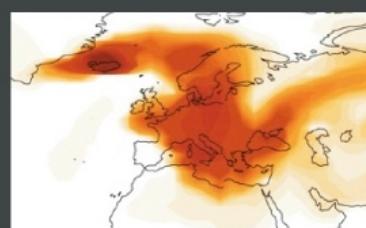
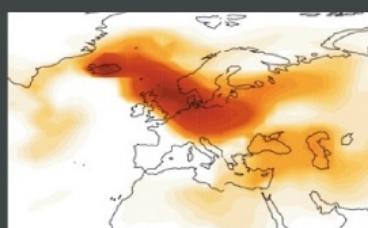
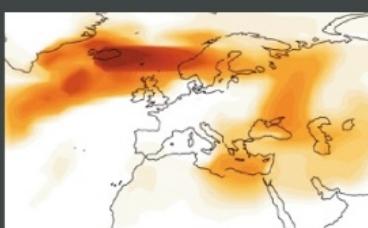
#### UN CAS UNIQUE AU MONDE

*“Dans ce scénario du Laki, ce n'est pas tant la masse de cendres émises qui nous inquiète que le rejet d'une quantité phénoménale de gaz aux effets nocifs, précise Pierre Delmelle, spécialiste des rejets volcaniques à l'université catholique de Louvain, appelé auprès de la cellule britannique. Car il s'agit d'un type d'éruption particulier, qui se déroule le long d'un réseau de fissures [et non jaillissant d'un seul cône volcanique] situé dans le sud-est de l'Islande.”*

Ces éruptions effusives répétées et régulières sont un cas unique au monde. Or, l'activité enregistrée dans cette région d'Islande fait craindre un événement du calibre de 1783 tous les deux à cinq siècles...

*“Oui, une telle éruption est tout à fait possible dans les prochaines décennies !”, lance Patrick Allard, directeur de recherche à l'Institut de physique du globe de Paris.*

Jusqu'ici totalement oublié, ce risque naturel commence à être pris au sérieux: depuis 2012, l'hypothèse Laki figure en →



← Son éruption, en 1783, avait fait planer un nuage toxique sur tout le continent (ici une reconstitution des 14, 16 et 18 juin).

→ bonne place dans les plans d'urgence britanniques de sécurité civile, juste derrière les risques d'épidémie grippale de type H1N1, d'inondation majeure et de terrorisme de masse.

Exagéré? Pas pour les scientifiques qui ont épluché les chroniques et journaux de l'été 1783. En France, à 2 500 km de là, les observateurs parlent d'un "brouillard sec à l'odeur sulfurée" et d'"un air fort affligeant" qui anesthésiait les mouches et rendait impossibles les travaux des champs. En Angleterre, France, Suède, Allemagne, Pays-Bas et même en Italie, les chroniques font état d'un étrange feuillage d'automne en plein mois de juin, d'orge flétris, de haricots blanchis, de vignes jaunies, de pâturages séchés. Partout, des descriptions apocalyptiques de foudre en boule, de grêle extrême, ponctuant un été exceptionnellement chaud et un hiver plus glacial que jamais.

En cause, les monstrueuses quantités de dioxyde de soufre émises par ce type d'éruption: dégazées sur une très courte période, elles représenteraient l'équivalent de nos émissions mondiales annuelles.

Or, ce gaz, en réagissant avec



l'humidité de l'air, génère des aérosols d'acide sulfurique. En 1783, près de 200 millions de tonnes de ces particules acides avaient recouvert l'Europe de ce monstrueux "brouillard sec sulfuré". Une pollution aux particules fines (inférieures à 2,5 micromètres) dont les effets néfastes sur les poumons et le

système cardio-vasculaire sont désormais établis.

*"D'après nos simulations, cette dégradation de la qualité de l'air pourrait engendrer de nos jours 142 000 décès prématrés à l'échelle de l'Europe"*, estime Anja Schmidt. Sachant qu'entre août et octobre 1783, les registres paroissiaux du nord-ouest de la France font état d'une surmortalité de 40%!

## UN DÉSASTRE AGRICOLE

Outre ces particules, les scientifiques s'inquiètent de la toxicité des gaz émis. Non sans raison: en 1783, environ 20% de la population islandaise, mais aussi 80% des moutons et 50% des chevaux et bovins avaient péri, sans que les causes soient clairement établies. Aujourd'hui, le fluor émis par le volcan est pointé du doigt. Déposé sur l'herbe et dans l'eau, cet élément chimique attaque

## De nouvelles mesures face au danger des cendres volcaniques

*"Par le passé, plusieurs avions de ligne ont perdu l'usage de leurs moteurs, colmatés par des cendres volcaniques: cela fait courir un risque considérable de crash"*, avertit Philippe Husson. Toutefois, ces cas historiques sont extrêmes, et les concentrations enregistrées lors de l'éruption d'Eyjafjallajökull ne justifiaient pas une interdiction générale des vols en Europe. A l'origine de cet imbroglio, un manque de préparation: les modélisations ont livré des prévisions exagérées, tandis qu'aucun seuil critique de concentration n'avait été défini par le secteur. *"Les fabricants de moteurs d'avion doivent livrer leurs résultats début 2015, reprend le spécialiste. En attendant, les pays européens n'envisagent plus de fermer leur espace aérien et laissent la responsabilité des vols aux compagnies aériennes, en fonction de la visibilité."* Mais le problème des nuages de gaz demeure.

## 122 millions de tonnes de dioxyde de soufre

Dans l'atmosphère, ce gaz se transforme en un nuage d'aérosols d'acide sulfurique. Et ces particules nocives s'incrustent dans nos poumons.

## 15 millions de tonnes de fluorure d'hydrogène

Le fluor se dépose en grandes quantités sur les récoltes et les points d'eau : consommé en excès, il provoque de graves problèmes osseux.

## 235 millions de tonnes d'acide chlorhydrique

Ce composé forme un brouillard acide nocif pour les végétaux : la photosynthèse ne s'opère plus, les nutriments ne sont plus absorbés...

## Du mercure, de l'arsenic et de l'iridium

Toxiques, ces métaux lourds pourraient aussi servir de catalyseurs de réactions chimiques dont on ignore encore les effets.

## 400 millions de m<sup>3</sup> de cendres

Ces particules de roche volcanique sont redoutées du transport aérien : en s'agglomérant dans les réacteurs d'avion, elles empêchent leur fonctionnement ; elles attaquent aussi le fuselage.

le squelette de celui qui le consomme. "Les magmas islandais sont particulièrement riches en fluor, et la question de son transport à longue distance vers l'Europe se pose sérieusement", alerte Pierre Delmelle.

Des chercheurs tentent actuellement d'évaluer la concentration sur le sol européen de tous les gaz dangereux émis par un possible équivalent du Laki : dioxyde de soufre, fluorure d'hydrogène, acide chlorhydrique... Tandis que les effets conjugués de ces gaz et la présence de métaux lourds (mercure, arsenic et iridium) sont également interrogés.

Une chose semble certaine : les dégâts environnementaux seraient majeurs. "Les nuages de dioxyde de soufre et d'acide chlorhydrique brûlent et nécrosent les végétaux, empêchant toute photosynthèse et toute absorption des nutri-

ments", décrit Pierre Delmelle.

Et pour ne rien arranger, ce brouillard volcanique pourrait modifier le climat européen pendant des mois. "Des études tendent à montrer que le Laki serait à l'origine d'un été 1783 très chaud et d'un hiver très froid, mais ces résultats font encore largement débat", expose Claire Witham, du Met Office, l'agence de météo britannique. Le débat porte, entre autres, sur l'altitude des émissions et leur persistance dans l'atmosphère.

Lourd bilan humain, récoltes désastreuses, météo dérégée... et, pour finir, à la différence de l'Europe du XVIII<sup>e</sup> siècle, des conséquences sur nos infrastructures modernes. A commencer par les avions, dont les cendres volcaniques menacent d'étouffer les réacteurs... Toutefois, un chaos aérien semblable à celui de 2010 semble écarté, les procédures ayant depuis été revues (lire l'encadré).

## LA FRANCE MAL PRÉPARÉE

Cependant, avertit Philippe Husson (Centre consultatif sur les cendres volcaniques de Toulouse, Météo France), "le problème des nuages toxiques n'a pas encore été évalué. Or, un panache de dioxyde de soufre pourrait poser de lourds problèmes respiratoires aux pilotes"... au risque de les empêcher d'assurer le vol.

Par ailleurs, les effets de ces nuées très acides sur nos réseaux électriques ou électroniques restent inconnus. Selon Grant Wilson, de l'université de Canterbury (Nouvelle-Zélande), l'un des seuls chercheurs à explorer le thème, "après plusieurs mois d'exposition, les réseaux pourraient souffrir de corrosion".

Les responsables britan-

niques et islandais sont d'ores et déjà sur le pied de guerre.

"Depuis 2010, de nouveaux instruments ont été mis en place autour des systèmes volcaniques islandais : stations sismiques, capteurs GPS, caméras infrarouges, détecteurs d'infrasons", détaille Claire Witham. Des recherches sont aussi lancées pour nous permettre d'anticiper l'ampleur et la durée d'une éruption, ce qui est impossible aujourd'hui... En parallèle, nous moulinons les modèles de propagation des panaches de cendres et de gaz, en explorant 80 régimes météo différents."

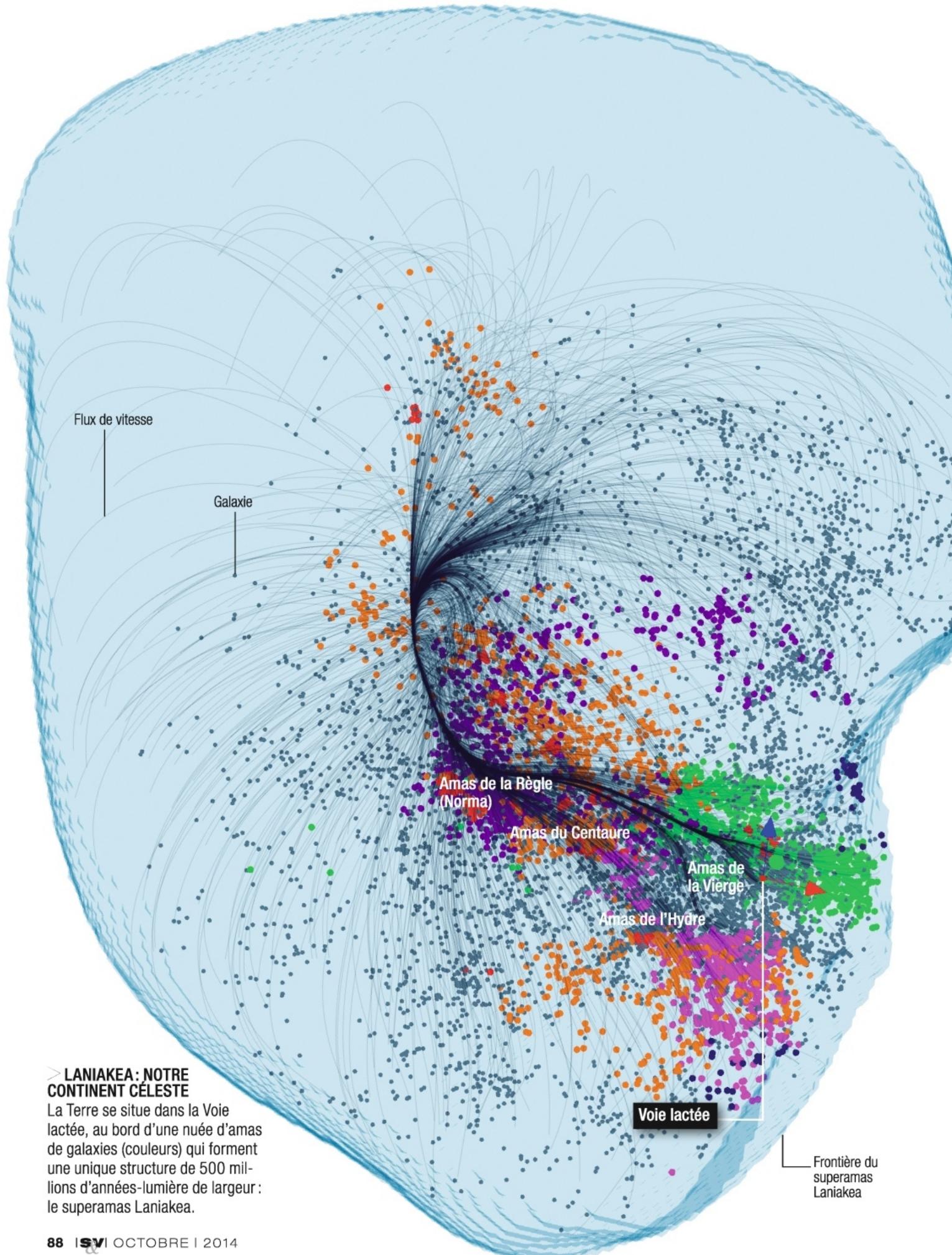
Du côté de la société civile, les autorités britanniques vont distribuer un guide de "crise volcanique" dans les milieux scolaires et hospitaliers, ainsi qu'aux transporteurs, vétérinaires, agriculteurs, etc. "Les consignes de santé publique devraient ressembler à celles d'un pic de pollution classique", pense Anja Schmidt.

Pendant ce temps, "la France se montre peu et mal préparée", lance Patrick Allard. Encore aujourd'hui, le ministère de l'Intérieur nous fait savoir qu'il n'envisage pas d'anticiper le risque volcanique, mais seulement de réagir à l'événement".

Ce calcul paraît de plus en plus risqué. "Jusqu'à présent, nous avons plutôt eu de la chance", se félicite dernièrement l'Institut d'études géologiques britannique. Mais quand l'Islande s'éveillera vraiment...

A lire : la dernière étude du British Geological Survey sur l'hypothèse Laki.  
**EN SAVOIR PLUS**

science-et-vie.com



# Voici à quoi ressemble notre monde

Des astronomes ont réalisé la première carte dynamique de l'Univers, avec ses zones vides et ses immenses "continents" galactiques. Et nous, enfin localisés !

Par **Mathilde Fontez**

**U**n ovoïde? Un globe déformé? Une oreille?... "Ou un œuf?", complète Hélène Courtois. Avant de se rétracter, presque gênée de voir émerger de son travail cette figure symbolique de la cosmogonie.

L'astronome n'en finit plus de couver des yeux sa trouvaille,

d'en détailler les contours, de lui chercher des qualificatifs. Et pour cause. La forme qui s'étale devant elle restera dans les livres. Car cette étrange silhouette n'est rien de moins que le monde auquel la Terre appartient: le superamas qui abrite la Voie lactée.

Oui, nous sommes juste là, au bord de ce gigantesque agrégat de 100 000 galaxies. Un point minuscule, perdu en périphérie d'une structure de 500 millions d'années-lumière de largeur, qui pèse 100 millions de milliards de Soleil. Un grain de poussière dans ce vaste continent intergalactique.

Si la forme est indéfinissable, le nom, lui, est posé. Il

vient d'être accepté par l'Union astronomique internationale. On a découvert notre continent céleste. Il s'appelle Laniakea.

Pour le révéler, quatre spécialistes du ciel se sont livrés à un patient travail de cartographie.

Les astronomes Hélène Courtois, de l'Institut de physique nucléaire de Lyon, et Brent Tully, de l'université d'Hawaï, ont couru les plus grands télescopes du monde, du radiotélescope d'Arecibo (Porto Rico) aux télescopes optiques hawaïens en passant par les spécialistes de l'infrarouge en orbite, afin de mesurer la lueur de milliers de galaxies.

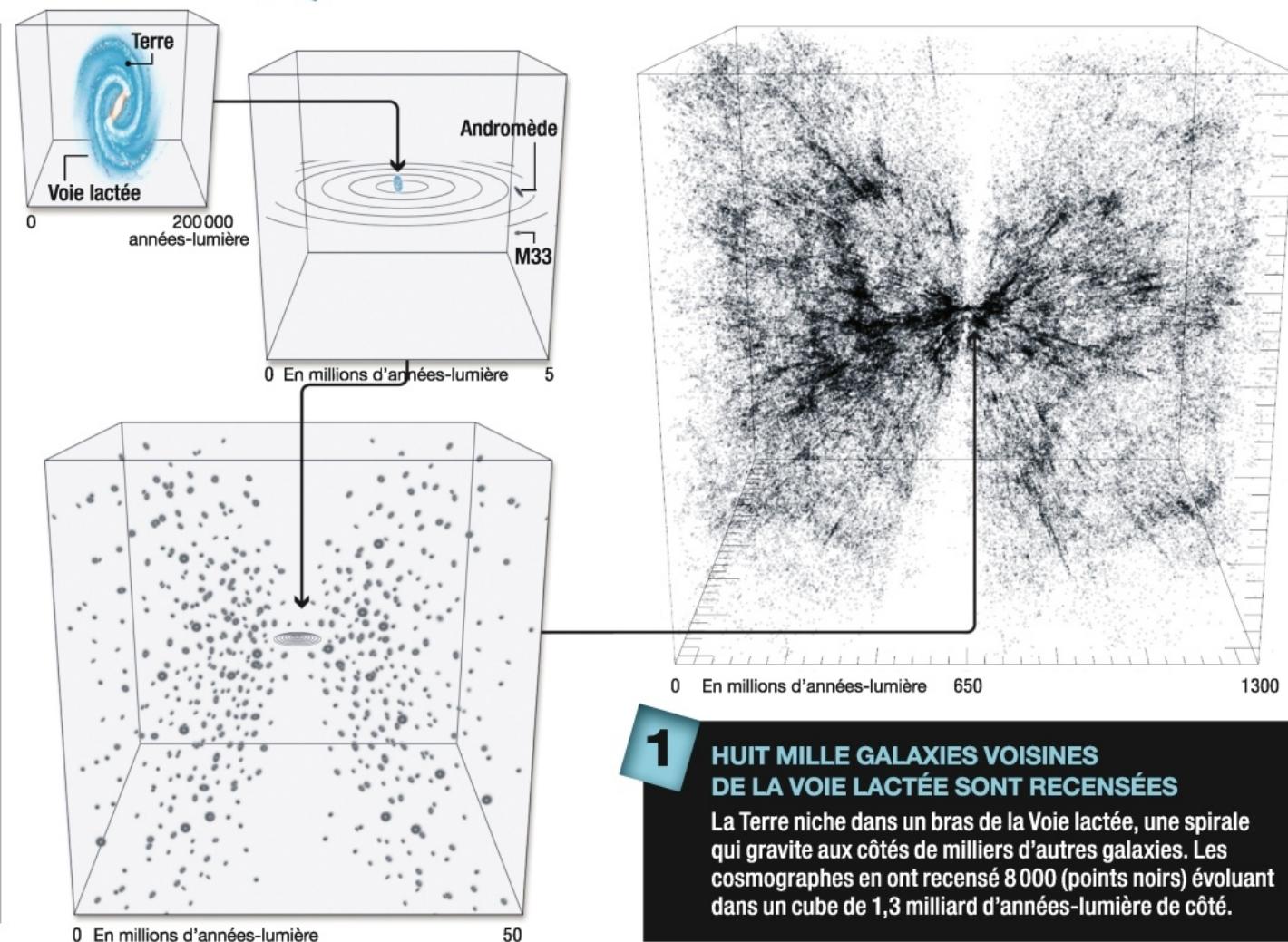
Puis, le théoricien Yehuda Hoffman, de l'Institut de physique Racah de l'université de Jérusalem, a fait tourner des simulations numériques pour interpréter les données.

Enfin, le physicien Daniel Pomarède, de l'Institut de recherche sur les lois fondamentales de l'Univers (CEA), a permis de les comprendre en les projetant sur écran en volume. Trois ans de travaux – ou plus, →

## Repères

Homogène à grande échelle, l'Univers se structure en gigantesques filaments de matière. A l'intérieur, les galaxies s'attirent par gravitation et s'organisent en continents galactiques, les superamas, eux-mêmes composés d'amas de milliers de galaxies... dans lesquelles gravitent des centaines de milliards d'étoiles, et au moins autant de planètes.

# LES 6 ÉTAPES POUR CARTOGRAPHIER



## 1

### HUIT MILLE GALAXIES VOISINES DE LA VOIE LACTÉE SONT RECENSÉES

La Terre niche dans un bras de la Voie lactée, une spirale qui gravite aux côtés de milliers d'autres galaxies. Les cosmographes en ont recensé 8 000 (points noirs) évoluant dans un cube de 1,3 milliard d'années-lumière de côté.

→ ils ne comptent plus... – pour nous dire où nous sommes.

Il faut dire que le paysage céleste n'a rien de simple. Il est loin le temps où l'Univers se résumait à une Terre statique, entourée d'une sphère rassurante sur laquelle s'accrochaient des lumières. Depuis Einstein, on sait que tout bouge. La Terre file à 30 km/s autour de son Soleil, qui tourne à 220 km/s dans la Voie lactée, elle-même dérivant à plus de 600 km/s dans un Univers en expansion...

Les astronomes avaient bien identifié les grandes masses,

ces zones dans lesquelles les galaxies sont assez proches pour être liées les unes aux autres par gravité: le superamas de Persée-Poissons, qui couvre une quarantaine de degrés dans le ciel d'hiver de l'hémisphère Nord; les superamas de l'Hydre-Centaure et de Shapley, qui s'étendent dans la constellation du Centaure; et le fameux Grand Mur (qui rassemble les amas d'Hercule, de Coma et de Leo), si énorme que ses limites demeuraient indéfinissables.

Mesure après mesure, ils avaient ainsi tracé les contours de l'environnement de la Voie

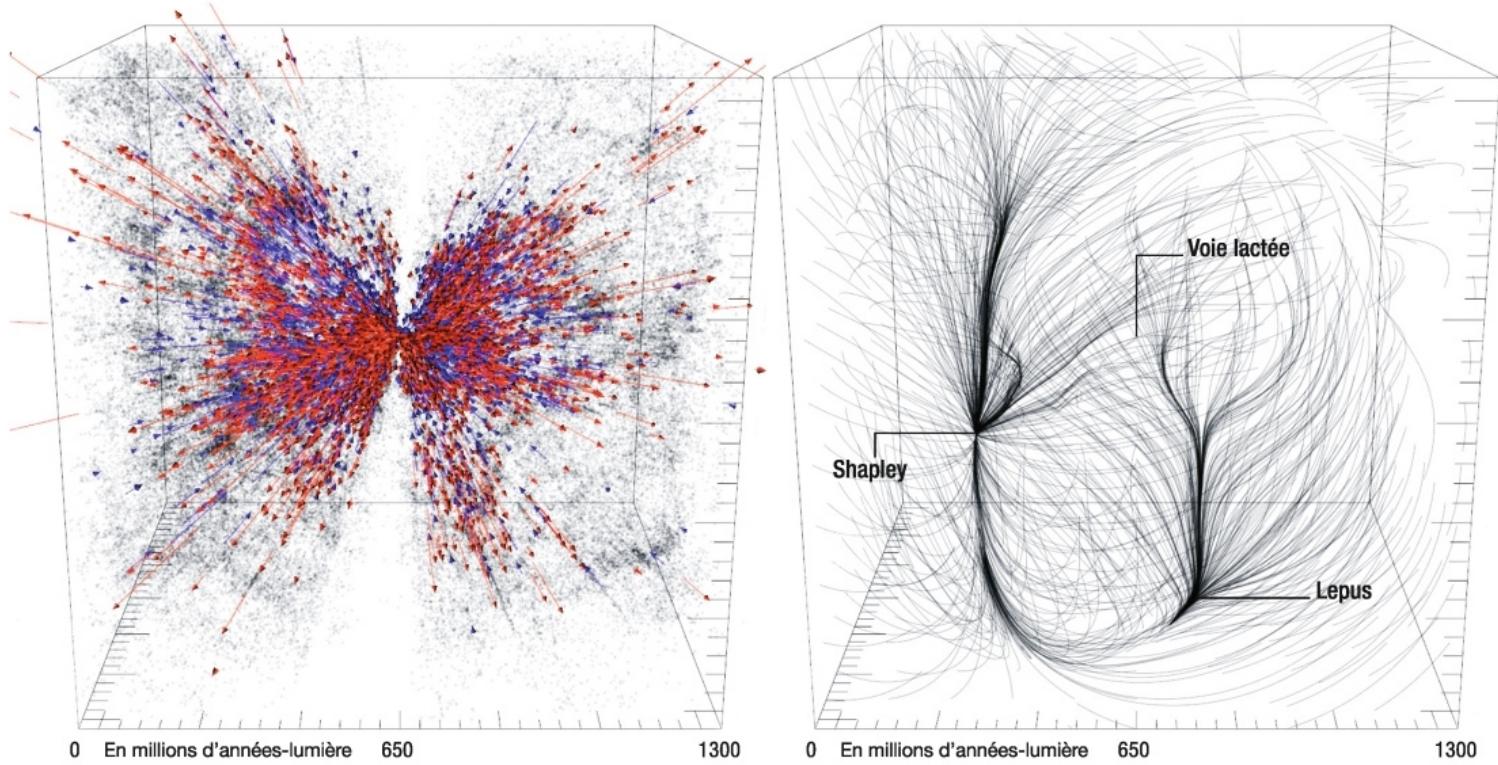
lactée, notre galaxie, qui évolue dans un groupe d'une quarantaine de semblables, près d'un agrégat de quelque 2 000 galaxies, l'amas de la Vierge...

### UNE CARTE ENFIN RÉALISTE

Sauf que cet environnement restait statique. Fixe. Aussi peu réaliste, finalement, que celui des astronomes antiques. Difficile de tirer de ces grandes masses figées les mécanismes physiques qui auraient pu renseigner sur le passé et le devenir de notre coin d'Univers.

C'est là qu'interviennent Hélène Courtois et Brent Tully.

# NOTRE CONTINENT GALACTIQUE



2

## LE MOUVEMENT DE CHAQUE GALAXIE S'IMPRIME SUR LA CARTE

Les cosmographes ont relevé les vitesses des galaxies par rapport à la Voie lactée et les ont représentées sous forme de vecteurs. Les flèches rouges sont les galaxies qui s'éloignent; les bleues, celles qui se rapprochent.

3

## LES FLUX DE VITESSE SE DÉPLOIENT

Une fois intégrées dans un modèle, les vitesses individuelles des galaxies dessinent des lignes de flux qui s'organisent en deux courants principaux. Des nœuds apparaissent, l'un à gauche au niveau du superamas de Shapley, l'autre à droite sur l'amas Lepus.

Alors qu'ils s'attellent à rassembler toutes les données collectées jusqu'en 2006 pour constituer un gigantesque catalogue, ils se demandent comment les exploiter au mieux. "Nous avons pensé que nous pourrions regarder non pas seulement la position des galaxies dans le ciel, mais surtout la cohérence de leurs mouvements", raconte la chercheuse.

De quoi délimiter de manière rigoureuse les zones où la matière est liée par la gravitation et les vides qui les séparent, pour tracer, enfin, les contours des continents célestes.

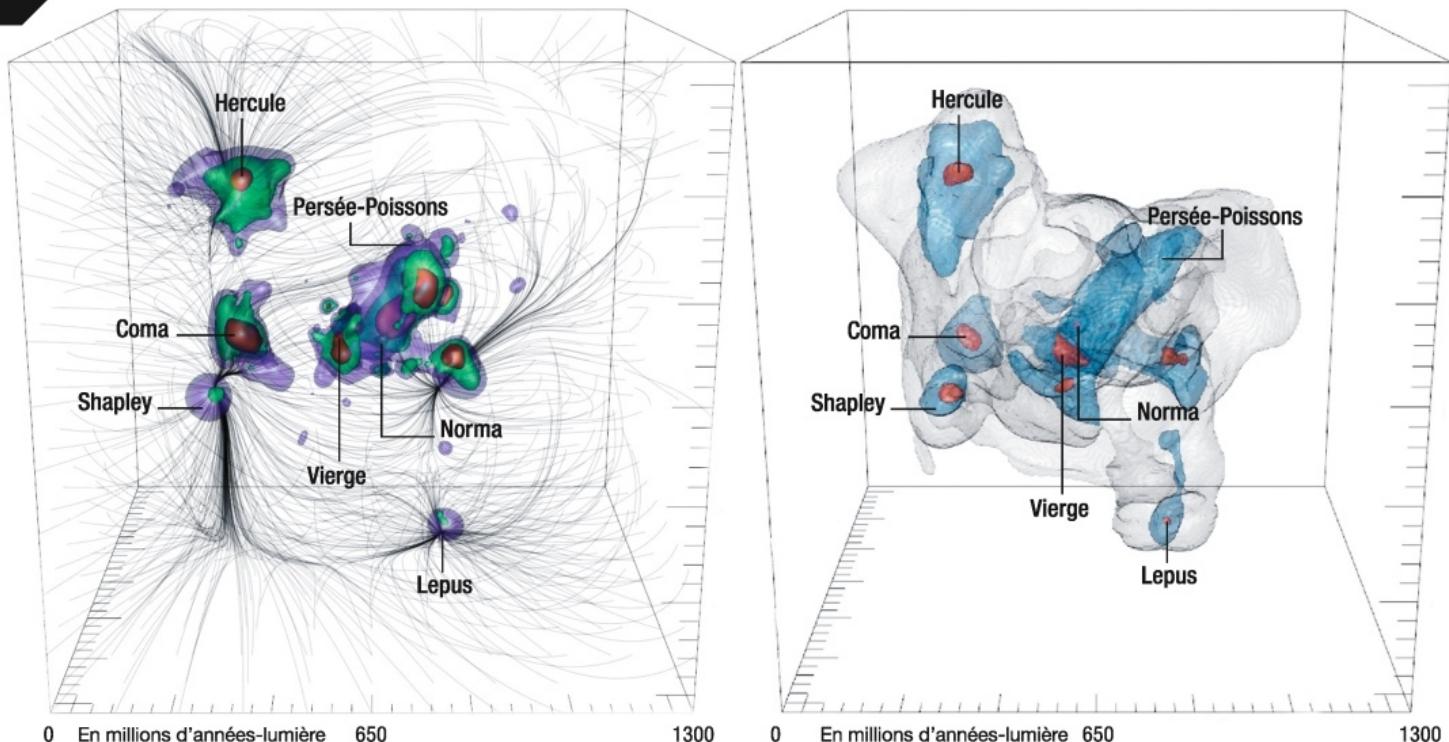
En même temps qu'ils continuent d'observer et de mesurer la lumière de toujours plus de galaxies, les astronomes mettent au point une méthode de cartographie dynamique.

Représenter l'Univers n'a rien de simple : tout y bouge à une vitesse folle

Pour chacune des galaxies, ils mesurent ses deux coordonnées de position dans le ciel, ainsi que la vitesse à laquelle elle s'éloigne ou se rapproche

de nous. Ils en déduisent une mesure du mouvement de la galaxie par rapport à la Terre. Puis ils quantifient sa luminosité absolue et intègrent ces données dans un modèle cosmologique qui masque les effets liés à l'expansion globale de l'Univers. Ainsi, ils obtiennent le mouvement propre de la galaxie. "On ne voit plus que le mouvement dû à l'action de la gravité sur la matière", précise la chercheuse.

Une fois ces calculs mis en forme sur une carte en trois dimensions, miraculeusement se détachent sur l'écran →



## 4

### LA MATIÈRE SE DESSINE

Les cosmographes déduisent les sources de gravitation responsables des flux de vitesse. Traçant les lignes de densité de matière, ils délimitent des zones rouges, vertes et bleues particulièrement concentrées en galaxies.

## 5

### LES BASSINS D'ATTRACTION SE TRAHISSENT

Puis ils cartographient le mouvement en chaque point de la carte. Se dessinent alors les zones où les galaxies sont progressivement en train de s'agglomérer (en gris et en bleu) et les structures les plus matures : les amas déjà liés par la gravité (en rouge).



les courants de gravité... qui permettent de savoir où se trouve la matière elle-même, sans aucune limite. *“Plus une galaxie est proche de l’objet qui l’attire, plus elle va vite, et inversement,* ajoute Hélène Courtois. Cela nous permet de déduire la répartition de toute la matière. Même celle qui n’est pas observable !”

Et cette masse invisible ne se limite pas à la fameuse matière noire, principal constituant de ces galaxies. Car nos télescopes, qu’ils soient terrestres ou spatiaux, sont coincés dans la Voie lactée... une galaxie spirale dont les obscurs nuages de gaz et les lumineuses étoiles barrent

le ciel, empêchant de distinguer quoi que ce soit derrière. Ainsi, 20 % de l’Univers demeureront à jamais invisibles. *“C’est ce qu’on appelle la zone d’extinction galactique : on*

**Enfin se dévoile la matière invisible, cachée derrière la Voie lactée**

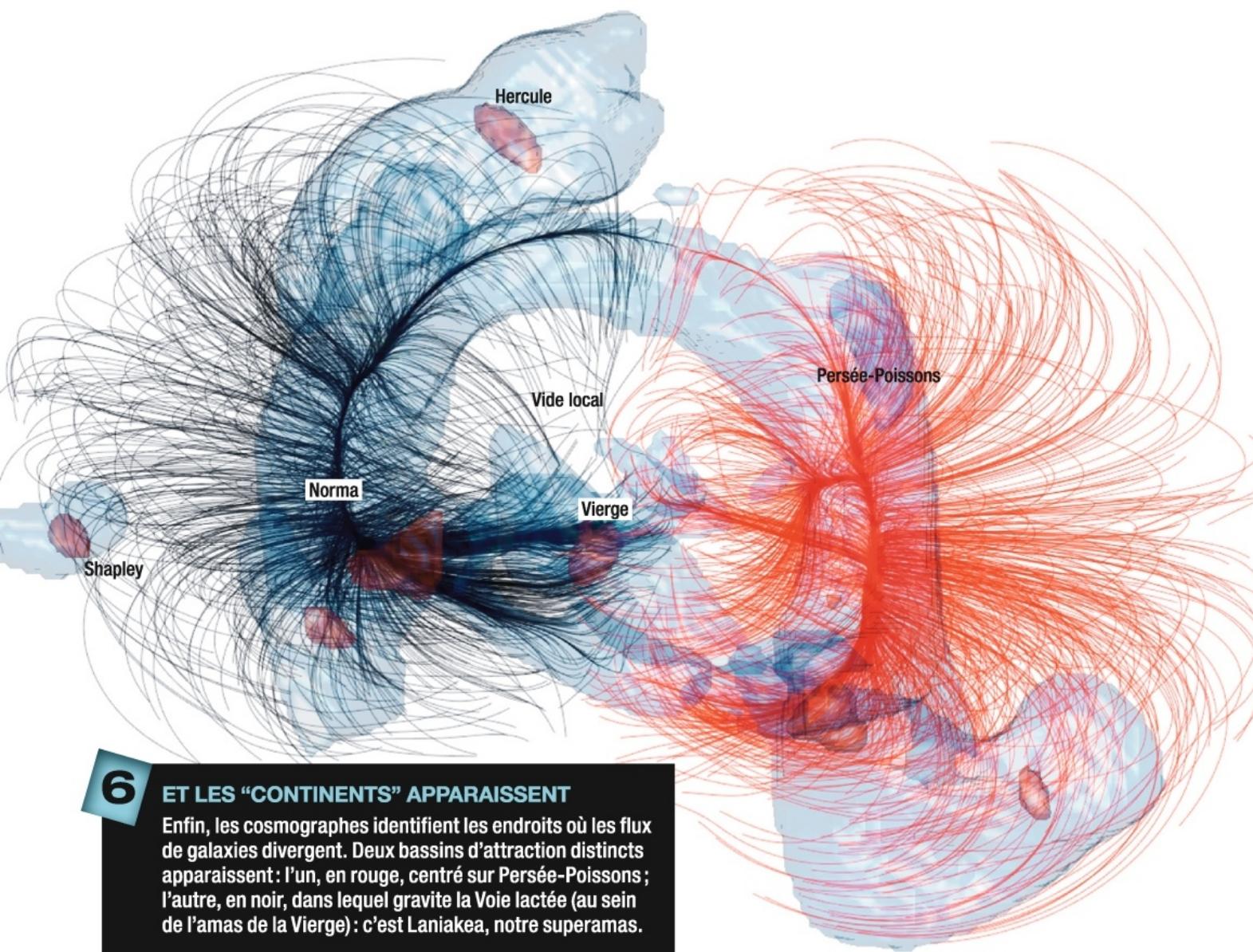
*ne verra jamais cette portion de ciel dans un catalogue”,* confirme l’astronome.

La nouvelle méthode, elle, permet d’extrapoler et de deviner cette matière cachée. Plus besoin de voir la matière lumineuse, puisqu’elle se trahit par

son attraction gravitationnelle. Il suffit aux cosmographes de tracer les courants de part et d’autre de la zone invisible.

Portés par la puissance de leur technique, les astronomes demandent du temps d’observation sur les plus gros télescopes du monde pour multiplier les mesures. Et les voilà, il y a un an, à la tête du plus grand catalogue de distances de galaxies jamais publié : plus de 8 000 mesures qui s’étendent dans un cube de plus de 1 milliard d’années-lumière de côté. Ils ont cartographié précisément 2 % de l’Univers.

Dans la foulée, les cosmographes cherchent à comprendre comment évolue leur



## 6 ET LES "CONTINENTS" APPARAISSENT

Enfin, les cosmographes identifient les endroits où les flux de galaxies divergent. Deux bassins d'attraction distincts apparaissent: l'un, en rouge, centré sur Persée-Poissons; l'autre, en noir, dans lequel gravite la Voie lactée (au sein de l'amas de la Vierge): c'est Laniakea, notre superamas.

gigantesque bestiaire. Passant sans cesse de l'écran sur lequel se déplient les champs de gravité aux calculs, ils suivent les flots, traquant les limites où la matière semble se séparer pour mieux converger vers des attracteurs opposés. «C'est comme regarder la carte d'un bassin alluvial, explique Hélène Courtois. La dynamique est la même: il y a des versants qui convergent et on cherche les lignes de partage des eaux.»

### PLUS GRAND QUE PRÉVU

Ils distinguent les volumes. Ils devinent l'arrière des zones pleines de galaxies, les contours des zones vides.

*“De la même manière que les contours du continent américain n'ont pu être dessinés que lorsque les côtes pacifiques ont été explorées, nous ne pouvions comprendre notre superamas sans voir l'autre côté, explique Brent Tully. Aujourd'hui, c'est ce que nous sommes en train d'explorer.”*

Progressivement, ils voient se dessiner les plus grandes entités indépendantes gravitationnellement: les superamas. Ils retrouvent Persée-Poissons et Shapley. Ils tracent précisément les contours du Grand Mur et, surtout, ils distinguent une entité qui inclut les amas Norma, du Centaure, de l'Hydre... et de la Vierge.

### Jargon

En hawaïen, “**lani**” signifie ciel ou horizon et “**akea**”, grand, ouvert ou incommensurable. Le superamas **Laniakea** est donc notre **Grand ciel**, notre horizon incommensurable, nos cieux immenses...

Un continent indépendant que personne n'avait distingué jusque-là et dans lequel se trouve la Terre.

Au début, ils ont eu du mal à le voir. “Je n'arrivais pas à représenter l'arrière, se rappelle Daniel Pomarède. Il a fallu réduire la carte et la centrer sur Norma pour nous abstraire de l'influence de Shapley.” Enfin, ils peuvent en tracer les contours précisément. Voilà notre superamas.

Il est grand. Beaucoup plus que les astronomes ne l'avaient imaginé. “On pensait que notre continent de galaxies était une zone aplatie de quelques millions d'années-lumière, précise Hélène Courtois. On l'appelait →

→ ‘feuille locale’ car toutes les galaxies semblaient dans le même plan. En réalité, avec ses 500 millions d’années-lumière de largeur, il est presque 10 fois plus volumineux !”

Ils lui donnent le nom hawaïen de Laniakea, en hommage à cette terre de navigateurs aux étoiles qui abrite quelques-uns des plus grands télescopes du monde.

le mystère du Grand Attracteur (voir encadré), une source de gravité énorme que les astronomes traquaient dans la constellation de la Règle depuis trente ans, pour s’apercevoir... qu’il n’existe pas. Il n’y a pas de monstre caché ! Simplement une répartition des masses différente de celle qui avait été calculée. “*On voyait toute la matière se déverser en*

explique Hélène Courtois. *Il est un peu trop grand et, surtout, il ‘pousse’ trop fort.”*

#### AFFINER L'HISTOIRE DE L'UNIVERS DEPUIS LE BIG BANG

Si fort que pour l’intégrer à leurs modèles, les cosmologistes sont obligés de composer avec le principe d’homogénéité de l’Univers et d’invoquer une surdensité d’énergie noire, cette mystérieuse force qui pousse l’Univers à s’étendre toujours plus vite. Ou même la présence d’antimatière... “*On ne voit pas encore tout à fait assez loin*, précise l’astronome. *Il nous faut le continent Persée-Poissons en entier pour finir de délimiter le grand vide.”*

Pour continuer leur œuvre, les cosmographes prévoient d’utiliser de puissants réseaux de radiotélescopes, comme le Wallaby en Australie ou le MeerKAT en Afrique du Sud. Lorsque leur catalogue sera étendu, peut-être sera-t-il même possible d’affiner les modèles qui décrivent l’évolution de tout l’Univers... depuis le big bang ! Car la taille des vides est fixée par les théories cosmologiques qui décrivent la formation de toutes les structures à partir des oscillations des particules qui habitaient l’espace-temps à l’origine.

Laniakea n’est que le début de l’histoire. Le point de départ d’une plongée dans les structures de l’Univers entier. Un continent perdu dans l’immensité. Mais c’est le nôtre.

## Le mystérieux Grand Attracteur n’en était pas un...

Dans les années 1980, des astronomes s’aperçoivent que la vitesse de la Voie lactée et de ses voisines est trop élevée, comme si un gigantesque amas de matière les attirait : un mystérieux Grand Attracteur. On soupçonne d’abord un amas invisible près de celui de la Vierge, puis le superamas de l’Hydre-Centaure, avant de s’apercevoir que lui aussi est attiré par l’attracteur. Enfin, au début des années 2000, on distingue une structure allongée qui s’étend à 630 années-lumière de la Terre derrière l’amas Norma... mais à laquelle manque la moitié de la masse nécessaire. En fait, la réponse était simplissime : il n’y a pas de Grand Attracteur. La masse des galaxies connues suffit à expliquer le phénomène. Il fallait cartographier précisément les champs de gravité pour s’en rendre compte.

Persée-Poissons, Shapley, le Grand Mur et Laniakea. Il y a donc quatre superamas dans notre coin d’Univers. Et le nôtre a une forme d’œuf. “*On est au bord de la galaxie. Et notre galaxie est elle-même en périphérie de cette superstructure*”, décrit simplement Hélène Courtois.

Déjà, les astronomes sont en train de tirer profit de cette nouvelle vision. Car maintenant qu’est tracée la forme de notre monde, il est possible de comprendre comment notre environnement se structure.

Hélène Courtois et son équipe ont ainsi planché sur

*un endroit qui semblait vide et on cherchait donc un attracteur derrière, explique la chercheuse. En réalité, cet endroit ressemble au fond d’une vallée creusée par la matière autour. Et au fond, il n’y a rien !”*

La quête des astronomes est loin d’être terminée. Ils prévoient d’étendre encore leur cartographie. Prochain objectif : tracer les limites du vide gigantesque qui s’étend juste à côté de Laniakea. Un vide jusqu’là inaccessible parce qu’il se déploie en grande partie dans la zone cachée par la lumière de la Voie lactée. “*Il y a une polémique au sujet de ce vide,*

A voir : Laniakea en vidéo et en 3D, raconté par ses découvreurs.  
A lire : la saga du Grand Attracteur dans S&V.

EN  
SAVOIR  
PLUS

science-et-vie.com

# & Science techniques

PHOTOVOLTAÏQUE 96



PORTRAIT-ROBOT  
102



FUSÉE  
GÉANTE 110

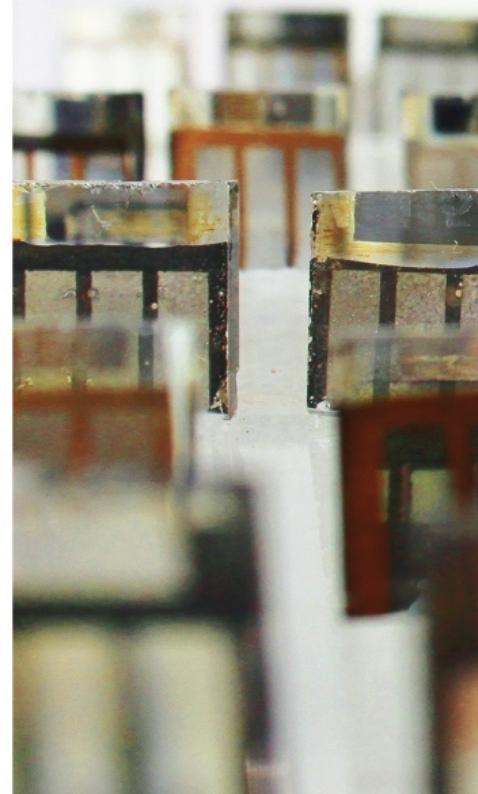


Pérovskite

# La prochaine révolution solaire

Produite à partir d'éléments chimiques courants, la pérovskite coûte 7 fois moins cher que le silicium pour un rendement quasi équivalent. Un vrai matériau miracle.

Par Florian Cadu



**D**e l'iode, un atome de plomb, un peu de carbone et un zeste d'azote bordé d'hydrogène. Tels sont les ingrédients, peu coûteux et simples à obtenir, nécessaires à la production du tout nouveau matériau qui, depuis deux ans, promet de révolutionner l'in-

dustrie des panneaux solaires grâce à sa facilité de fabrication.

Son nom ? La pérovskite.

*“Elle peut presque se préparer dans votre cuisine ! Les premières ébauches de cellules de pérovskite ont d'ailleurs été réalisées en 2007 dans un laboratoire japonais avec des moyens rudimentaires, raconte Claudine Katan, de l’Institut des sciences chimiques (CNRS-université de Rennes). Il suffit de mélanger les composants à une température de 100 à 120 °C pour l’obtenir. On est bien loin des techniques complexes employées dans le processus de fabrication standard des systèmes photovoltaïques. Ici, pas besoin de dépôt sous ultravide, de hautes températures ou de salles blanches.”*

Le silicium, hérogénonique dans les panneaux solaires

mais très cher à produire, pourrait enfin avoir un rival susceptible de le détrôner : une cellule photovoltaïque en pérovskite reviendrait en effet 5 à 7 fois moins cher qu'une cellule en silicium !

## DES MINÉRAUX HYBRIDES

Découvertes il y a plus de 150 ans, les pérovskites sont à l'origine des minéraux contenant du calcium, du titane et de l'oxygène. Les scientifiques se sont amusés à en changer les ingrédients, tout en conservant leur structure cristalline globale. Sauf que ce cristal n'était jusque-là utilisé que pour fabriquer des électrodes.

L'étape décisive est franchie en 2012 par Michael Grätzel.

Ce chimiste suisse est réputé pour avoir, vingt ans plus tôt, mis au point une architecture

### Enjeux

Depuis 1998, l'installation de panneaux solaires croît d'environ 35 % par an dans le monde, et la capacité photovoltaïque cumulée pourrait s'élever à 1 900 GW en 2030, contre moins de 200 GW aujourd'hui. Or, le silicium purifié utilisé dans les panneaux photovoltaïques pose problème. Sa production est en effet très coûteuse et consomme énormément d'énergie grise (environ 3 000 kWh par kWc pour un panneau). D'où la nécessité de lui trouver un substitut abondant et peu onéreux.



▲ Ces cellules photovoltaïques sont composées de pérovskite : mis au point en laboratoire, ce cristal a d'étonnantes propriétés de conductivité et d'absorption de la lumière.

de cellules à bas coût, composée de trois couches capables de transformer la lumière en électricité.

Son principe : la lumière frappe la cellule, libérant dans la couche centrale des charges négatives et positives qui, attirées par les deux couches latérales, donnent naissance à un courant électrique.

L'idée de Michael Grätzel, également développée par Henry Snaith, à Oxford, va consister à déposer au milieu de ce type de cellule une pérovskite hybride en couche épaisse.

Résultat : un rendement immédiat de 10 % ! Remarquable pour un matériau si abordable, surtout quand on sait que le silicium monocristallin, beaucoup plus cher, n'a réussi à atteindre que 24 % en laboratoire après soixante ans de recherche... →

C'est que la pérovskite, une fois hybridée, se révèle douée d'une grande capacité d'absorption lumineuse et, surtout, d'une conductivité électrique inattendue.

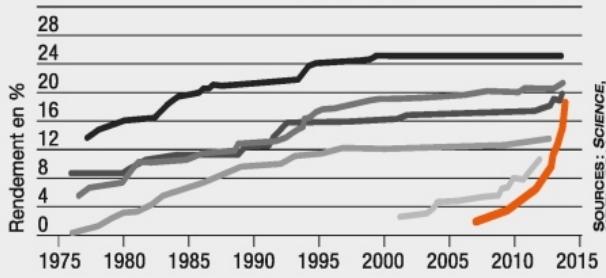
Comme le silicium, sa structure 3D permet un transport des charges négatives à des distances allant jusqu'au micromètre. Et, avec l'ossature imaginée par Grätzel, plus besoin de doper la conductivité, comme on le fait actuellement pour le silicium.

Dès lors, tout s'accélère. Inspirées par les travaux de Grätzel et Snaith, les publications portant sur les cellules photovoltaïques en pérovskite fleurissent, passant de 5 en



#### En sept ans, le rendement de la pérovskite a rattrapé celui de technologies déjà éprouvées

— Pérovskite  
— Silicium monocristallin — Tellure de cadmium  
— CIGS ( $\text{Cu}(\text{In}, \text{Ga})\text{Se}_2$ ) — Silicium amorphe  
— OPV (organique)



→ 2012 à 50 l'année suivante. Et l'engouement ne se dément pas.

*“Les rendements des cellules photovoltaïques à base de pérovskite atteints en laboratoire sont actuellement de l'ordre de 20 %, note Jacky Even, physicien au laboratoire des fonctions optiques pour les technologies de l'information (CNRS-université de Rennes). Et passer d'un rendement de 6 à 20 % en moins de quatre*

chlore). L'espoir serait de mêler silicium et pérovskite dans une même cellule, afin de dépasser les 30 % de rendement.

#### UN VASTE CHAMP D'APPLICATION

*“Ça devient un jeu. La pérovskite offre tellement de flexibilité qu'on prend plaisir à chercher la bonne composition, la meilleure formule afin de la rendre plus efficace en fonction du contexte, explique*

Mais les industriels restent méfiants. Pour Milan Rosina, spécialiste du photovoltaïque chez Yole Développement, un groupe de conseil aux entreprises, “*on a déjà vu des matériaux connaître des booms sans lendemain. Aujourd'hui, et jusqu'à preuve du contraire, le silicium reste la référence*”.

Il est vrai que la pérovskite a des défauts : il est en effet difficile d'estimer sa durée de vie réelle car elle est facilement dégradée par l'humidité, les rayons UV ou le sable.

De plus, la majorité des cellules actuelles utilisent du plomb. Les scientifiques cherchent à remplacer cet élément toxique et polluant par de l'étain par exemple, tout en minimisant la perte d'efficacité.

Enfin, les études, qui ne portent encore que sur des appareils de 1 cm<sup>2</sup>, n'ont pas passé le cap des conditions réelles : “*Le secteur industriel exige un produit concret, un véritable panneau solaire, ce qui n'a rien à voir avec une cellule miniature de laboratoire*”, rappelle Milan Rosina.

Les recherches devraient donc continuer quelques années avant qu'une pérovskite fournit chauffage et électricité dans nos maisons.

*“L'avenir des panneaux solaires ? Il est trop tôt pour le dire, relativise le spécialiste. Il n'existe aucune technologie mature qui tombe du ciel.” Il y en a pourtant qui émerge dans les cuisines....*

## Elle pourrait aussi révolutionner les télécommunications

**Autre performance remarquable d'une cellule en pérovskite : son pouvoir luminescent. Une fois placé dans une cavité, un film constitué de certaines structures de pérovskite hybride peut émettre une lumière laser rouge d'une longueur d'onde d'environ 760 nm. “Cette longueur d'onde proche de l'infrarouge est intéressante pour les télécommunications”, estime Emmanuelle Deleporte, directrice du département de physique à l'Ecole normale supérieure. En 2014, une équipe de Cambridge a découvert que la pérovskite pourrait convertir jusqu'à 70 % de la lumière absorbée en lumière émise. De quoi, peut-être, concurrencer encore une fois le silicium, classiquement utilisé dans certains lasers conventionnels.**

*ans, c'est du jamais vu dans le monde de l'énergie ! Dans le domaine du photovoltaïsme, les évolutions représentent normalement quelques fractions de pourcentage par an.”*

Pour parvenir à rattraper le silicium, et devancer les autres matériaux (voir graphique), les chercheurs jouent sur trois critères : l'épaisseur et la morphologie de la couche de pérovskite ; les contacts physiques entre les couches (plus ou moins optimaux selon le mode de dépôt) ; et la nature des composés interchangeables (l'iode peut par exemple être remplacé par du brome ou du

Lionel Combemale, chercheur à l'Ecole supérieure d'ingénieurs de recherche en matériaux et en infotronique, à Dijon, qui travaille sur une pérovskite pour les piles à combustible. *C'est avant tout un matériau facile à moduler et cette propriété le rend unique. En modifiant quelques éléments chimiques, tout devient possible.”*

Les applications potentielles de ces hybrides ne se limiteront pas à l'architecture de Grätzel. *“Des cellules solaires sur des substrats souples en polymères, sur du verre ou combinées avec des cellules classiques sont envisagées”, ajoute Jacky Even.*

A écouter : deux conférences sur la pérovskite qui se sont tenues à l'occasion des Journées nationales du photovoltaïque en 2013.

EN SAVOIR PLUS

# A la recherche de la **clarinette parfaite**

Timbre inégal, doigtés complexes : 300 ans après sa naissance, la clarinette fait toujours des "couacs"... Les physiciens acousticiens la réinventent aujourd'hui sur des simulateurs dignes de l'aéronautique !

Par **Cécile Michaut**

**C**'est un laboratoire de recherche pas comme les autres. Mais laboratoire, il l'est au même titre que les autres.

Son nom : Institut de recherche et coordination acoustique/musique, plus connu sous le nom de Ircam. C'est là que s'élaborent les sons de demain. Et les instruments du futur...

Lesquels ne sont pas forcément électroniques. La preuve :

## Repères

La clarinette a été créée à la fin du XVII<sup>e</sup> siècle par l'Allemand Johan Christoph Denner à partir du chalumeau, un instrument à vent en bois qui ressemblait à la flûte à bec, mais déjà doté d'une anche simple. Il est le premier à y avoir ajouté deux clés permettant un plus large registre. L'instrument a ensuite évolué avec l'ajout de nombreuses autres clés. C'est Mozart qui lui a donné ses lettres de noblesse en l'introduisant dans l'orchestre.



depuis deux ans, la clarinette mobilise à elle seule toute une équipe de chercheurs sous la houlette du laboratoire de mécanique et d'acoustique (LMA) de Marseille, en collaboration avec le facteur français d'instruments à vent Buffet Crampon.

Direction le beau bâtiment conçu par Renzo Piano, dans le IV<sup>e</sup> arrondissement de Paris. Dans l'une des chambres d'essais acoustiques trônent toutes sortes de clarinettes bardées de microphones et autres détecteurs, depuis une copie datant de 1780 jusqu'à la dernière-née parmi les plus modernes.

Qu'est-ce qui peut bien pousser les chercheurs de l'Ircam, plus connus pour leurs travaux sur les instruments de musique électronique, à braquer leurs capteurs de pointe sur de très

classiques instruments à vent ? Simplement l'espoir de débarrasser clarinettes et autres saxophones des trop nombreux défauts qui persistent malgré des siècles d'améliorations, artisanales ou industrielles, mais toujours empiriques.

Même sur les instruments de très bonne facture, certaines notes sont moins justes, d'autres ont un timbre moins agréable, d'autres encore sont moins puissantes ou plus difficiles à jouer. Sans compter certains doigtés trop complexes qui freinent la virtuosité.

Si tant est que la clarinette parfaite existe, les scientifiques sont bien décidés à s'en approcher au plus près.

Premier objectif : optimiser les instruments existants. "En jouant sur la géométrie interne" →

→ *de la clarinette, nous pourrons concevoir un instrument plus juste, plus homogène et plus facile à jouer, tout en gardant les doigtés auxquels sont habitués les musiciens* ", indique Philippe Guillemain, coordinateur du projet au LMA.

Mais rester proche de la clarinette classique aura forcément tôt ou tard ses limites. Surtout en termes de virtuosité : certains doigtés, particulièrement complexes, obligent par exemple à soulever des doigts et en abaisser d'autres en même temps, pour passer d'une note à la suivante.

D'où le second objectif, plus ambitieux : créer une clarinette



## Comment la clarinette actuelle pourrait être améliorée

Des mesures acoustiques permettent d'identifier les faiblesses de chaque note (justesse, timbre, puissance). Puis les positions des trous et des clés sont modifiées sur un instrument virtuel jusqu'à déterminer le meilleur prototype à construire.

### Des trous à modifier

Agrandir les trous, les réduire ou les déplacer permettra de rendre les notes plus justes et plus puissantes.

radicalement nouvelle, avec des doigtés logiques (où soulever un doigt fait monter le son d'un demi-ton), un son homogène sur toute l'étendue des notes, et une grande justesse.

A la clé, non seulement un plus grand confort et un meilleur son, mais aussi la possibilité de faire évoluer la musique pour cet instrument.

Dans les deux cas, au lieu de procéder, comme d'habitude, par essais et erreurs, les chercheurs et les fabricants vont, pour la première fois, travailler scientifiquement. "Comme dans l'automobile et l'aéronautique, nous allons concevoir et tester l'instrument sur ordinateur avant de le construire réellement", expose Michaël Jousserand, ingénieur chez Buffet Crampon.

Mais avant cela, il faut comprendre comment fonctionnent les instruments actuels. D'où la myriade de capteurs équipant les instruments auscultés à l'Ircam. Les chercheurs mesurent tout d'abord l'impédance acoustique (la manière dont l'instrument réagit à une excitation sonore pour une fréquence donnée). Pour cela, ils

envoient à l'aide d'un haut-parleur un signal sonore dans l'instrument, et enregistrent la manière dont celui-ci résonne. Un expérimentateur appuie avec ses doigts sur les trous : selon les doigtés, certaines fréquences sont amplifiées, d'autres atténues. Plus la fréquence amplifiée est proche de la note que l'on souhaite jouer avec un doigté donné, plus celle-ci sera facile à émettre, et puissante. Dans le cas inverse, le musicien tendra à faire un "couac" ou à produire une autre note.

### INTERPRÉTER DES SENSATIONS

C'est là qu'interviennent les musiciens professionnels : ils valident ces premiers tests acoustiques. Ils repèrent les notes déficientes, qu'ils jouent de plus en plus fort sans corriger les défauts avec leur bouche ou leur larynx.

Résultat : les trous à modifier pour améliorer les notes déficientes sont identifiés.

Mais savoir sur quels trous agir ne dit rien sur la meilleure manière de les modifier : faut-il les agrandir, les réduire, les déplacer ?

## Un saxophone sans trou ni clé...

**La clarinette n'est pas la seule à bénéficier de l'expertise des chercheurs. Le saxophone aussi peut être conçu scientifiquement. Si ces deux instruments semblent proches, ils sont cependant très différents : la forme intérieure de la clarinette (la perce) est cylindrique, tandis que celle du saxophone est conique, s'élargissant régulièrement entre le haut et le bas de l'instrument. "D'un point de vue acoustique, c'est équivalent à la mise en parallèle de deux résonateurs cylindriques, indique Philippe Guillemain, du laboratoire de mécanique et d'acoustique de Marseille. Nous avons donc construit un prototype formé de deux résonateurs cylindriques, pour l'instant sans trou ni clé, pour vérifier que cela se comporte bien comme un saxophone conique."** Celui-ci a bien le timbre du saxophone, mais il n'est pas encore très juste. L'étape suivante sera de calculer la perce, puis la position et la taille des trous. "Ce sera un nouvel instrument, avec le timbre du saxophone, mais le son sera plus facile à émettre, et les doigtés logiques."

**Des clés à supprimer**

Diminuer le nombre de clés, qui servent à ouvrir et fermer plusieurs trous en même temps, rendra le timbre plus homogène et permettra une plus grande virtuosité.

**Ces courbes de résonance renseignent sur les défauts de l'instrument (comme la justesse) pour chaque doigté**

Graphique d'amplitude en fonction de la fréquence pour différents doigtés (n) :

Doigté n	0	500	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000
Amplitude	~10	~15	~10	~15	~10	~15	~10	~15	~10

▲ Dans les laboratoires de l'Ircam, des clarinettistes aident les physiciens à repérer les défauts de l'instrument, puis à valider les améliorations.

C'est là que les ordinateurs entrent en jeu, pour simuler les modifications possibles... A partir de moulages très précis en silicone de l'intérieur des instruments, les chercheurs ont construit un instrument virtuel, sur ordinateur, dans lequel ils peuvent simuler la propagation d'une onde acoustique. Il leur suffit alors de modifier virtuellement l'emplacement ou la forme des trous pour simuler une clarinette modifiée.

“Nous pouvons ainsi tester de nombreuses possibilités, et ne construire les prototypes que sur les meilleures clarinettes virtuelles”, indique René Caussé, directeur de l'équipe acoustique instrumentale. Deux prototypes ont ainsi déjà été créés avec les doigtés “logiques”, et un troisième est en fabrication.

Que vaut l'ordinateur en tant que facteur d'instrument ? “Certains critères, comme la justesse, sont bien calculés. D'autres sont plus difficiles à optimiser, comme le timbre, qui dépend aussi de la forme du trou”, précise René Caussé.

Et même quand l'instrument semble satisfaisant pour les physiciens, il ne l'est pas forcément pour les instrumentistes. “Nous avons travaillé avec cinq clarinettistes professionnels, indique le chercheur. Certains détails qui nous semblaient peu importants étaient parfois essentiels pour eux. Et il reste très difficile d'interpréter scientifiquement les sensations des musiciens. Que veut dire, par exemple, ‘cette note retient’ ?”

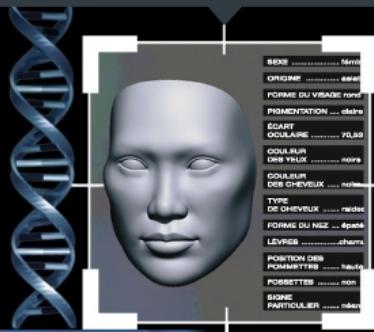
Une chose est sûre : le dernier mot reviendra aux musiciens.

Sachant que certains instrumentistes reprochent déjà aux premiers prototypes d'être... trop parfaits. Or, l'imperfection d'un instrument en fait parfois son charme. Et tous les musiciens ne cherchent pas la même chose : jazzman ou concertiste ont des besoins différents.

“Nous ne produirons pas la meilleure clarinette du monde, prévient René Caussé, mais une clarinette plus juste, plus homogène et plus logique. Toutefois, nous introduisons une démarche rationnelle dans la conception des instruments.” Une démarche à laquelle les facteurs d'instruments, très réticents il y a encore quelques années, adhèrent aujourd'hui. De quoi ouvrir de nouvelles possibilités aux musiciens... sans nier leur sensibilité.

A consulter :  
le site du projet mené par le LMA, et celui de l'Ircam.  
A regarder :  
une vidéo de Buffet Crampon sur la fabrication des clarinettes.  
**EN SAVOIR PLUS**  
[science-et-vie.com](http://science-et-vie.com)

**ÉCHANTILLON DE SALIVE**



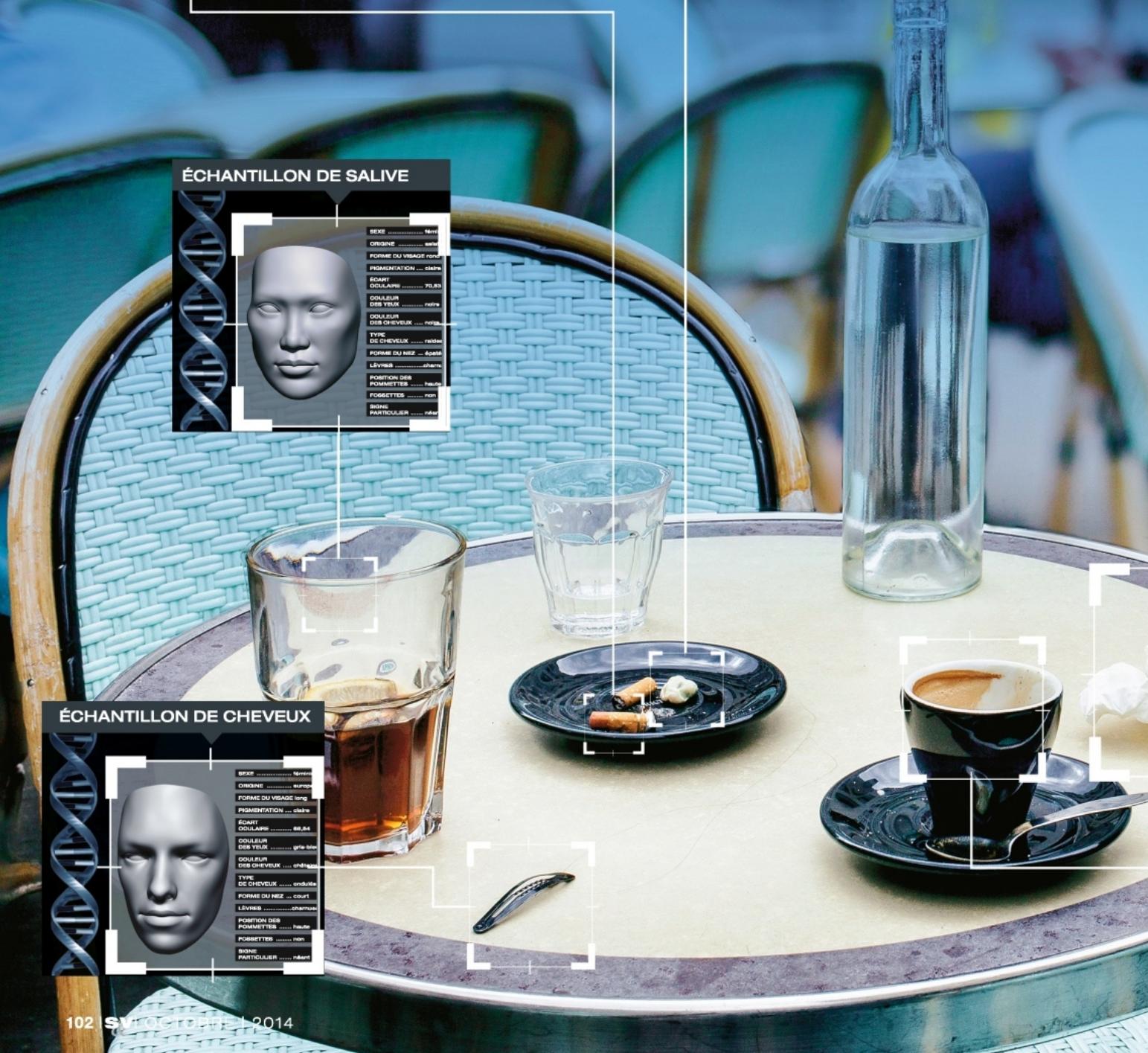
**ÉCHANTILLON DE SALIVE**



**ÉCHANTILLON DE SALIVE**



**ÉCHANTILLON DE CHEVEUX**



PORTRAIT-ROBOT

# L'ADN connaît votre visage

Forme du visage, des lèvres, du nez... Une infime trace d'ADN permettra demain de reconstituer le faciès d'un individu ! Déjà, des logiciels de profilage génétique sont en préparation. Et nul besoin d'être fiché : les photos du Net mettront un nom sur le portrait-robot. Une révolution.

Par **Emilie Rauscher**



## Repère

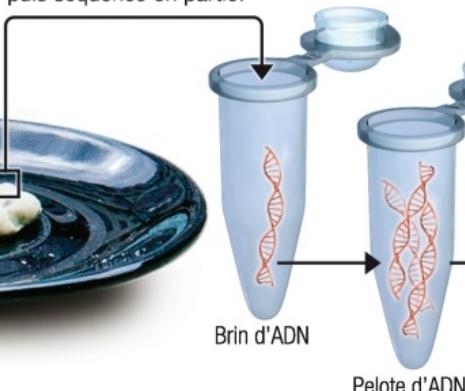
Outils d'enquête en police judiciaire, les premiers portraits-robots, conçus à la fin du XIX<sup>e</sup> s. par le criminologue français Alphonse Bertillon, consistaient en un signalement descriptif basé sur un vocabulaire standardisé. Ils évoluèrent au milieu du XX<sup>e</sup> s. en un jeu de photos (nez, yeux...) dont l'assemblage créa de nouveaux visages. Avant que l'ADN s'en mêle aujourd'hui.



## Comment un simple échantillon d'ADN aboutira à un portrait-robot

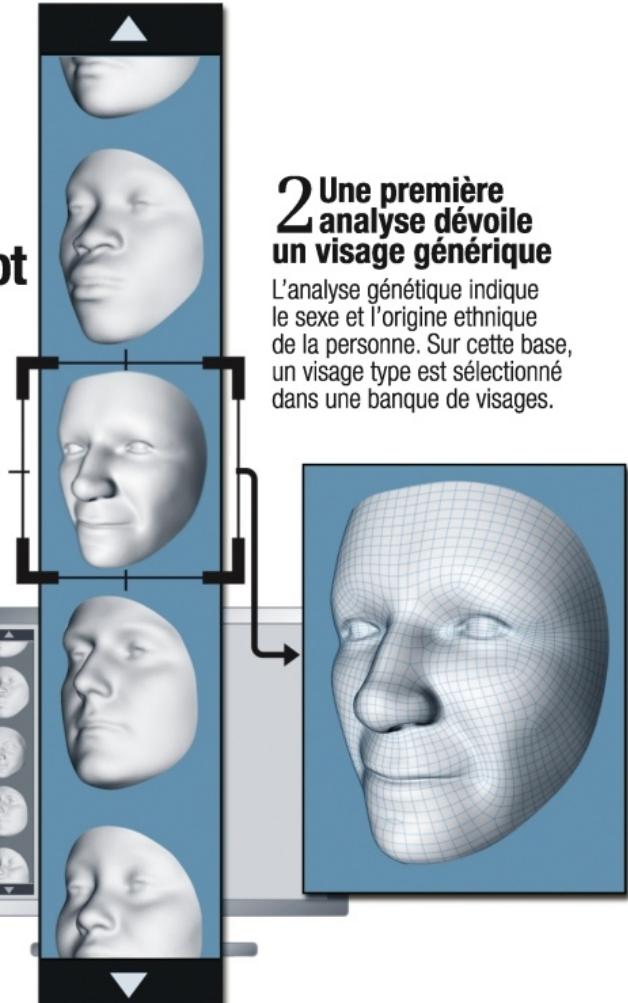
### 1 L'ADN est extrait d'une "trace" biologique

A partir d'un échantillon de salive, de sang, de cheveux... l'ADN est prélevé, amplifié puis séquencé en partie.



### 2 Une première analyse dévoile un visage générique

L'analyse génétique indique le sexe et l'origine ethnique de la personne. Sur cette base, un visage type est sélectionné dans une banque de visages.



**V**ous avez forcément, un jour, laissé un peu de votre ADN dans un lieu public. Sur un chewing-gum ou un mégot négligemment jeté au sol. Sur le rebord d'un verre à la terrasse d'un café. Dans un taxi où l'un de vos cheveux est tombé. Sur un mouchoir en papier, taché d'une goutte de sang après avoir essuyé une éraflure... Autant dire rien.

Mais que ressentiriez-vous si, de ce fragment ridiculement anodin, on remontait jusqu'à vous? Non parce que votre ADN serait enregistré dans une banque de données permettant de vous identifier, mais parce que ces quelques cellules abandonnées derrière vous auraient servi à établir votre portrait-robot!

Ce qui relevait de la science-fiction il y a encore trois ans est aujourd'hui à peine de l'anti-

cipation, et sera demain une technologie accessible. Voilà en tout cas ce que laissent penser les dernières études en "profilage génétique", un domaine de recherche en pleine effervescence.

#### NOTRE IDENTITÉ DÉMASQUÉE

Notre visage, ce bastion de notre identité croisé chaque matin dans le miroir, ce portrait que reconnaissent nos proches et que l'Administration exige de voir figurer sur nos papiers, est en passe de se laisser saisir par les analyses toujours plus poussées du génome. Nos cellules, hôtes d'une longue molécule d'ADN qu'on qualifie souvent de "garante de notre identité génétique", sont désormais susceptibles de livrer notre identité tout court.

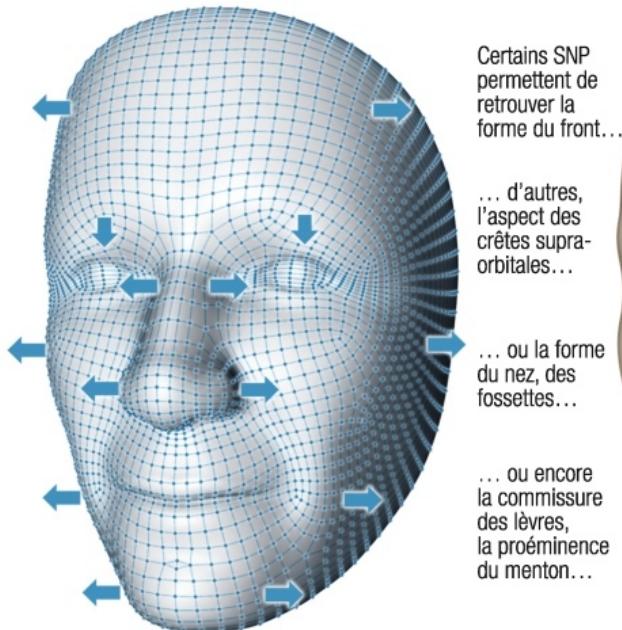
Certes, identifier un individu à partir de son ADN contenu dans un échantillon ou une

"trace" biologique est possible depuis plusieurs années. Mais jusqu'ici, il fallait pour cela passer par les bases de données de la police, selon un scénario bien rodé: un crime est commis, les enquêteurs trouvent sur place une trace biologique pouvant appartenir à un coupable ou un témoin, l'ADN est analysé puis comparé à celui d'individus préalablement appréhendés. Que l'auteur de la trace relevée ne soit pas enregistré dans les bases de données et la piste de l'ADN s'arrête... ou plutôt, s'arrête.

Car, ces dernières années, l'ADN relevé sur les scènes de crime s'est mis à renseigner la police sur la physionomie de suspects inconnus de ses services. Dans les pays anglo-saxons, quelques affaires ont reçu depuis 2009 de petits coups de pouce génétiques: la couleur des yeux ou de la peau

### 3 Une seconde analyse affine les traits...

Le visage type est assimilé à un réseau de 7 150 points de référence. Selon la présence, ou non, de mini-mutations génétiques (des SNP), ces points sont déplacés.



### Que dit la loi?

Le 25 juin, la **Cour de cassation** a légalisé l'exploitation de l'ADN d'un suspect pour en tirer des informations sur son apparence, le "matériel biologique [utilisé s'étant] naturellement détaché du corps" et échappant donc aux lois sur la vie privée et le respect du corps humain. Assez pour faire jurisprudence ?

d'un suspect a ainsi pu être estimée. Pas suffisant pour désigner un coupable, mais de quoi resserrer les recherches.

Et cet été, la France semble s'être mise au diapason *via* une décision de justice inattendue, comme le souligne Georges Moréas, commissaire principal honoraire de la Police nationale. Alors qu'il était interdit de tirer des informations des "parties codantes" – principalement les gènes – de l'ADN, à l'exception de marqueurs du sexe, l'arrêt 3280 de la Cour de cassation du 25 juin 2014 indique qu'un "*juge d'instruction a ordonné une expertise tendant à l'analyse de ces traces [biologiques] afin que soient extraites les données essentielles à partir de l'ADN et fournis tous renseignements utiles relatifs au caractère morphologique apparent du suspect*" (lire "Que dit la loi?").

### 4 ... et modèle un visage : celui du propriétaire de l'ADN

Le déplacement des points écarte les yeux, élargit le nez... et dessine un visage cette fois bien particulier.



point les techniques de profilage génétique de demain.

Quelques experts voient même un cran plus loin, tel Dennis McNevin (université de Canberra), qui travaille avec la police fédérale australienne et la police de Victoria. Le généticien n'hésite pas à envisager un scénario associant logiciel de reconnaissance faciale (voir *S&V* n° 1162) et génétique : "Avec ces nouvelles technologies, il sera possible, à partir de l'ADN récupéré sur une scène de crime, de tirer un portrait-robot qui pourra être envoyé dans les sas biométriques des aéroports, aux frontières, etc., là où les logiciels de reconnaissance faciale analyseront les voyageurs présents".

Ce scénario – et bien d'autres non cantonnés à la sphère policière, puisqu'ils concernent aussi bien la recherche généalogique que l'anthropologie (voir l'encadré ci-dessous) –, les résultats des recherches les plus récentes le rendent chaque jour plus crédible.

Car depuis deux ans, les portions de notre ADN qui configurent notre visage commencent enfin à être mieux connues... Ce qui est une véritable gageure : en effet, ce sont des centaines de gènes et →

### Un large panel d'applications

Mark Shriver, de l'université d'Etat de Pennsylvanie, envisage une foule d'usages possibles au profilage génétique : "Il peut être utile pour découvrir le visage de nos ancêtres plus ou moins anciens, celui de nos enfants... et même d'espèces disparues !" La reconstitution du visage de victimes dont il ne reste qu'un squelette pourrait aussi en bénéficier. Dans le cas de Néandertal comme de ces dernières, la principale difficulté est de réussir à estimer la quantité de tissus mous (muscle, chair...), ce qui devient ici possible. La médecine, enfin, pourrait s'en servir comme outil de diagnostic, pour certaines malformations notamment.

## Notre ADN dévoile de nombreux indices sur notre apparence

La base génétique qui se trouve derrière la plupart de nos traits physiques commence à être identifiée par les généticiens. Plus de 600 variations impliquées (des SNP) sont aujourd'hui localisées, et permettent dans certains cas de premières prédictions.



### Le sexe

La présence de deux chromosomes X (femme) ou d'une paire XY (homme) modifie drastiquement tout notre corps.



### La forme du visage

Le sexe, l'origine ethnique et la génétique (*via* 24 SNP) cumulent leurs effets pour influencer la morphologie de notre visage (voir pages précédentes).



### L'âge

Quatre approches différentes de l'ADN (analyse des télo-mères, accumulation de mutations, etc.) donnent une estimation de l'âge à 9 ans près.



### La corpulence

Au moins 7 gènes influent sur la tendance à l'obésité (en régulant notre métabolisme, la prise de graisse, etc.). Et une dizaine d'autres agissent sur notre musculature (nombre de fibres musculaires...).

→ des milliers de leurs séquences régulatrices qui sont impliqués. Sachant que les connaître ne suffit pas: encore faut-il comprendre leur impact sur notre "morphologie crano-faciale", et pas seulement lors de malformations. C'est ce pas qui est en train d'être franchi.

*"Des tests génétiques [comme IrisPlex] existaient déjà pour estimer la couleur des yeux, de la peau et des cheveux, indique Manfred Kayser, du département de biologie moléculaire forensique de l'université Erasme de Rotterdam (Pays-Bas). Toutefois, on en savait encore peu sur les bases génétiques présidant au développement normal d'un visage."*

Partant de ce constat, le généticien, précurseur dans le domaine, a lancé en 2012 la première étude de grande ampleur destinée à établir des corrélations entre variations génétiques et différences faciales chez plus de 5 000 personnes.

Plus que des gènes, ce sont des variations d'une simple lettre du texte génétique d'un génome à l'autre – les SNP, "single nucleotide polymorphisms" – qui sont recherchées. Ces variations, lorsqu'elles sont

situées sur des gènes au rôle connu, intervenant par exemple dans le développement embryonnaire, se comprennent. Mais parfois, on les trouve dans des portions de l'ADN à la fonction encore nébuleuse, si bien que la raison de leur influence demeure inexpliquée...

En dépit de cette complexité et de nombreuses zones



DENNIS MCNEVIN

Chercheur en génétique forensique à l'université de Canberra (Australie)

*On pourra tirer un portrait-robot de l'ADN trouvé sur une scène de crime*

DR - B BOURGEOIS

### La taille

Plus de 180 SNP sont impliqués dans la taille, et seules les hautes statures sont aujourd'hui bien prédites. Ce caractère physique reste toutefois influencé par l'environnement.



### La peau

Huit SNP expliquent près de 82 % des nuances de couleur de la peau ainsi que sa texture. D'autres variations prédisent la présence de taches de rousseur ou d'affections cutanées.

d'ombre, "nous avons pointé le rôle de 5 gènes qui contribuent aux différences entre les visages", se félicite le chercheur. En l'occurrence, en influant sur la forme des yeux, du nez, de la mâchoire, etc. "Reste à en trouver de nombreux autres pour pouvoir prédire fidèlement la forme d'un visage à partir de l'ADN, poursuit-il. Mais nous progressons, et d'autres laboratoires également! Ce champ de recherche débute et il est très prometteur..."

Et de fait, moins d'un an plus tard, l'équipe de Kun Tang, du groupe Variations génétiques fonctionnelles humaines de l'Institut des sciences biologiques de Shanghai (Chine), posait un nouveau jalon. A partir des visages de 1 001 Chinois, elle a réussi à identifier 10 SNP, situés dans 4 autres gènes que ceux déjà identifiés. Le plus influent permet de prédire efficacement la forme des lèvres chez les femmes.

Mais l'étude la plus complète est celle publiée en mars dernier par l'équipe de Peter Claes, de l'université catholique néerlandophone de Louvain (Belgique), et Mark Shriver, du département d'anthropologie



“

**MANFRED KAYSER**

Généticien à l'université Erasme de Rotterdam (Pays-Bas)

*Nous avons détecté 5 gènes qui contribuent aux différences entre les visages... et il y en a d'autres*

de l'université d'Etat de Pennsylvanie (Etats-Unis).

Conscients que tant le sexe que l'origine ethnique d'un individu contribuent à son apparence, les scientifiques ont cherché à étudier les effets de ces deux facteurs, en plus de ceux des variations génétiques uniquement liées au développement de la face.

## 24 VARIATIONS CRUCIALES

Leurs travaux consistaient à observer les relations entre modifications du visage, sexe et origine via l'étude de 76 SNP situés dans 46 gènes chez 592 participants.

Pour ce faire, ils ont assimilé le visage de ces volontaires à un réseau de 7 150 points de référence au niveau des yeux,

de la commissure des lèvres, de l'arête du nez, etc., afin d'en obtenir une version modélisée qui allait ensuite être annotée : ce visage était-il plutôt masculin ou féminin, plutôt européen, africain, métis...?

De l'analyse statistique de ces subtiles différences et des variations génétiques entre participants, les chercheurs ont tiré deux constats principaux. Celui, d'abord, que près d'un tiers de la diversité des visages découle du sexe et de l'origine. Le premier ayant surtout une influence sur les joues et les crêtes supra-orbitales, ainsi que sur le nez, les lèvres, la mâchoire et les yeux; le second affectant principalement les crêtes supra-orbitales, le nez, le menton et les lèvres. →



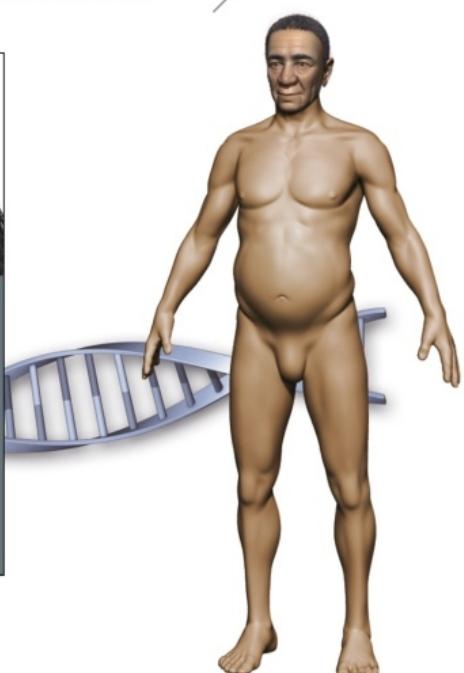
### La couleur des yeux

Une quinzaine de SNP suffisent à prédire la couleur marron (avec 99 % de succès) ou bleue (91 %). Le test génétique IrisPlex est déjà utilisé par certaines polices scientifiques.



### L'abondance, la couleur et la texture des cheveux

Treize gènes permettent de prévoir une couleur rousse (avec 93 % de succès), noire (87 %), brune (82 %) ou blonde (81 %) – voire leurs nuances. Onze SNP impliqués dans la calvitie sont aussi connus.



→ Second constat: 24 des 76 SNP étudiés s'avèrent jouer un rôle significatif sur les caractéristiques du visage. Certaines de ces variations génétiques déterminent l'orientation des orbites, le menton et le centre du visage, d'autres les crêtes supra-orbitales, les coins de la bouche, le nez...

De quoi préciser le portrait-robot, et montrer l'ampleur du travail restant à effectuer. Car si quelques variations génétiques touchent juste une

Prudents, les auteurs pointent cependant les limites de leur travail. *"L'environnement et notre vie, y compris sociale, sont bien sûr des facteurs majeurs qui influent sur les gènes impliqués dans notre apparence"*, rappelle Peter Claes. Et Mark Shriver de compléter: *"Nous ne pouvons pas encore partir de l'ADN pour reconstruire un visage fidèle, ni remonter d'un visage à l'ADN"*.

Ce qui ne l'empêche pas d'admettre que "cela devrait

grand, etc. (voir l'infographie pp. 110-111).

Reste que de telles possibilités interpellent, d'autant qu'elles demeurent très mal connues.

### À LA PORTÉE DE TOUS

En 2013, l'informaticienne et artiste Heather Dewey-Hagborg a d'ailleurs jeté un pavé dans la mare en exposant une série de visages obtenus à partir de l'ADN de donneurs aussi involontaires qu'anonymes – prouvant du même coup qu'une personne motivée, même novice, peut réaliser ce genre de travaux en dehors des laboratoires de recherche officiels.

Sur son site Stranger Visions, l'artiste détaille comment elle a pu identifier les protocoles expérimentaux, sélectionner les SNP à considérer, etc. Et pointe la puissance de ces nouvelles technologies fascinantes ainsi que... le manque de recul et de réflexion à leur encontre.

Patrick Gaudray, généticien et membre du Comité consultatif national d'éthique, invite à réfléchir sur le sujet et ses possibles applications: *"Ces travaux peuvent être utilisés pour le pire comme pour le meilleur, et tout un travail d'explication et de réflexion est à mener pour nous conduire plutôt vers le meilleur..."*.

Encore une fois, une avancée technologique va contraindre la société à prendre position. C'est elle qui dira jusqu'où quelques-unes de nos cellules peuvent, ou pas, nous tirer le portrait.

A lire : les publications.  
A voir : la vidéo sur le logiciel de modélisation de Claes et Shriver.

A consulter : le site de l'artiste Heather Dewey-Hagborg et la base de données SNPedias.



EN  
SAVOIR  
PLUS

[science-et-vie.com](http://science-et-vie.com)

## L'anonymat menacé dans les laboratoires

**Nombre de laboratoires prestigieux fondent aujourd'hui leurs recherches sur l'ADN fourni par des centaines de milliers de personnes, auxquelles l'anonymat a été promis: les informations (susceptibilité à une maladie, particularités physiologiques, etc.) ne peuvent en théorie pas être reliées au donneur... Mais en janvier 2013, une étude publiée dans *Science* a prouvé qu'il était possible (et facile) de remonter au minimum jusqu'à la famille des donneurs, en compilant simplement les bases de données génétiques avec les informations contenues dans des bases de données administratives, disponibles sur Internet. Dans ce domaine où la force des études repose sur le nombre de volontaires, la question primordiale de la confiance est relancée.**

partie du visage, une majorité d'entre elles a des effets multiples... et tout se combine.

Cette complexité, Peter Claes l'a saisie à bras-le-corps, en mettant en place une interface graphique permettant de visualiser les différents effets déjà répertoriés: on y observe un visage type modélisé évoluer en fonction des paramètres sexuel, ancestraux et génétiques insérés; les zones affectées sont automatiquement mises en évidence par un camaïeu de couleurs. Voici en quelque sorte le tout premier programme de prédiction des visages!

*être possible*", tandis que son collègue estime que des prédictions fiables devraient arriver d'ici cinq à dix ans. Leur équipe travaille, de fait, à compléter la liste des SNP à prendre en compte.

Un tel portrait-robot n'arrivera d'ailleurs pas seul: en y ajoutant tous les traits physiques pour lesquels on remonte peu à peu jusqu'à une explication génétique (même partielle), on peut presque brosser en creux le portrait en pied d'un illustre inconnu – de quelle couleur sont ses yeux, d'où vient-il, est-il

# CONSULTEZ EN LIGNE 25 ANS DE SCIENCE & VIE !

Avec LES  
**GRANDES** SCIENCE & VIE  
ARCHIVES

Retrouvez  
**+ de 300 numéros**  
de Science & Vie depuis 1989



Faites des recherches efficaces grâce à un moteur de recherche performant

Consultez  
**+ de 15000 articles**

**Abonnez-vous aujourd'hui**  
pour bénéficier d'une consultation illimitée pendant 1 an

**TARIF ABONNÉ** **12€**  
au lieu de 36€

**TARIF LECTEUR** **36€**

[www.archives.science-et-vie.com](http://www.archives.science-et-vie.com)

Parcourez les grands dossiers conçus par la rédaction

## BULLETIN D'ABONNEMENT

A compléter et à renvoyer dans une enveloppe timbrée accompagné du règlement à SCIENCE & VIE - SERVICE ABONNEMENTS - CS 50273 - 27092 EVREUX CEDEX 9

**Oui, je m'abonne aux Grandes Archives.**

**Je suis abonné :**

Je règle la somme de 12 € 788 323  
J'aurai besoin de mon n° d'abonné pour me connecter:

**Je ne suis pas abonné :**

Je choisis l'abonnement aux archives seules :  
je règle la somme de 36 € 788 331

Je choisis l'abonnement au magazine et aux archives (soit 35 €\* l'abonnement + 12 € l'accès aux archives) :  
Je règle la somme de 47 € 788 349

NOM : \_\_\_\_\_

PRÉNOM : \_\_\_\_\_

ADRESSE : \_\_\_\_\_

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 : \_\_\_\_\_ @ \_\_\_\_\_

**Adresse mail obligatoire pour recevoir mes identifiants**

**Je joins mon règlement par :**

chèque bancaire ou postal à l'ordre de Science & Vie

CB \_\_\_\_\_

Date d'expiration \_\_\_\_\_ Code crypto \_\_\_\_\_

(Les 3 chiffres au dos de votre CB)

Je souhaite bénéficier des offres promotionnelles des partenaires de

Science & Vie (groupe Mondadori)

Date et signature obligatoire

C1163

**► Dès réception de mon paiement je recevrai mes identifiants pour me connecter** ▲

\*Prix public et prix de vente en kiosque. Offre valable pour un 1<sup>er</sup> abonnement livré en France métropolitaine jusqu'au 30/08/2014 et dans la limite des stocks disponibles. Je peux acquérir séparément chacun des numéros mensuels de Science & Vie au prix de 4,20 €. 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.

Service Abonnements - Science & Vie - 8 rue François Dry 92543 MONTROUGE Cedex. RCS B 452 791 262 - Capital : 1 717 360 €.

Je m'abonne en ligne sur :  
[www.maboutiquemagazines.com](http://www.maboutiquemagazines.com)

## Prête pour 2017

Les premiers essais de moteurs débutent actuellement au centre spatial Stennis de la Nasa (Mississippi). Le chantier de construction de la fusée SLS est lancé depuis le 30 juin dernier. Il devrait coûter 13,5 milliards d'euros et s'étaler sur une dizaine d'années, jusqu'à l'assemblage final au centre de Michoud, en Louisiane, et l'envol du centre Kennedy, en Floride.

### Capsule

La capsule Orion abritera jusqu'à quatre astronautes. Après ses deux premiers vols, en 2017 et 2021, elle pourra aussi être remplacée par un cargo inhabité, d'une capacité volumique de 1 800 m<sup>3</sup>.

### Etage principal

Haut de 61 m, il consistera en deux cuves contenant l'hydrogène liquide d'une part, l'oxygène liquide de l'autre. Leur mélange explosif propulsera la fusée via 4 moteurs RS-25 d'une poussée de 227 tonnes chacun.

### Site de lancement

Le centre Kennedy, en Floride, sera adapté aux mensurations du SLS. Un système projetera ainsi 1 200 m<sup>3</sup> d'eau au niveau des réacteurs pour amortir le bruit des moteurs, si fort qu'il pourrait endommager la fusée !

### Deuxième étage

Equipé du futur moteur J-2X, cet étage – qui prendra le relais du premier une fois hors de l'atmosphère – consommera 821 litres de propergol par seconde, pour exercer une poussée de 130 t durant sept minutes.

### Deux boosters

Durant les deux premières minutes de vol, ils exerceront chacun une poussée de 1 610 t avec 5 t/s de propergol. De quoi fournir 2,3 millions de kWh d'énergie, soit la consommation électrique de la France en deux minutes trente.



Space Launch System

# C'est la fusée ultime

En construisant la fusée la plus puissante de tous les temps, la Nasa change de stratégie. Un pari risqué... Et un défi : envoyer des hommes sur Mars en 2035.

Par Benoît Rey

**E**lle sera lourde de 3 000 tonnes, presque un tiers du poids de la tour Eiffel. Elle mesurera 117 m de hauteur, la taille d'un immeuble de 40 étages. Elle fournira une poussée au décollage de 4 173 t – l'équivalent de celle de 34 Boeing 747 ou de 17 400 locomotives, dépassant de 20 % la puissance de la mythique *Saturn V* qui, à partir de 1969, propulsa les hommes sur la Lune.

Les chiffres sont là : dans sa version aboutie, prévue pour les années 2020, le *Space Launch System* (*SLS*) sera la fusée la plus puissante de tous les temps, la première version de ce nouveau lanceur lourd

de la Nasa devant prendre son premier envol dès 2017.

Avec ce mastodonte, la Nasa vise bien plus haut que l'orbite basse des satellites, située à 2 000 km de la Terre. Elle promet avant tout la Lune, 200 fois plus loin, autour de laquelle elle compte placer en 2025 un astéroïde de 8 m (capturé préalablement) sur une orbite de stockage. Le *SLS* y parachutera alors deux astronautes pour une étude *in situ*.

*“Cette mission servira de test avant le grand bain : Mars en 2035”*, explique le porte-parole de la Nasa, Trent Perrotto.

Alors que la Chine se lance dans des projets de voyages habités vers la Lune, les Etats-

Unis repartent à la conquête de l'espace avec ce programme démesuré. L'avenir dira s'ils ont raison ou si ce projet fou, après tant d'autres, se révélera *in fine* un mauvais choix.

Le chantier, lui, est lancé. Le 30 juin dernier, Boeing a décroché le contrat à 2 milliards d'euros pour la construction de la colonne vertébrale, soit deux gigantesques réservoirs cryogéniques d'ergols (un mélange d'oxygène et d'hydrogène liquides à, respectivement, -183 °C et -250 °C). Le diamètre des cuves de 8,4 m a →

## Contexte

Dans l'industrie spatiale, la tendance actuelle vise à construire des fusées modestes pour envoyer à prix modique des satellites en orbite. Le lanceur lourd européen *Ariane 5* a été conçu pour placer 20 t de charge utile en orbite basse. Son successeur, *Ariane 6*, portera des charges de 5 t. Le *SLS*, lui, va à contre-courant.

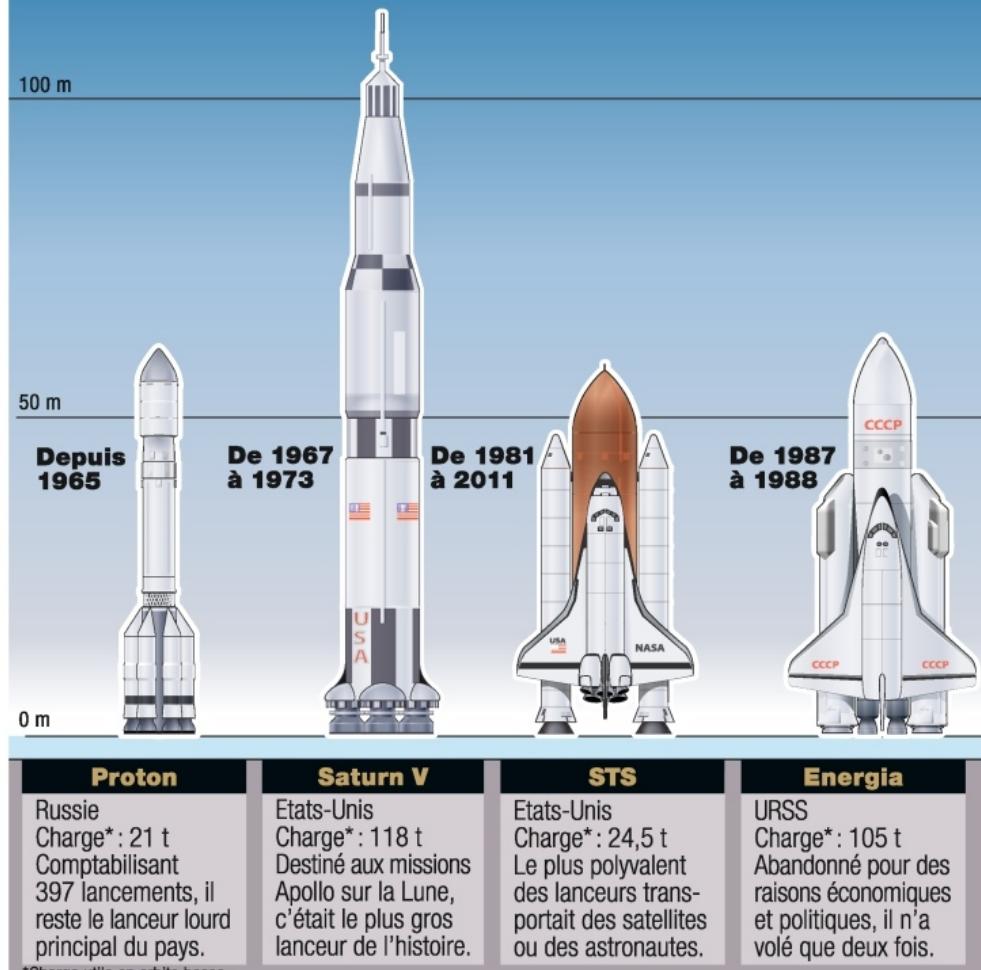
→ été calqué sur celui du réservoir du lanceur de la *Navette spatiale américaine (STS)*, arrêtée en 2011, pour ressusciter les installations du Centre d'assemblage de Michoud, en Louisiane, où elle était fabriquée. Leur adaptation aux proportions du *SLS* a été terminée il y a un mois.

#### PREMIER VOL À VIDE EN 2017

Les quatre moteurs qui propulsent ce premier étage sont les mêmes que ceux du *STS*. Une valeur sûre : en 135 vols, ces RS-25 n'ont jamais montré de défaillance grave. Selon la Nasa, les 16 déjà en stock rejoindront le banc d'essai du centre spatial Stennis (Mississippi) dès cet automne.

Car si le Sénat américain a décidé en 2010 d'accorder au projet un milliard d'euros par an – soit un quart du budget annuel total de l'Agence spatiale européenne et 7 % de celui de la Nasa –, les consignes sont strictes : l'agence spatiale américaine doit recycler au maximum les pièces de la *Navette* et de “*Constellation*”, nom donné au projet de retour sur la Lune lancé par George Bush et avorté par Barack Obama en 2010.

Le feu vert vient ainsi d'être donné pour la fabrication de quatre boosters, qui équiperont la version light de *SLS* lors de



ses deux premiers vols en 2017 et 2021. Ces propulseurs d'appoint, qui fournissent la majorité de la poussée dans les deux premières minutes de vol, avant de se décrocher et de retomber dans l'Atlantique, datent de *Constellation*.

*“Pour équiper la version évoluée de SLS, il faudra les rendre encore plus puissants, bien au-delà de tout ce qui existe dans le monde”*, annonce cependant

Alex Priskos, responsable de cette partie du projet.

Le deuxième étage, qui prendra le relais, une fois sorti de l'atmosphère, pour acheminer vers sa destination la partie supérieure de la fusée débarrassée du premier étage et des boosters, est une version modifiée du lanceur actuel *Delta IV*, avec quatre moteurs *RL-10*. Ces derniers seront peut-être à terme remplacés par un unique moteur, celui conçu pour *Constellation*, lui-même version modifiée du moteur *J-2* qui équipait la fusée *Saturn V*. Même esprit de récupération pour la capsule *Orion*, perchée tout en haut, qui hébergera jusqu'à quatre astronautes sous la coiffe de la fusée : elle est reprise telle quelle de la capsule de *Constellation*. Elle prendra son premier envol dès le 4 décembre prochain à

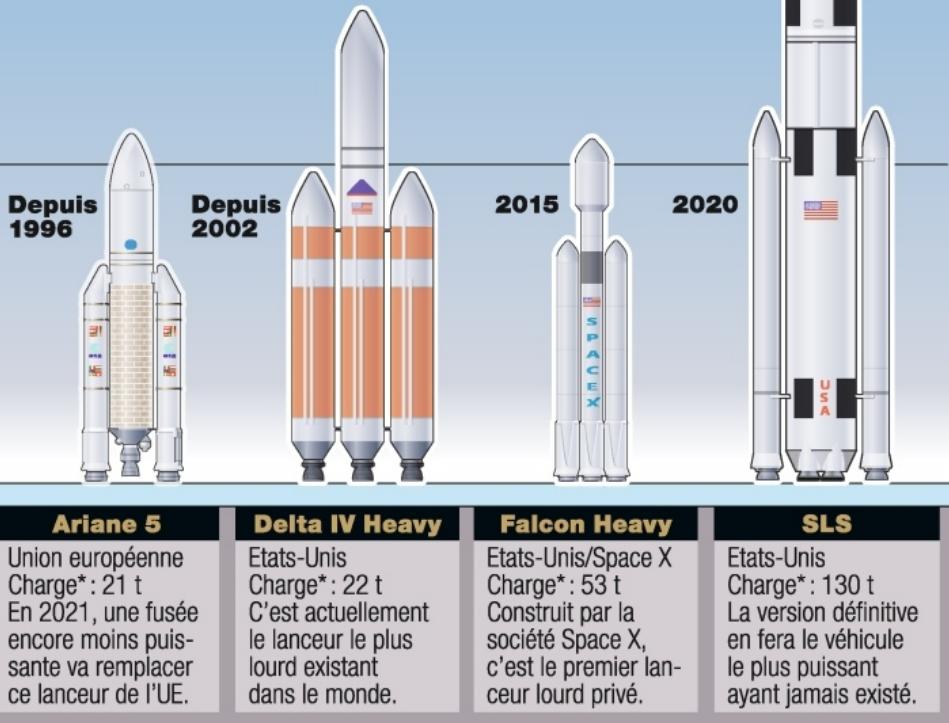


“ ”

CHRISTOPHE BONNAL  
Expert au Centre national d'études spatiales à Paris

*C'est la clé d'un futur inimaginable. La Nasa offre un outil permettant de rêver grand*

# SLS: le retour du gigantisme après 40 ans de petits lanceurs



Union européenne  
Charge\*: 21 t  
En 2021, une fusée encore moins puissante va remplacer ce lanceur de l'UE.

Etats-Unis  
Charge\*: 22 t  
C'est actuellement le lanceur le plus lourd existant dans le monde.

Etats-Unis / Space X  
Charge\*: 53 t  
Construit par la société Space X, c'est le premier lanceur lourd privé.

Etats-Unis  
Charge\*: 130 t  
La version définitive en fera le véhicule le plus puissant ayant jamais existé.

dos de la fusée *Delta IV*, pour deux tours de la Terre à vide qui permettront d'éprouver sa résistance aux 2 200 °C qu'elle subira lors de sa réentrée dans l'atmosphère à 32 000 km/h.

## 2 ANS POUR RALLIER JUPITER !

Si elle passe le test avec succès, Orion sera intégrée au *SLS* pour son premier vol prévu en 2017, puis transportera des astronautes dès 2021.

Pour les vols suivants, elle pourra être remplacée par un cargo exclusivement dédié au fret, avec une capacité volumique de 1 800 m<sup>3</sup>, soit la moitié d'une piscine olympique de 3 m de profondeur !

Avec une capacité de 70 t en 2017 et de 130 t dans les années 2020, cet assemblage colossal de pièces issues de vieux projets devient un engin radicalement nouveau. "SLS pour-

rait envoyer sur Mars toutes les sondes et les rovers que la Nasa n'a jamais envoyés en un seul voyage", souligne Todd May, le directeur du programme.

Cette puissance peut aussi être mise au service de la vitesse plutôt que de la charge utile. Benjamin Donahue, de Boeing, a calculé qu'une sonde de 8 t lancée par *SLS* mettrait deux ans pour atteindre Jupiter contre six ans et demi aujourd'hui; ou pourrait embarquer trois fois plus de charge utile qu'une *Atlas V* vers Saturne, pour un voyage de quatre ans au lieu des sept actuellement nécessaires.

"C'est la clé de tout un futur inimaginable. La Nasa prend les devants en offrant un outil permettant de rêver grand et d'avoir une vision du futur de l'exploration spatiale bien au-delà de nos visions actuelles",

s'enthousiasme Christophe Bonnal, expert à la direction des lanceurs, au Centre national des études spatiales à Paris.

Paradoxalement, cette diversité inquiète une frange conséquente de la communauté du spatial aux Etats-Unis, qui redoute que le projet n'avance sans objectif clair. "C'est le problème de la poule et de l'œuf, explique Christophe Bonnal. Il faut savoir où on veut aller précisément pour fabriquer la fusée appropriée. Mais c'est seulement une fois conçue qu'on saura précisément où elle peut nous emmener."

En juin, l'Académie américaine des sciences a estimé, quant à elle, que si le budget n'était pas revu à la hausse, le projet *SLS* était une "*invitation à l'échec et aux désillusions*". Et en juillet, le Government Accountability Office, l'équivalent américain de la Cour des comptes en France, a précisé que la carence budgétaire pourrait retarder le lancement de 2017 de six mois, et ajouter 400 millions de dollars au coût total de *SLS*.

"Même si les médias ont mis l'accent sur leur côté détracteur, les deux rapports ne font rien d'autre que préconiser que le Congrès revoie son financement à la hausse, se défend Todd May. Quoi qu'il en soit, ces rapports n'ont aucune incidence sur le travail de nos équipes." La fusée la plus puissante du monde est bel et bien en construction.

A voir :  
les photographies  
et les plans  
détailés de la fusée  
en construction.  
**EN SAVOIR PLUS**

[science-et-vie.com](http://science-et-vie.com)

**OFFRE SUPER DISCOUNT, "SPÉCIAL RENTRÉE"**

# 18 magazines à prix cassés

**Abonnez-vous vite !**

jusqu'à

**-52%**  
sur le prix kiosque



**-39%**

**12 n° pour 16€**

au lieu de 26,40€  
soit 1,33€ le n° au lieu de 2,20€



**-37%**

**10 n° pour 17€50**

au lieu de 28€  
soit 1,75€ le n° au lieu de 2,80€



**-33%**

**10 n° pour 29€90**

au lieu de 45€  
soit 2,99€ le n° au lieu de 4,50€



**-29%**

**6 n° pour 16€**

au lieu de 22,80€  
soit 2,67€ le n° au lieu de 3,80€



**Format Poche**

**-52%**

**26 n° pour 18€50**

au lieu de 39€  
soit 0,71€ le n° au lieu de 1,50€



**-44%**

**9 n° pour 17€50**

au lieu de 31,50€  
soit 1,94€ le n° au lieu de 3,50€



**-44%**

**12 n° pour 23€90**

au lieu de 42€  
soit 1,96€ le n° au lieu de 3,50€



**1€ LE NUMÉRO**

**20 n° pour 20€**

au lieu de 30€  
soit 1€ le n° au lieu de 1,50€



**2 numéros GRATUITS**

**12 n° pour 29€**

au lieu de 34,80€  
soit 2,42€ le n° au lieu de 2,90€



**-31%**

**12 n° pour 42€90**

au lieu de 62,40€  
soit 3,58€ le n° au lieu de 5,20€



**-38%**

**12 n° + 6 HS pour 55€90**

au lieu de 90,60€  
soit 2,96€ le n° au lieu de 4,80€  
soit 5,09€ le HS au lieu de 5,50€



**-39%**

**8 n° pour 29€**

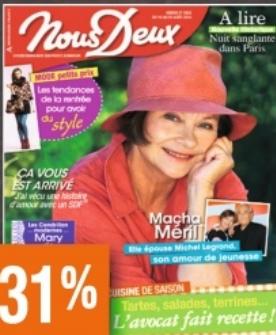
au lieu de 47,60€  
soit 3,63€ le n° au lieu de 5,95€

# Offre réservée aux lecteurs de **SCIENCE&VIE**



Mon magazine partout avec moi,  
sur tablette, smartphone ou ordinateur.

**La version numérique  
OFFERTE !**



**-31%**

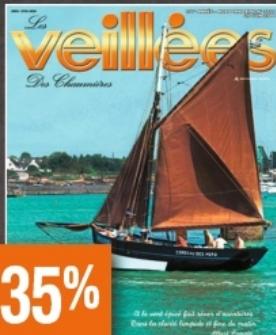
**17 n° pour 26€**

au lieu de 38€  
soit 1,53€ le n° au lieu de 2,23€

**-35%**

**20 n° pour 26€**

au lieu de 40€  
soit 1,30€ le n° au lieu de 2€



**-35%**

**20 n° pour 26€**

au lieu de 40€  
soit 1,30€ le n° au lieu de 2€



**12 numéros  
GRATUITS**

**52 n° pour 39€90**

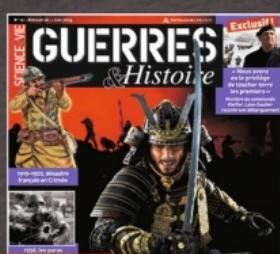
au lieu de 52€  
soit 0,77€ le n° au lieu de 1€



**0€95  
LE NUMÉRO**

**52 n° pour 49€60**

au lieu de 57,20€  
soit 0,95€ le n° au lieu de 1,10€



**-29%**  
**les samouraïs**  
lendue et réalité  
de caste guerrière

**6 n° pour 25€**

au lieu de 35,70€  
soit 4,17€ le n° au lieu de 5,95€



**-42%**

**52 n° pour 59€**

au lieu de 103,48€  
soit 1,13€ le n° au lieu de 1,99€

# BULLETIN D'ABONNEMENT

A compléter et à retourner à OPÉRATION RENTRÉE

CS 50273 - 27039 EVREUX CEDEX 9

**1 Je choisis** mes abonnements et je coche les cases ci-dessous. 786624

Magazine	Réf.	Durée de l'abonnement	Prix au numéro	MON PRIX	Ma réduction
<input type="checkbox"/> Modes et Travaux	12	1 an - 12 numéros	26,40€	<b>16€</b>	- 39%
<input type="checkbox"/> Top Santé	13	10 mois - 10 numéros	28,00€	<b>17,50€</b>	- 37%
<input type="checkbox"/> L'Ami des Jardins	10	10 mois - 10 numéros	45,00€	<b>29,90€</b>	- 33%
<input type="checkbox"/> 750g	62	1 an - 6 numéros	22,80€	<b>16€</b>	- 29%
<input type="checkbox"/> Nous Deux	14	17 semaines - 17 n°	38,00€	<b>26€</b>	- 31%
<input type="checkbox"/> Les Veillées des Chaumières	19	20 semaines - 20 n°	40,00€	<b>26€</b>	- 35%
<input checked="" type="checkbox"/> Grazia Format Poche	57	6 mois - 26 numéros	39,00€	<b>18,50€</b>	- 52%
<input type="checkbox"/> Vital	61	18 mois - 9 numéros	31,50€	<b>17,50€</b>	- 44%
<input type="checkbox"/> Pleine Vie	18	1 an - 12 numéros	42,00€	<b>23,50€</b>	- 44%
<input type="checkbox"/> Closer	17	20 semaines - 20 n°	30,00€	<b>20€</b>	1€ le n°
<input type="checkbox"/> Télé Poche	50	1 an - 52 numéros	52,00€	<b>39,90€</b>	12 n° gratuits
<input type="checkbox"/> Télé Star	51	1 an - 52 numéros	57,20€	<b>49,60€</b>	0,95€ le n°
<input type="checkbox"/> Télé Star Jeux	52	1 an - 12 numéros	34,80€	<b>29€</b>	2 n° gratuits
<input type="checkbox"/> Science&Vie Découvertes	35	1 an - 12 numéros	62,40€	<b>42,90€</b>	- 31%
<input type="checkbox"/> Science&Vie Junior + 6 HS	33	1 an - 12 n° + 6 HS	90,60€	<b>55,90€</b>	- 38%
<input type="checkbox"/> Les Cahiers de Science&Vie	36	1 an - 8 numéros	47,60€	<b>29€</b>	- 39%
<input type="checkbox"/> Guerres & Histoire	37	1 an - 6 numéros	35,70€	<b>25€</b>	- 29%
<input type="checkbox"/> Auto Plus	40	1 an - 52 numéros	103,48€	<b>59€</b>	- 42%

Nombre total

TOTAL DE MA COMMANDE

€

**2 Adresse(s) de livraison** des abonnements :

Mes coordonnées (à remplir dans tous les cas) pour recevoir les abonnements

Références des magazines : \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

Nom \_\_\_\_\_

Prénom \_\_\_\_\_

Adresse \_\_\_\_\_

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

Pour recevoir mes codes d'accès à la version numérique de mon(ou mes) magazines, je note :

Email \_\_\_\_\_

Je souhaite recevoir les offres promotionnelles des partenaires sélectionnés par le groupe Mondadori France.

Coordonnées de la personne à qui j'offre des abonnements

Références des magazines : \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

Nom \_\_\_\_\_

Prénom \_\_\_\_\_

Adresse \_\_\_\_\_

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

**3 Mon règlement.** Le montant total de ma commande est de : \_\_\_\_\_ €

Je règle par chèque ci-joint à l'ordre de **Mondadori Magazines France**.

Je règle par carte bancaire : N° de carte \_\_\_\_\_

Expire \_\_\_\_\_ Notez les 3 derniers chiffres du N° inscrit au dos de votre carte \_\_\_\_\_

Date \_\_\_\_\_ Signature : \_\_\_\_\_

Offre valable jusqu'au 30/09/2014.

En application de l'article 27 de la loi du 6 janvier 1978, les informations ci-dessous sont indispensables au traitement de votre commande. Elles peuvent donner lieu à l'exercice du droit d'accès et de rectification auprès de Mondadori Magazines France. Par notre intermédiaire, vous pouvez être amené à recevoir des propositions d'autres organismes. En cas de refus de votre part, il vous suffit de nous prévenir par simple courrier.

**EXCLUSIF**

+ rapide et - cher !

Et en plus à partir de 2 abonnements

**-10%**

supplémentaires

sur [www.KiosqueMag.com](http://www.KiosqueMag.com)



▲ L'entreprise Toshiba fait pousser des salades dans un liquide nutritif aseptisé et une atmosphère filtrée : une alternative en cas de lourde pollution industrielle, ou nucléaire.



YOKOSUKA (JAPON)

# C'est parti pour les légumes cultivés en milieu confiné

Comment faire pousser des légumes sains, débarrassés de toute pollution chimique extérieure ? En les faisant croître dans un milieu confiné et contrôlé, autrement dit une usine. Cet automne, les supermarchés japonais vont accueillir dans leurs rayons des salades et épinards produits dans une véritable usine à végétaux. A l'origine du concept, on trouve la firme Toshiba. En effet, le géant high-tech a décidé d'appliquer aux légumes ses méthodes de fabrication des fragiles circuits électroniques : les végétaux poussent dans un liquide nutritif aseptisé, contenant mille fois moins de bactéries que des cultures en plein sol, sous une lumière fluorescente à la

longueur d'onde calibrée pour une croissance rapide, et au milieu d'une atmosphère filtrée et ultra-stable en température et en humidité... Tout usage de pesticide ou d'insecticide est donc ici superflu ! Ces conditions draconiennes répondent à la forte demande japonaise en produits propres depuis la catastrophe de Fukushima, car plusieurs centaines de kilomètres carrés de terres agricoles ont été contaminés. Plus généralement, les lourdes pollutions industrielles et chimiques qui sévissent actuellement en Asie encouragent ce mode de production. Si bien que d'autres industriels comme Panasonic, Sharp et Fujitsu vont aussi se lancer.

V.N.



OKPO-DONG (CORÉE)

## Les ouvriers d'un chantier naval testent un nouvel exosquelette

Sur le plus grand site de construction navale du monde, un prototype d'exosquelette assiste les techniciens pour soulever de manière répétitive de lourdes charges. Cette structure articulée, qui tient lieu de squelette extérieur, est activée par des moteurs électriques afin d'assister les efforts musculaires des ouvriers. Les tâches en deviennent moins pénibles et, surtout, plus efficaces. Pour l'instant, ce dispositif expérimental se montre peu maniable – surtout dans les pentes et les virages –, et seulement capable de soulever des pièces mécaniques d'à peine 30 kg. Mais le conglomérat sud-coréen Daewoo, à l'origine de ces premiers tests, vise désormais des charges de 100 kg. **V.N.**



CHINE

## Un concept de plateformes géantes pour lutter contre les feux de forêt

Ce gratte-ciel futuriste est une caserne de pompiers d'un tout nouveau genre. Conçu par des étudiants chinois pour lutter contre les incendies de forêts, à l'origine de la perte de 350 millions d'hectares chaque année, Rainforest Guardian Skyscraper est censé repérer et éteindre les feux avant qu'ils ne se propagent. Perchés à une centaine de mètres, les pompiers ou les systèmes automatiques détectent les départs de feu et expédient une noria de "drones extincteurs". Aucun raccordement au réseau d'eau ni à un lac ne sera nécessaire : des systèmes récupéreront l'eau de pluie, et des tuyaux placés autour du gratte-ciel l'humidité du sol qui remontera par capillarité jusqu'à des réservoirs. Un séduisant concept qui n'existe encore que sur le papier. **F.C.**

CAMPINAS (BRÉSIL)

# La première usine à moustiques transgéniques

La première usine à moustiques, capable de produire 500000 insectes transgéniques par semaine, a été inaugurée au Brésil. Objectif: éradiquer l'épidémie de dengue, qui se transmet principalement par les moustiques. L'idée est de lâcher massivement dans la nature des mâles rendus dépendants à un antibiotique (la tétracycline), sans lequel ils succombent en quelques jours. Ces mâles sont censés s'accoupler avant de mourir et engendrer des descendants non viables, entraînant l'extinction progressive de leur espèce. Alors que les vaccins peinent à voir le jour, ce procédé mis au point par la société britannique Oxitec apparaît comme un recours possible... en attendant le feu vert de l'agence de veille sanitaire brésilienne. A.P.



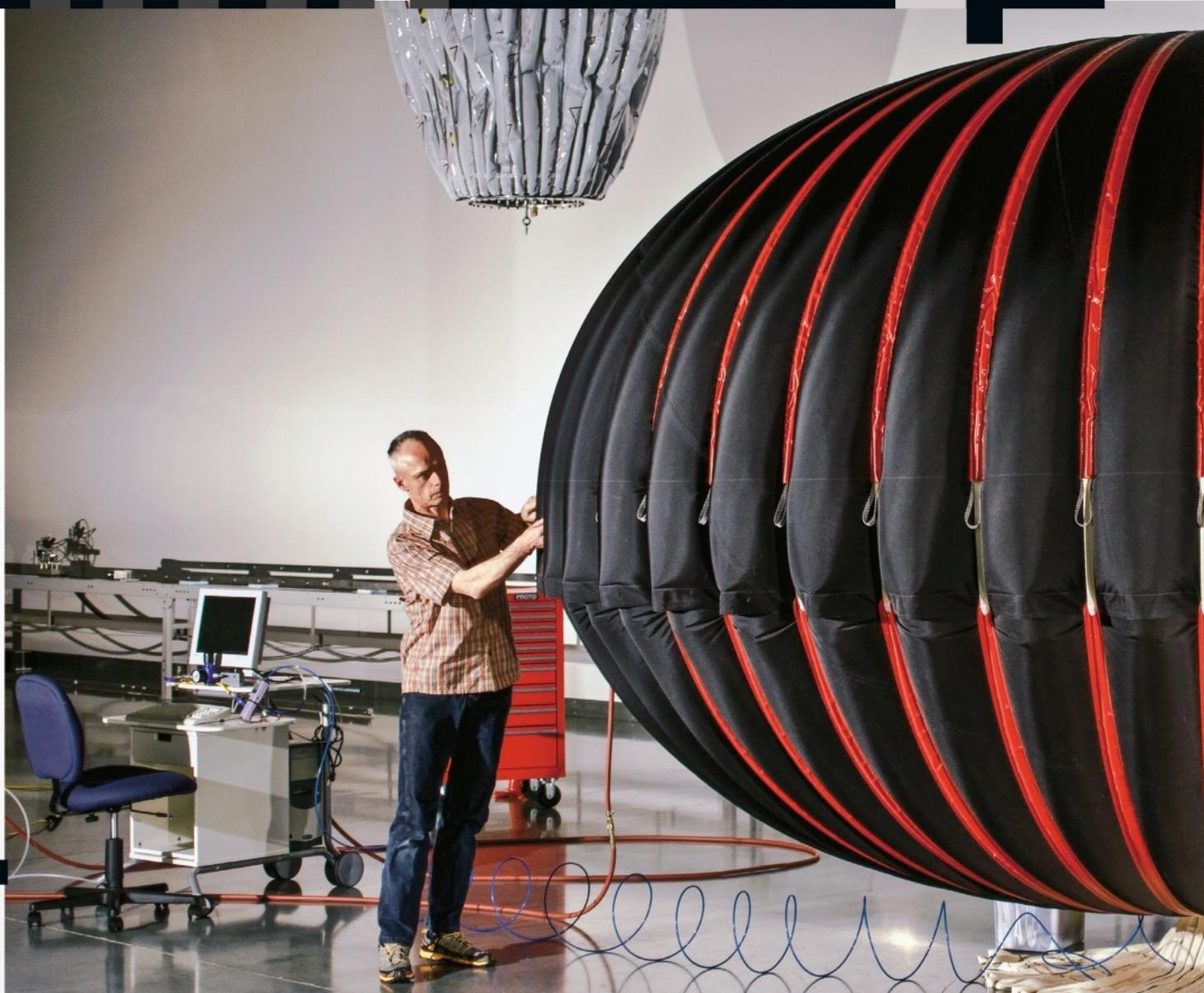
## Idée neuve



**“SÉCURISER NOS DONNÉES GRÂCE AU CAPTEUR PHOTO DE NOTRE SMARTPHONE”**

*Nicolas Gisin, université de Genève, Suisse*

Les capteurs photos de nos téléphones portables sont capables de détecter le “bruit photonique” de la lumière, un phénomène quantique parfaitement aléatoire. De quoi produire, via un algorithme, des nombres aléatoires afin de crypter solide-ment nos données – à commencer par nos échanges bancaires. *“Les méthodes de cryptographie classiques, basées sur des modèles mathématiques, ne sont plus suffisantes, notamment quand il s’agit de données très sensibles,* explique Nicolas Gisin. *Quant aux méthodes fondées sur la physique quantique, elles nécessitent des dispositifs à la fois trop chers et encombrants.”* Alors que les adap-tations demandées ici sont minimes, voire inexistantes : un capteur de 8 mégapixels et un éclairage à LED suf-fisent. *“Les capteurs CCD de nos téléphones et caméras ont une résolution et une sensibilité suffisantes et, les smartphones disposent d'une puissance de calcul remarquable”,* s’enthousiasme le chercheur. L.B.



ÉTATS-UNIS

## Les fabricants de batteries électriques voient grand

Voilà qui devrait révolutionner le marché du véhicule électrique : la Gigafactory doit produire 50 GWh de batterie lithium-ion par an, soit l'équivalent de l'ensemble de la production actuelle dans le monde ! Elle est le fruit d'une alliance américano-japonaise entre Tesla, constructeur de voitures électriques, et Panasonic, groupe spécialisé dans l'électrotechnique. Ils prévoient de réduire le coût des batteries, très onéreuses aujourd'hui, de 30 %. L'installation est annoncée pour 2017. Seule zone d'ombre : la quantité d'électricité nécessaire pour alimenter une telle usine. F.C.

ZONES DE CATASTROPHE

## Des drones vont relayer le wi-fi longue distance

Pour communiquer rapidement dans des régions sinistrées sans passer par les coûteux systèmes satellitaires, des chercheurs américains ont conçu un drone capable d'établir une connexion wi-fi à cinq kilomètres de distance – cinquante fois plus qu'une antenne wi-fi classique. L'antenne fixée sur l'engin concentre le signal vers une cible et se réaligne automatiquement. Résultat, "*la connexion est stable même lorsque le vent déplace le drone*", assure Yan Wan, de l'université du Texas. L'ingénierie estime que le signal pourrait être étendu à 25 km avec une meilleure amplification. G.S.



Rendez-vous en...

# 2050

## ENVIRONNEMENT

### UNE "GRANDE MURAILLE Verte" CONCUE POUR STOPPER L'ÉROSION EN CHINE

Les autorités chinoises organisent la plantation d'une immense forêt sur 4 500 km de longueur pour se protéger des tempêtes de poussières en provenance du désert de Gobi. Et pour cause : la population et les cultures de la région de Pékin sont victimes de ces nuages alimentés par l'érosion de terres agricoles devenues poudreuses à force de culture intensive et de surpâturage. Et ces tempêtes déferlent aussi sur le Japon et la Corée, chargées en plus de la pollution chinoise.

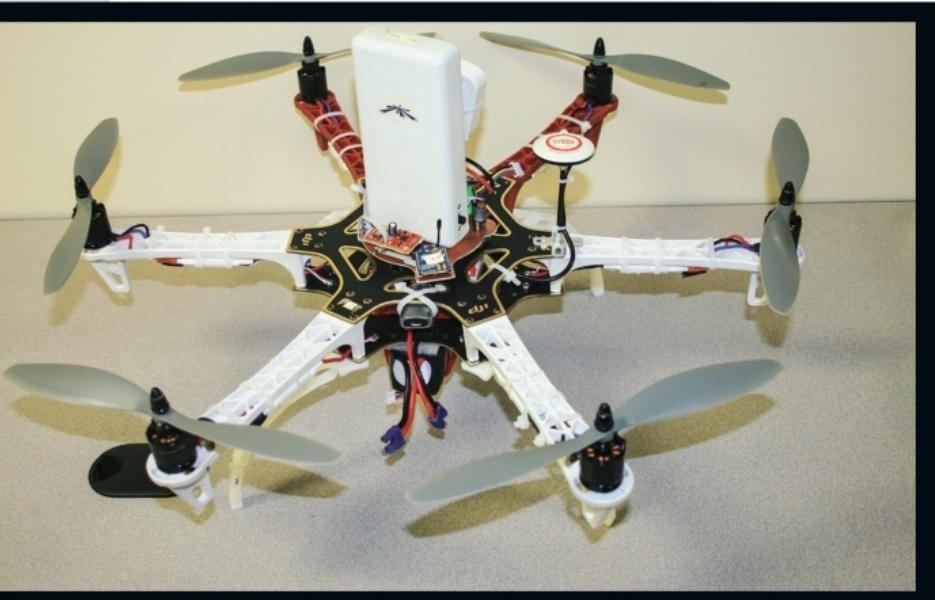
L'idée de cette ceinture forestière protectrice est de stabiliser les sols et de bloquer la poussière. Mais l'ampleur de la tâche, lancée en 1978, est immense : lors de la dernière décennie, 56 milliards d'arbres et arbustes ont été plantés. Des millions d'habitants sont incités à y participer, et des ensemencements ont même été effectués par avion. Mais, ces efforts sont parfois annihilés par les tempêtes, les maladies ou les mauvais choix d'essences d'arbres. Sans compter que dans "ces régions arides, les plantations épuisent les faibles ressources en eau disponibles", dénonce Hong Jiang, professeure de géographie à l'université d'Hawaï. Rendant la réussite de ce mégaprojet encore incertaine.

V.N.

LAC ONTARIO (CANADA)

## Des ballons coulés en mer sont expérimentés pour réguler l'énergie verte

La start-up canadienne Hydrostor veut expérimenter une nouvelle solution pour stocker le trop-plein d'électricité issu du solaire ou de l'éolien : des ballons gonflables immersés à proximité des côtes. Les jours de grand vent, par exemple, le surplus d'électricité alimentera un compresseur qui enverra de l'air dans des ballons flexibles ancrés à 80 m de profondeur, où l'air est naturellement pressurisé par le poids de l'eau – ce qui permet d'en stocker plus que sur terre. A l'inverse, quand la demande d'énergie est trop forte, l'air des ballons est évacué et reconvertis en électricité grâce à une turbine. Ce système parviendrait à sauvegarder 70 % de l'énergie initiale. Le démonstrateur en cours d'installation dans le lac Ontario, au large de Toronto (Canada), doit délivrer 4 mégawatts. A plus grande échelle, l'air stocké dans 23 ballons de 41 m de diamètre, immersés à 500 m, compenserait une journée de production de 175 éoliennes d'un parc offshore. **G.S.**





PAYS EN VOIE DE DÉVELOPPEMENT

## Des maisons "gonflables" innovent en direction des plus démunis

Sous leur allure de bunkers, les "Binishells", imaginés par l'entreprise américaine du même nom, permettent d'envisager un nouveau genre d'habitat alliant résistance et rapidité de construction... tout en restant très abordable : 2 600 € pour construire le modèle de base de 32 m<sup>2</sup> au sol. La recette ? Du béton est coulé autour de barres d'acier sur une vessie d'air qui, gonflée lentement pendant qu'il sèche, façonne une maison à la structure arrondie. "Avec une seule enveloppe au lieu de quatre murs, les charges sont mieux distribuées et les pertes de chaleur limitées", assure Nicolo Bini, patron de Binishells. Une solution idéale pour les pays en voie de développement, ou pour reloger les victimes d'une catastrophe naturelle. En effet, selon ses concepteurs, quelques heures suffisent pour ériger la façade d'une maison ! Un premier programme de construction s'ouvre ce mois-ci. **G.S.**

# Culture Science

124

## Bon à savoir

Santé, vie quotidienne, environnement... Dix enseignements pratiques en direct des publications scientifiques et autres rapports et études.

126

## Questions / Réponses

Pourquoi se met-on à grossir quand on arrête de fumer ? Les poissons connaissent-ils la soif ?...



132

## A lire / à voir

Les Mayas : une exposition événement au quai Branly ; Un documentaire sur le stress post-traumatique ; Dans le ciel ce mois-ci : un rendez-vous avec une perspective cosmique.



136

## Technofolies

Une bague qui vous connecte à tout ; Un GPS intelligent pour vélo ; L'hybride auto-moto qui fait aussi culbuto...



140

## Il y a... 100 ans

27 octobre 1914 : sur le front d'Ypres, les troupes allemandes expérimentent pour la première fois des gaz chimiques comme arme offensive.

**LA CONFiance EN SOI COMPTE PLUS QUE L'EXPérience**

Une grande confiance en soi ne permet pas simplement de faire une bonne première impression.

Même sur le long terme, après avoir montré leur vraie valeur, les plus sûrs d'eux restent surestimés, d'après une série de tests et d'autoévaluations menés sur 72 étudiants durant six semaines.

"Plos One", août 2014

**ATTENTION AUX ÉLASTIQUES PORTÉS EN BRACELETS**

L'étude d'un échantillon de bracelets en élastiques a révélé que 18 % d'entre eux avaient un taux de phtalates (des perturbateurs endocriniens) supérieur à la limite légale européenne. Les produits marqués "CE" sont à privilégier. "Birmingham Assay Office", août 2014

**LES JEUX VIDÉO ONt DES EFFETS POSITIFS**

Bien sûr, mieux vaut éviter les plus violents... Mais globalement, une heure par jour de jeu vidéo favorise le bien-être et l'ajustement social et émotionnel des enfants de 10 à 15 ans. Au-delà de trois heures quotidiennes, l'effet inverse se produit. "Pediatrics", août 2014

**ON RETIENT MOINS BIEN CE QU'ON LIT SUR TABLETTE**

Mauvaise nouvelle pour les fans d'"eBooks" : il semble que l'on retient moins bien les informations quand elles sont lues sur un écran. Entre deux groupes de 25 personnes ayant lu la même nouvelle, les uns sur tablette numérique, les autres sur papier, les premiers se remémoraient par la suite moins bien la chronologie des événements décrits. S'il est possible que cet effet s'atténue chez les utilisateurs de tablette plus expérimentés, il paraît pour l'instant préférable de restreindre la lecture numérique aux romans de gare... et de privilégier le papier pour le travail ou les révisions. "Conférence IGEL", juillet 2014

**LES GRAINES GERMÉES DE BROCOLI DÉTOXIFIENT L'ORGANISME**

Les graines germées peuvent nettoyer l'organisme de certains polluants atmosphériques ! Pendant douze semaines, 291 Chinois ont bu chaque jour 100 ml d'une boisson soit placebo, soit contenant un extrait de graines germées de brocoli. Résultat : pendant toute l'expérience, les premiers éliminaient beaucoup mieux, par leurs urines, certains toxiques présents dans l'atmosphère, notamment le benzène, qui favorise les cancers. Cet effet serait dû au sulforaphane, une molécule qui active des enzymes détoxifiantes de l'organisme, présente en plus ou moins grande quantité dans la famille des choux, surtout lorsqu'ils sont crus. "Cancer Prev. Res.", août 2014





## BOIRE UN PEU D'ALCOOL LIBÈRE NOS CAPACITÉS OLFACTIVES

Après avoir fait ingurgiter à une quarantaine de volontaires un cocktail comprenant 35 ml de vodka et 120 ml de jus de pamplemousse, des neurobiologistes israéliens ont observé que ces personnes parvenaient à détecter et identifier des odeurs qu'elles ne percevaient pas lorsqu'elles étaient sobres. Pour l'expliquer, les chercheurs font l'hypothèse que les capacités olfactives humaines seraient limitées par un mécanisme d'inhibition au niveau cérébral, que l'alcool viendrait en partie annuler. Si l'on ne reconnaît pas du premier coup les senteurs fruitées, minérales ou boisées d'un vin, il peut donc être bon de réessayer... après en avoir bu un verre. Mais attention, pas plus, car au-delà de deux unités d'alcool, c'est l'effet inverse qui se produit. "Behavioral Brain Research", octobre 2014

### LA NAUSÉE EST BON SIGNE POUR LA GROSSESSE

Ça peut aider à les supporter : les vomissements et la nausée, qui touchent souvent les femmes enceintes, sont associés à un risque diminué de fausse couche, de malformations et de prématurité, surtout lorsqu'ils sont fréquents. "Reprod. Toxicol.", août 2014

### UNE NUIT MORCELÉE RÉDUIT LE BÉNÉFICE DU SOMMEIL

Un sommeil de huit heures entrecoupé de 4 réveils de quinze minutes a le même effet sur l'attention, l'humeur et la fatigue le lendemain qu'une nuit de quatre heures ! Rien ne sert donc de se rendormir une fois que le réveil a sonné... "Sleep Med.", juillet 2014

### POUR LE CŒUR, LE SUCRE SERAIT PIRE QUE LE GRAS

Parmi 120 personnes ayant suivi durant un an un régime faible soit en glucides soit en graisses, les premières avaient plus maigrì et leurs marqueurs de santé cardio-vasculaire (cholestérol, triglycérides...) s'étaient davantage améliorés. "Ann. Intern. Med.", sept. 2014

## LE SPORT REND BEL ET BIEN PLUS DUR AU MAL

Des chercheurs ont éprouvé la résistance au mal de douze volontaires à l'aide d'un garrot placé autour du bras, avant et après avoir pratiqué trente minutes de vélo d'appartement, trois fois par semaine, pendant six semaines. Résultat : après cet entraînement sportif, les sujets supportaient la souffrance pendant en moyenne cinq minutes, contre quatre avant l'effort. Cette légère amélioration de leur tolérance à la douleur serait, d'après les chercheurs, surtout due à des effets psychologiques, puisque la sensation de douleur ne semblait pas affectée. "Medicine & Science in Sports & Exercise", août 2014



# Pourquoi se met-on à grossir quand on arrête de fumer?

Question de Jean Weil, Paris (19<sup>e</sup>)

Effectivement, selon une étude menée en mai 2008 par Henri-Jean Aubin, professeur à la faculté de médecine Paris-Sud et praticien au département d'addictologie de l'hôpital Paul-Brousse, les fumeurs prennent en moyenne 4,7 kg quand ils arrêtent de fumer. Cette prise de poids serait notamment liée à une augmentation des prises alimentaires, fréquente pour compenser l'arrêt du tabac.

Mais pas seulement ! Si l'on grossit davantage lorsqu'on arrête de fumer, c'est aussi parce que "la nicotine augmente les

dépenses énergétiques [en élévant la fréquence cardiaque et l'activité générale du métabolisme]. A l'arrêt du tabac, ce mécanisme de surdépense énergétique disparaît et la balance calorique s'en trouve aussitôt bouleversée", explique Henri-Jean Aubin.

## NOTRE MICROBIOTE ÉVOLUE

Par ailleurs, des chercheurs suisses ont découvert, au mois d'août 2013, une autre origine possible : le microbiote intestinal, également appelé flore intestinale. En effet, leurs travaux ont montré que l'abandon de la ciga-

rette transformerait la nature des bactéries présentes dans l'intestin. Cette nouvelle flore, qui permet de mieux digérer et d'utiliser plus efficacement l'énergie contenue dans les nutriments, favorise également l'accumulation de graisses.

Cependant, Henri-Jean Aubin rappelle que la prise de poids intervient surtout au début du sevrage. Ainsi, un ancien fumeur a tout de même 25 % de chances de perdre du poids (car il modifie aussi souvent son hygiène de vie) ou d'avoir pris moins d'un kilo un an après.

F.C.



▲ La nature des bactéries intestinales change quand on ne fume plus : elles utilisent mieux l'énergie des aliments et favorisent le stockage des graisses.

## Les poissons connaissent-ils la soif ?

Question de Frédéric Lenoble, Rueil-Malmaison (92)

Oui, mais seulement ceux de mer ! Car "la concentration en sel est alors plus élevée que celle du poisson", explique Patrick Prunet, directeur du laboratoire de génomique et physiologie des poissons à Rennes. Par le mécanisme physiologique de l'osmose, le poisson perd de l'eau par les branchies. Ce qui n'est pas le cas en eau douce : le milieu extérieur possède un taux de sel plus faible que le poisson, qui吸吸 donc constamment de l'eau dans son organisme". Afin de compenser cette perte en eau, le poisson de mer s'hydrate grâce à des capteurs situés dans la bouche qui déclenchent, en fonction de la salinité, le réflexe de boire dans le cerveau. "La gestion de l'eau est le principal problème du poisson. Sans sensation de soif ni contrôle nerveux, il peut mourir", conclut Patrick Prunet.





## La pollution de l'eau passe-t-elle dans les fruits des arbres ?

Question de Serge Lhery, Combs-la-Ville (77)

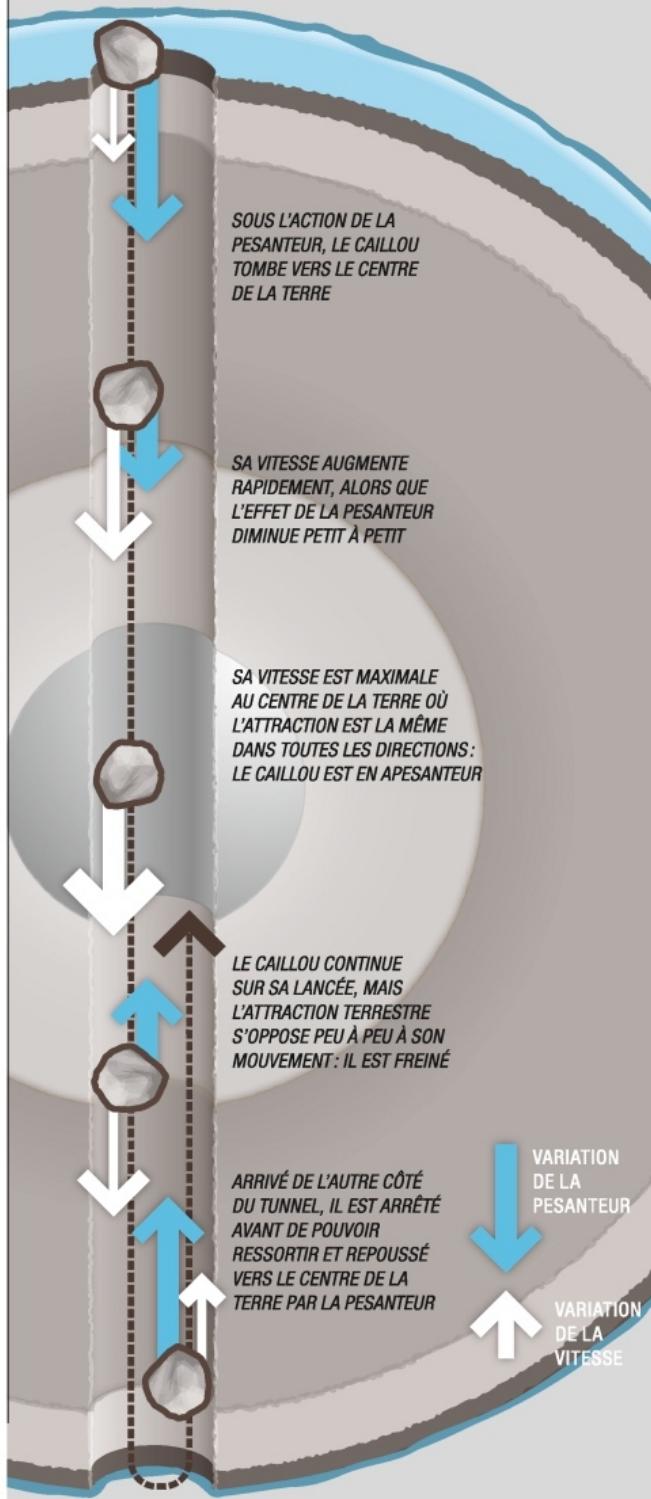
Oui, la pollution chimique (dont les pesticides sont les principaux responsables) s'introduit dans l'organisme végétal qui boit de l'eau polluée. Mais à des doses inférieures au maximum fixé par les autorités de santé. "La quantité de pesticides qui se retrouve dans le fruit est même extrêmement minime par rapport au nombre de ceux qui couvrent sa peau après le traitement agricole classique", précise Jean-Luc Volatier, du service d'évaluation des risques à l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation (Anses). Manger un tel fruit – sans la peau – est donc *a priori* sans danger. Sauf, bien sûr, si les pesticides de l'eau polluée sont des produits nocifs interdits, utilisés frauduleusement.

M.K.



# Que deviendrait un objet tombant dans un trou qui traverserait la Terre ?

**Dans un tunnel totalement vide d'air, un caillou oscillera sans jamais ressortir**



Question de A. Lhermite, Carrières-sur-Seine (78)

Quel que soit son poids ou sa forme, il oscillerait comme un élastique. Dans le cas le plus simple, c'est-à-dire dans un tunnel totalement vide d'air, synonyme d'absence de frottement et donc de résistance, cet objet ne serait soumis qu'à la seule force gravitationnelle, qui agit comme des ressorts de chaque côté du globe. "Les équations du problème de la chute du corps et de la gravitation sont strictement identiques et de nombreux parallèles peuvent être faits entre les deux situations", note Hervé Partouche, chargé de recherche au Centre de physique théorique de l'Ecole polytechnique du CNRS, à Palaiseau.

## 84 MINUTES ALLER-RETOUR

En chute libre, l'objet fera donc des va-et-vient incessants entre les deux côtés du tunnel, et mettra quatre-vingt-quatre minutes pour effectuer l'aller-retour et revenir à son point de départ. La durée de sa traversée ne dépend d'ailleurs pas du rayon de la planète, mais seulement de sa gravité: en comparaison, l'aller-retour à travers la Lune durerait une heure quarante-huit, et un peu moins de trois heures dans le cas du Soleil.

"La chute dans le vide est un problème plutôt simple à résoudre qui est donné à tous les élèves de première. En revanche, ça se complique un peu en présence de frottements", poursuit le chercheur. Un avis partagé par Thierry Martin, directeur du Centre de physique théorique (université Aix-Marseille), pour qui "les forces de frottement ne peuvent être décrites qu'à travers des modèles basés sur l'observation expérimentale".

Dans ce cas, le mouvement devrait perdre de l'énergie à chaque oscillation. L'objet devrait donc terminer sa course au centre de la Terre après d'innombrables allers-retours, toujours plus réduits, jusqu'à l'arrêt total.

Cependant, si le tunnel ne passe pas exactement au centre de la Terre, et n'est pas précisément identique à son axe de rotation, la force dite de Coriolis dévierait sa trajectoire, provoquant des collisions avec les parois et bloquant son passage. Notons pourtant qu'un tel tunnel est de toute façon absolument inenvisageable, ne serait-ce qu'en raison des températures au centre de la planète (jusqu'à 5 500 °C) ! F.C.

## Comment les bourdons réussissent-ils à voler avec de si petites ailes ?

Question de J. Chiesa-Cadet, St-Mandé (94)

La question n'est pas nouvelle. L'entomologiste français Antoine Magnan a semé le doute dans les années 1930 en affirmant que le bourdon, trop lourd par rapport à la portance de ses ailes, ne devrait pas pouvoir voler. Et pourtant, il vole ! Son secret ? Une technique ultraperfectionnée de 200 battements d'ailes par seconde, où chaque mouvement, en forme de huit, génère des effets d'ascenseur, donnant lieu à un retour d'information sensori-nerveux qui permet au bourdon de se stabiliser et d'ajuster son vol de façon très réactive. Autant de stratégies que les concepteurs de drones ultralégers étudient, sans parvenir encore à les imiter.

A.P.



## Les mauvaises odeurs sont-elles universelles ?

Question de C. Corne, Ars-sur-Moselle (57)

*“Il semblerait que pour les mammifères, les préférences olfactives soient semblables... en tout cas entre les hommes et les souris”, répond Nathalie Mandairon, du Centre de recherche en neurosciences de Lyon.*

Dans une étude publiée en 2009 dans la revue américaine *Plos One*, cette chercheuse et son équipe ont pu déterminer que le caractère plus ou moins plaisant ou déplaisant d'une odeur (un phénomène baptisé “valence hédonique”) pouvait être partiellement prédéterminé et expliqué par la structure physico-chimique

des molécules odorantes. Indice que la répugnance liée à une odeur dépendrait d'abord de sa nature.

Mieux : cette étude a également montré que la valence hédonique rapportée par les participants humains est corrélée au temps passé par les souris à sentir cette odeur, signe qu'entre les deux espèces, les réactions aux odeurs sont similaires. *“L'odeur du gaiacol, un composé organique aromatique naturel qui évoque la fumée, est, par exemple, peu explorée par la souris, et jugée comme déplaisante par l'homme”, précise Nathalie Mandairon.*

Mais cela ne suffit pas pour conclure que tous les mammifères – et par là, tous les êtres humains, indépendamment de leur culture – ont les mêmes répugnances.

### DES DÉGOÛTS CULTURELS

*“Il n'est pas possible de parler d'une universalité des mauvaises odeurs alors que l'on n'a testé que deux espèces, renchérit la chercheuse. De plus, il faut noter que les tests ont été faits sur des odeurs non alimentaires et non physiologiques. Or, il y a un fort effet de la culture sur les préférences olfactives : l'apprentissage a un rôle très important dans la modulation des préférences chez l'animal et chez l'homme.”*

Sachant que la perception d'une odeur est, aussi, fonction de son intensité. Comme le précise André Holley, professeur émérite de neurosciences à l'université Claude-Bernard, à Lyon, *“la valence hédonique, pour une odeur plaisante, suit une courbe en ‘u’ inversé, avec un plaisir croissant, un maximum, puis une décroissance”*. Une odeur en principe jugée agréable est donc, à haute dose, susceptible de devenir désagréable.

E.L.

# Pourquoi les femmes enceintes ont-elles parfois envie de fraises ?

Question de B. Djerbi, Saint-Denis de La Réunion (97)

Si cette fameuse envie tient plus du mythe que du fait scientifique, les modifications hormonales au cours de la grossesse rendent cependant les femmes bel et bien plus sensibles aux odeurs et aux goûts, ce qui les pousse à privilégier certains produits ou à en bannir d'autres. Le cas de l'odeur du café, mal supportée par les futures mères, est le plus documenté.

*"Selon nos dernières études, la consommation de caféine pendant les neuf mois de grossesse aurait des effets nuisibles sur le développement du cerveau du fœtus, souligne Christophe Bernard, chercheur*

à l'Institut national de la santé et de la recherche médicale (Inserm). *L'apparition de ces dégoûts subits pourrait donc constituer des mécanismes d'alerte."*

En parallèle, la grossesse induit des modifications de l'appétit, et



notamment l'apparition de "fringales". *"La principale hypothèse est liée à l'action des œstrogènes, ces hormones sexuelles féminines très impliquées dans la reproduction, souligne Philippe Deruelle, professeur de gynécologie-obstétrique à l'université Lille 2. Celles-ci provoquent une hypersensibilité de l'organisme à l'insuline, qui pénètre dans les muscles et les cellules plus efficacement, provoquant une chute du taux de sucre*

Plus que d'envie de fraises, les femmes enceintes souffrent de chutes du taux de sucre dans leur sang.

*dans le sang."* La fringale arrive lorsque ce manque de sucre est détecté par des récepteurs situés dans l'hypothalamus, qui intervient dans la sensation de faim.

Enfin, le stress pendant la grossesse pousserait les femmes à manger davantage. *"L'hypothalamus se situe sous le thalamus, une région impliquée dans la sensibilité et les émotions, rappelle Philippe Deruelle. L'hypothalamus reçoit donc des informations qui altèrent le comportement alimentaire."* L.P.C.

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).

Vous pouvez nous envoyer vos questions à :  
[sev.qr@mondadori.fr](mailto:sev.qr@mondadori.fr)  
ou bien par courrier à :

SCIENCE & VIE  
QUESTIONS/RÉPONSES  
8, rue François-Ory  
92543 MONTRÔUGE CEDEX

## A quelle heure fait-il le plus froid ?

Question de L. Prunier, Montreuil-Juigné (49)

La température minimale, c'est-à-dire la température la plus basse observée sur une journée de vingt-quatre heures, ne s'observe pas au milieu de la nuit, comme on pourrait le penser, mais environ trente minutes après le lever du jour. *"Tout au long de la nuit, la surface de la terre perd de*

*la chaleur sous forme d'un rayonnement infrarouge", explique Sébastien Leas, de Météo France. La température diminue donc progressivement. "Quand le soleil se lève, ses rayons sont presque obliques et ne chauffent pas suffisamment le sol pour compenser la perte d'énergie. Le refroi-*

*dissement se poursuit donc jusqu'à ce que le sol reçoive plus de chaleur qu'il n'en perd." Quant à donner une heure fixe, c'est impossible, car elle varie avec les saisons. Le décalage peut ainsi varier de trente minutes en été à une heure en hiver, quand le soleil monte moins vite dans le ciel. K.J.*

# Nouvel an Festif et Romantique

Une croisière exceptionnelle sur la vallée du Rhin et ses châteaux du 28 décembre 2014 au 2 janvier 2015

À PARTIR DE  
**759€** SEULEMENT  
PAR PERS.

6 jours / 5 nuits  
en pension complète

TARIF  
EXCLUSIF  
négocié  
pour vous

Places limitées

Profitez de cette croisière magique sur la vallée du Rhin  
**Amsterdam - Cologne - Heidelberg - Strasbourg**

6 jours / 5 nuits du 28 décembre 2014 au 2 janvier 2015

**28 déc. : Strasbourg - Amsterdam**

Embarquement à Amsterdam. Cocktail de bienvenue et présentation de l'équipage. Dîner à bord. Visite facultative de la vieille ville.

**29 déc. : Amsterdam - Nimegue - Krefeld**  
Escale à Nimegue. Continuation de la croisière jusqu'à Krefeld. Déjeuner à bord. Dîner en croisière.

**30 déc. : Krefeld - Cologne - Koenigswinter**  
Navigation le long des rives de Düsseldorf et de Zono (ville médiévale). Déjeuner à bord. Arrivée à Cologne en début d'après-midi. Visite du centre-ville. Dîner et soirée animée à bord.

**31 déc. : Koenigswinter - Rudesheim**

Croisière sur la plus belle partie du Rhin romantique. Vous pourrez apercevoir de nombreux châteaux situés sur les vignobles réputés et le célèbre rocher de la Lorelei. Arrivée à Rudesheim. Grande soirée de réveillon.

**1<sup>er</sup> janv. : Rudesheim - Spire ou Mannheim ou Karlsruhe**

Remontée du Rhin jusqu'à Spire. Après le déjeuner, excursion à Heidelberg. Dîner de gala à bord suivi d'une soirée dansante.

**2 janv. : Spire - Strasbourg**

Petit déjeuner et déjeuner à bord. Navigation jusqu'à Strasbourg.

**Ce prix comprend :** Le transfert en autocar de Strasbourg à Amsterdam • La croisière en pension complète du dîner du 1<sup>er</sup> jour au déjeuner du dernier jour • Le logement en cabine double sur le pont principal • Le cocktail de bienvenue • L'animation • La soirée de gala • Le dîner du réveillon avec ses vins et sa coupe de champagne • L'assurance assistance/rapatriement • Les taxes portuaires.



Votre bateau



Amsterdam



**CroisiEurope**  
Génération, c'est notre métier

## Informations - Réervations

**Par téléphone :** 01 44 32 06 60 (prix d'un appel local).

Du lundi au vendredi de 9 h à 12h30 et de 13h30 à 18 h et le samedi de 9 h à 12 h. Préciser le code : SCIENCE ET VIE CE14RRP

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 et de suppression de ces données par simple courrier. Sauf refus de votre part, ces informations peuvent être utilisées par des partenaires.

**Par courrier :** Retourner ce bulletin à : Science & Vie Voyages - Croisière Réveillon - CS 50273 - 27092 Evreux Cedex 9

Nom \_\_\_\_\_

Adresse \_\_\_\_\_

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

Téléphone : \_\_\_\_\_ E-mail : \_\_\_\_\_

□ J'accepte d'être informé(e) des offres commerciales du groupe Mondadori France et de celles de ses partenaires.

Avez-vous déjà effectué une croisière ? □ Oui □ Non

*Exposition au musée du quai Branly*

# Les Mayas comme on ne les a jamais vus

Visiter cette nouvelle exposition du musée du quai Branly, c'est pénétrer un monde étrange, fascinant. L'institution, connue pour ses programmations originales, a cette fois décidé de nous faire découvrir les Mayas à travers leurs plus belles réalisations : 390 pièces maîtresses de leurs arts statuaire, architectural, pictural et épigraphique, dont 50 chefs-d'œuvre. *“Cette exposition exceptionnelle et inédite est un véritable cadeau du Mexique,* s'émeut Hélène Fulgence, directrice des expositions. *Et ces trésors sont accompagnés des plus récentes découvertes archéologiques...”*

## UN PARCOURS SCÉNARISÉ

C'est donc une belle occasion de découvrir, au fil d'un parcours scénarisé, ce peuple précolombien aussi farouche qu'original : *“Le passage se fait progressivement du quotidien au sacré pour s'achever sur la présentation des rites funéraires”*, détaille Hélène Fulgence. Sont évoqués l'homme maya, ses liens avec une nature abondante et hostile, mais aussi ses élites et l'organisation de la société, ses deux mille ans d'histoire

ou encore sa connaissance des astres, sa conception du temps et du sacré.

Difficile, forcément, de recréer dans un espace clos, fut-il le plus grand du musée, les étonnantes constructions mayas ; mais le choix des objets et la mise en scène leur rendent honneur, évoquant tant la verticalité des grands temples que l'intimité des tombes.

Ce qui frappera, en se promenant au milieu des stèles, des inscriptions et des figurines, c'est leur subtile beauté, qui s'impose une fois passée la surprise des codes de représentations et des canons esthétiques singuliers. Le souci du détail dans les parures de plumes sculptées, le précieux des gestes attirent le regard, laissent entrevoir la richesse de cette civilisation protéiforme – qui perdure encore aujourd'hui.

Veillez à ne pas manquer l'impressionnant panneau qui ouvre l'exposition : venu de Palenque (période classique), il met en scène cinq hauts personnages se livrant à un autosacrifice sanglant. Cette cité a aussi fourni d'autres chefs-d'œuvre, comme un visage masculin en stuc superbement réaliste, ainsi que deux têtes sculptées placées sous le

sarcophage du roi Pakal, qui le représentent adolescent et jeune homme – sans doute parmi les plus émouvantes. L'épouse de Pakal, la “reine rouge” – en référence au cinabre disposé à l'intérieur de sa sépulture –, est, elle, évoquée à travers une délicate figurine placée dans un coquillage rosé.

D'autres cités sont bien sûr représentées. La

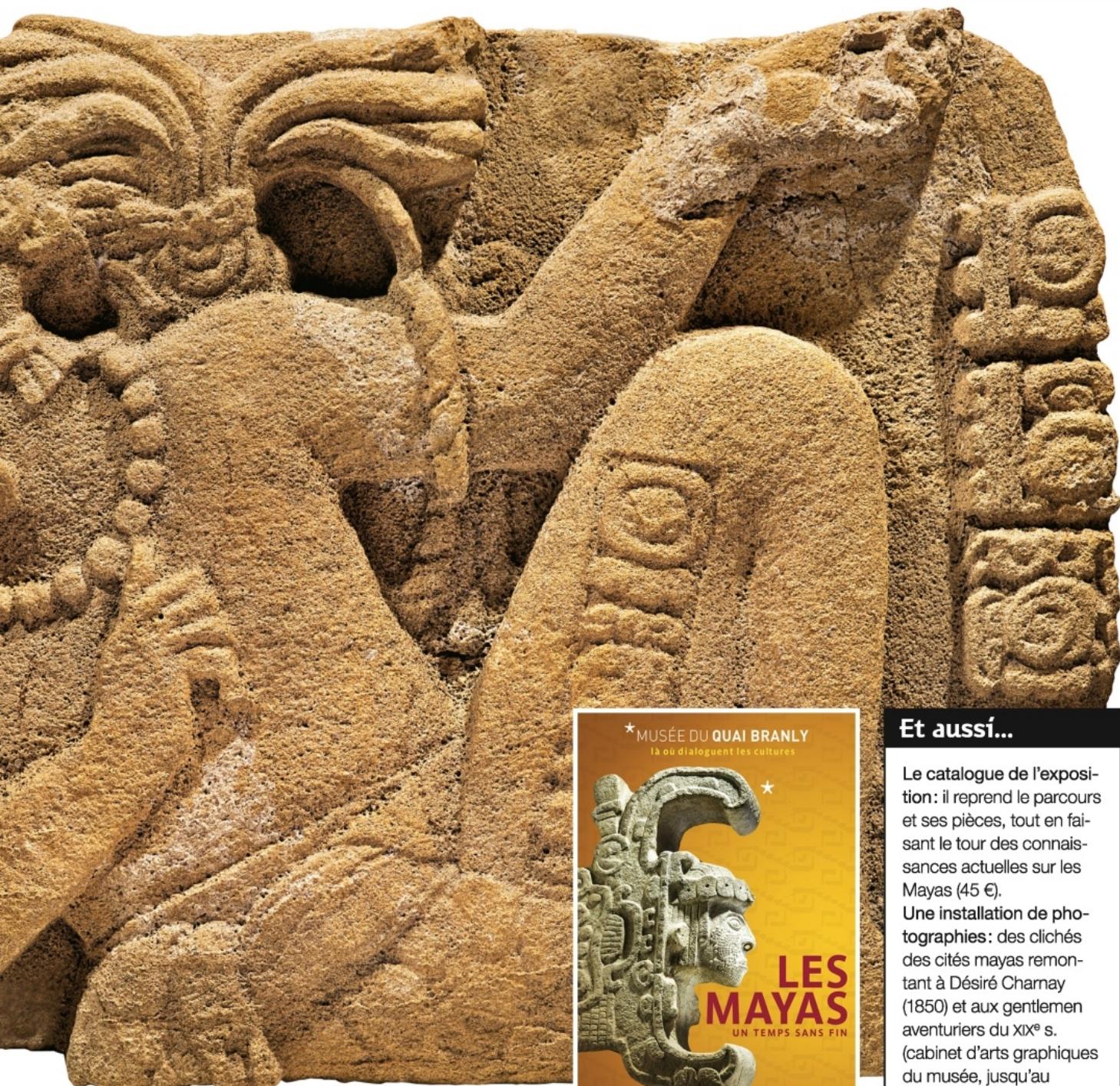


▲ Les céramiques de l'île de Jaina (ici un étonnant joueur de balle) font revivre toute la société maya.

puissante Calakmul, par un de ses emblématiques masques funéraires de jade ; Toniná la farouche, par ses statues et bas-reliefs de prisonniers et ses rois guerriers ; Yaxchilán, d'où proviennent de célèbres linteaux datés.

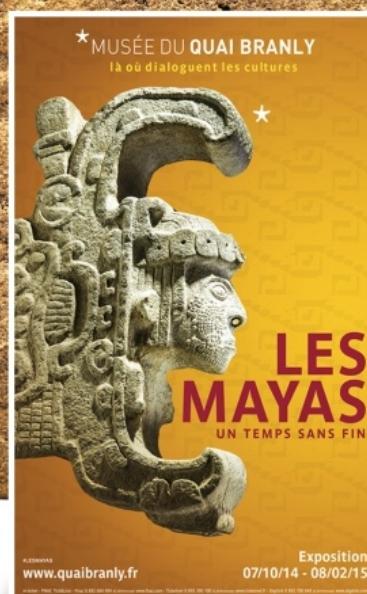
Enfin, au milieu des gobelets peints, des hauts

encensoirs et des “excentriques” couteaux de silex, n'oubliez pas les dizaines de figurines de terre cuite provenant de l'île de Jaina : elles dévoilent toute la société maya, des plus humbles aux plus nobles, avec encore, 1500 ans plus tard, quelques touches du fameux bleu maya... E.R.



▲ Cet élégant prisonnier ornait un édifice commémoratif dédié à un noble de la cité de Toniná (600 à 800 après J.-C.).

> Les animaux aquatiques (ici une grenouille en or et turquoise de Chichén Itzá) étaient symboliquement reliés à "l'inframonde"...



- Où: musée du quai Branly, galerie Jardin
- Quand: du 7 octobre au 8 février 2015
- Horaires: 11 h à 19 h, 21 h les jeudi, vendredi et samedi; fermé le lundi
- Tarifs: 9 € (7 € en tarif réduit); 11 € pour tout le musée (9 € en tarif réduit)
- Sur Internet: <http://www.quai Branly.fr>  
<https://www.youtube.com/user/quaiBranly>  
<https://fr-fr.facebook.com/beforeduquaibranly>  
<https://fr-fr.facebook.com/museeduquaibranly>

## Et aussi...

Le catalogue de l'exposition: il reprend le parcours et ses pièces, tout en faisant le tour des connaissances actuelles sur les Mayas (45 €).

Une installation de photographies: des clichés des cités mayas remontant à Désiré Charnay (1850) et aux gentlemen aventuriers du XIX<sup>e</sup> s. (cabinet d'arts graphiques du musée, jusqu'au 14 décembre).

Un colloque international: "Mesures et textures du temps chez les Mayas", du 8 au 10 octobre (disponible en podcast).

Une semaine événementielle: inspirée de la fête des Morts mexicaine, elle se déroule pendant les vacances scolaires (18 octobre au 2 novembre).

**LIVRE**



Carlo M. Cipolla  
Les lois fondamentales  
de la stupidité humaine  
Illustré par Claude Pessi

- ▶ **Les Lois fondamentales de la stupidité humaine**
- ▶ De Carlo Maria Cipolla
- ▶ PUF, 16 €

Pour ceux qui ne le savent pas encore, l'humanité se divise en 4 catégories : les gens intelligents, les bandits, les crétins et, subtile nuance, les êtres stupides. Ces derniers étant de loin les plus dangereux, à en croire cet essai mené comme une démonstration scientifique... qu'il n'est évidemment pas. S'appuyant sur cinq "lois fondamentales" établies avec une rigueur si tranchante qu'elle en devient désopilante, l'auteur (ancien professeur à Berkeley) nous alerte sur les méfaits des stupides. Ce livre de 1976, enfin traduit par les très austères PUF, paraît en version illustrée.

V.N.

**FESTIVAL**

- ▶ **Pariscience**
- ▶ Au Muséum national d'histoire naturelle (Paris)
- ▶ Du 2 au 7 octobre
- ▶ Entrée libre



La 10<sup>e</sup> édition du Festival international du film scientifique s'ouvre à des longs-métrages exclusivement dédiés à la diffusion en salles obscures, et à des œuvres expérimentales, où la forme elle-même s'inspire des méthodes et découvertes scientifiques. Ces nouveautés, comme les films documentaires destinés à la télévision, embrassent un large éventail de thèmes – conséquences de l'accident de Fukushima, villes du futur, rapport de l'homme à l'infini... –, traités par des réalisateurs de tous les pays. Une grande partie de ces films sont inédits en France. A noter qu'une sélection de courts-métrages peut être regardée en ligne, sur le site du festival.

F.L.

**DOCUMENTAIRE**



- ▶ **Of Men and War  
(Des hommes et de la guerre)**
- ▶ De Laurent Bécue-Renard, 2h22; Alice Films
- ▶ En salles le 22 octobre

## Stress post-traumatique : un mal pas comme les autres

*"Je ne m'occupe plus de rien, appelez ma femme. Je vous le répète. Je vis dans un foyer de vétérans. Vous ne comprenez pas, ou quoi?"* L'homme raccroche, se tourne vers les deux autres passagers de la voiture, comme lui, jeunes soldats revenus d'Irak, massifs et tatoués. Il les prend à témoin, s'emporte contre son interlocutrice bornée.

Un instant, dans cette scène d'ouverture, s'esquisse la caricature du vétéran velléitaire, éternel incompris, querelleur... Elle va s'effacer bien vite.

Les douze vétérans américains d'Irak et d'Afghanistan que le journaliste Laurent Bécue-Renard a suivis cinq ans durant – un an pendant leur séjour au centre de thérapie de groupe Pathway, en Californie, puis quatre ans dans leur famille – sont des hommes brisés, incapables de contrôler la peur, la colère et la

culpabilité qui les rongent. Douze revenants, souffrant de ce que les psychologues appellent le syndrome de stress post-traumatique ("PTSD"). Un tiers des 2,6 millions de vétérans des fronts irakien et afghan en souffrirait, selon le Pentagone.

Des progrès de la recherche qui décortique les mécanismes mentaux de cette pathologie, des drames fréquents : suicides, violences conjugales, conflits de voisinage... de cela, *Of Men and War* ne mentionne rien. Parce qu'il a mieux à dire.

Caméra et micro s'installent dans le quotidien des soldats et livrent, sans voix off ni interview, dans un montage épuré qui va crescendo dans l'intensité émotionnelle, un témoignage rare et puissant : la matière brute de leur syndrome. Soit une collection d'horreurs vécues au front, verbalisées dans la douleur

lors d'éprouvantes sessions de thérapie. Et une lutte permanente, à la maison comme en société, pour apprivoiser la panique, la peur, la haine ou la honte qui voilent la vie civile de ces soldats en perdition.

Voir la mort, y échapper de peu, survivre quand les camarades ont succombé, être incapable de les sauver, tuer des innocents : le "PTSD" est intrinsèque à la guerre.

Mais les évolutions de l'art guerrier ont pu donner l'impression que la violence était toujours plus contrôlée : bombardements "chirurgicaux", drones, fusils toujours plus précis... La violence qui s'exerce sur la psyché des soldats n'a pourtant pas changé. Elle est peut-être même pire, précisément parce que la guerre est devenue plus inhumaine : la charge émotionnelle du front finit souvent, de retour à la vie civile, par devenir incontrôlable.

F.L.  
ALICE FILMS

**Dans le ciel ce mois-ci**

▲ Le quintette de Stephan est constitué de 5 galaxies (4 en bas et à g.). NG 7320 (en haut, en rose) est beaucoup plus proche de la Terre.

## Rendez-vous avec une perspective cosmique

Elles sont cinq et luisent dans les nuits d'automne, entre les étoiles de Pégase et la brillante Deneb du Cygne. Le quintette de Stephan est constitué de cinq galaxies (NGC 7317, 7318 a, 7318 b, 7319 et 7320) qui semblent flotter dans le cosmos, presque collées les unes aux autres. Ce groupe spectaculaire a été observé par les plus puissants télescopes du monde, dans le but de comprendre les interactions entre des galaxies aussi serrées les unes contre les autres... Jusqu'à ce qu'on découvre que c'est en fait un effet de perspective fortuit qui les rassemble. Seule la chaîne de galaxies NGC 7317, 7318 a, 7318 b et 7319 (située en bas et à gauche de cette image), photographiée par le télescope géant Gemini North à Hawaii, est

réelle : elle se trouve à environ 300 millions d'années-lumière de la Terre. La galaxie spirale bleutée et piquée de nébuleuses de couleur rose NGC 7320, en haut de l'image, est située en avant-plan, à seulement 40 millions d'années-lumière ! Emportée par l'expansion cosmique, qui fait se dilater l'Univers depuis le big bang, cette galaxie s'éloigne de la Terre à 800 km/s, alors que le groupe de galaxies nous fuit, lui, à 6600 km/s... Le quintette de Stephan exige, pour être aperçu comme une très vague et pâle tache grise, un télescope de 200 mm de diamètre. Mais dans un grand télescope de 400 à 600 mm, comme celui qu'utilisa l'astronome Edouard Stephan en 1877 pour les découvrir, ces cinq galaxies apparaissent individuellement... S.B.

► Quand ?  
Du 15 au 30 octobre.

► Comment ?  
Un télescope de 200 mm, grossissant 200 fois.

► Où ? Dans la constellation de Pégase.



**france info**  
Retrouvez la chronique  
"Du côté des étoiles" sur  
France Info

tous les samedis et sur  
[www.france-info.com](http://www.france-info.com)

# Une fois passée au doigt, cette bague vous connecte à tout

Imaginé par une start-up californienne, cet accessoire baptisé Nod est une télécommande gestuelle et universelle qui permet de contrôler les appareils high-tech de la maison.

Un peu comme avec les manettes sans fil de la console de jeux Wii, un seul geste permet d'interagir avec des appareils pour, par exemple, changer de chaîne de TV, augmenter le son du MP3 à l'écoute sur votre smartphone, jouer à un jeu vidéo ou même faire

défiler une présentation PowerPoint.

Le principe ? L'intérieur de la bague, en acier inoxydable, intègre des détecteurs de mouvement, une antenne Bluetooth 4.0 Low Energy et deux processeurs qui assurent l'interprétation de micro-gestes préprogrammés : rotation (pour ajuster la température d'une pièce), balayage (pour feuilleter un livre électronique), etc.

Sa partie extérieure en plastique comporte, elle, un mini-écran tactile qu'il

suffit d'effleurer pour actionner certaines commandes en complément des gestes. Attention, Nod n'est compatible avec les appareils domestiques que si ceux-ci sont équipés d'une antenne Bluetooth. Bénéficiant d'une autonomie d'une journée, il se recharge grâce à son socle raccordé à un PC via une prise USB. Il est disponible en 12 tailles. **P.R.**

*Prix : env. 110 €.  
Rens. : [www.hellonod.com](http://www.hellonod.com)*

▼ CycleNav indique la route à suivre grâce à des indications vocales et lumineuses.



## Un GPS intelligent pour vélo

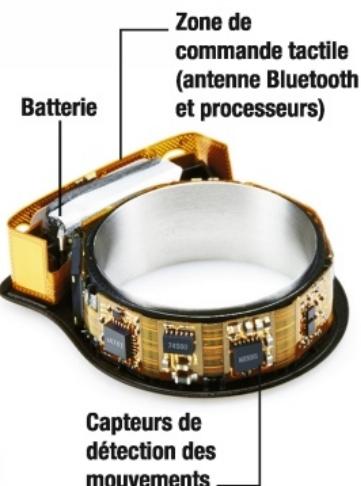
**Commercialisé par la firme américaine Schwinn, ce petit boîtier étanche qui se fixe sur le guidon fonctionne comme un GPS. CycleNav, c'est son nom, permet de suivre, grâce à des indications orales ou lumineuses, un chemin préalablement défini via une application dédiée sur smartphone, avec lequel il communique en Bluetooth.**

**Mais ce petit appareil est aussi capable d'enregistrer vos performances, la distance parcourue et même les calories dépensées. Son autonomie est de dix heures.**

**S.F.**

*Prix : env. 40 €.  
Rens. : [www.schwinnbikes.com/usa/gear/cyclenav-16407](http://www.schwinnbikes.com/usa/gear/cyclenav-16407)*





Grâce à ses capteurs de mouvement, cette bague permet de commander les objets d'un simple mouvement de la main : son écran tactile se porte du côté de la paume et se contrôle avec le pouce.

## Le voleur de couleur

Créé par trois étudiants de Melbourne, SwatchMate est un petit cube prêt à être dégainé pour capturer une couleur qui vous a tapé dans l'œil, sur un vêtement, une plante ou un mur... Il suffit pour cela de tenir l'appareil sur la surface colorée et d'appuyer sur le haut du boîtier. A l'intérieur du cube, une sphère embarque une source de lumière et un détecteur de couleur, qui dirige l'impulsion lumineuse vers la surface colorée visée. Réfléchie vers l'intérieur de la sphère, celle-ci est alors analysée par le détecteur. En quelques secondes, la couleur est alors copiée, stockée et prête à être envoyée sur un smartphone via Bluetooth ou directement sur Photoshop.

Amoureux des couleurs, ouvrez bien les yeux! M.S.

Prix: env. 90 € Rens.: [www.swatchmate.com](http://www.swatchmate.com)

## LE COIN DES PROTOTYPES

### Un diffuseur d'odeurs par téléphone

Doubler ses messages, photos et autres sons avec une odeur ?

C'est possible, grâce à l'oPhone, inventé par la société franco-américaine Vapor Communication. Le principe ? Une application dédiée sur smartphone permet de choisir une fragrance. A l'autre bout, l'appareil du destinataire reçoit le message et communique via Bluetooth avec l'oPhone : ce socle, doté de cartouches amovibles et de deux diffuseurs, contient au total 32 capsules d'arômes différents. L'oPhone diffuse alors sur le champ l'odeur choisie. Selon Vapor Communication, la combinaison de 8 des 32 arômes offre plus de 300 000 odeurs originales. Cette technologie pourrait, un jour, être directement intégrée dans certains téléphones afin d'être utilisée n'importe où et n'importe quand... sans oPhone.

E.T.-A.

Rens.: [www.onotes.com](http://www.onotes.com)

DR - M.KONTENTE



# L'hybride auto-moto qui fait aussi culbuto

Un volant et un siège, mais seulement deux roues ! Le C-1, conçu par la start-up américaine Lit Motors, se conduit comme une voiture et s'incline dans les virages comme une moto, à ceci près qu'il

n'y a pas besoin de poser le pied pour le stabiliser à l'arrêt. Grâce à deux gyroscopes électroniques associés à de nombreux capteurs, ce véhicule

hybride finit toujours par se redresser. Même en cas d'accident. Pour le garer, il suffit de déployer ses deux béquilles. Ses points forts sont sa petite taille (moins de 3 m de long pour

1,4 m de haut et 1 m de large), son poids (360 kg) et

ses performances (il atteindrait 160 km/h selon l'entreprise). Il est aussi 100 % électrique : deux moteurs logés dans les roues et un pack de batteries lithium-ion-phosphate de 10 kWh lui permettent de parcourir jusqu'à 320 km par charge, en récupérant une part de l'énergie cinétique perdue au freinage (compter six heures de charge). On peut déjà pré-réserver cette moto en ligne, avant sa mise en vente prévue d'ici quelques semaines. **G.S.**



Prix: env. 17 600 €.  
Rens.: [www.litmotors.com](http://www.litmotors.com)

## Le dernier-né des transporteurs personnels

**Une grande roue à l'avant et deux roulettes stabilisatrices à l'arrière: voici le Half Bike, un moyen de transport novateur sur lequel il faut pédaler non pas assis mais debout.** A l'origine de ce nouveau concept, Kolelinia, un groupe de designers bulgares désireux de créer des modes de transport alternatifs pour retrouver le goût de se déplacer autrement et de manière ludique. Half Bike est à

mi-chemin entre le vélo et la course à pied. Pour tourner, il suffit de pencher son corps. La position debout le destine plutôt aux sportifs, mais il peut aussi être utilisé par tout un chacun sur de courtes distances ! Il se pratique de préférence dans les endroits plats ou les petites montées. Son cadre en aluminium et son guidon en contreplaqué en

font un objet léger de 7,8 kg. Plus compact que les vélos "entiers", il s'embarque facilement dans les transports en commun. **M.S.**



Prix: env. 730 €.  
Rens.: [www.halfbikes.com](http://www.halfbikes.com)



▲ Davantage dédié aux sportifs, ce tricycle de seulement 7,8 kg s'emporte dans le bus.



DR

## La première montre à aiguilles connectée

Derrière son look classique, la montre Activité de Withings, créée par des designers français et fabriquée en Suisse, combine un écran classique et un second dédié aux performances sportives. Ce modèle à aiguilles étanche intègre en effet un système digital qui permet de suivre vos mouvements lors des séances de marche, de course ou de natation, et de

calculer la distance parcourue ou les calories dépensées. Le petit écran affiche le taux de réalisation, en pourcentage (il est gradué de 0 à 100) de l'objectif préalablement défini sur le smartphone. Nul besoin de recharge : cette montre, disponible en noir ou argent, fonctionne avec une pile bouton dont l'autonomie dure un an. L.Bo.

Prix : env. 400 €.  
Rens. : [www.withings.com](http://www.withings.com)

## La cocotte-minute qui géolocalise sa cuisson

Un concentré de technologie se cache dans cette cocotte électrique. L'iPot est dotée d'un microprocesseur qui pilote le temps de cuisson, la température et la pression à chaque étape de ses 14 programmes. Mais on peut aussi lui ajouter de nouvelles fonctions, grâce à sa connexion Bluetooth, via une application spécifique sur smartphone. En utilisant la géolocalisation, votre mobile peut également déterminer à quelle altitude vous vous trouvez (ce qui joue sur la pression), permettant d'ajuster au mieux les paramètres de cuisson. O.L.

Prix : env. 250 €.  
Rens. : <http://instantpot.com>



27 octobre 1914

# Le jour où les gaz chimiques changèrent l'art de la guerre

Les jeunes recrues ne seront pas de trop, ce 27 octobre 1914, pour la grande bataille qui doit permettre aux Allemands, stoppés près d'Ypres, de reprendre leur mouvement d'encerclement. Mais c'est sur un autre atout que mise l'état-major du Kaiser, à Neuve-Chapelle, 30 km au sud, lorsqu'il fait tomber une pluie d'obus de 105 mm sur les lignes françaises. Terrés dans leurs tranchées, les poilus ne font pas attention aux vapeurs que dégagent les explosions. A tort! Chaque obus contient 560 g d'une poudre de chlorosulfate de dian-

sidine, un puissant irritant des voies respiratoires. C'est le début de la guerre des gaz.

Mais pas le début de la guerre chimique: au IV<sup>e</sup> siècle avant J.-C., Perses et Assyriens empoisonnaient déjà des puits à l'ergot de seigle... Les généraux allemands, eux, vont plus loin. Depuis la déroute de la Marne, ils recherchent en effet une arme capable de percer le front. Or, l'Allemagne possède alors l'industrie chimique la plus puissante au monde. Il n'en fallait pas plus pour sauter le pas et, à l'arme chimique, donner, cette fois, une efficacité toute scientifique.

Après de rudes combats, les Allemands gagnent la bataille. Mais à Berlin, le Pr. Nernst est déçu. Son projet d'obus chimique est un échec: c'est à peine si les Français ont toussé. Qu'importe, l'idée est lancée, et la course à l'armement chimique devient irrémédiable.

## FRAPPER VITE ET FORT

Les obus ayant déçu, Fritz Haber, chimiste réputé pour sa synthèse de l'ammoniac, qui lui vaudra le Nobel en 1918, propose de diffuser des gaz directement dans les tranchées. Celui qui sera considéré comme le "père de

l'arme chimique" imagine alors des cylindres pressurisés libérant du chlore, que le vent déplacerait vers les lignes ennemis. Plus dense que l'air, le chlore reste au sol; inhalé, il provoque une mort rapide; et l'Allemagne peut en produire des quantités colossales.

L'état-major ordonne un essai sur le front d'Ypres: le 22 avril 1915, 150 tonnes de chlore sont libérées par des batteries de tuyaux posés au sol sur un front de 6 km de largeur. Le lourd nuage vert jaunâtre qui dérive vers les lignes françaises sème une panique indescriptible. "Partout des fuyards [...]

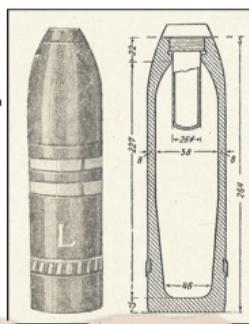
## SCIENCE & VIE en parlait déjà...

PAR FIORENZA GRACCI

### 1927 DÉJÀ PLUS DE 30 000 GAZ DE COMBAT MIS AU POINT

"Que la guerre chimique soit humaine ou non, c'est une utopie de supposer qu'on puisse l'empêcher par une convention internationale." Irritants, suffocants, asphyxiants... le nombre de "gaz de combat" est "passé à 30 000 en [...] deux ou trois ans", s'alarme S&V.

Qui souligne qu'on met aussi au point des masques à "charbon absorbant". S&V n° 124



LA CHIMIE ET LA GUERRE DES GAZ

PAR LOUIS HACKSPILL

PROFesseur à l'université de Strasbourg

Bien que de nombreuses puissances connaissent la guerre des gaz, il n'en est pas moins vrai que les grandes puissances, et notamment les deux belligérantes, n'ont pas encore mis au point de moyen contre une attaque de ce genre que pour répondre à l'agression. D'ailleurs, n'a-t-on pas soutenu que cette arme détructrice par excellence n'était pas plus impressionnante que les autres, puisque le pourcentage des pertes, par rapport au nombre des « gars », est plus faible que celui exercé par un projectile? C'est une vérité.

### 1934 L'ALLEMAGNE NAZIE PARIE SUR L'ARME TOXIQUE

"L'Allemagne prétend avoir dé-samé!" Or, s'inquiète S&V, elle se réarme depuis 1925: "Le Reich possède un matériel suffisant [pour une] mobilisation générale." Cette photo montre des fantassins allemands équipés, dès 1933, de "masque à circuit fermé, permettant la régénération de l'air expiré". Car les Allemands, qui possèdent malgré les traités "l'arme toxique", ont en elle "la plus grande confiance" et "comptent en faire le plus large usage dès la déclaration de guerre". S&V n° 201





*hagards, la capote enlevée ou largement ouverte, la cravate arrachée, courant comme des fous, allant au hasard, demandant de l'eau à grands cris, crachant du sang, quelques-uns même roulant à terre en faisant*

*des efforts désespérés pour respirer*", observe, choqué, le colonel Mordacq, de la 90<sup>e</sup> brigade française. Le "succès" est total.

Les Alliés, indignés, commencent par protéger leurs soldats, qui reçoivent un

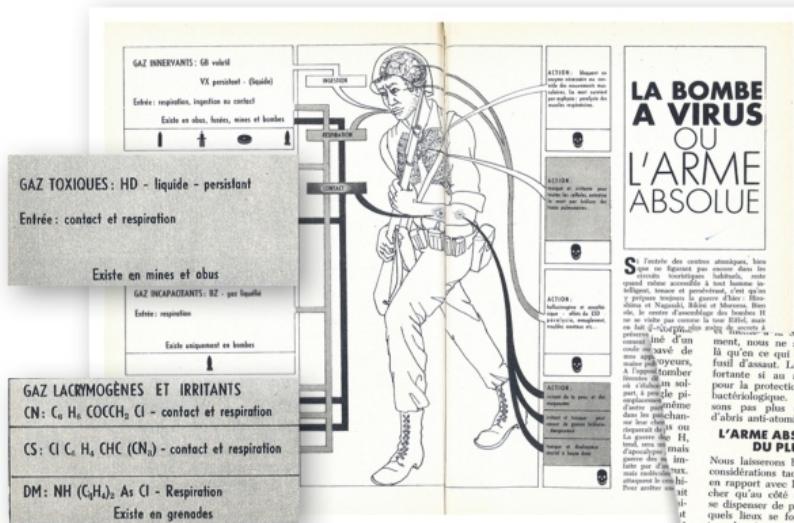
mois plus tard des masques rudimentaires, dotés d'une succession de tissus imbibés d'une solution permettant de fixer les vapeurs toxiques. Avant de répliquer ensuite par des attaques chimiques similaires.

Mais encore faut-il construire une industrie chimique digne de ce nom. Cela sera fait à une vitesse qui stupéfie l'Allemagne : le 25 septembre, un nuage de chlore flotte vers les lignes allemandes, près de Loos.

# 1969 GUERRE CHIMIQUE ET BACTÉRIOLOGIQUE

La crainte des gaz ressurgit: "La guerre de demain, la guerre totale s'entend, sera un combat sans tonnerre ni lueur d'apocalypse; [...] ni atomes, ni explosifs, mais molécules de gaz ou bacilles, ceux qui attaquent au cœur même de la vie." Non seulement "il suffit d'envoyer à l'adversaire [...] un petit milli-

gramme de gaz", mais celui-ci se produit très facilement: "Un petit laboratoire capable de produire des solvants pour peinture ou de l'ammoniac peut se livrer à la fabrication des gaz les plus toxiques." Comme le sarin, inventé en 1936 et "produit partout dans le monde en quantités colossales". S&V n° 617



→ Dès lors, de part et d'autre, on multiplie les nuées toxiques. Mais l'effet de surprise est passé. Les Allemands s'équipent à leur tour de masques caoutchoutés, sur lesquels se visse une cartouche filtrante, que copieront bientôt les Alliés.

Ces masques font perdre au gaz son efficacité mortelle. Et ces nuées restent soumises à une météo capricieuse. Aussi sont-elles, des deux côtés, abandonnées dès 1916, pour revenir au concept d'obus chimique.

#### LA COURSE À L'ARMEMENT

Car le gaz ne tue que s'il frappe vite et fort, avant que l'ennemi ne se protège. Les Anglais conçoivent alors le Livens Projector: ce tube de 194 mm, ancré dans le sol, tire des projectiles chimiques qui noient aussitôt dans le gaz n'importe quelle cible.

La recherche se porte aussi sur de nouvelles substances.

Après le chlore, les Alliés inaugurent le phos-



BETTMANN/CORBIS

▲ C'est sur le front d'Ypres que les Allemands ont testé l'ypérite, le célèbre "gaz moutarde", qui a brûlé les yeux de ces soldats anglais.

gène (oxychlorure de carbone), inodore et incolore, que les Allemands perfectionnent en diphosgène, moins volatil. Puis c'est la chloropicrine que tous utilisent dès 1917, année où les Allemands expérimentent un composé terrifiant: le sulfure d'éthyle dichloré, à l'odeur de moutarde, qui ronge en les nécrosant muqueuses et peau (mains, bras...) non protégées.

Le 13 juillet 1917, sur le front d'Ypres, les Britanniques

en font l'atroce expérience. Ils se réveillent avec des douleurs insupportables aux yeux et des brûlures purulentes. Il leur faudra des mois pour en guérir.

L'ypérite, ou gaz moutarde, devient la principale arme chimique allemande. Que les Français parviendront à synthétiser et utiliser en juin 1918, à la stupéfaction de leurs adversaires, obligeant les soldats des deux camps à revêtir masque, gants, guêtres et lunettes.

La guerre chimique s'intensifie alors chaque mois, jusqu'à représenter près de 20 % des obus tirés. A la fin du conflit, près de 112 600 tonnes de produits toxiques auront été utilisées, dont 52 000 par la seule Allemagne. Ce sont 66 millions d'obus chimiques qui ont été tirés, dont la moitié durant la seule année 1918.

Sur le front occidental, les historiens estiment à 17 000 le nombre de tués par gaz, et jusqu'à 1 million le nombre de blessés. Comparé aux 23 millions de blessés et 8,5 millions de morts de la guerre, cela peut paraître "peu". Mais l'impact psychologique fut immense.

Depuis, l'arme chimique est définitivement entrée dans les arsenaux militaires. Et ce, malgré la Convention sur l'interdiction des armes chimiques, signée par 193 membres des Nations unies et entrée en vigueur en 1997. Qui reprenait déjà celle signée par les nations européennes en... 1899. EM.

## SCIENCE&VIE en parlait encore

### 1998 DESTRUCTION DES STOCKS : UNE MISSION QUASI IMPOSSIBLE

"Une convention interdisant la fabrication d'armes chimiques [...] a été adoptée par l'ONU en 1993", posant "le problème de la destruction des stocks existants". Russie et Etats-Unis, détenteurs des deux plus grosses armadas, ont lancé un incinérateur qui a "accumulé les défaillances [et n'a] traité que 3 % des stocks". "On estime que leur élimination revient 6 ou 7 fois plus cher que leur fabrication." S&V n° 967



### 2013 GAZ SARIN EN SYRIE : LE DÉFI MÉDICAL

"En Syrie, preuve a été faite que du gaz sarin a été utilisé" par le régime de Bachar el-Assad, et les pays occidentaux craignent à nouveau des attentats terroristes. "Face à la menace, la médecine a mis au point certains antidotes [à l'efficacité] très variable": des injections d'urgence de médicaments réactivant les neurones aux "bio-épurateurs", des sortes "d'éponges antitoxiques", en passant par les "crèmes filmogènes" aux nanoparticules d'oxyde métallique qui "dressent une barrière mécanique contre le toxique". S&V n° 1151





Ingrid Petitjean et Olivier Backès

Vainqueur Coupe du Monde de Voile 2010 (Sailing World Cup)

Champion du Monde 2010 et 2012, champion d'Europe en 2011, en Formule 18

 Arkopharma

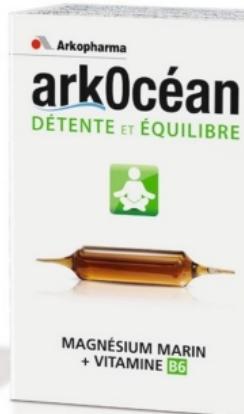
# “Avec arkOcéan

maintenez votre équilibre  
grâce à l'énergie naturelle  
de l'océan”



Photo : Gilles Martin-Raget / www.martin-raget.com

NOUVEAU



©29644

## MAGNÉSIUM D'ORIGINE MARINE ET NATURELLE

**arkOcéan**

Le bien-être par les actifs marins

Compléments alimentaires

[www.arkopharma.fr](http://www.arkopharma.fr) La santé naturellement



Pour votre santé, mangez au moins cinq fruits et légumes par jour. [www.mangerbouger.fr](http://www.mangerbouger.fr)



# Affligem®

BIÈRE D'INITIÉS DEPUIS 1074\*

BRASSÉE EN BELGIQUE. AFFLIGEM BLONDE EXISTE AUSSI EN DOUBLE FERMENTATION\*\*

\*Depuis 1000 ans, la recette de la bière Affligem est transmise par les moines de l'Abbaye à nos maîtres brasseurs, gage de sa haute qualité. \*\*Disponible uniquement en CHR.

L'ABUS D'ALCOOL EST DANGEREUX POUR LA SANTÉ. À CONSOMMER AVEC MODÉRATION.